

Міністерство освіти і науки України
Донбаська державна машинобудівна академія
Кафедра комп'ютеризовані мехатронні системи, інструменти та технології

БЕЗУХ АРТЕМ ВІКТОРОВИЧ

УДК 62-83:62-50

**АДАПТИВНЕ КЕРУВАННЯ ТИСКОМ У КИШЕННЯХ ГІДРОСТАТИЧНИХ
ОПОР ШПИНДЕЛЬНОГО ВУЗЛА І ЗУСИЛЛЯМ НАТЯГУ ПРИВОДА
ПОЗИЦІОНУВАННЯ ШПИНДЕЛЯ ВАЖКОГО ТОКАРНОГО ВЕРСТАТА**

Спеціальність 8.5070204 – Металорізальні верстати та системи

Автореферат
магістерської роботи

Краматорськ 2017

Магістерська робота є рукописом

Робота виконана в Донбаській державній машинобудівній академії (ДДМА)

Міністерство освіти і науки України, м Краматорськ

Науковий керівник:

Мельник Максим Сергійович

кандидат технічних наук, доцент
Донбаської державної
машинобудівної академія, професор
кафедри «Комп'ютеризовані
мехатронні системи, інструменти та
технології»

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми

Шпиндельний вузол є одним з основних елементів несучої системи металорізального верстата багато в чому визначає його жорсткість, точність і вібростійкість. У сучасних важких, високошвидкісних металообробних верстатах, прецизійних і унікальних верстатах застосовують шпиндельні вузли та направляючі з безконтактними гідростатичними опорами ковзання у яких точність, здатність навантаження, швидкісні і динамічні характеристики перевершують аналогічні показники інших опор ковзання і кочення. Основні перспективи досліджень і дослідно-конструкторських розробок в цьому напрямку пов'язані зі створенням і комплексним використанням функціональних можливостей гідростатичних опор, що мають вбудовані регулятори адаптивного нагнітання мастила. Подальше вдосконалення теорії, розвиток досліджень і розробка на цій основі адаптивних гідростатичних опор нового покоління, а також розробка методів оптимального проектування шпиндельних вузлів і напрямних з такими опорами є актуальною науково-технічною проблемою машинобудування, рішення якої дозволяє значно підвищити точність і продуктивність обробки на металорізальних верстатах різного технологічного призначення.

Мета і завдання дослідження

Мета дослідження - підвищення точності, жорсткості і вібростійкості важких токарних верстатів за рахунок застосування адаптивних шпиндельних гідростатичних опор і приводу позиціонування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати шляхи підвищення точності верстатного устаткування і ступінь досконалості систем живлення гідростатичних шпиндельних опор різних типів.

2. Розробити структурну схему системи адаптивного управління тиском в кишенях гідростатичних підшипників шпиндельних вузлів важких токарних верстатів.

3. Провести моделювання поведінки шпиндельного вузла при робочих навантаженнях методом кінцевих елементів.

4. Виконати інженерні розрахунки гідростатичних підшипників і систем усунення зазору.

5. Розробити систему управління точністю на базі адаптивних шпиндельних гідростатичних опор.

Об'єкт дослідження – процес адаптивного керування тиском гідростатичних підшипниках шпинделя важкого токарного верстата.

Предмет дослідження - гідростатичні підшипники важких верстатів і механізми регулювання зазорів в зубчатому зачепленні.

Методи дослідження

Аналіз існуючих систем живлення гідростатичних опор шпиндельного вузла, переваги і недоліки існуючих систем живлення: дросельна система, система "насос-кишеня", регуляторна система.

Розрахунок шпиндельного вузла на жорсткість при максимальних навантаженнях виконується в пакеті КОМПАС 3D, методом кінцевих елементів.

Розрахунок кишень гідростатичних опор для шпиндельного вузла і приводу позиціонуванні виконуються по методики: робочий тиск в кишенях, тиск в насосах, гідравлічне опір дроселів, витрата масла через опору, потужність споживана насосом. Також з загально відомих методик і відомостей в області гідравліки, фізики і теоретичної механіки.

Розробка блок схеми і керуючої програми системи управління тиском в кишенях гідростатичного шпиндельного вузла, виконуються на підставі методики та відомостей наведених у технічній документації на обраний мікроконтролер.

Наукова новизна отриманих результатів

1. Розроблено мехатронна система адаптивного управління тиском в кишенях гідростатичного шпіндельного вузла підвищеної точності.
2. Розроблено адаптивні регулятори систем живлення опор зі зворотним зв'язком по положенню шпинделя.
3. Розроблено нову конструкцію втулки гідростатичного підшипника з вбудованими ємнісними датчиками зазору.

Практична цінність

Запропоновані розробки дозволяють підвищити точність шпіндельного вузла на гідростатичних опорах, спростити його проектування і розробку.

