

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

ЗАЙЦЕВ АНДРІЙ СЕРГІЙОВИЧ

УДК 62-83:62-50

**ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ СУПОРТА
ВАЖКОГО ТОКАРНО-ФРЕЗЕРНОГО ВЕРСТАТА ШЛЯХОМ
ЗАСТОСУВАННЯ ДОДАТКОВИХ МЕХАТРОННИХ ПРИСТРОЇВ.**

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
Донбаська державна машинобудівна
академія, Професор кафедри
«Комп'ютеризовані мехатронні
системи, інструменти та технології»

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми

Супортний вузол є одним з основних елементів несучої системи металорізального верстата багато в чому визначає його жорсткість, точність і вібростійкість. У металорізальних верстатах для прецизійної і високошвидкісної обробки, а також у важких і унікальних верстатах знаходять застосування гідростатичні напрямні, які дозволяють отримати точність і чистоту обробки, навантажувальні характеристики і вібростійкість, недсяжні для інших типів напрямних. При високошвидкісній обробці із застосуванням надтвердих ріжучих інструментів потрібна висока вібростійкість технологічної системи верстата, яку можуть забезпечити тільки гідростатичні напрямні.

На сучасному етапі розвитку верстатів їх технічний рівень, технологічні можливості, надійність і довговічність залежать від напрямних основних вузлів. Гідростатичні напрямні дозволяють успішно вирішити поставлені перед верстатобудуванням завдання, а застосування адаптивної системи живлення - домогтися найкращого результату.

Застосування адаптивних систем живлення (АСП) є одним із способів підвищення надійності роботи живлення напрямних. Подальше вдосконалення теорії, розвиток досліджень і розробка на цій основі адаптивних гідростатичних опор нового покоління, а також розробка методів оптимального проектування 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 токарно-фрезерних верстатів за рахунок застосування адаптивних гідростатичних напрямних супорта і додаткової колони з гідроциліндрами в основної несучої колони, для підвищення її жорсткості.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати шляхи підвищення точності верстатного устаткування і ступінь досконалості систем живлення гідростатичних напрямних різних типів.
2. Розробити структурну схему системи адаптивного управління тиском в кишенях гідростатичних напрямних супорта і управління гідроциліндрами всередині несучої колони важких токарно-фрезерних верстатів.
3. Провести моделювання поведінки несучої колони супорта верстата при робочих навантаженнях методом кінцевих елементів.
4. Виконати інженерні розрахунки гідростатичних напрямних.
5. Розробити систему управління точністю на базі адаптивних гідростатичних напрямних.

Об'єкт дослідження — процесу адаптивного керування тиском гідростатичних напрямних супорта важкого верстата.

Предмет дослідження - гідростатичні напрямні супортного вузла важких верстатів і стабілізації положення колони.

Методи дослідження.

Аналіз існуючих систем живлення гідростатичних напрямних, переваги і недоліки існуючих систем живлення: дросельна система, система «насос-кишеня», регуляторна система.

Розрахунок несучої колони супорта на жорсткість при максимальних навантаженнях виконується в пакеті КОМПАС 3D, методом кінцевих елементів.

Розрахунок кишень гідростатичних опор напрямних виконується за методикою: Робочі 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 гідростатичних напрямних, виконується на підставі методики та відомостей наведених в теоретичній документації на обраний мікроконтролер.

Наукова новизна отриманих результатів

1. Розроблена мехатронна система адаптивного управління тиском в кишенях гідростатичного супортні вузла підвищеної точності.
2. Розроблено адаптивні регулятори систем живлення опор зі зворотним зв'язком по положенню напрямні.
3. Розроблено нову конструкцію несучої колони супортні вузла, з додатковою внутрішньої колони з гідроциліндрами для підвищення жорсткості.
4. Розроблено нову конструкцію кишені гідростатичних напрямних з вбудованими ємнісними датчиками зазору.

Практична цінність

Запропоновані розробки дозволяють підвищити точність супортні вузла на гідростатичних напрямних, спростити його проектування і розробку.

Спроектована несуча колона супортні вузла з гідроциліндрами для підвищення жорсткості, дозволяє встановлювати на вертикальну каретку фрезерні обладнання і виконувати високоточну токарно-фрезерну обробку.

.

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

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 напрямних. 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 супортний вузол. Саме від нього залежить якість і точність обробки. Все більш прийнятним варіантом для підвищення точності напрямних є застосування гідростатичних мехатронних адаптивних опор. Гідростатичні напрямні опори мають ряд переваг перед класичними опорами ковзання. Саме тому гідростатикою оснащуються важкі верстати як вітчизняних так і зарубіжних виробників.

У другому розділі «Теоретична частина» провели розрахунки:

- гідростатичних напрямних;
- несучої колони супорта на жорсткість при максимальних навантаженнях виконується в пакеті КОМПАС 3D, методом кінцевих елементів;
- розрахунок необхідного тиску в гідроциліндрі внутрішньої колони.

