

Харківський авіаційний інститут

ім. М. С. Жуковського

На правах рукопису

Худяков Сергій Валентинович

УДК 621.44.022

ДОСЛІДЖЕННЯ І РОЗРОБКА РОБОТИЗОВАНОГО ТЕХНОЛОГІЧНОГО
КОМПЛЕКСУ НАНЕСЕННЯ ВОГНЕТРИВКИХ ПОКРИТЬ НА МОДЕЛЬНІ БЛОКИ
ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ДЕТАЛЕЙ АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ

Спеціальність 05.07.04 - Технологія виробництва
літальних апаратів

С.Худяков

А в т о р е ф е р а т

дисертації на здобуття вченого ступеня
кандидата технічних наук

Харків - 1996

Дисертація є рукописом.

Роботу виконано на кафедрі технології авіаційних двигунів Харківського авіаційного інституту ім. М. Є. Жуковського.

Науковий керівник: доцент, кандидат технічних наук
Камсков Л. Ф.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Мовшович О. Я.
кандидат технічних наук, доцент
Циганов В. П.

Провідна організація: Запорізьке підприємство АО "Мотор-Січ"

Захист відбудеться "31" травня 1996 г.
в 14 год. 00 хв. на засіданні спеціалізованої ради Д 02.27.06
у Харківському авіаційному інституті ім. М. Є. Жуковського
за адресов: 310070, м. Харків-70, вул. Чкалова, 17.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці ХАІ

Автореферат розіслано "30" квітня 1996 г.

Вчений секретар
спеціалізованої ради
кандидат технічних наук,
професор

Г. Л. Корнілов

ЛНБ України ім. В. Стефаника



00760272 (0)

ЛНБ ім. В. Стефаника
АН України

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

1.1. Актуальність проблеми

Лиття за виплавлюваними моделями (ЛВМ) знайшло широке використання у виробництві деталей авіаційних двигунів як метод прогресивної ресурсозберігавчої технології точного лиття. Вживання цього методу забезпечує можливість одержання з будь-яких ливарних сплавів фасонних виливків, у тому числі складних за конфігурацією і тонкостінних з високою точністю розмірів (до 8-го квалітету) і малю шорсткості (до $R_a = 1,25$).

Виявилось, що лопатки ГТД, які виготовляються із жаростійких важкооброблюваних сплавів, економічно найбільш доцільно одержувати методом ЛВМ. Крім того, метод ЛВМ дозволяє виготовляти складні та компактні вироби з малю масою, що властиве виробам авіаційної техніки.

Операції нанесення вогнетривких покриттів на модельні блоки (МБ) є найбільш трудомісткими у технологічному процесі ЛВМ. Маніпулювання МБ являє собою тяжкий, стомливий і шкідливий для здоров'я людини труд, що обумовлює необхідність автоматизації цього виробництва.

Якість виливків визначається суворим дотриманням параметрів технологічного процесу та комплексу рухів, які виконуються з МБ при нанесенні покриття. Жорсткі автоматичні лінії, що працюють без зняття МБ з підвіски конвеєра, не спроможні забезпечити роботу багатонаменклатурного виробництва та виконати обробку деталей складної форми з внутрішніми порожнинами і карманами.

Комплексна автоматизація виробництва характеризується створенням систем гнучкого автоматизованого виробництва (ГАВ). Одним з передумов ГАВ було включення промислових роботів (ПР) до складу автоматизованого комплексу. Виявилось можливим

використовувати ПР для робіт, які не можуть бути автоматизовані звичайними засобами, завдяки реалізованій в них ідеї моделювання рухових і керувчих функцій людини. Це допоміжні операції обслуговування обладнання і основні технологічні операції: зварювання, фарбування, напилення, складання. До останніх належить і процес нанесення вогнетривких покриттів на МБ. ПР дозволяє вирішувати задачі комплексної автоматизації на більш високому рівні, об'єднуючи засоби виробництва в єдиний роботизований технологічний комплекс (РТК).

Для лиття методом ЛВМ з повітряним сушінням МБ і транспортно-нов системов у вигляді підвісних конвеєрів з двоюрисними багатомісними підвісками вирішення проблеми створення РТК невідоме. Для проведення технологічної підготовки роботизованого виробництва (ТПРВ) необхідно виконати комплекс досліджень і проектів з розробок методики ТПРВ нанесення вогнетривких покриттів на МБ.

1.2. Мета і задачі дослідження

Метов роботи є дослідження та розробка механічної системи роботизованого технологічного комплексу нанесення вогнетривких покриттів на модельні блоки при виробництві деталей авіаційних двигунів.

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити такі задачі:

1. Розробити склад, структуру та схеми функціонування РТК для роботизованого технологічного процесу нанесення вогнетривких покриттів на модельні блоки.

2. Провести комплекс досліджень гідравлічного слідкуючого приводу (ГСП) нового типу - дистанційного ГСП із задавальним гідромотором, розробити методику проектування ПР з ГСП такого типу, призначеного для даного РТК.

3. Провести дослідження виконавчих механізмів нового типу -

поворотних гідродвигунів з штовхачими гнучкими штоками, що використовуються як ланки руки ПР, створеного для даного РТК.

