

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"**

Тань Яохуей

УДК 621.9

**СПРЯМОВАНИЙ ВИБІР СИЛОВИХ ВУЗЛІВ АГРЕГАТНИХ ВЕРСТАТІВ
ПО КОМПОЗИЦІЙНИМ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИМ ВИМОГАМ**

Спеціальність 05.02.08 – технологія машинобудування

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 2001

Дисертацією є рукопис

Робота виконана на кафедрі "Технологія машинобудування та металорізальні верстати"
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"
завідуючий кафедрою технології машинобудування
та металорізальних верстатів.
- Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Арпентьєв Борис Михайлович,
Українська інженерно-педагогічна
академія, м. Харків, завідуючий кафедрою технології
машинобудування;
- кандидат технічних наук
Куцин Андрій Миколайович,
Холдінгова компанія АКАНТИ
Державного комітету промислової політики України,
м. Харків, президент.
- Провідна установа: Харківський науково-дослідний
інститут технології машинобудування,
Державний комітет промислової
політики України, м. Харків.

Захист відбудеться 31 травня 2001 р. о 14 годин на засіданні спеціалізованої вченої ради Д
64.050.12 в Національному технічному університеті "Харківський політехнічний інститут"
за адресою: 61002, Харків-2, вул. Фрунзе, 21.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного технічного університету
"Харківський політехнічний інститут".

Автореферат розісланий 27 квітня 2001 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Узунян М.Д.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Принцип агрегування, модульне або блокове проектування металорізального обладнання особливо ефективно тоді, коли потрібне швидке оснащення окремими верстатами і верстатними системами промислових підприємств. Якщо говорити про агрегування, то такий підхід ефективний, передусім, при проектуванні і спеціального технологічного обладнання для крупносерійного і масового виробництва. Однак і при створенні універсальних верстатів цей принцип при

подальшому вдосконаленні може як і раніше залишатися основним засобом скорочення термінів проектування і виготовлення, підвищення економічної ефективності технологічних систем.

Для Китайської Народної Республіки, в промисловості якої в цей час спостерігається різкий підйом, дослідження в напрямі вдосконалення принципу агрегування особливо актуальні. Досить сказати, що здійснюється реконструкція тракторних заводів, удосконалюються підприємства по випуску автомобілів і т.п. Все це може вимагати найближчим часом для оснащення металообробки 200-300 агрегатних верстатів в рік, 20-30 автоматичних ліній, що компонуються також на базі агрегатних верстатів.

Вдосконалення принципу агрегування, з нашої точки зору, повинно, передусім, охоплювати оптимізацію структури, поліпшення технологічних і компоновочних характеристик, розширення технологічних можливостей силових вузлів і їх технологічного оснащення, тобто силових агрегатів. Успішне рішення задач цього напрямку дозволить зменшити габарити і металоємкість агрегатних верстатів і автоматичних ліній, поліпшити структуру технологічного компонування, підвищити продуктивність обробки, надійність роботи складноструктурних технологічних систем.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. У даній роботі дослідження, направлені на вдосконалення характеристик і розширення технологічних можливостей агрегатних верстатів і їх елементів, насамперед відносяться до електромеханічних плоскокулачкових силових головок пінольного типу, що пов'язано з тематикою кафедри "Технологія машинобудування та металорізальні верстати" Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" ("НТУ ХПІ") згідно з Комплексними цільовими науково-технічними програмами України (КЦНТП-14 та КЦНТП-22).

Крім цього розробки і впровадження результатів дослідження здійснювалися по планах творчої співдружності з Науково-виробничою корпорацією "ФЕД", направлених на вдосконалення агрегатованого металорізального обладнання для виготовлення товарів народного споживання.

Мета і задачі дослідження. Мета дослідження складається в підвищенні техніко-економічної ефективності агрегатних верстатів за рахунок раціонального вибору, при розробці технологічного і конструкторського компонування, силових вузлів з поліпшеними технологічними і компоновочними характеристиками, розширення технологічних можливостей електромеханічних плоскокулачкових силових головок пінольного типу, зниження металоємкості, підвищення продуктивності і надійності роботи.

Досягнення поставленої мети забезпечується рішенням наступних наукових і практичних задач:

- розробкою математичної моделі прийняття компоновочного рішення при проектуванні агрегатних верстатів середнього розміру з урахуванням компоновочних характеристик силових вузлів і агрегатів;
- обґрунтуванням принципу розділення приводу силового агрегату на елементи за функціональним призначенням при реалізації загальних циклограм роботи з метою підвищення рівня керованості циклообразуючими рухами;
- синтезом принципової структури приводів, що забезпечують рух подачі в плоскокулачкової силовій головці пінольного типу, для розширення технологічних можливостей і підвищення продуктивності обробки, особливо при виконанні операції глибокого свердлування;
- розробкою методики циклограмування роботи електро-пневмо-механічної

плоскокулачкової силової головки пінольного типу, що має більш широкі технологічні можливості;

- експериментальною і промисловою перевіркою надійності роботи модернізованої силової головки з розділеним на елементи за функціональним призначенням приводом подачі при різних циклах глибокого свердлування;
- впровадженню модернізованої конструкції електро-пневно-механічної плоскокулачкової силової головки пінольного типу в практику проектування і виготовлення агрегатних верстатів середнього розміру.