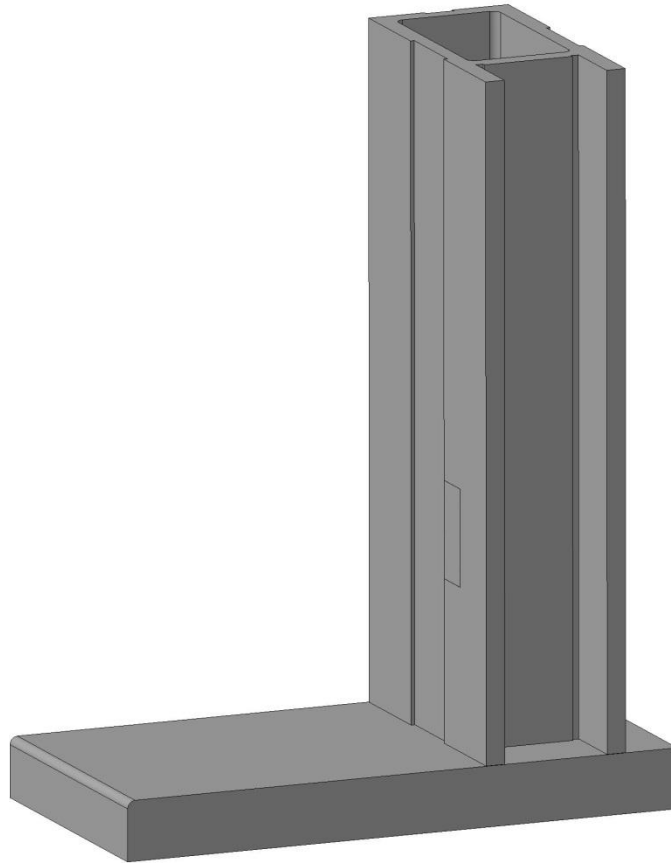


Рисунок 1 - 3D модель несучої колони супорта

Несуча колона без додаткової внутрішньої колони з гідроциліндрами

Результат розрахунку шпинделя в пакеті Компас 3D

Таблиця 1 - Результат еквівалентного напруження

Найменування	Тип	Мінімальне значення	Максимальне значення
Еквівалентне напруження по Мизесу	SVM [МПа]	0.000035	2.30333

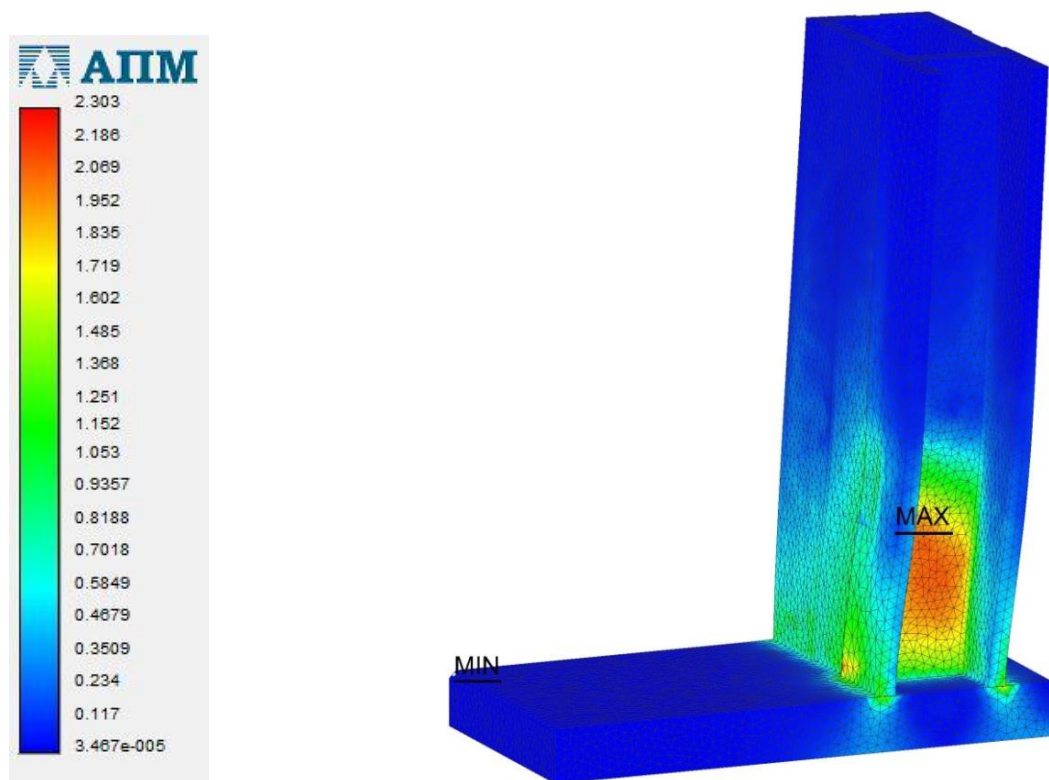


Рисунок 2 - Еквівалентна напруга по Мизесу

Таблиця 2 - результат сумарного лінійного переміщення

Найменування	Тип	Мінімальне значення	Максимальне значення
Сумарне лінійне переміщення	USUM [мм]	0	0.01979