Публікації результатів наукових досліджень

За результатами магістерської роботи підготовлено до публікації одна стаття а також зроблено доповідь на щорічній науково-технічній конференції професорсько-викладацького складу, аспірантів і студентів.

Структура і обсяг роботи. Магістерська робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 15 найменуваннями і 1 додатку. Основний текст викладено на 88 сторінках, містить 24 рисунка, 13 таблиць. Загальний обсяг роботи містить 104 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

Введення містить обґрунтування актуальності теми дослідження, її основну мету, наукову новизну і практичну цінність отриманих результатів.

У першому розділі «Аналіз стану проблеми» присвячений вивченню и аналізу проблем систем живлення гідростатичних підшипників. Розглянуто

різні види системи регулювання: дросельна система, система "насос-кишеня", регуляторна система, адаптивна система. Виявили переваги і недоліки існуючих систем живлення. Одним з найбільш відповідальних вузлів в верстатах є шпиндельний вузол. Саме від нього залежить якість і точність обробки. Все більш прийнятним варіантом для підвищення точності шпиндельних вузлів є застосування гідростатичних мехатронних адаптивних опор. Гідростатичні опори мають ряд переваг перед класичними опорами кочення. Саме тому гідростатикою оснащуються важкі верстати як вітчизняних так і зарубіжних виробників.

У другому розділі «Теоретична частина» провели розрахунки:

- гідростатичних підшипників;
- шпиндельного вузла на жорсткість при максимальних навантаженнях виконується в пакеті КОМПАС 3D, методом кінцевих елементів;
- розрахунок необхідного тиску в приводі люфту вибирання;
- розрахунок необхідного тиску в поршні глобоїдного черв'ячного колеса.

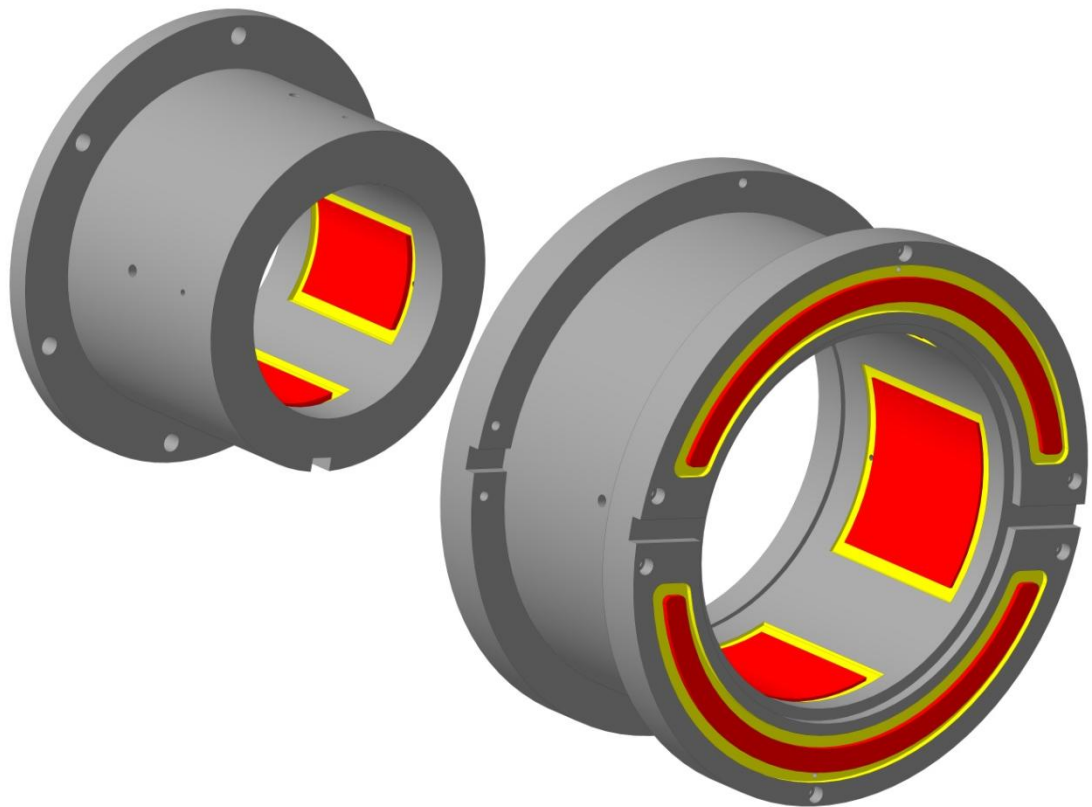


Рисунок 1 - 3D модель гідростатичних підшипників

Результат розрахунку шпинделя в пакеті Компас 3D

Таблиця 1.1 - Результат еквівалентного напруження

Найменування	Тип	Мінімальне значення	Максимальне значення
Еквівалентне напруження по Мизесу	SVM [МПа]	0.000026	61.937571