4. Розробити методику технологічної підготовки роботизованого виробництва для даного технологічного процесу.

5. Спроекувати спеціалізоване і технологічне обладнання для РТК нанесення вогнетривких покриттів на МБ.

1.3. Методика досліджень

Теоретичні дослідження ГСП виконані на основі методики одержання рівнянь руху гідроприводу при усталених і перехідних процесах, створеної М.С. Гаминіним і В.О. Лешенко.

Розроблено методику вибору типу дросельного розподільника за коефіцієнтами крутизни статичних характеристик. На основі системи рівнянь сталого руху одержано спрощену і доповнену математичні моделі дистанційного ГСП, досліджено вплив навантаження та площі поршня на похибку відтворення, знайдено вираз для швидкості руху гідроприводу. На основі системи рівнянь динаміки досліджено новий параметр якості перехідного процесу - час запізнення поршня. Експериментальні дослідження стійкості ГСП нового типу проведено за методом аналізу показників якості перехідного процесу.

Розроблено методику технологічної підготовки роботизованого виробництва.

1.4. Наукова новизна

1. Розроблено методику технологічної підготовки роботизованого виробництва - нанесення вогнетривких покриттів на модельні блоки, запропоновано структуру, склад і схеми функціонування РТК з повітряним сунінням і конвеєрною транспортною системою.

Розроблено методику вибору типу гідравлічного розподільника за коефіцієнтами крутизни статичних характеристик.

Одержано вирази для кінематичних параметрів дистанційних ГСП із задавальним гідромотором, досліджено вплив на похибку відтворення навантаження та площі поршня виконавчого механізму.

Розроблено доповнену математичну модель ГСП в усталеному режимі з урахуванням втрат у зовнішньому колі розподільника, одержано вираз для швидкості виконавчого механізму.

Досліджено новий показник якості перехідного процесу - час запізнення початку руху поршня виконавчого механізму, знайдено вирази для цього параметра з урахуванням і без урахування витоків.

Досліджено кінематику виконавчих механізмів нового типу з гнучкими штоками однобічного вигину, використовуваних як ланки руки промислового робота.

Запропоновані нові технічні рішення захищені авторськими свідоцтвами.

1.5. Практична цінність

За результатами роботи розроблено методику технологічної підготовки роботизованого виробництва - нанесення вогнетривких покриттів на модельні блоки і методику проектування механічної частини РТК зі спеціалізованим ПР.

Запропоновано метод організації простого, дешевого та надійного дистанційного ГСП із задавальним гідромотором, використання якого забезпечує економів ресурсів и скорочення витрат.

Розроблено ланки ПР нового типу з ланцюгами однобічного вигину, що забезпечують компактність виконавчого органу ПР.

Розроблено технологічний процес, циклограми роботи обладнання, укрупнений алгоритм роботи РТК.

1.6. Практична реалізація роботи

Розроблені, виготовлені та випробувані дослідні екземпляри різних варіантів виконавчих механізмів з ланцюгами однобічного вигину.

Розроблені, виготовлені та випробувані дослідні екземпляри спеціалізованого ПР з дистанційними ГСП, засобів оснащення і технологічної оснастки для нанесення вогнетривких покриттів на МБ.

РТК нанесення вогнетривких покриттів прийнятий як перспективний на Первомайському машинобудівному заводі Луганської області і Харківському машинобудівному заводі "ФЕД".

1.7. На захист вносяться

- склад, структура та схеми функціонування РТК нанесення вогнетривких покриттів на МБ;

- методика вибору типу дросельного розподільника за коефіцієнтами крутизни статичних характеристик;

- вирази для конструктивно-технологічних параметрів дистанційного ГСП: кінематичних параметрів, залежності похибки відтворення від навантаження та площі поршня.

- математична модель ГСП в усталеному режимі, вирази для швидкості руху, з урахуванням втрат у зовнішньому колі золотника;

- дослідження якості перехідного процесу, вирази для часу запізнення початку руху поршня при перехідному процесі;

- дослідження виконавчих механізмів нового типу - поворотних гідродвигунів із ланцюгами однобічного вигину;

- методика технологічної підготовки роботизованого виробництва - нанесення вогнетривких покриттів на МБ.

1.8. Публікації і апробація роботи

Результати даного дослідження опубліковані: у чотирьох наукових статтях, двох науково-технічних звітах. За результатами

роботи одержано 10 авторських свідоцтв.

Основні результати роботи докладалися і обговорювалися:

- на Всесоюзній науково-технічній конференції з робототехніки (м. Київ, 1982 р.);
- на семінарі з робототехнічних систем у МВТУ ім Баумана (м. Москва, 1982 р.);
- на республіканській науково-технічній конференції "Проблеми розробки та впровадження робототехніки в народне господарство Української РСР" (м. Краматорськ, 1984 р.);
- на науково-технічних конференціях Харківського авіаційного інституту (1982 - 1995 рр.).

1.9. Структура і обсяг роботи

Дисертаційна робота складається з вступу, шести розділів, закінчення, викладених на 118 сторінках машинописного тексту.

