**Полешкин, Максим Сергеевич. Гидравлический позиционный привод исполнительных движений механизмов машин : диссертация ... кандидата технических наук : 05.02.02 / Полешкин Максим Сергеевич; [Место защиты: Дон. гос. техн. ун-т].- Ростов-на-Дону, 2013.- 252 с.: ил. РГБ ОД, 61 13-5/2574**

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

<ДГТУ) ^

***На правах рукописи***

Полешкин Максим Сергеевич

ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ ПОЗИЦИОННЫЙ ПРИВОД ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ ДВИЖЕНИЙ МЕХАНИЗМОВ

МАШИН

Научная специальность: 05.02.02 - Машиноведение, системы приводов и

детали машин

**04201363070**

**26**.**11.2013**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель доктор технических наук, профессор B.C. Сидоренко

г. Ростов-на-Дону 2013

ОСНОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ 5

ВВЕДЕНИЕ 6

ГЛАВА 1. ПОЗИЦИОННЫЕ ГИДРОМЕХАНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

1. [Анализ автоматизированных позиционных гидроприводов И](#bookmark3)
2. [Электрогидравлические устройства управления, применяемые в гидроприводе 22](#bookmark6)
3. [Гидромеханические устройства управления позиционных гидросистем 27](#bookmark7)
4. [Выводы 41](#bookmark10)

[1.5. Цель и задачи исследования 43](#bookmark11)

ГЛАВА 2. СИНТЕЗ СХЕМОТЕХНИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ ПОЗИЦИОННОГО ГИДРОПРИВОДА

1. [Принципы построения гидромеханических позиционеров машин повышенного быстродействия и точности 44](#bookmark13)
2. [Обоснование и разработка структуры позиционного гидропривода с гидромеханической системой управления 52](#bookmark14)
3. [Анализ технических средств реализации позиционных гидросистем повышенной эффективности 53](#bookmark17)
4. [Идентификация рабочих процессов гидромеханического устройства позиционирования 63](#bookmark18)
5. [Измерительный комплекс для исследования нестационарных гидродинамических процессов 65](#bookmark19)
6. [Конструктивные параметры проточной части гидромеханического устройства позиционирования 74](#bookmark20)
7. Методика обработки данных экспериментальных исследований 75
8. [Анализ результатов экспериментальных исследований гидромеханического устройства позиционирования 80](#bookmark23)
9. [Выводы 92](#bookmark32)

ГЛАВА 3. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЗИЦИОННОГО ГИДРОПРИВОДА

1. Формирование обобщенной математической модели динамической системы позиционного гидропривода 93
2. Вычислительный эксперимент. Методика динамического

анализа 101

1. Анализ результатов вычислительного эксперимента по моделированию Ш 11 105
2. [Исследование влияния конструктивных и эксплуатационных параметров ГУК на работу ПГП 107](#bookmark36)
3. [Выводы 114](#bookmark37)

ГЛАВА 4. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОЗИЦИОННОГО

ГИДРОПРИВОДА

1. Цель и задачи экспериментальных исследований 116
2. [Исследовательский стенд и контрольно-измерительный комплекс для испытаний ПГП 117](#bookmark38)
3. [Методика проведения натурного эксперимента по исследованию процесса позиционирования ПГП 124](#bookmark39)
4. [Анализ влияния параметров подсистемы управления на качество позиционирования ПГП 126](#bookmark40)
5. [Методика проверки адекватности вычислительного эксперимента 134](#bookmark41)
6. Определение рациональных значений параметров гидроуправляемого клапана-позиционера 140
7. Выводы 148

ГЛАВА 5. АПРОБАЦИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ

1. [Методология инженерного расчета комплектного позиционного гидропривода 149](#bookmark46)
2. Проектирование позиционного гидропривода в системе САПР 152
3. [Методика проектирования позиционного гидропривода в системе САПР 156](#bookmark48)
4. [Конструкторская реализация схемотехнического решения позиционного гидропривода 189](#bookmark71)
5. [Результаты промышленного внедрения позиционного гидропривода 193](#bookmark72)
6. [Выводы 198](#bookmark74)

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБЩИЕ ВЫВОДЫ 199

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ 201

[ПРИЛОЖЕНИЯ 214](#bookmark77)

АТО - автоматизированное технологическое оборудование; ЦМ - целевые механизмы;

ПГУ - подсистема гидравлического управления;

АСК - автоматизированный станочный комплекс;

ГМС - гидромеханические системы;

ГУК - гидроуправляемый клапан;

МФУУ - многофункциональное управляющее устройство; ИМ - исполнительные механизмы;

ППГ - программный позиционный гидропривод;

ПДМ - поворотно-делительные механизмы;

СТР - схемотехническое решение;

ГУК - гидроуправляемый клапан;

КГУ- контур гидравлического управления;

АЗП - автономный задатчик перемещения;

ДГО - датчик грубого отсчета;

ЭГСП - электрогидравлический следящий привод;

ПГП - позиционный гидропривод;

ЭГШП - электрогидравлический шаговый привод;

ПГС - позиционные гидросистемы;

ГДР - гидродинамический расходомер;

ГУТ - гидроуправляемый тормоз.

Другие сокращения даны по тексту диссертации.