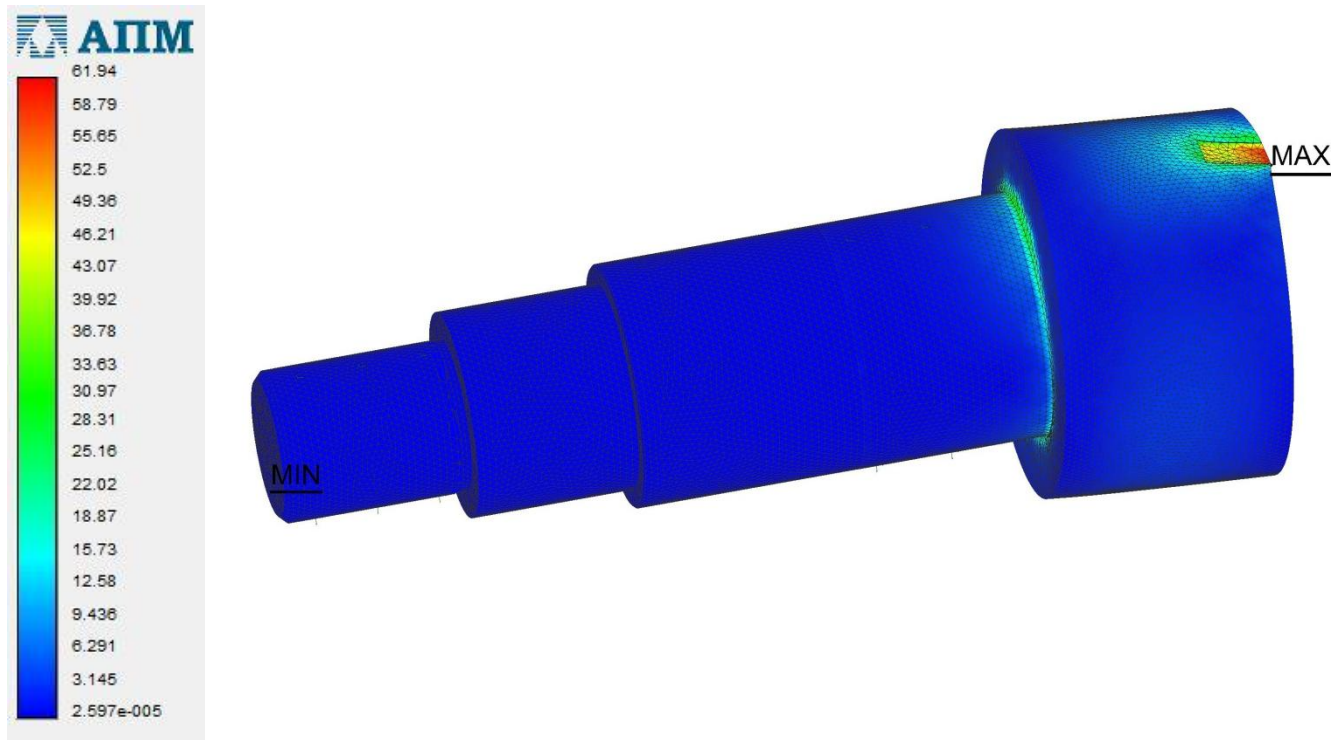


Рисунок 2 – Еквівалентна напруга по Мизесу

Таблиця 2.4 - Результат сумарного лінійного переміщення

Найменування	Тип	Мінімальне значення	Максимальне значення
Сумарне лінійне переміщення	USUM [мм]	0	0.063994