Об'єктом дослідження є комплекс найважливіших засобів технологічного оснащення агрегатних верстатів, реалізуючий всі основні рухи в процесі обробки заготовель, що визначають структуру технологічного компонування, продуктивність обробки, металоємкість і інші характеристики цього класу технологічного обладнання.

Предмет дослідження – технологічні можливості і компоновочні характеристики силових головок пінольного типу, на основі яких в основному компонуються агрегатні верстати середнього розміру, особливості циклограмування і розрахунку складних циклів обробки, здійснюваного робочими органами металорізальних верстатів при виконанні різних по структурі операцій глибокого свердлування.

Методи дослідження. Робота виконана на основі теоретичних і експериментальних досліджень кінематики і динаміки роботи елементів приводів силової головки пінольного типу, роботи модернізованої конструкції цього вузла, що включає в себе пневмопривід прискорених переміщень пінолі і модифікований плоскокулачковий привід робочих подач, управління спільною роботою яких здійснюється спрощеною і, отже, більш надійною системою автоматики.

Досліджені параметри надійності реалізації за допомогою запропонованої конструкції приводу подач силової головки, розділеного на елементи за функціональним призначенням, операцією глибокого свердлування з одним, двома і трьома проміжним виведенням з отвору, що обробляється. Розглянута зносостійкість елементів модернізованої конструкції електро-пневно-механічної силової головки пінольного типу, встановлені основні характеристики роботи пневмоприводу прискорених переміщень і на основі теорії циклограмування роботи механізмів досліджені різні циклограми переміщення робочого органу (пінолі) силової головки.

Наукова новизна отриманих результатів. Наукова новизна дослідження полягає в тому, що уперше на основі глибокого статистичного аналізу обґрунтовані критерії і вимоги, що пред'являються до силових вузлів агрегатних верстатів і їх приводів в залежності від умов компонування, що змінюються і технології обробки, на основі яких розроблені математична модель вибору силових вузлів і агрегатів по співвідношенню їх габаритних розмірів і принцип розділення приводу подач робочого органу на елементи за функціональним призначенням, що дозволяють знижувати металоємкість верстатів, розширювати технологічні можливості силових вузлів, підвищувати продуктивність і технологічну надійність обробки, особливо при реалізації складних циклів переміщення робочого органу, на багатопозиційних агрегатних верстатів середнього розміру. Сформульована наукова новизна забезпечується:

- розробленою моделлю компоновочного рішення багатопозиційного агрегатного верстата середнього розміру, що дозволяє встановлювати виходячи з необхідного об'єму зони обробки габаритні розміри функціональних зон агрегатів при мінімізації габаритних розмірів верстата;

- обґрунтуванням принципу розділення приводів подач робочих органів силових вузлів на кінематичні елементи за функціональним призначенням для забезпечення більш простої та надійної керованості складовими циклу роботи і розширення технологічних можливостей силових агрегатів;
- розробкою принципової структури приводу подач робочого органу електро-пневно-механічної плоскокулачкової силової головки пінольного типу для реалізації складних технологічних циклів глибокого свердлування;
- розробкою методики циклограмування роботи елементів приводу подач силової головки пінольного типу, реалізуючий складні цикли при виконанні технологічних операцій.

Практичне значення отриманих результатів. Практична цінність роботи складається з розробки методик, що використовуються при проектуванні агрегатних верстатів середнього розміру, і модернізованій конструкції електро-пневно-механічної плоскокулачкової силової головки пінольного типу, що використовується при конструюванні цього класу високотехнологічного обладнання для зниження його металоємкості, підвищення продуктивності обробки і надійності роботи, розширення технологічних можливостей.

Методичне забезпечення, в розробці якого взяв участь пошукувач, включає в себе:

- методику вибору оптимального технологічного процесу обробки на агрегатних верстатах середнього розміру;
- методику вибору силових агрегатних верстатів середнього розміру;
- методику вибору структури і проектування механізму подач пінольних силових головок;
- методику проектування оптимального конструювання багатопозиційних агрегатних верстатів середнього розміру.