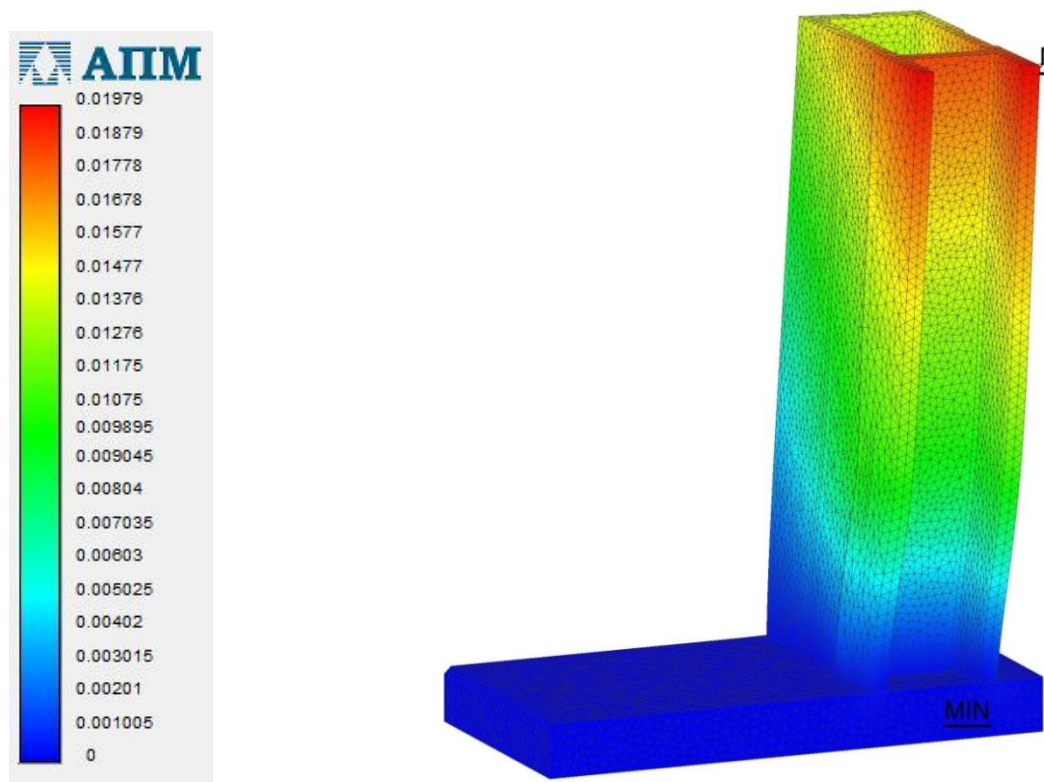


Рисунок 3 - Сумарне лінійне переміщення

Несуча колона з додатковою внутрішньою колоною з гідроциліндрами

Таблиця 3 - Результат еквівалентного напруження

Найменування	Тип	Мінімальне значення	Максимальне значення
Еквівалентне напруження по Мизесу	SVM [МПа]	0.000012	1.826821

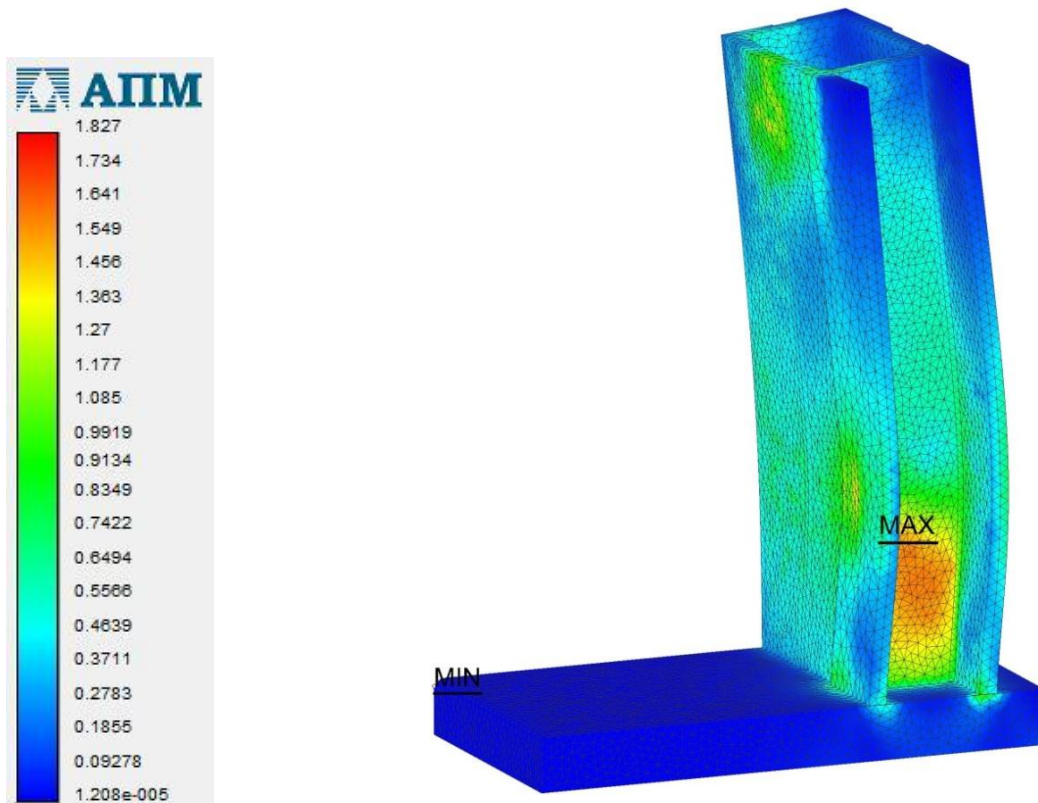


Рисунок 4 - Еквівалентна напруга по Мизесу

Таблиця 4 - результат сумарного лінійного переміщення

Найменування	Тип	Мінімальне значення	Максимальне значення
Сумарне лінійне переміщення	USUM [мм]	0	0.017556