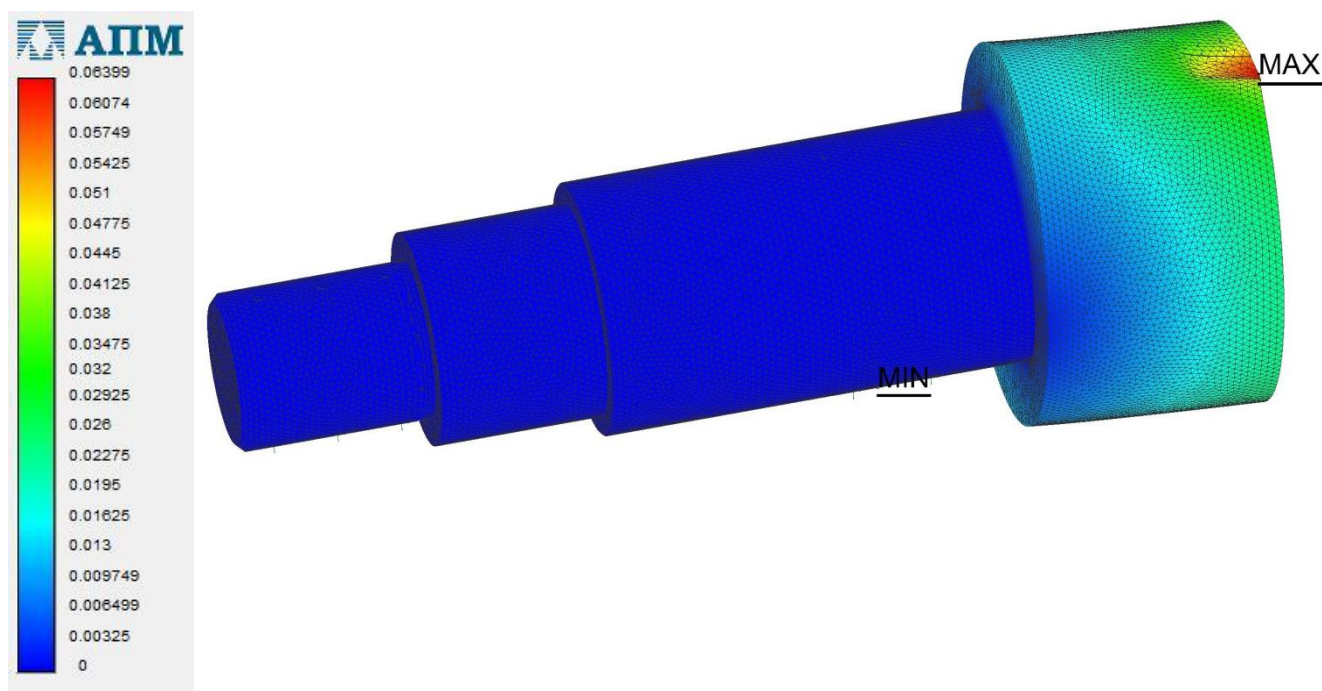


Рисунок 3 – Сумарна лінійне переміщення

У третьому розділі «Практична частина» обрали необхідні датчики для управління адаптивною системою гідростатичних опор і приводу позиціонування, розробили спосіб вирішення поставленого завдання, розробили структурну схему, розробили блок - схему роботи системи управління, розробили керуючу програму.

Принцип дії адаптивного управління гідростатичними підшипниками

Структурна схема адаптивного управління гідростатичними підшипниками представлена на рис. 4. Принцип дії даної схеми полягає в тому, що ємнісний датчик відстані 1, зчитує зміни ємності конденсатора в кишенях 2, сигнал з датчика надходить на мікроконтролер 3. Мікроконтролер на основі керуючої програми перетворює сигнал з ємнісного датчика про змінену ємності конденсатора в величину зазору в кишені. За алгоритмом керуючої програми розраховується тиск в кожній кишені, необхідне для усунення відхилення від осьової лінії шпинделя, відповідні сигнали подаються на електромагнітні клапани 4. Необхідний тиск в системі створюється насосами 5, приводиться в дію електродвигуном 6.

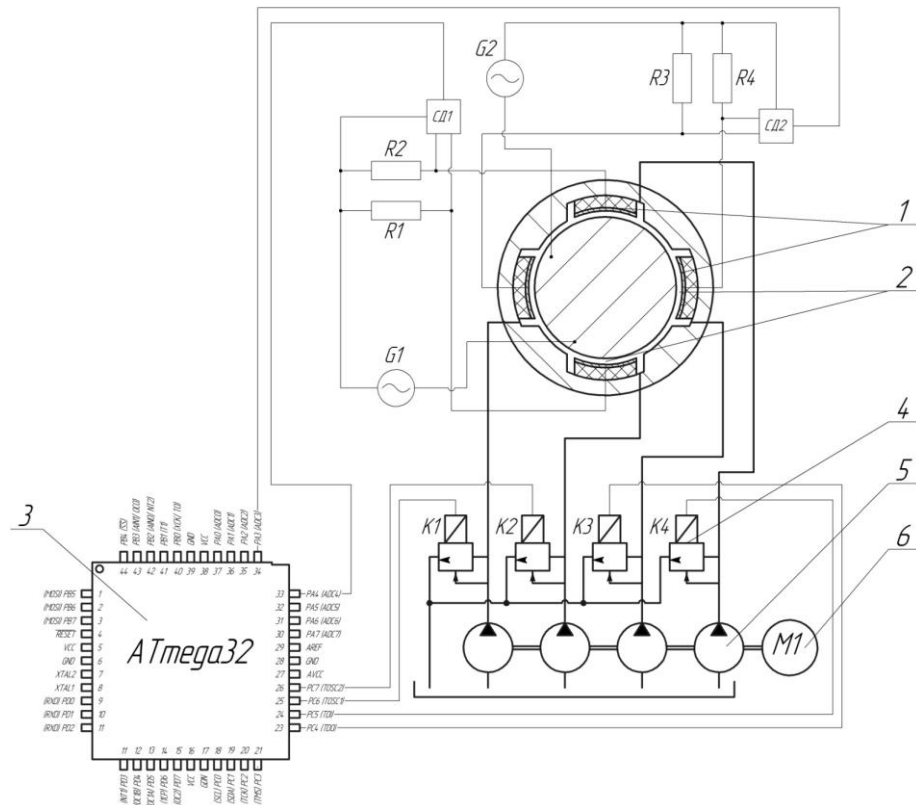


Рисунок 4 – Структурна схема адаптивного управління гідростатичними підшипниками

Для здійснення точного вимірювання положення шпинделя під час обробки необхідний датчик вимірювання зазору в кишені. До системи контролю зазором в гідростатичних опорах відносяться ємнісні датчики, які за допомогою проводів підключаються до плати управління (5).