Робота загальним обсягом 189 сторінок містить 11 таблиць, 82 рисунки, список використаних джерел з 59 найменувань.

2. ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовується актуальність обраного напрямку досліджень, підкреслюється наукова новизна, народногосподарське значення проблеми.

У першому розділі проведено аналіз сучасного стану автоматизації нанесення вогнетривких покриттів на МБ.

Визначено особливості, переваги та недоліки методу ЛВМ, галузі застосування даного методу. Відзначено, що операція нанесення вогнетривких покриттів є найбільш трудомістков в даному технологічному процесі. Розглянуті технологічні особливості цієї операції, склад матеріалів, їх класифікація.

Дана операція належить до шкідливого виробництва, характеризується великою часткою ручної праці. Це вказує на

актуальність автоматизації виготовлення оболонок.

Проведено аналіз існуючого обладнання для нанесення вогнетривких покриттів на МБ. Зроблено висновок про те, що без зняття МБ з підвіски неможливо здійснити обробку складних поверхонь. РТК забезпечує високу якість обробки шляхом моделювання складних рухів і виключення суб'єктивного фактора. Крім того, за рахунок підвищення вантажопідйомності слід чекати підвищення продуктивності.

Актуальною стає задача створення РТК нанесення вогнетривких покриттів з транспортної системи у вигляді підвісних конвеєрів з двоюрисними багатомісними підвісками і повітряним сушінням МБ. Дослідження та розробка такого РТК і є метов даного дослідження.

У другому розділі розроблено структуру та склад РТК нанесення вогнетривких покриттів на МБ. Число РТК у роботизованій технологічній ділянці (РТД) має дорівнювати числу робочих позицій мінус число перевантажувальних позицій. Для ділянці, що проектується, число РТК дорівнює 6.

Для виключення простоїв і забезпечення одночасної обробки на позиціях необхідно здійснювати короткочасну зупинку конвеєра для перевантаження необроблених МБ з підвіски на проміжний накопичувач, а оброблених - на підвіску. Тому накопичувач-автооператор (АО) повинен бути двобічним і розвертатися на 180° для перевантаження змісту захватних пристроїв.

Розроблено процедури розвантаження-завантаження транспортної системи, накопичування і повільного видавання МБ роботу.

Для фіксації підвіски на робочій позиції необхідно мати пристрій утримання підвіски (ПУП). Блок-схему РТК наведено на рис. 1.

Блок-схема РТК

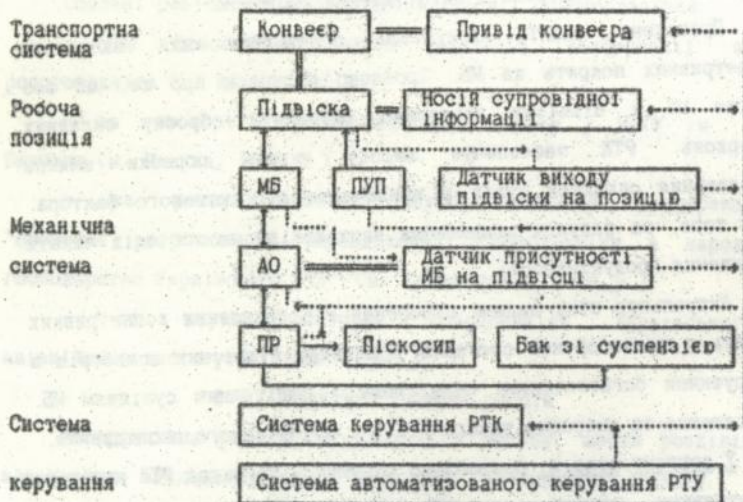


Рис. 1

Третій розділ присвячений дослідженням і вибору структурних і кінематичних схем спеціалізованого обладнання і типу приводу РТК.

ПР являється роботом наземного типу з хитнов висувних рук, який має п'ять ступенів рухомості. Структурна схема ПР:

$$R - P - L - P - R,$$

де R - ротація (обертання), P - поворот (хитання), L - лінійне переміщення. Оскільки за технічними характеристиками, габаритними розмірами, робочих зон і технологічними вимогами (два оберти схвату ПР) не представляється можливим підібрати універсальний ПР, приймаємо для РТК спеціалізований ПР з вимог максимальної простоти конструкції.

АО, який є засобом оснащення РТК, виконує функції накопичування та поштучної видачі МБ. Він являє собою маніпулятор, який не перепрограмується, має вертикальну компоновку, і виконує сім незалежних рухів з позиціонуванням у крайніх положеннях. Структурна схема АО:

$R - L - (L_{a.n}, L_{b.n}) - P_{в.я} - (L_{a.в}, L_{b.в})$,

де $(L_{a.n}, L_{b.n})$, $(L_{a.в}, L_{b.в})$ - висування/засування захватних пристроїв нижнього та верхнього ярусів; $P_{в.я}$ - поворот верхнього ярусу для доступу ПР до МБ, розмішених на нижньому ярусі.