Крім вказаних, була підготовлена "Методика статистичного аналізу характеристик агрегатних верстатів середнього розміру" для спрощення і автоматизації роботи з великими масивами статистичної інформації і розроблено алгоритмічне і програмне забезпечення для рішення на ЕОМ наукових і практичних задач, що розглядаються в дисертації. Результати дослідження впроваджені в практику проектування і виготовлення багатопозиційних агрегатних верстатів середнього розміру в Спеціальному конструкторському бюро агрегатних верстатів (СКБ АВ), на Харківському заводі агрегатних верстатів (ХЗАВ), в Науково-виробничій корпорації "ФЕД" ("НВК ФЕД") із загальним економічним ефектом біля 1,9 млн. гривень (частка автора), отриманим за рахунок:

- зниження загальної металоємкості агрегатних верстатів;
- розширення технологічних можливостей, особливо при виконанні технологічних операцій глибокого свердлування;
- підвищення продуктивності обробки і надійності роботи обладнання;
- виключення в багатьох випадках необхідності виготовлення верстатів-дублерів для забезпечення необхідної програми випуску деталей.

Матеріали даного дослідження використовуються в учбовому процесі кафедри "Технологія машинобудування та металорізальні верстати" Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут".

Особистий внесок автора. Полягає в тому, що на основі всебічного аналізу виконаних конструкторсько-технологічних розробок і літератури, на основі статистичного аналізу і промислового експерименту, за результатами рішення компоновочних задач сформульований перспективний напрям подальшого вдосконалення принципу агрегування в верстатобудування і поставлені задачі, рішення яких дозволить істотно поліпшити характеристики і розширити технологічні

можливості багатопозиційних агрегатних верстатів середнього розміру. Надалі, вибравши як об'єкт дослідження найбільш перспективний вузол агрегатного верстата – електромеханічну плоскокулачкову силову головку пінольного типу, автор самостійно виконав всі теоретичні дослідження і розрахунки, спроектував силову головку, що має пневматичний привід прискорених переміщень пінолі, розробив на основі модернізованої силової головки експериментальний стенд, виконав експерименти і їх математичну обробку.

Випробування результатів дисертації. Основні положення і результати дисертаційної роботи докладалися і обговорювалися на науково-технічних семінарах кафедри "Технологія машинобудування та металорізальні верстати" Харківського державного політехнічного університету в 1997, 1998, 1999 і 2000 роках, на спільних технічних радах СКБ АВ і ХЗАВ в 1998 і 1999 роках, на 5-й міжнародній науково-методичній конференції "Сучасні технології, економіка і екологія в промисловості, на транспорті і в сільському господарстві", Алушта, 1998 р. У повному обсязі дисертаційна робота доповідалася і схвалена на засіданні кафедри "Технологія машинобудування і металорізальні верстати" Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут".

Публікації. Основні результати дисертації опубліковані в 4 науково-технічних статтях і в збірнику статей 5-й міжнародної науково-методичної конференції "Сучасні технології, економіка і екологія в промисловості, на транспорті і в сільському господарстві".

Структура і обсяг дисертації. Дисертація складається з вступу, 6 розділів, висновків і додатків. Повний обсяг дисертації становить 186 сторінок, 59 ілюстрацій на 19 сторінках, 13 таблиць по тексту, додатків на 5 сторінках, включає 143 використаних літературних джерела на 11 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обгрунтована актуальність теми і практичне значення досліджень, сформульована наукова новизна, основні наукові положення, що виносяться на захист, проведений стислий аналіз питань, які вирішуються в дисертації і складають наукову новизну, дана загальна характеристика дисертації.

Перший розділ присвячений аналізу досліджень і публікацій предметної області, класифікації агрегатованого обладнання, статистичному аналізу використання основних характеристик агрегатних верстатів, силових агрегатів і вузлів, формулюванню на цій основі мети і задач дослідження.

Робота по вдосконаленню характеристик машинобудівного виробництва повинна, передусім, включати в себе підвищення продуктивності металорізального обладнання, надійне забезпечення необхідної точності обробки, зниження металоємкості верстатів і досягнення всього того, що в комплексі забезпечує підвищення техніко-економічної ефективності технологічних систем. Сказане, передусім, відноситься до технологічного обладнання масового і автоматизованого виробництва, одним із значних класів якого є агрегатні верстати і інші технологічні системи, спроектовані за принципом агрегування.

У той же час коефіцієнти використання для силових вузлів багатопозиційних агрегатних верстатів середнього розміру, як найбільш масового і технологічно перспективного виду агрегатованого обладнання, складають: по допустимій вісьовій силі – 0,36; по використанню потужності встановлених електродвигунів – 0,402. Тому

ці верстати відрізняються високою металоємкістю: для універсальних вертикально-свердловальних верстатів - $\gamma_N = 350$ кг/кВт; для агрегатних верстатів середнього розміру - $\gamma_N = 638$ кг/кВт.

Аналіз досліджень і публікацій з питань вдосконалення застосування принципу агрегування в верстатобудування, статистичний аналіз використання основних параметрів агрегатних верстатів і комплектуючих їх силових вузлів висувають на одне з перших місць необхідність, з одного боку, розробити обґрунтування при виборі силових вузлів при проектуванні технологічного і конструкторського компонування агрегатних верстатів середнього розміру, а з іншого – вирішити проблему підвищення продуктивності і розширення технологічних можливостей перспективних силових вузлів і агрегатів, які визначають основні техніко-економічні характеристики цього класу технологічних систем.