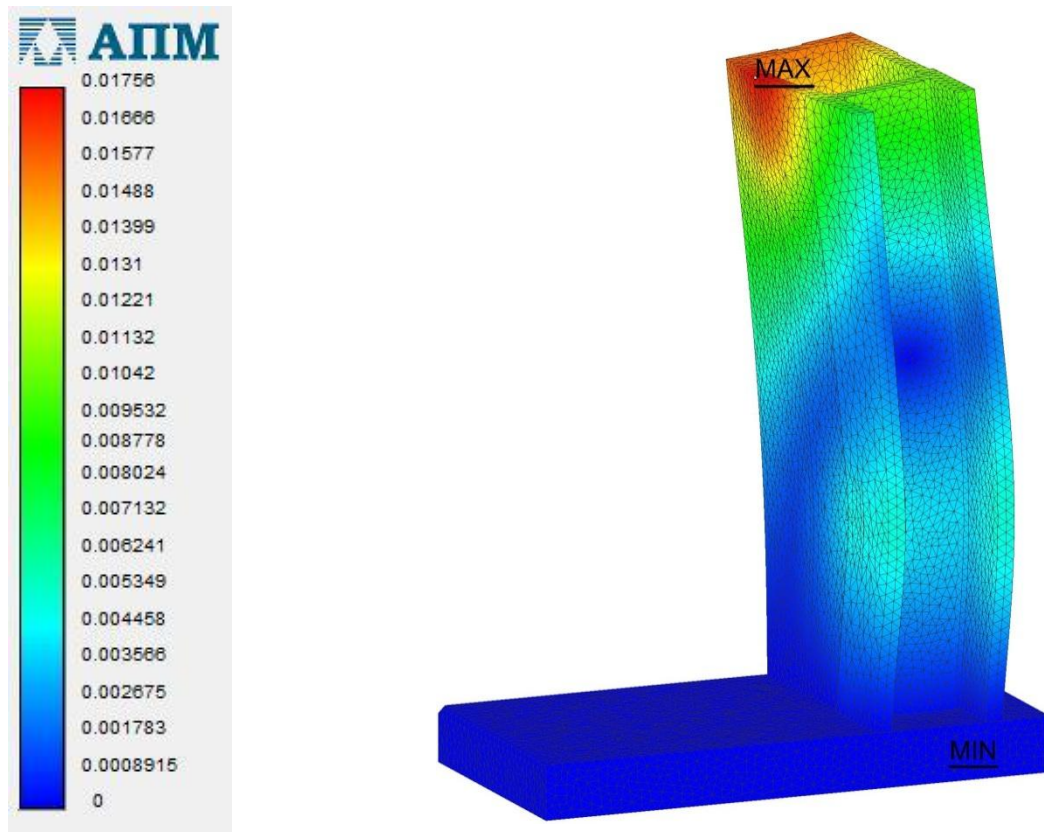


Рисунок 5 - Сумарне лінійне переміщення

У практичній частині: вибрали необхідні датчики для управління адаптивною системою гідростатичних напрямних і гідроциліндрів несучої колони; розробили спосіб вирішення поставленого завдання; розробили блок-схему роботи системи управління; розробили структурною схемою; розробили керуючу програму.

Принцип дії адаптивного управління гідростатичними підшипниками

Структурна схема адаптивного управління гідростатичними напрямними представлена на рис. 6. 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.