Як силовий привід АО вибрано гідравлічний привід, що забезпечує необхідну вантажопідйомність і плавність переміщення. Слідкувчий привід ПР доцільно також вибрати гідравлічним, що дозволяє організувати єдину гідросистему РТК. Проведено аналіз гідравлічних слідкувчих приводів (ГСП), які використовуються в обладнанні з числовим програмним керуванням (ЧПК). У верстатах з ЧПК ширше використовується привід дросельного регулювання з імпульсною системою ЧПК. Проте застосування гідропідсилювачей крутильного моменту вимагає наявності складного передавального механізму між двигуном і робочим органом.

Створення руки ПР без подібної передачі стало можливим за допомогою ГСП нового типу - дистанційного ГСП з послідовно з'єднаними задавальним гідродвигуном і виконавчим гідродвигуном, виконаним у вигляді ланки маніпулятора. Жорсткий зворотний зв'язок при цьому організований за задавальним рухом, виконавчий рух зв'язаний із задавальним силовим потоком рідини.

Як задавальний гідродвигун запропоновано гідромотор стандартного гідропідсилювача, що дозволило уникнути проблем замкнутої порожнини і організації зворотного зв'язку. На дану схему одержано авторське свідоцтво.

Для дистанційного ГСП із задавальним гідроциліндром знайдено такі вирази для кінематичних параметрів:

привід хитання руки ПР привід лінійного переміщення руки ПР

$$\Delta\alpha = \frac{2 V \psi}{\pi^2 (D^2 - d^2) R}; \quad \Delta = \frac{4 V \psi}{360 \pi (D^2 - d^2)}, \text{ де}$$

$\Delta\alpha$ - ціна імпульсу хитання руки, град/імп; Δ - ціна імпульсу лінійного переміщення, мм/імп; V - робочий об'єм гідромотора;

ψ - ціна імпульсу задавальної дії, град/імп;

D, d, R - параметри виконавчих механізмів.

У четвертому розділі містяться основні результати теоретичних та експериментальних досліджень слідкувчого гідроприводу нового типу - дистанційного ГСП із задавальним гідромотором.

Теорія гідроприводу розроблена в роботах М.С. Гаминіна, В.О. Лещенко, Ю.І. Чупракова, М.Б. Тумаркіна та ін. У даній дисертаційній роботі опрацьовані питання, пов'язані з проектуванням ГСП для РТК нанесення вогнетривких покриттів.

Була розроблена методика вибору типу дросельного розподільника, в якій як критерій порівняння прийнято крутизну статичних характеристик. Запроваджено три коефіцієнти крутизни статичних характеристик. Для навантажувальної характеристики

$$\bar{q}(\bar{p}) \text{ це } K_{\bar{q}\bar{p}} = \left. \frac{d\bar{q}}{d\bar{p}} \right|_{\bar{p}=\bar{p}_0}, \text{ для регульовальної } \bar{p}(\bar{h}) - \text{ це } K_{\bar{p}\bar{h}} = \left. \frac{d\bar{p}}{d\bar{h}} \right|_{|\bar{q}|=|\bar{h}|},$$

для регульовальної $\bar{q}(\bar{h})$ - це $K_{\bar{q}\bar{h}} = \frac{d\bar{q}}{d\bar{h}}$. За даною методикою для приводу було обрано 4-щілинний золотник з нульовим перекриттям.

Для дослідження і розрахунку дистанційного ГСП розроблено спрощену математичну модель приводу, яка являє собою рівняння руху в усталеному режимі, одержане з рівнянь руху елементів, що входять до складу ГСП. При цьому навантаження представлене у вигляді kR , де k - коефіцієнт, що враховує втрати в зовнішньому

колі золотника. Рівняння руху приводу має вигляд

$$v_c = \frac{h}{F} \sqrt{\frac{p_n}{\rho}} \sqrt{1 - \frac{kR}{p_n F}}, \text{ де } h - \text{похибка}$$

відтворення; p_n - тиск, що підводиться; F - площа поршня.

Досліджено вплив навантаження на похибку відтворення за допомогою коефіцієнтів підсилення, визначених для даної схеми

$$\text{приводу } K_{Rn} = \left. \frac{dR}{dh} \right|_{v_c=0} = \frac{2(p_n F - kR)}{kh} \text{ і } K_{Rn} = \left. \frac{dR}{dh} \right|_{v_c=0, R=0} = \frac{2p_n F}{kh} \frac{k_n}{k_m}.$$

При критичному значенні навантаження $R_{kp} = \frac{p_n F}{k}$ жорсткість приводу $K_{Rn} \rightarrow 0$, тобто похибка відтворення швидко зростає (рис. 2).

Розглянуто вплив площі поршня виконавчого гідроциліндра на похибку відтворення. Визначено вираз для оптимального значення

$$\text{площі } F_{opt} = \frac{3kR}{2p_n} \text{ за положенням мінімуму кривої } h(F) \text{ (рис. 3).}$$

Для гідроприводу РТК знайдено оптимальний діаметр поршня і критичне навантаження.

У реальному гідроприводі мають місце гідравлічні втрати на довжині трубопроводів і місцевих опорах, а також тертя в ущільненнях і кінематичних парах. Математична модель була доповнена рівняннями, що відображають вплив цих факторів.