Другий розділ присвячений обґрунтуванню раціонального вибору силових вузлів багатопозиційних агрегатних верстатів середнього розміру і відповідного цим вузлам технологічного оснащення при розробці технологічного і конструкторського компонування цього обладнання.

Для агрегатованого металорізального обладнання з транспортуванням об'єкта обробки по замкненій круговій траєкторії і можливим довільним розташуванням силових агрегатів на станині, стойках, нахильних підкладках і т.п. характерним є поняття об'єму зони обробки, який являє собою область простору, обмежену (рис. 1) радіусом поворотного ділильного стола R_C (або радіусом іншої транспортної системи), вильотом пристосувань R_D за планшайбу і радіусом R_{CA} до силового агрегату, що знаходиться в початковому положенні. У загальному вигляді

$$V_{3.0} = V_C \cap \sum_{j=1}^{N_{\text{ПО}}} \left(V_{D_j} \cup \sum_{i=1}^{N_{\text{СО}}} V_{И_{ij}} \right),$$

де V_C – об'єм зони стола; V_D – об'єм зони деталі; $V_{И}$ – об'єм зони інструмента.

Сектор, зайнятий силовим вузлом з технологічним оснащенням (шпindelними насадками, коробками, кондукторами і т.п.), істотно залежить від габаритів елементів силового агрегату і структури переміщуваних в процесі обробки складальних одиниць. Принаймні, сектор, зайнятий силовим столом і шпindelною бабкою (a_C), значно більше сектора, який займає силова головка і рухома в процесі обробки насадка (a_T). З урахуванням того, що в процесі обробки переміщується платформа стола з шпindelною бабкою, граничний кут сектора позиції ($a_{\text{П.ПР}}$) істотно перевищує кут сектора позиції з силовою головою і насадкою. На станині в зв'язку з цим можна встановити силових головок на 15-20% більше. Загальний габарит верстата, скомпанованого на базі силових столів, приблизно в 1,6 рази більше габариту верстата, в якому процес обробки здійснюється силовими головками, а металоємкість – приблизно на 30% більше.

Продуктивність, матеріал і набір поверхонь, що обробляються, що характеризують заготовлю, є основними даними для проектування технологічного процесу обробки, технологічного компонування верстата, вибору типів силових вузлів, розробки конструкцій силових агрегатів і т.д. Сукупність технологічних параметрів можна розділити на

- якісні, що характеризують набір поверхонь, що обробляються за формою, розташуванням і складністю обробки;

- кількісні – загальна кількість поверхонь, що обробляються, осей обробки, сторін обробки, робочих позицій.

Кількісні і структурні характеристики технологічного компоунування багатопозиційних агрегатних верстатів середнього розміру порівняно легко варіюються за рахунок диференціації і концентрації операцій обробки. У той же час в багатьох випадках при проектуванні застосовують силові столи замість силових головок, за рахунок чого "програють" габарити і металоємність агрегатних верстатів. Якщо визнати таку заміну вимушеною і прийняти за 100% випадки використання силових столів, то в 52% випадків ці силові вузли використовують, коли велика вісьова сила при різанні ($P_0 > 4000 \text{ Н}$); в 28% випадків столи використовуються, виходячи з технологічних міркувань (в основному, для здійснення глибокого свердлування з числом проміжного виведення з отвору, що обробляється більше одного); в 12% випадків столи використовуються, виходячи з конструктивних особливостей заготовлі, коли потрібно збільшене прискорене підведення інструмента в зону обробки; в 8% випадків використання столів взагалі суб'єктивне.

Потрібно визнати, що крім виконання операції глибокого свердлування з числом проміжного виведення більше за одне, всі інші випадки застосування силових столів можуть бути виключені за рахунок технологічних і конструкторських рішень (наприклад, зменшення діаметра свердлування з подальшим розсвердлюванням або зенкеруванням, застосування в силовому агрегаті комбінації силова головка-підкатна плита та інш.). Використання переважно силових головок при компоунуванні багатопозиційних агрегатних верстатів середнього розміру дозволить істотно знизити (до 30%) габарити і металоємність, підвищити міру концентрації на верстатах силових агрегатів, ще в більшій мірі уніфікувати виготовлення і експлуатацію високотехнологічного металорізального обладнання.

У третьому розділі розглядається задача направленою вибору структури і параметрів силових вузлів агрегатних верстатів на технологічні вимоги і відповідно до цього розробляється структурна модель приводів силової головки, що дозволяє істотно розширити технологічні можливості і забезпечити практично будь-яку кількість проміжного виведення з отвору, що обробляється при виконанні операції глибокого свердлування.