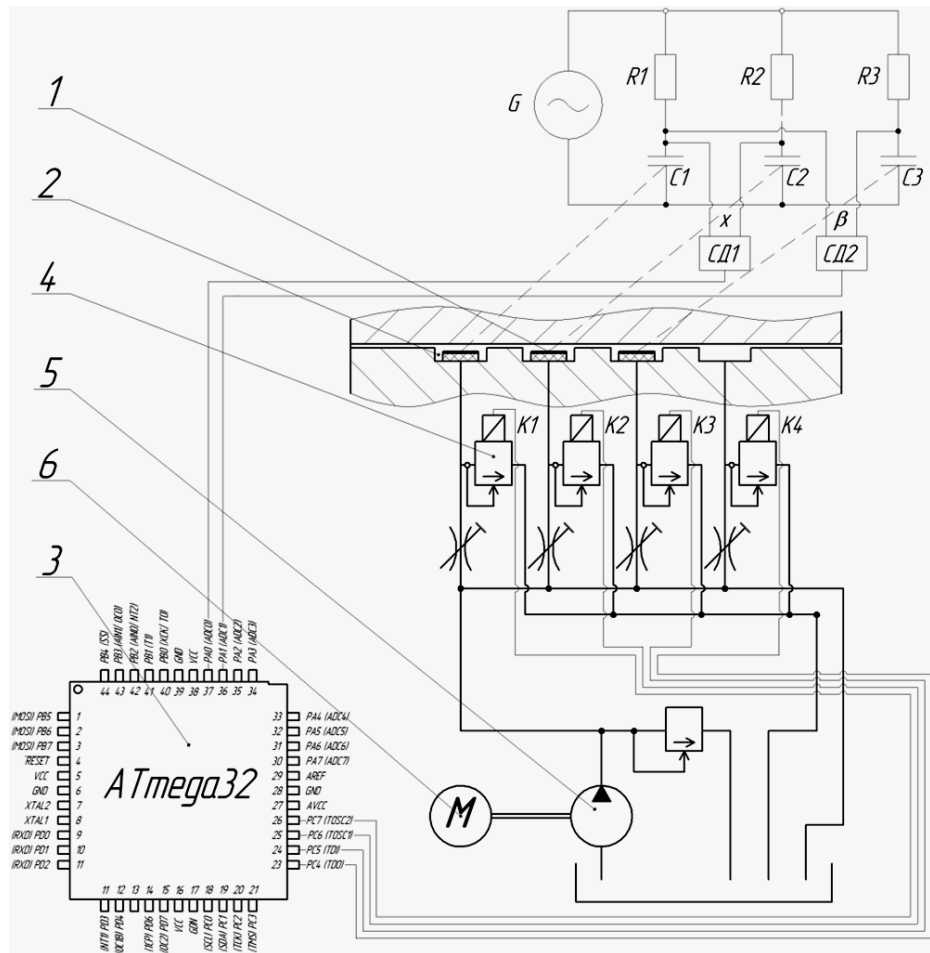


Рисунок 6 – Структурна схема адаптивного управління
гідростатичними напрямними

Для здійснення точного вимірювання положення супортного вузла 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 (7).

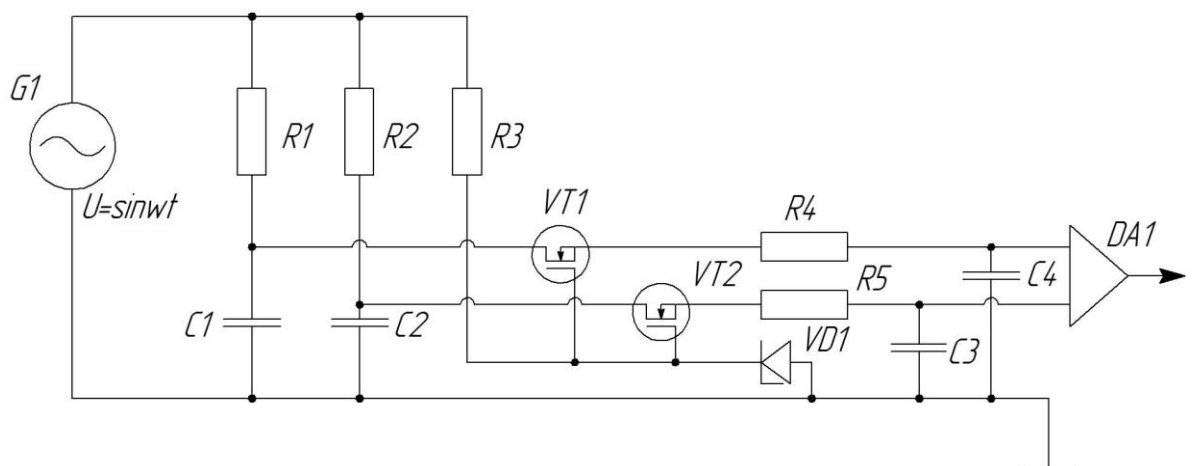


Рисунок 7 – Схема ємнісного перетворювача

Для вимірювання відхилення несучої колони від центральної осі під час обробки, використовується оптичний датчик. Датчик складається з лазера встановленого в підставі колони і фотоприймача встановленого на верхній кришці колони, які за допомогою проводів підключаються до плати управління (Рис. 8).

Прийомний датчик оптичної системи вимірювання деформації включає: диференціальний фотоприймач, що складається з 4-х фотодіодів (на схемі показаний тільки один канал поперечної деформації) VD1, VD2 і диференціального підсилювача з активним навантаженням на транзисторах VT1-VT4. Резистори R2, R3 служать навантаженням для фотодіодів і підбираються відповідно вимірювального лазера. Резистор R6 спільно з конденсатором С утворюють ланцюг початкового зсуву і служать для установки оптимального робочого режиму підсилювача. Вихідний сигнал знімається з контурів транзисторів VT2, VT3 є посилену в 500-1000 разів різниця фото ЕРС фотодіодів VD1, VD2.