В результаті одержано вираз для швидкості руху залежно від відкриття золотника: $h =$

$$= \frac{F v_c}{\frac{h}{\sqrt{\rho}} \sqrt{p_n - p_{ca}} - a_1 v_c - a_2 v_c^2 \operatorname{sgn} v_c - \frac{P_{TRc}}{F} (\operatorname{sgn} v_c - \xi^2 \sqrt{v_c}) - \frac{R}{F}}$$

де $a_1 v_c$ - залежність від втрат тиску на довжині трубопроводу;

$a_2 v_c^2 \operatorname{sgn} v_c$ - залежність від місцевих опорів трубопроводу;

$\frac{P_{TRc}}{F} (\operatorname{sgn} v_c - \xi^2 \sqrt{v_c})$ - залежність від тертя в кінематичних парах та ущільненнях гідроциліндра.

Порівняння параметрів ГСП, розрахованих за спрощеною і доповненою моделями, свідчить про те, що графіки швидкості з

урахуванням втрат мають менший коефіцієнт підсилення, різниця в значеннях максимальної швидкості коливається від 2 до 4%. Визначено поведінку функції коефіцієнта втрат k , зроблені рекомендації щодо призначення цього коефіцієнта (рис. 4, 5).

Дослідження стійкості ГСП проводилося за методикой оцінки якості перехідного процесу в результаті дії на систему у вигляді одиничного стрибка. Крім відомих показників якості для дистанційних ГСП важливим представляється новий показник - час запізнення початку руху поршня в зв'язку з наявністю додаткових об'ємів, пов'язаних з дистанційністю.

У цьому зв'язку проведено дослідження часу запізнення руху поршня при перехідному процесі ГСП. Запропоновано спрощену фізичну модель зміни тиску в робочій порожнині. Одержано рівняння розходів гідроприводу у вигляді

$$dt = \frac{k dp}{\alpha_1 b h \sqrt{p_n - p} - \alpha_2 p}$$

Це рівняння вирішено при початкових умовах $t=0$, $p=0$ і граничних умовах $t=\tau_s$, $p=p$ для золотника з нульовим перекриттям:

$$\tau_s = \frac{kA}{\alpha_2 B} \ln \left| \frac{(2\alpha_2 \sqrt{p_n - p} + A - B)(2\alpha_2 \sqrt{p_n} + A + B)}{(2\alpha_2 \sqrt{p_n} + A - B)(2\alpha_2 \sqrt{p_n - p} + A + B)} \right| -$$

$$- \frac{k}{\alpha_2} \ln \left| \sqrt{1 - \frac{p}{p_n}} - \frac{\alpha_2 p}{A \sqrt{p_n}} \right|.$$

$$\text{де } A = \alpha_1 b h; \quad B = \sqrt{4\alpha_2^2 p_n + A^2}$$

Знайдено вирази для часу запізнення у разі відсутності витоків у гідроциліндрі и для початкових умов $t=0$, $p=p_n$.

На рис. 6 показано залежність часу запізнення без урахування витоків. За одержаними залежностями здійснено вибір конструктивних параметрів ГСП для ПР, які забезпечують потрібну швидкість.