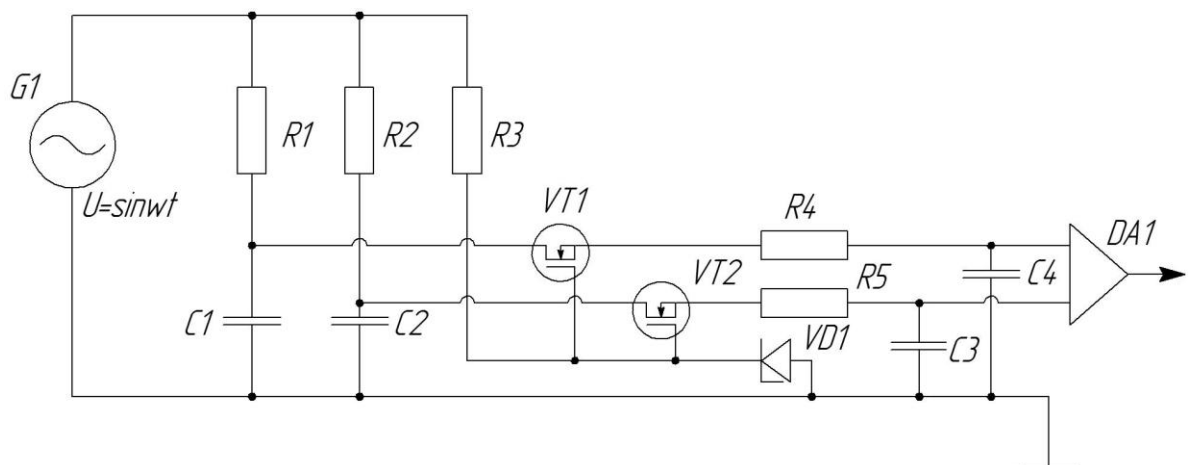
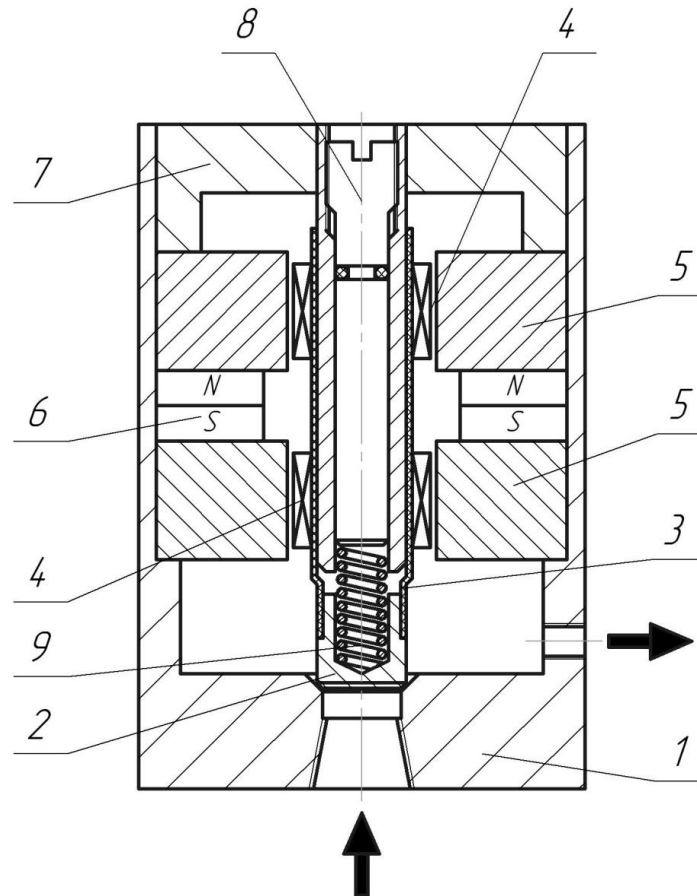


Рисунок 5 – Схема ємнісного перетворювача

Для практичної реалізації розглянутого технічного рішення на існуючому обладнанні найбільш підходящим є керований запобіжний клапан. Принцип роботи полягає в установці на кожен кишень швидкодіючого датчика зазору, і установці на живильну магістраль кишені керованого по тиску запобіжного клапана. Конструкція такого клапана показана рис. 6.