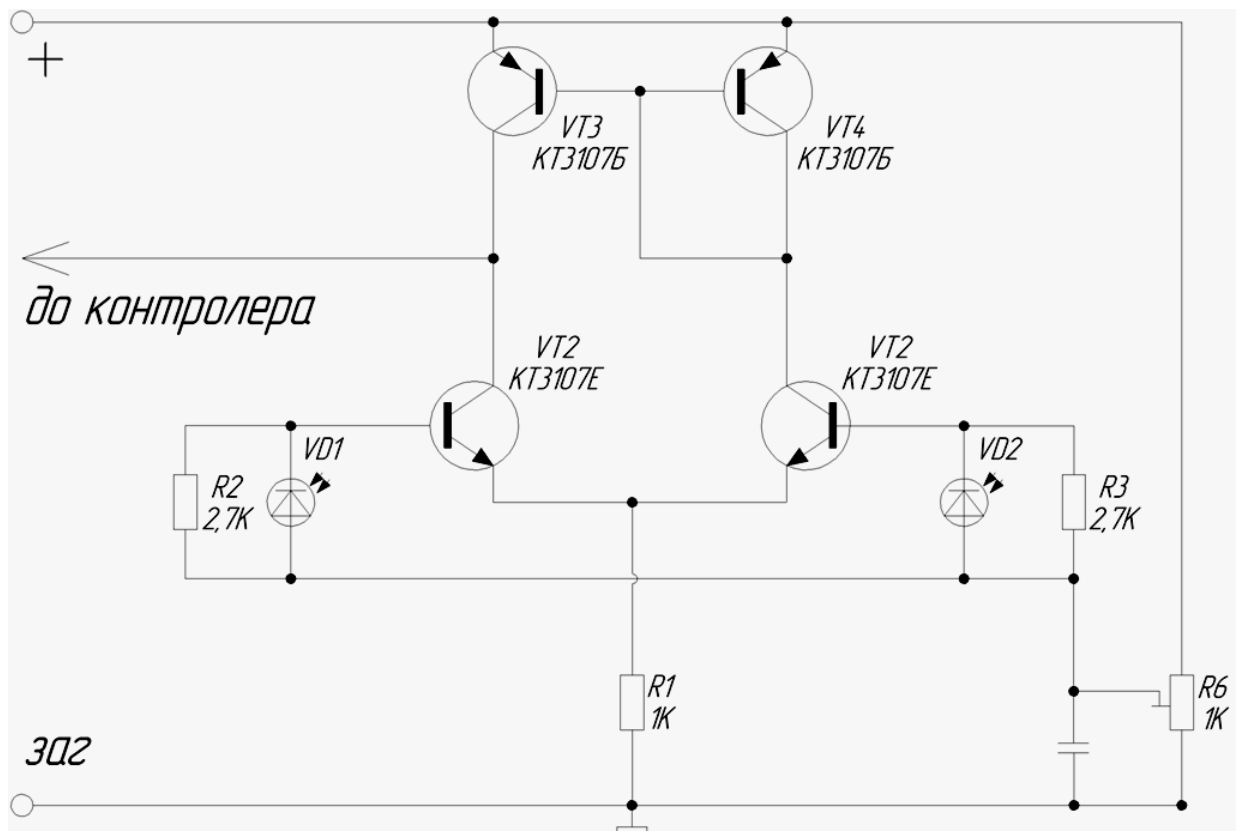
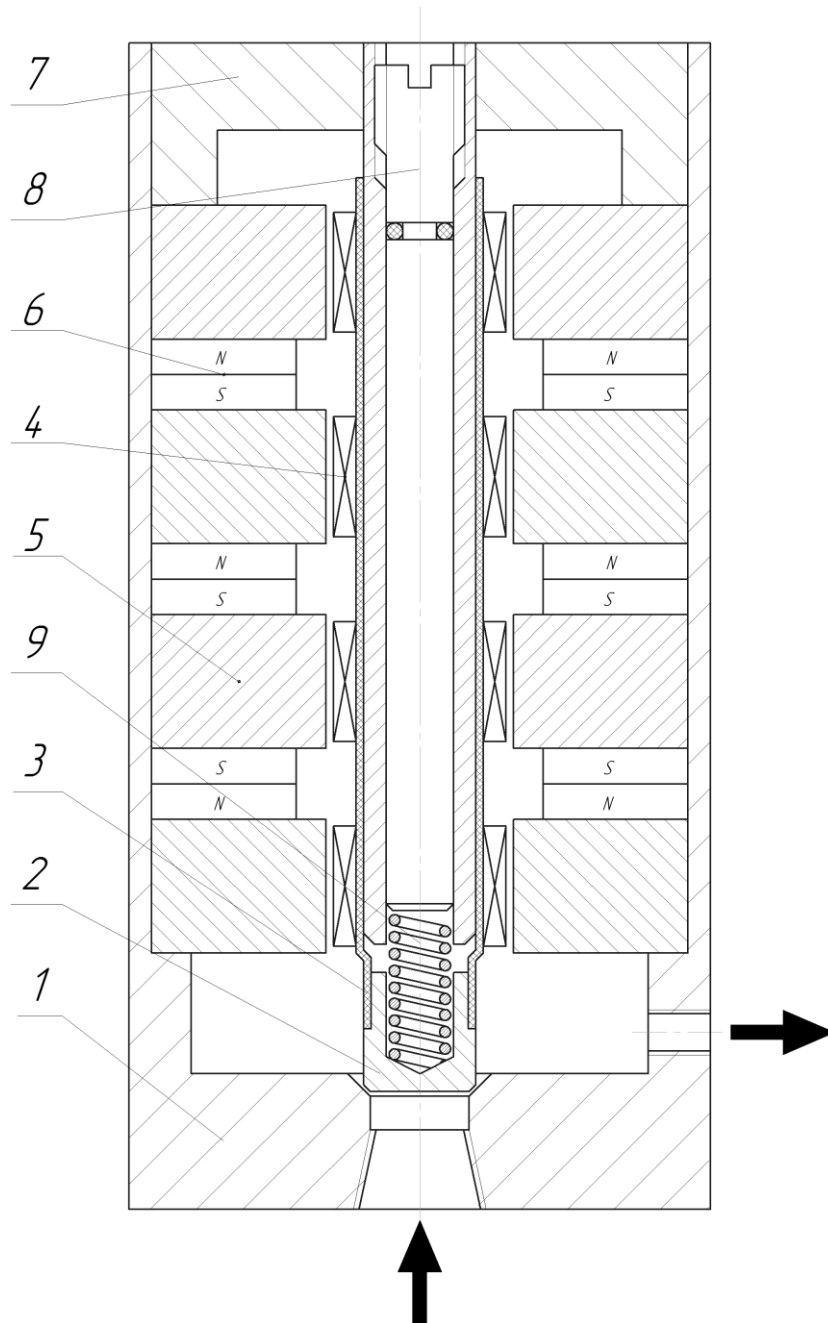