Залежність похибки відтворення h від навантаження R

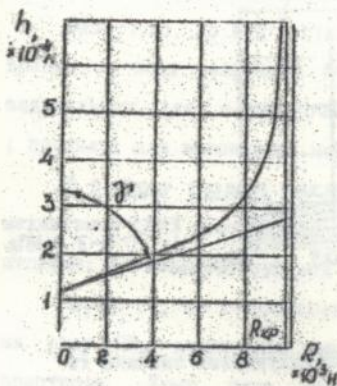


Рис. 2

Залежність похибки відтворення h від площі F

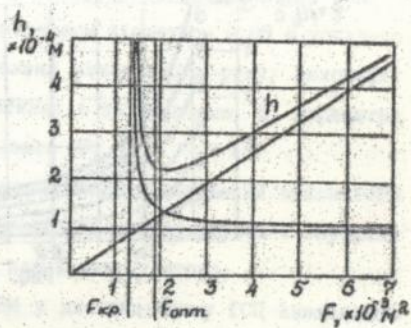


Рис. 3

Залежність швидкості v_0 від відкриття n і навантаження R

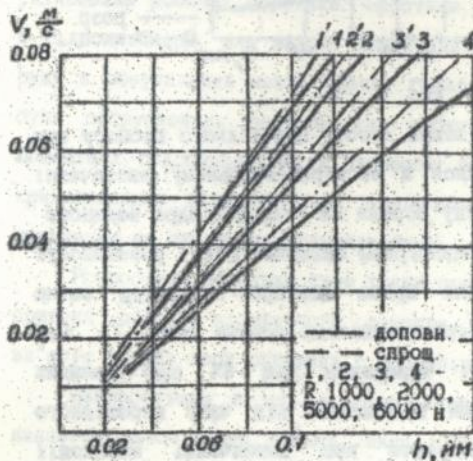


Рис. 4

Залежність коефіцієнта k від швидкості v_0 і навантаження R

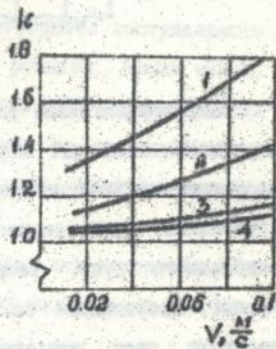


Рис. 5

Залежність часу запізнення t_z від відкриття і навантаження

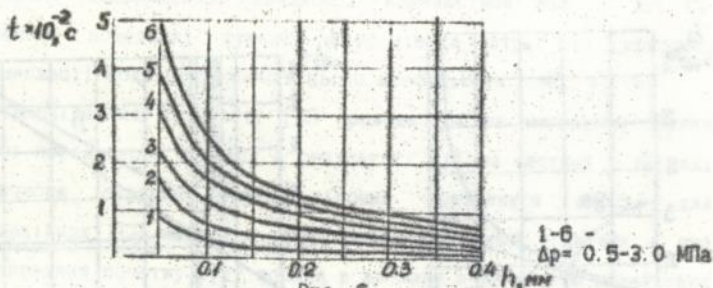


Рис. 6

Порівняння експериментальних і розрахункових значень t_z

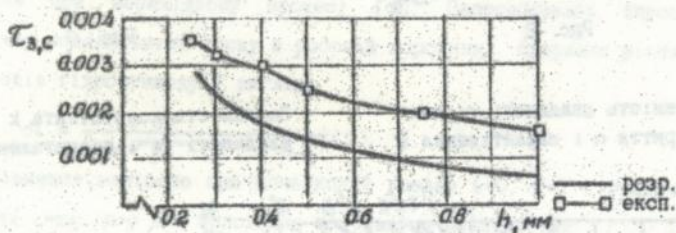


Рис. 7

Експериментальні дослідження якості перехідного процесу при стрибкоподібній дії виражалися в експериментальному визначенні часу запізнення початку руху поршня на гідроциліндрі великого подовження. Були одержані осцилограми задавчої дії і розбіжності виконавчого руху. Теоретична крива повторює характер зміни кривої, побудованої за експериментальними даними (рис. 7). Сам параметр часу запізнення стає менше від 6% при великих відкриттях до 30% при малих відкриттях від часу перехідного процесу. Його слід враховувати при визначенні швидкодії високоточних малорозмірних систем.

Було зроблено оцінку стійкості дистанційних ГСП за

показниками якості перехідного процесу при зміні величини задавальної дії, навантаження та конструктивних параметрів ГСП.

Визначено, що ГСП з гідроциліндром діаметром 0,05 м усталено працює на всіх режимах і коливання виконавчого руху, викликані задавальною дією, є високочастотними і затухаючими. Ці параметри і прийняті для виконавчих механізмів ПР.

У п'ятому розділі викладено питання дослідження виконавчих механізмів (ВМ) нового типу - поворотних гідродвигунів з гнучкими штоками, що використовуються як ланки маніпулятора.

Через те, що гідравлічні ВМ у дистанційному ГСП виносяться на руку ПР, важливим вимогам для них є компактність цих пристроїв. Тому було проведено аналіз схем гідравлічних поворотних ВМ, використовуваних як ланки руки ПР. Виявилось, що найменші габаритні розміри і масу мають неповноповоротні моментні гідродвигуни, але вони складні за конструкцією через проблему ущільнення робочих порожнин. Простими і надійними гідродвигунами є гідроциліндри, але відомі механізми перетворення поступального руху в обертальний мають значні габаритні розміри. Таким чином, була обґрунтована потреба для дистанційних ГСП у поворотних моментних гідроциліндрах з гнучкими штоками, що складаються на криволінійних ділянках, але виконують функції жорстких штоків, працюючи на стиск, на прямолінійних.

Розроблено декілька схем таких пристроїв, які використовують принцип роботи штовхачого ланцюга однобічного вигину, який зв'язує поршні двох спарених гідроциліндрів.

Найпростішим з них є виконавчий механізм з беззірковим ланцюгом однобічного вигину, який забезпечує поворот на кут до 180° . Досліджено питання передачі зусилля по шарнірах ланцюга, запропоновано розрахункову схему, одержані вирази для зусиль у

шарнірах.

Для забезпечення повороту на будь-який кут штовхавчий ланцюг однобічного вигину має охоплювати зірочку, замикаючись на поршнях спарених гідроциліндрів. Такі пристрої визначені як ВМ з ланцюговою передачею однобічного вигину. Розроблено ряд конструктивних схем даного типу ВМ. Найбільш надійним пристроєм виявився ВМ із зубчастим ланцюгом однобічного вигину.

Для цього типу ВМ також досліджено питання навантаження шарнірів ланцюга на вході шарніра в зачеплення, знайдено вирази для зусиль у шарнірах. Дослідження зусиль проводилися за методиком М.В. Вороб'яова для тягучого ланцюга, але з розрахунковою схемою штовхавчого ланцюга.

Розроблено ВМ, який поєднує в собі компактність ланцюгової передачі та плавність, безударність роботи зубчастої передачі евольвентного зачеплення. Він отримав назву зубчастого ланцюга-рейки. На запропоновані схеми ВМ з гнучкими штоками одержано авторські свідоцтва.