При обробці на багатопозиційних агрегатних верстатах середнього розміру статистично встановлене наступне співвідношення основних технологічних операцій: свердлування – 49%, глибоке свердлування з проміжним виведенням з отвору, що обробляється – 32%, нарізання різьб в отворах – 12%. Потрібно також підкреслити, що в багатьох випадках (до 40%) при проектуванні агрегатних верстатів спостерігається зменшення кількості проміжного виведення в порівнянні з рекомендованим за довідковими даними: в 15% випадків виконується звичайне свердлування, в той час як потрібно однократний вивід; в 9% випадків застосовується однократний вивід, коли по співвідношенню довжини отвору і діаметра потрібно 2 проміжних виводи; в 4% випадків передбачений двократний проміжний вивід замість трьох, необхідних по співвідношенню l_0/d_0 .

Крім того, існуюча електромеханічна плоскокулачкова силова головка пінольного типу дозволяє реалізувати свердлування з однократним проміжним виведенням по циклограмі, зображеній на рис. 2,а. Але при цьому погіршується робота інструмента, оскільки він недостатньо відводиться з отвору, що заважає його охолодженню і відведенню стружки. Збільшення ж елемента Б01 циклу (і, отже, БП2) істотно зменшить можливості обробки, і практично унеможливить виконання операції

глибокого свердлування з однократним виведенням з отвору.

Ідеальним варіантом циклограми при тих же параметрах обробки можна вважати цикл, зображений на рис. 2,б. Однак такий цикл можливий тільки в тому випадку, коли привід подачі пінолі силового вузла розділений на елементи відповідно до функціонального призначення: швидкі підводи БП1, БП2 і відведення Б01, Б02 інструменти виконує один елемент приводу подач, а робочі переміщення РХ1, РХ2 – інші, причому ці елементи при виконанні процесу обробки пов'язані в єдине функціонуюче ціле надійно працюючою системою управління.

Відповідно до принципу розділення приводу подач на елементи за функціональним призначенням розроблена принципова структура електро-пневно-механічної силової головки пінольного типу, приведена на рис. 3.

Рух приводу обертання шпинделя і робочих подач повідомляє електродвигун 1 через зубчатий редуктор 2 (або ремінну передачу): обертається шпиндель 3 і плоский кулак 5 через черв'ячно-зубчатий редуктор 4. У спеціально спрофільованому пазу кулака переміщується ролик 6, передаючи податочний рух пінолі 7. Включення і вимкнення кінематичного ланцюга подач здійснюється кулачковою муфтою 8, яка замикається пружиною 9, а розмикається важільною системою відповідно профілю і настройці плоского кулачка 10. У головці є пневмоциліндр 11 прискорених переміщень з двостороннім штоком, один кінець якого пов'язаний з кулачком управління включенням приводу робочих подач, а другої – з двуплечим важелем 12, що переміщує в осьовому напрямі піноль.

Четвертий розділ присвячений рішенням задач розробки структури і визначення параметрів елементів приводу подач силової головки пінольного типу, що, передусім, відноситься до плоскокулачкового приводу робочих подач і пневмомеханічному приводу прискорених настановних переміщень. При цьому основна увага приділена спільній роботі цих приводів для забезпечення високої надійності силового вузла. Носієм програми робочих та прискорених переміщень пінолі є плоский кулак, що має два типи ділянок профілю: рівномірна робоча подача здійснюється завдяки ділянкам паза, осьова яких профілюється згідно із законом спіралі Архімеда; прискорене підведення і відведення пінолі здійснюється на ділянках кулака, зображеного на рис. 4,а.

У початковому положенні НП ролика включається пневмопривід настановного руху пінолі, яким ролик переміщується з точки O_1 в точку O_3 . Десь в точці O_2 швидкого підведення включається кінематичний ланцюг податочного руху і від точки O_3 починається робочий рух подачі, коли ролик під дією зусилля, що розвивається пневмоциліндром, контактує із зовнішньою еквідистантою паза (кут $j_{\text{ПП}}$ настроюється). Після повороту кулака на кут $j_{\text{ПП}}$ перемикається пневмопривід, і ролик починає контактувати з внутрішньою еквідистантою паза. Зазвичай різання починається після повороту кулака на $j_{\text{ПП}} = 20^\circ$.

Після завершення обробки (ролик і, отже, піноль переміщується на довжину робочого ходу L_p) пневмопривід повертає піноль в положення НП, причому площина паза підгальмує ролик і "пом'якшує" процес повернення в початкове положення.

При проходженні роликом настроєного положення точки O_2 зубчата муфта вимикає кінематичний ланцюг подач, виключає вплив на процес руху пінолі самогальмування черв'ячної передачі, і ролик повертається в положення НП під дією пневмопривода, який повертає кулак.