Рисунок 8. Схема оптичного перетворювача

Для практичної реалізації розглянутого технічного рішення на існуючому обладнанні найбільш підходящим є керований запобіжний клапан. Принцип роботи полягає в установці на кожен кишеню швидкодіючого датчика зазору, і установці на живильну магістраль кишені керованого по тиску запобіжного клапана. Конструкція такого клапана показана рис. 9.



- 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 9 – Конструкція керованого запобіжного клапана

Для управління адаптивною системою верстата застосовуємо мікроконтролер Atmega32 (рис 10).

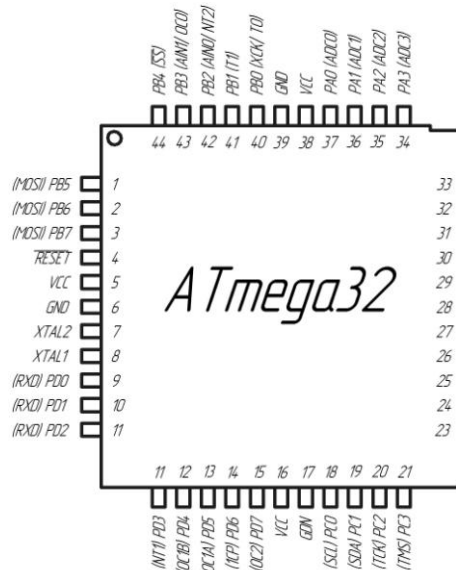


Рисунок 10– Мікроконтролер Atmega32

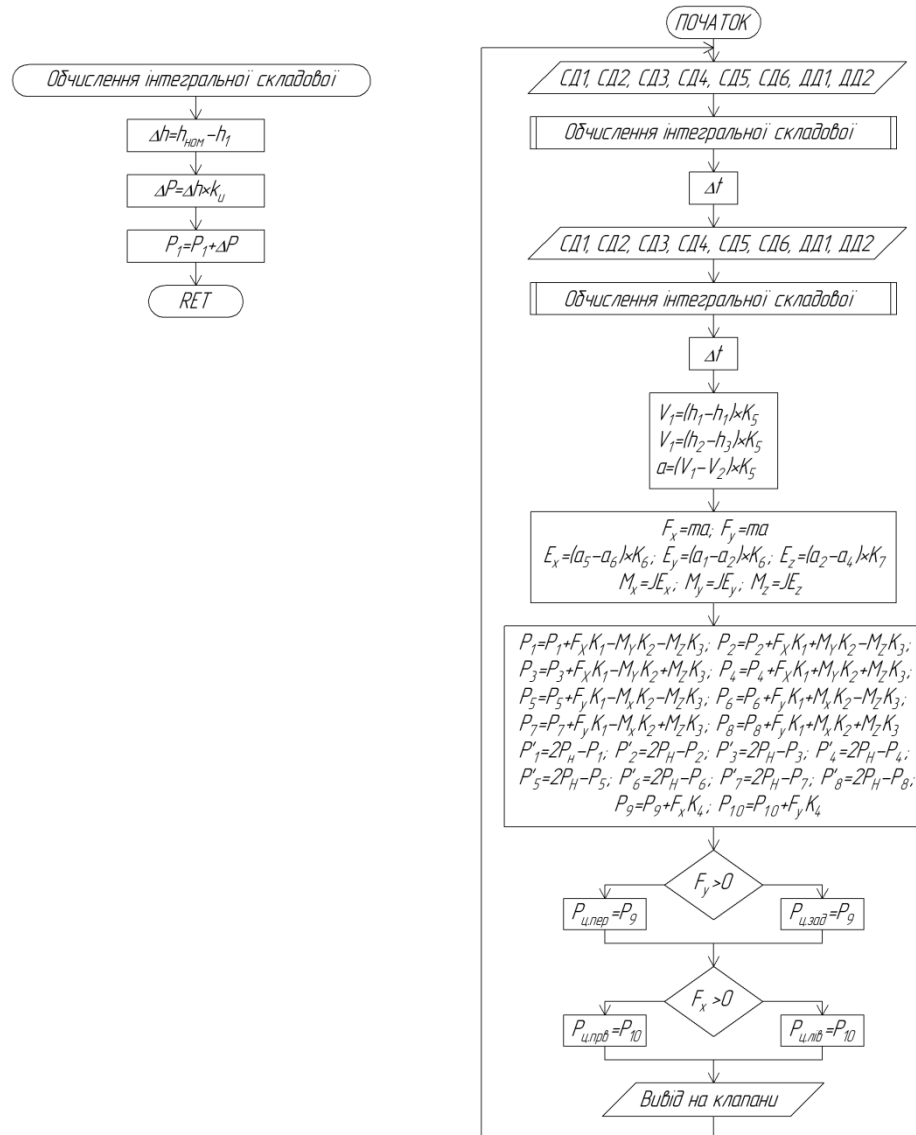


Рисунок 8 Блок – схема алгоритму роботи системи управління

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У ході проведених досліджень можна зробити такі висновки:

- запропоновані розробки дозволяють підвищити точність супортні вузла на гідростатичних напрямних, спростити його проектування і розробку.
- розроблена система адаптивного управління тиском в кишенях гідростатичних напрямних, дозволяє скорегувати передавальної функції і виключити можливість коливань, перекосів і спрощує наладку.
- адаптивна система управління тиском забезпечують значний навантажувальний діапазон з негативною піддатливістю, що дозволяє компенсувати вплив пружних деформацій верстата на точність обробки;
- точність напрямних при АСП вище, завдяки більш стабільною жорсткості масляного шару;
- надійність напрямних, обладнаних АСП вище, ніж напрямних з дросельної системою живлення, що пояснюється відсутністю чутливості до засмічення системи живлення;
- спроектована несуча колона з гідроциліндрами, має досить високу жорсткість при максимальних навантаженнях і не впливає на точність вертикальних напрямних;
- використовувані типи датчиків для адаптивного управління прості в конструкції, дуже надійні і володіють високою точністю.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОГО ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТУ

1. Зайцев А.С. Мельник М.С. Підвищення експлуатаційних властивостей супорта важкого токарно-фрезерного верстата шляхом застосування додаткових мехатронних пристроїв. – Краматорськ : ДДМА, 2017.

АННОТАЦІЯ

Зайцев А.С. Підвищення експлуатаційних властивостей супорта важкого токарно-фрезерного верстата шляхом застосування додаткових мехатронних пристроїв.