Як виконавчий механізм дистанційного ГСП хитання кисті ПР прийнято поворотний гідродвигун з ланцюгом однобічного вигину.

У шостому розділі розроблено методику технологічної підготовки роботизованого виробництва (ТПРВ) для нанесення вогнетривких покриттів на МБ, визначено зміст її етапів стосовно до даного технологічного процесу.

Розкрито зміст основних етапів ТПРВ: розробки конструкції ПР і засобів оснащення РТК, розробки технологічної частини проекту, оцінки економічної ефективності використання РТК.

У процесі проектування ПР були виконані розробки кінематики, гідравлічної системи РТК, наведені відповідні схеми і таблиці, сформована таблиця основних показників і характеристик. За

робочими кресленнями виготовлено дослідні екземпляри спеціалізованого обладнання АО, ПР і ПУП, а також необхідної оснастки - стержня МБ і підвіски. Проведено складання, налагодження та випробування обладнання з доробков за результатами випробувань.

У процесі технологічного проектування створено циклограми роботи обладнання, укрупнений алгоритм роботи РТК, який є основою для створення керувачої програми, виконано розрахунок технологічних параметрів.

Наведено розрахунок економічної ефективності використання РТК. РТК є ефективним внаслідок звільнення робітників, зайнятих тяжкою, втомливою і шкідливою для здоров'я працею, підвищення продуктивності за рахунок збільшення маси МБ, підвищення якості обробки внаслідок усунення суб'єктивного фактора та соціального ефекту.

Дану методику ТПРВ доцільно використовувати при розробці подібних РТК.

3. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

3.1. Вирішено задачу нанесення вогнетривких покриттів на модельні блоки при виробництві деталей авіаційних двигунів шляхом створення роботизованого технологічного комплексу з повітряним сушінням і транспортних систем у вигляді підвісних конвеєрів.

3.2. В результаті дослідження дистанційного ГСП із задавальним гідромотором розроблено методику вибору типу дросельного розподільника за коефіцієнтами крутизни статичних характеристик, яка використана для вибору типу розподільника для ГСП ПР, одержано вирази для кінематичних параметрів приводів ПР.

3.3. Розроблено спрощену і доповнену моделі дистанційного ГСП для усталеного руху, за допомогою яких:

- досліджено залежність похибки відтворення від навантаження та площі поршня;

- одержано вираз для швидкості руху з урахуванням втрат у зовнішньому колі золотника.

3.4. Для оцінки стійкості дистанційних ГСП досліджено якість перехідних процесів у вигляді одиничного стрибка. Запропоновано новий параметр показників якості, що характеризує швидкодію - час запізнення початку руху поршня. Одержано вираз для цього показника з урахуванням і без урахування витоків.

3.5. Розроблено методику технологічної підготовки роботизованого виробництва при впровадженні РТК даного типу для нанесення вогнетривких покриттів на МБ.

3.6. Автоматизація ділянки нанесення вогнетривких покриттів на МБ з транспортних систем у вигляді підвісних конвеєрів з двоярусними багатомісними підвісками та повітряним сушінням МБ найбільш ефективна на шляху створення РТД, що має декілька одночасно працюючих РТК, число яких визначається базовим техпроцесом і маршрутом обробки. Для забезпечення бажаної продуктивності роботи діляки необхідним є короткочасний цикл розвантаження-завантаження підвіски з зупинкою конвеєра та суміщенням руху конвеєра, який виводить підвіску на робочу позицію, та циклу обробки МБ.

3.7. Для здійснення такого суміщення запропоновано двоярусний двобічний автооператор-накопичувач, виконуючий функції розвантаження-завантаження підвіски і поштучного видавання МБ роботу.

3.8. Універсальні ПР за своїми характеристиками не відповідають вимогам техпроцесу, тому для РТК даного типу розроблено спеціалізований ПР зі всіма засобами оснащення.

3.9. Як силовий привід ПР розроблено новий тип гідравлічного слідкувчого приводу - ГСП з дистанційною передачею силового потоку із задавальним гідромотором, що значно спрощує конструкцію руки ПР за рахунок відсутності складної механічної передачі від агрегату керування до робочого органу.

3.10. Проведено експериментальні дослідження часу запізнення, результати яких узгоджуються з теоретичними. Експериментальні дослідження якості перехідних процесів дистанційних ГСП дозволили остаточно визначити конструктивні параметри приводів, що забезпечуть усталену роботу системи.

3.11. Дистанційний ГСП вимагає компактного виконавчого механізму (ВМ), який використовується як ланка маніпулятора. Розроблено новий тип поворотних гідродвигунів з гнучкими штоками однобічного вигину, що суміщують переваги ланцюгової та зубчасті рейкової передач. Запропоновано схеми беззіркового ВМ, ВМ з ланцюгом однобічного вигину та ВМ із зубчастим ланцюгом-рейкою, досліджено картину розподілу зусиль по шарнірах ланцюга. Для ланки хитання кисті ПР вибрано ВМ з ланцюгом однобічного вигину.