Роботу пневмопривода прискорених переміщень пінолі можна описати спрощеною

системою рівнянь Е.В. Герца:

$$\frac{dp}{dt} = \frac{k}{x} \left(\frac{G_M \cdot R \cdot T_M}{F} - P \frac{dx}{dt} \right);$$
$$\frac{dp_B}{dt} = \frac{k}{l-x} \left(- \frac{G_B \cdot R \cdot T_B}{F_B} + P_B \frac{dx}{dt} \right);$$
$$\frac{d^2 p}{dt^2} = \frac{1}{m} (F_P - F_B P_B - P);$$

Розраховуємо час наповнення порожнини пневмоциліндра повітрям та витікання з порожнини і, вибравши більше значення, будемо теоретичний графік переміщення пінолі, який представлений на рис. 4,б (залежність 2). Тут же для порівняння залежність 1 показує теоретичний графік переміщення пінолі аналогічної головки без пневмопривода, який ілюструє істотне підвищення продуктивності обробки при використанні модернізованої електро-пнеumo-механічної плоскокулачкової силової головки пінольного типу.

П'ятий розділ присвячений розробці методики експериментальних досліджень, циклограмуванню роботи механізмів приводу подач і оцінці надійності роботи модернізованої силової головки і зносостійкості її елементів.

Стендова експериментальна перевірка виконана на установці, що являє собою модернізовану силову головку із зміненою кінематичною схемою приводу подач, вбудованим пневмоциліндром і спроектованими системами механо-електричної і пневматичної автоматики і управління пневмоприводом. У основному дослідженні можливість виконання технологічної операції зі складними циклами обробки (глибоке свердлування), надійність реалізації необхідних циклограм роботи силової головки, відповідність розрахованих і експериментальних параметрів (зусиль, переміщень і т.п.), зносостійкість елементів приводу подач, надійність роботи модернізованої силової головки.

Аналіз результатів експериментальних досліджень показав можливість реалізації складних технологічних циклів глибокого свердлування, наприклад, обробку отворів з двома проміжним виведенням, кулак для якої показаний на рис. 5,а, а осцилограма переміщення пінолі – на рис. 5,б. Можлива організація циклів і з великою кількістю проміжних виводів, принаймні, поки є жорсткий упор у вигляді зовнішньої еквідистанти паза кулака для обмеження швидкого підведення пінолі.

Встановлено, що оптимальний тиск в пневмережі – 4 атм; посилення на важелі, що приводить в рух піноль, при ударі змінюється в межах 20...190 кг; сталі зусилля на важелі в залежності від тиску в системі 18...155 кг; при відсутності дроселювання величина удару перевищує сталі зусилля не більш ніж в 1,5 рази; для дроселювання можна використати діафрагми, що вбудовуються в обидві магістралі пневмоциліндра, при цьому оптимальний розмір прохідного перетину діафрагми – 1,3 мм. Імовірність безвідмовної роботи на випробувальному стенді приблизно на 2% вище, ніж у базовій моделі силової головки за рахунок спрощення механізму включення робочих подач.

У шостому розділі розкривається зміст впровадження результатів дослідження і визначається економічна ефективність.

Внаслідок виконаних з участю автора розробок запропоновані для використання в практиці проектування агрегатних верстатів середнього розміру на Харківському заводі агрегатних верстатів

- методика вибору оптимального технологічного процесу обробки;
- методика вибору силових вузлів і розрахунку елементів силових головок;

- методика проектування оптимального компоновання багатопозиційного агрегатного верстата середнього розміру.

Частка автора в економічному ефекті, підтверджена актом впровадження, склала біля 1,9 млн. гривень і отримана за рахунок зменшення габаритів і металоємкості агрегатних верстатів, виключення в багатьох випадках виготовлення верстатів-дублерів, підвищення надійності роботи обладнання і, отже, зниження експлуатаційних витрат.