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 мехатронна система адаптивного управління тиском в кишенях гідростатичних напрямних супортного вузла підвищеної точності;
- розробили адаптивні регулятори систем живлення опор зі зворотним зв'язком по положенню напрямні;
- розроблено нову конструкцію несучої колони супортні вузла, з додатковою внутрішньої колони з гідроциліндрами для підвищення жорсткості.

Ключові слова: СУПОРТ ПІДВИЩАНОЇ ТОЧНОСТІ, ГІДРОСТАТИЧНІ НАПРЯМНІ, НЕСУЧА КОЛОНА, АДАПТИВНА СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ, ДАТЧИКИ, МІКРОКОНТРОЛЕР.

АННОТАЦИЯ

Зайцев А.С. Повышение эксплуатационных свойств суппорта тяжелого токарно-фрезерного станка путем применения дополнительных мехотронных устройств.

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

В магистерской работе:

- провели анализ схем питания гидростатических опор;
- разработана мехатронная система адаптивного управления давлением в карманах гидростатических направляющих суппортные узла повышенной точности;
- разработали адаптивные регуляторы систем питания опор с обратной связью по положению направляющие;
- разработана новая конструкция несущей колонны суппортные узла, с дополнительной внутренней колонны с гидроцилиндрами для повышения жесткости.

Ключевые слова: СУППОРТ ПИДВИЩАНОИ ТОЧНОСТИ, ГИДРОСТАТИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЯЮЩИЕ, НЕСУЩАЯ КОЛОННА, АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ, ДАТЧИКИ, МИКРОКОНТРОЛЛЕР.

ANNOTATION

Zaitsev A.S. Increasing the performance properties of caliper heavy thread-milling machine by applying additional mechatronic devices.

Master's thesis on a specialty 8.5070204 - Metal-cutting machines and systems Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk, 2017.

In the master's work:

- analyzed the operating patterns of hydrostatic bearings;
- developed mechatronic system adaptive pressure control in the pockets of the hydrostatic guide assembly support to high accuracy;
- developed adaptive power adjuster support systems with feedback on the position of the guide;
- has developed a new design of the bearing pillar support node, with additional internal columns with hydraulic cylinders for extra rigidity.

Keywords: CALIPER POSITIONING ACCURACY, HYDROSTATIC GUIDEWAYS, BEARING COLUMNS, ADAPTIVE CONTROL SYSTEM, SENSORS, MICROCONTROLLERS