- 1 – корпус з немагнітного сплаву; 2 – керн; 3 – діелектричний каркас; 4 – котушка;
 5 – магнітопровід; 6 – постійний магніт; 7 – кришка;
 8 – направляючий стержень; 9 – пружина.

Рисунок 6 – Конструкція керованого запобіжного клапана

Для управління адаптивною системою верстата застосовуємо мікроконтролер Atmega32 (рис 7).

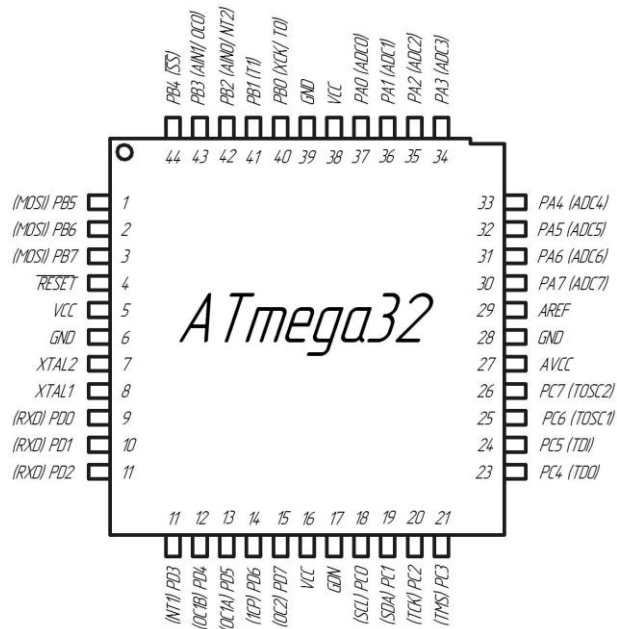