ВИСНОВКИ

1. У роботі виконані дослідження, технологічні і конструкторські розробки, що дозволили обґрунтувати вибір раціональної структури силових вузлів при проектуванні технологічного і конструкторського компоновання багатопозиційних агрегатних верстатів середнього розміру, розширити технологічні можливості силових головок, що є найбільш перспективним силовим вузлом, і на цій основі зменшити габарити і металоємкість цієї групи верстатів, підвищити техніко-економічну ефективність агрегатованих технологічних систем.
2. При розробці технологічного і конструкторського компоновання багатопозиційних агрегатних верстатів середнього розміру найбільш доцільно використовувати для організації позицій обробки силові плоскокулачкові головки пінольного типу, оскільки при цьому до 30% зменшуються габарити і металоємкість верстатів в порівнянні з силовими столами, до 20% можна збільшити кількість позицій обробки, що вписується в тенденцію розвитку агрегатного верстатобудування.
3. Практично у всіх випадках проектування технологічного компоновання агрегатних верстатів середнього розміру можливе застосування силових головок замість силових столів за рахунок диференціації технологічних операцій, використання в силових агрегатах додаткових вузлів і механізмів типу підкатних плит і т.п. Виключення складає виконання операції глибокого свердлування, при якому по співвідношенню l_0/d_0 потрібно забезпечити більше за одне проміжне виведення з отвору, що обробляється.
4. Для розширення технологічних можливостей плоскокулачкових силових головок пінольного типу сформульований принцип розділення приводу подач на елементи або співприводи за функціональним призначенням: існує система приводів подач, кожний з яких забезпечує здійснення відповідного елемента циклограми переміщення пінолі, а їх спільне відпрацювання циклу реалізовується системою управління.
5. На основі принципу розділення приводу подач на елементи за функціональним призначенням розроблена концептуальна структура приводів плоскокулачкової силової головки пінольного типу, в якій робочий податочний рух здійснюється плоским кулаком, у якого відповідні дільниці спрофільовані згідно із законом спіралі Архімеда (для забезпечення рівномірного податочного руху), а прискорене переміщення пінолі забезпечується пневмоприводом.
6. Теоретичне профілювання плоского кулака при розробці конструкції електро-пнеumo-механічної силової головки пінольного типу дозволило встановити, що кожне прискорене підведення інструмента і здійснення робочого податочного руху до врізання реалізовується на куті $j_{\text{ПП}}=20^{\circ}$, а кожне прискорене відведення інструмента в початкове положення реалізовується на куті повороту кулака $j_{\text{Б.О.}}=30^{\circ}$.

Таким чином, швидкі підведення і відведення інструмента реалізовується при повороті плоского кулака приблизно на 50° , що значно менше, ніж у існуючої головки, у якої на це "витрачається" приблизно 117° повороту кулака. При цьому інструменти працюють в кращих умовах, оскільки кожний раз відводяться в початкове положення.

7. Електро-пневно-механічна плоскокулачкова силова головка пінольного типу дозволяє без ускладнень забезпечити цикл обробки, в якому реалізовується три проміжних виведення, що практично вирішує задачу глибокого свердлування при обробці отворів на агрегатних верстатах середнього розміру. Принаймні, реалізація проміжного виведення можлива, поки є як жорсткий упор зовнішня еквідистанта паза кулака для обмеження швидкого підведення пінолі (ролика).

8. Проведені експериментальні дослідження дозволили підтвердити високу працездатність модернізованої силової головки, встановити найбільш раціональні експлуатаційні параметри, виявити істотне (до 15%) підвищення продуктивності обробки в порівнянні з базовою моделлю, достатню зносостійкість найбільш навантажених елементів приводу подач при обробці головкою кількості циклів, яка відповідає 5,15 років двозмінної роботи і більш високу безвідмовність роботи вузла за рахунок спрощення системи автоматки.

9. Економічний ефект від впровадження результатів дослідження складає біля 1,9 млн. гривень і отриманий за рахунок зменшення габаритів і металоємкості багатопозиційних агрегатних верстатів середнього розміру, розширення технологічних можливостей силових головок пінольного типу, відмови від виготовлення у деяких випадках верстатів-дублерів і т.п. Результати дослідження використовуються в учбовому процесі кафедри "Технологія машинобудування і металорізальні верстати" Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут".

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ РОБІТ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Тимофеев Ю.В., Тань Яохуэй. Задачи синтеза приводов подачи силовых агрегатов металлорежущих станков. - Вестник Харьковского государственного политехнического университета, вып. 27. Харьков, 1998, с. 110-116
2. Тань Яохуэй. Приводы вспомогательных перемещений рабочих органов металлорежущих станков. - Вестник Харьковского государственного политехнического университета, вып. 43. Харьков, 1999, с. 14-20.
3. Алехин В.А., Пермяков А.А., Приходько О.Ю., Слипченко С.Е., Тань Яохуэй. Модель объема функциональных зон агрегатного станка. – Вестник Харьковского государственного политехнического университета, вы. 47. Харьков, 1999, с. 27-29.
4. Тимофеев Ю.В., Тань Яохуэй. Расширение технологических возможностей силовых агрегатов металлорежущих станков. – Вестник Харьковского государственного политехнического университета, вып. 54. Харьков, 1999, с. 12-17.
5. Тимофеев Ю.В., Тань Яохуэй. Функциональная структура приводов подач силовых агрегатов металлорежущих станков. – В кн. "Современные технологии, экономика и экология в промышленности, на транспорте и в сельском хозяйстве". Сб. статей по материалу 5-й международной научно-методической конференции. – Алушта, 1998, с. 263-266.

АННОТАЦІЇ

Тань Яохуэй. "Спрямований вибір силових вузлів агрегатних верстатів по компоновочним та технологічним вимогам". – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування. Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Харків, 2001.

Дисертація присвячена рішення актуальної задачі – підвищенню техніко-економічної ефективності багатопозиційних агрегатних верстатів середнього розміру і загалом принципу агрегативання. Ця задача вирішується, по-перше, шляхом оптимізації характеристик компоновки при проектуванні і виготовленні агрегатних верстатів, і, по-друге, за рахунок розширення технологічних можливостей і підвищення продуктивності обробки при використанні плоскокулачкових силових головок пінольного типу, які представляються найбільш перспективними силовими вузлами агрегованих технологічних систем даного класу.