3.12. Використання РТК дає економічний і соціальний ефект завдяки звільненню робітників, зайнятих тяжкою і небезпечною працею, збільшення продуктивності за рахунок підвищення маси МБ, підвищення якості шляхом забезпечення стабільності технологічних параметрів, скорочення текучості робочої сили.

СПИСОК РОБІТ З ТЕМИ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Камсков Л.Ф., Чапинский В.М., Худяков С.В. Звено промышленного робота модульного типа // Труды ИВТУ. М., 1983, С. 66-71.
2. Камсков Л.Ф., Чапинский В.М., Худяков С.В. Гидравлические исполнительные механизмы с беззвездной цепью одностороннего изгиба // Прогрессивные технологические процессы, оборудование и инструмент. Харьков, 1987. С. 23-28.

3. Камсков Л. Ф., Чапинский В. М., Худяков С. В. К анализу качества процесса управления гидравлическими следящими приводами технологического назначения // Прогрессивные технологические процессы, оборудование и инструмент. Харьков, 1987. С. 51-55.
4. А. с. 1445033 СССР. Роботизированный технологический комплекс нанесения огнеупорных покрытий на модельные блоки/ Л. Ф. Камсков, В. М. Чапинский, С. В. Худяков и др. - Заявлено 13.04.87, N42229942/31-02.
5. А. с. 1174255 СССР. Рука промышленного робота/ Л. Ф. Камсков, В. М. Чапинский, С. В. Худяков и др. - Заявлено 05.04.83, N3573500/25-08.
6. А. с. 823664 СССР. Гидравлический следящий привод/ Л. Ф. Камсков, В. М. Чапинский, С. В. Худяков и др. - Заявлено 03.01.78, N256490/25-06.
7. А. с. 831607 СССР. Манипулятор/ Л. Ф. Камсков, В. М. Чапинский, С. В. Худяков и др. - Заявлено 13.03.79, N 2736535/25-08.
8. А. с. 922341 СССР. Гидравлический следящий привод/ Л. Ф. Камсков, В. М. Чапинский, С. В. Худяков и др. - Заявлено 19.12.78, N2699688/25-06.
9. А. с. 935650 СССР. Гидравлический следящий привод/ Л. Ф. Камсков, В. М. Чапинский, С. В. Худяков и др. - Заявлено 09.11.77, N2542894/25-26.
10. А. с. 11109868 СССР. Передача с гибкой связью/ Л. Ф. Камсков, В. М. Чапинский, С. В. Худяков и др. - Заявлено 04.02.83, N3549612/25-28.
11. А. с. 731151 СССР. Уплотнение движущегося плоского многослойного гибкого штока/ Л. Ф. Камсков, В. М. Чапинский, С. В. Худяков и др. - Заявлено 04.05.78, N2609903/25-08.
12. А. с. 1298430 СССР. Гидрораспределитель/ Л. Ф. Камсков, В. М. Чапинский, С. В. Худяков и др. - Заявлено 05.11.84, N380998/25-08.
13. А. с. 1038223 СССР. Маслопроводящий шарнир/ Л. Ф. Камсков, В. М. Чапинский, С. В. Худяков и др. - Заявлено 06.05.82, N3436794/25-08.

14. Камсков Л. Ф., Чапинский В. М., Худяков С. В. Роботизированный производственный комплекс нанесения огнеупорных покрытий на выплавляемые модели // Проблемы разработки и внедрения робототехники в народное хозяйство УССР: Тез. докл. К., УКРНИИНТИ, 1984. Вып. 3.

15. Разработка элементов роботизированного технологического комплекса модульного типа: Отчет/ ХАИ; Л. Ф. Камсков, В. М. Чапинский, С. В. Худяков и др. - И ГР 0286.0101509.

АННОТАЦИЯ

Худяков С. В. Исследование и разработка роботизированного технологического комплекса нанесения огнеупорных покрытий на модельные блоки при производстве деталей авиационных двигателей. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.04. - технология производства летательных аппаратов. Харьковский авиационный институт им. Н. Е. Жуковского, 1996.

Разработаны структура и состав роботизированного технологического комплекса (РТК) нанесения огнеупорных покрытий на модельные блоки при литье по выплавляемым моделям. Исследован новый тип привода - дистанционный гидравлический следающий привод с задающим гидромотором. Исследовано качество переходного процесса в дистанционном ГСП. Предложена методика технологической подготовки роботизированного производства

ABSTRACT

Hudyakov S.V. The research and design of the robot-using technological complex for a fireproof coating on model blocks at the aviation engine parts manufacturing. Thesis for an academic degree of a candidate of technical sciences on the speciality 05.07.04 - technology of aircraft manufacturing. Kharkov aviation institute, 1996.

The structure and composition of the robot-using technological complex (RTC) for a fireproof coating on model blocks at a mould casting are designed. The new type actuator - the distant hydraulic servo actuator (HSA) with command hydromotor is researched. The transition process quality at the distant HSA is researched. The technological appearance procedure of robot-using manufacture is proposed.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

Роботизований технологічний комплекс, лиття з виплавлювання моделей, промисловий робот, засоби оснащення, модельний блок, вогнетривкі покриття, гідравлічний слідкуючий привід.

АВ 34.729