Рисунок 7– Мікроконтролер Atmega32

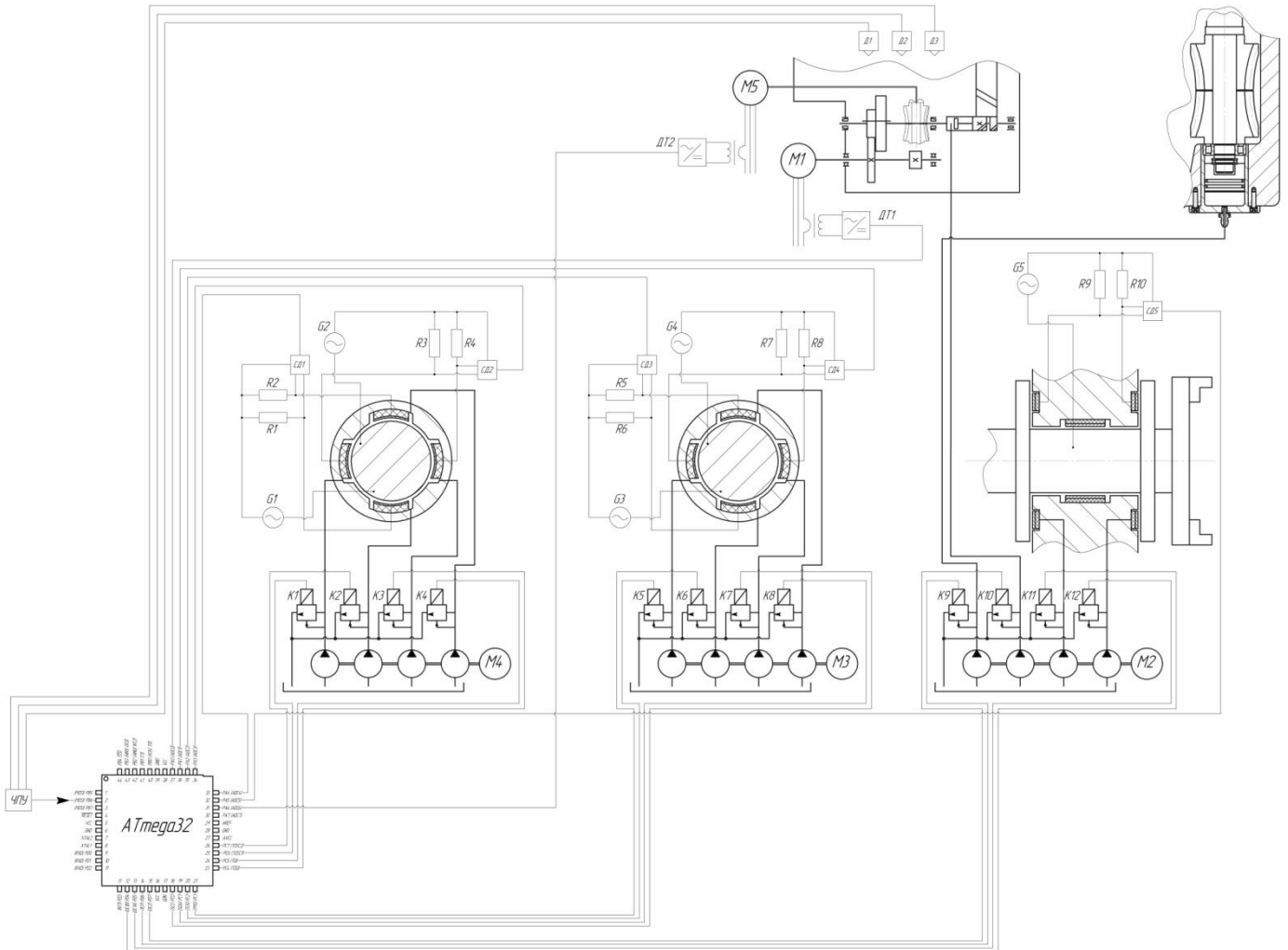


Рисунок 8 – Структурна схема

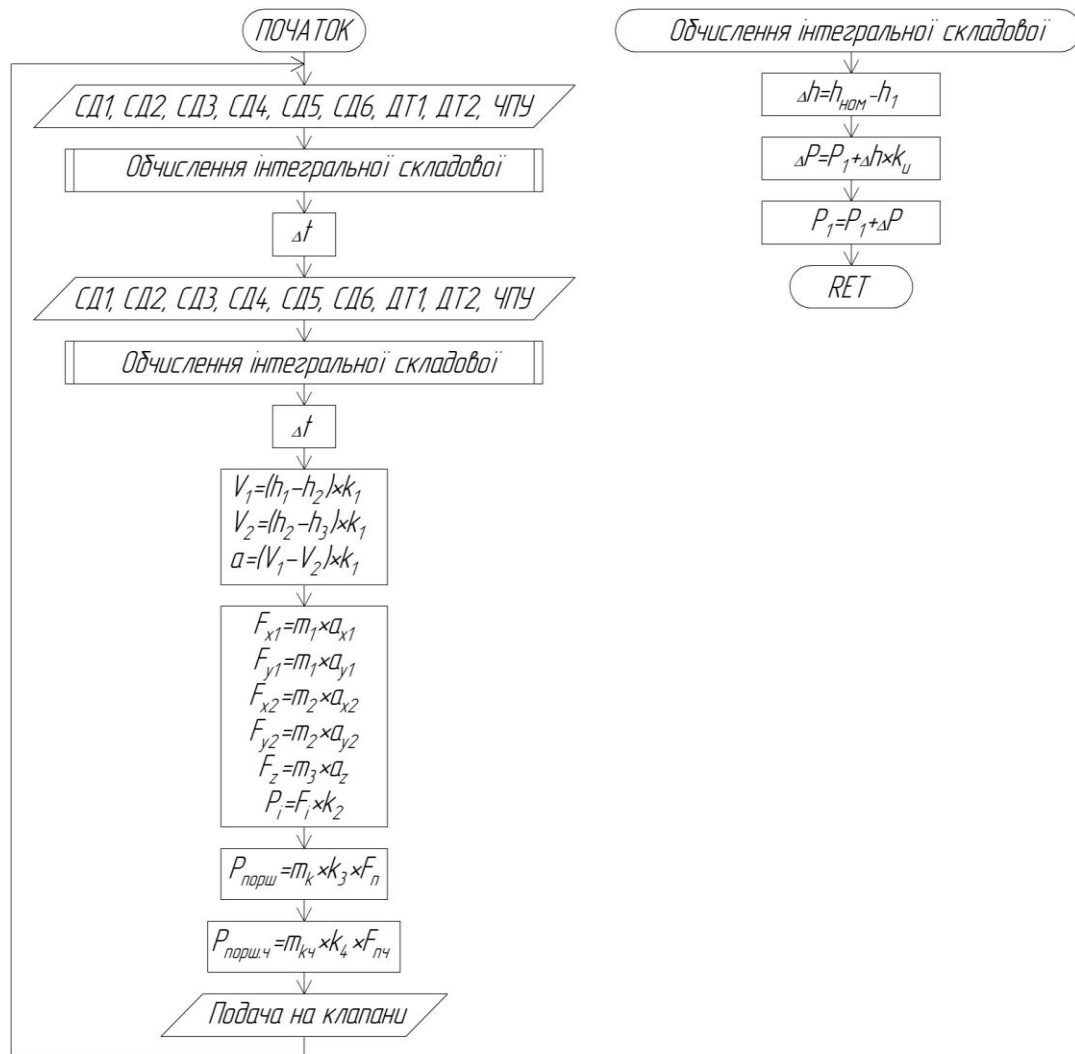


Рисунок 9 – Блок – схема алгоритму роботи системи управління

В організаційно-економічній частині зроблено розрахунок економічних показників проекту, аналіз конкурентоспроможності проектованого верстата.