Результати дослідження впроваджені в практику проектування і виробництва агрегатних верстатів середнього розміру

Ключеві слова: агрегатний верстат, силовий вузол, площинний кулак, технологічна компоновка, структура, елемент, силовий агрегат, силова головка, технологічні можливості.

Тань Яохуэй. "Направленный выбор силовых узлов агрегатных станков по компоновочным и технологическим требованиям". – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – технология машиностроения. Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт", Харьков, 2001.

Диссертация посвящена решению актуальной задачи – повышению технико-экономической эффективности многопозиционных агрегатных станков среднего размера и в целом принципа агрегатирования. Эта задача решается, во-первых, путем оптимизации характеристик компоновок при проектировании и изготовлении агрегатных станков, и, во-вторых, за счет расширения технологических возможностей и повышения производительности обработки при использовании плоскокулачковых силовых головок пинольного типа, которые представляются наиболее перспективными силовыми узлами агрегатированных технологических систем данного класса.

Проектирование технологической и конструкторской компоновок многопозиционных агрегатных станков среднего размера имеет существенные особенности по сравнению с процессом создания других групп агрегатных станков. Но в то же время для всех агрегатированных технологических систем (агрегатных станков малого, среднего и большого размеров) можно предложить следующие общие критерии:

- минимизация габаритов и металлоемкости оборудования, что предусматривает создание его на основе узлов и агрегатов, отвечающих этим требованиям;
- расширение технологических возможностей, что можно базироваться, во-первых, на использовании силовых узлов, отличающихся широкими по сравнению с другими узлами технологическими возможностями; во-вторых, на возможности установки на стандартных станинах и стойках большего количества силовых узлов и агрегатов.

Исходя из этого, при решении задач разработки технологических и конструкторских компоновок многопозиционных агрегатных станков среднего размера обоснованы преимущества использования силовых головок вместо силовых столов соответствующих типоразмеров, что позволило до 30% уменьшить габариты и

металлоемкость станков, и дало возможность, не используя станины большего размера, устанавливать на 20% больше силовых узлов для увеличения интенсивности обработки.

С позиций оценки технологических возможностей плоскокулачковых силовых головок пинольного типа, которые предпочтительны при разработке компоновок агрегатных станков среднего размера, основным недостатком является обеспечение циклов глубокого сверления с более, чем одним, промежуточным выводом инструмента из обрабатываемого отверстия. Для решения данной задачи на основе принципа разделения привода подач пиноли силовой головки на элементы по функциональному назначению разработана концептуальная структура узла, включающего в себя плоскокулачковый привод рабочих податочных движений и пневмопривод ускоренных установочных перемещений пиноли.

Конструирование и экспериментальное исследование модернизированной электро-пнеumo-механической плоскокулачковой силовой головки пинольного типа позволили установить, что при выполнении обычных операций сверления производительность обработки возрастает на 14...18% по сравнению с базовой моделью, а при реализации операций глубокого сверления можно обеспечить 3...4 промежуточных вывода инструмента при одновременном улучшении условий обработки.

Результаты исследования внедрены в практику проектирования и изготовления агрегатных станков среднего размера.

Ключевые слова: агрегатный станок, силовой узел, плоский кулак, технологическая компоновка, структура, элемент, силовой агрегат, силовая головка, технологические возможности.

Tan Yaohui. "Directed selection of power knots of aggregate machine-tools along arrangement and to technological requirements". – Manuscript.

Dissertation for competition of scientific candidate degree of technical sciences along speciality 05.02.08 – machine-building technology. National technical university "Kharkov polytechnic institution", Kharkov, 2001.

Dissertation sacred to decision of actual task – to rise of technique-economic efficiency of multi-position aggregate machine-tools of middle size and aggregate principle in all. This task decides, to begin with, by arrangements descriptions optimization near planning and making of aggregate machine-tools, and, secondly, for account of expansion of technological possibilities and rise of treatment productivity near use of trivially cam power heads pinole of type, which appear by most perspective power knots of aggregate technological systems of given class

Key words: aggregate machine-tool, power knot, flat fist, technological arrangement, structure, element, power aggregate, power head, technological possibilities.

Підп. до друку 24.05.2001 р. Формат 60x84 1/16. Папір КумЛух. Друк – ризографія. Гарнітура Times. Умов. друк. арк. 0,8. Облік.-вид.арк. 1,0. Тир. 100 прим. Зам. № . Замовлене.

НТУ “ХПІ”, 61002, Харків, вул. Фрунзе, 21
Видавничий центр НТУ “ХПІ”. Свідоцтво ДК № 116 від 10.07.2000 р. Друкарня НТУ “ХПІ”,
61002, Харків, вул. Фрунзе, 21