У розділі «Охорона праці та безпека при НС» проведено аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, розроблені заходи щодо забезпечення безпечних умов праці, розраховані захисні пристрої, розроблені заходи щодо підвищення стійкості роботи об'єкта в умовах НС.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На даний момент дуже складно домогтися мінімального зазору в кишенях гідростатичних опор шпіндельного вузла, дуже багато розробок на дану тему.

Одним із шляхів вирішення проблеми є застосування адаптивної системи керування тиском у кишенях гідростатичних підшипників і зусиллям натягу привода позиціонування. Розроблена система досить простими засобами може скорегувати передавальну функцію і виключити можливість коливань, спрощує налаштування.

Розроблено мехатронна система адаптивного управління тиском в кишенях гідростатичного шпіндельного вузла підвищеної точності.

Розроблено адаптивні регулятори систем живлення опор зі зворотним зв'язком по положенню шпинделя.

Розроблено нову конструкцію втулки гідростатичного підшипника із вбудованими ємнісними датчиками зазору.

Застосування розробленої адаптивної системи керування тиском у кишенях гідростатичних опор і зусиллям натягу привода позиціонування забезпечує наступні переваги:

1. Дозволяє значно підвищити точність і продуктивність обробки на металорізальних верстатах різного технологічного призначення.
2. Підвищується надійність опор, так як дроселювальні елементи при роботі знаходяться в русі, що перешкоджає заростанню дроселювальної щілини.
3. Підвищується жорсткість і несучу здатність шару мастильного матеріалу.
4. Виключаються налагоджувальні роботи зі встановлення робочого тиску в кишенях опори.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОГО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

1. Безух А.В. Мельник М.С. Система адаптивного керування тиском у кишнях гідростатичних опор шпиндельного вузла і зусиллям натягу привода позиціонування шпинделя важкого токарного верстата. – Краматорськ : ДДМА, 2017.

АНОТАЦІЯ

Безух А.В. Адаптивне керування тиском у кишнях гідростатичних опор шпиндельного вузла і зусиллям натягу привода позиціонування шпинделя важкого токарного верстата.

Магістерська робота за спеціальністю 8.5070204 – Металорізальні верстати та системи, Донбаська державна машинобудівна академія, Краматорськ, 2017.

У магістерській роботі:

- провели аналіз схем живлення гідростатичних опор;
- розробили мехатронну систему адаптивного управління тиском в кишнях гідростатичного шпиндельного вузла підвищеної точності;
- розробили адаптивні регулятори систем живлення опор зі зворотним зв'язком по положенню шпинделя;
- розробили нову конструкцію втулки гідростатичного підшипника із вбудованими ємнісними датчиками зазору.

Ключові слова: ШПИНДЕЛЬНИЙ ВУЗОЛ, АДАПТИВНЕ КЕРУВАННЯ, ДАТЧИК, ГІДРОСТАТИЧНІ ПІДШИПНИКИ, МІКРОКОНТРОЛЕР, ПРИВІД ПОЗИЦІОНУВАННЯ.

АННОТАЦИЯ

Безух А.В. Адаптивное управление давлением в карманах гидростатических опор шпиндельного узла и усилием натяжения привода позиционирования шпинделя тяжелого токарного станка.

Магистерская работа по специальности 8.5070204 - Металлорежущие станки и системы, Донбасская государственная машиностроительная академия, Краматорск, 2017.

В магистерской работе:

- провели анализ схем питания гидростатических опор;
- разработали мехатронную систему адаптивного управления давлением в карманах гидростатического шпиндельного узла повышенной точности;
- разработали адаптивные регуляторы систем питания опор с обратной связью по положению шпинделя;
- разработали новую конструкцию втулки гидростатического подшипника со встроенными емкостными датчиками зазора.

Ключевые слова: ШПИНДЕЛЬНЫЙ УЗЕЛ, АДАПТИВНОЕ УПРАВЛЕНИЕ, ДАТЧИК, ГИДРОСТАТИЧЕСКИЕ ПОДШИПНИКИ, МИКРОКОНТРОЛЛЕР, ПРИВОД ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ.

ANNOTATION

Bezukh A.V. Adaptive control of hydrostatic pressure pockets spindle unit and supports the efforts of the tension spindle drive positioning heavy lathe.

Master's work in specialty 8.5070204 - Metal-cutting machine tools and systems, Donbas State Machine-Building Academy, Kramatorsk, 2017.

In the master's work:

- carried out the analysis of power supply diagrams of hydrostatic supports;
- developed a mechatronic system of adaptive pressure control in the pockets of the hydrostatic spindle node of increased accuracy;

- developed adaptive regulators of supply systems for poles with feedback on the position of the spindle;
- have developed a new design of a sleeve of a hydrostatic bearing with built-in capacitance gap gauges.

Keywords: SPINDLE HUB, ADAPTIVE MANAGEMENT, SENSORS, HYDROSTATIC BEARINGS, MICROCONTROLLER, POSITIONING DRIVE.