**Актуальность темы исследований.** Одной из современных тенденций развития отрасли машиностроения является интенсификация рабочих процессов технологического оборудования и машин. При этом основным критерием остается их уровень производительности, однако наряду с ним требуется повышать такие параметры, как точность, надежность, долговечность и др.

Создание технологического оборудования в виде комплексов с многочисленными исполнительными движениями позволяет добиться требуемого результата и потому является актуальной задачей на сегодняшний день. В связи с этим появляется необходимость в разработке автоматизированных систем приводов, удовлетворяющих выше­перечисленным требованиям.

Широкое применение получили гидромеханические системы позиционирования, обладающие известными преимуществами [9,11,12]. При этом системы управления гидроприводом, реализующие рабочие циклы машин и использующие электромеханические устройства, имеют ряд недостатков: длинную цепь прохождения сигнала от источника к

потребителю; малую напряженность силового поля (Ртах до 2МПа) и нестабильность циклов срабатывания (At до 0,15 с).

В этих условиях, как показывают исследования Трифонова О.Н., Ермакова С.А. [63, 24] и др., устройства с гидравлическими линиями связи, реализующие подсистему управления, имеют преимущество и способны обеспечить высокое быстродействие и стабильную работу.

Добиться повышения их эффективности возможно, используя известные прогрессивные методы разработки и проектирования, а также путем рациональной организации структуры автоматизированного гидропривода, в частности - контура гидравлического управления (КГУ). Решение этой задачи и стало предметом научного и схемотехнического

поиска выполненной автором работы.

Задачи оптимального управления позиционными системами наиболее эффективно решаются гидромеханическими позиционерами [66] с управляемой сливной линией гидродвигателя и гидромеханическим тормозом. Формирование требуемых управляющих воздействий в организации оптимальных позиционных циклов наиболее полно реализуется многофункциональными управляющими устройствами с гидравлическими линиями связи, позволяющими существенно повысить быстродействие и стабильность контура управления.

Контур гидравлического управления формирует управляющие сигналы, достаточные для прямого воздействия на исполнительные элементы привода. Логическое устройство мехатронной подсистемы в автоматическом режиме управляет процессом позиционирования путем задания требуемой координаты на протяжении всего рабочего цикла гидропривода, осуществляя традиционное параметрическое управление траекториями движения исполнительными механизмами АТО.

Разработка и проектирование нового класса устройств многофункциональной гидроаппаратуры сопряжены с определенными трудностями при расчетах, апробации и оптимизации их параметров. Нахождение рабочих характеристик таких устройств в составе КГУ требует проведения трудоемких экспериментальных исследований.

Грамотная организация КГУ, осуществляющего реорганизацию структуры ПГП, требует обширных теоретических исследований, что обусловлено сложностью математического описания взаимосвязей всех его подсистем: механической, силовой и управляющей.

**Учитывая вышеизложенное, целью научной работы** является: повышение эффективности исполнительных движений целевых механизмов машин путем синтеза автоматизированного гидропривода с быстродействующим контуром гидравлического управления позиционированием.

Для достижения поставленной в работе цели, были решены следующие задачи:

1. Обосновать принципы построения и реализации структуры автоматизированного позиционного гидропривода повышенного быстродействия и точности.
2. Разработать обобщенную математическую модель динамической системы предлагаемого автоматизированного позиционного гидропривода, описывающую его поведение с МФУУ и оригинальным быстродействующим контуром гидравлического управления.
3. Выполнить идентификацию рабочих процессов управляющего устройства КГУ, исследовав его динамические расходно- перепадные характеристики.
4. Вычислительным и натурным экспериментом исследовать процесс позиционирования гидропривода, установив влияние основных параметров КГУ на быстродействие и точность позиционного цикла.
5. Обосновать основные параметры КГУ для проектирования ПГП, разработать его инженерную методику расчета и настройки при эксплуатации.
6. Выполнить апробацию и промышленное внедрение результатов исследования, инженерной методики и рекомендаций расчета **ill'll** в условиях производства.

**Научная новизна работы заключается:**

1. В обосновании принципов построения и технической реализации ПГП повышенного быстродействия и точности с гидравлической подсистемой управления позиционированием механизмов машин.
2. В разработке обобщенной математической модели позиционного гидропривода с КГУ, раскрывающей влияние изменяемой «на ходу» структуры и параметров подсистемы управления на процесс позиционирования.
3. В выявлении расходно-перепадных характеристик МФУУ при нестационарных процессах в его проточной части и их аппроксимации в математическую модель.
4. В установлении влияния гидравлических и кинематических параметров КГУ на быстродействие и точность ПГП, позволившим решать задачи его рационального проектирования.

**Практическая значимость работы заключается:**

1. В проектировании технического решения позиционного гидропривода с улучшенными характеристиками по точности и быстродействию, обладающего высокой степенью автоматизации.
2. В создании методики и специального измерительного комплекса с оснасткой для исследования нестационарных гидромеханических процессов, в проточной части управляющих устройств, клапанного типа, позволяющих уточнить их параметры.
3. В нахождении оптимальных конструкторских и эксплуатационных параметров, характеризующих функционирование гидромеханического управляющего устройства.
4. В разработке и апробации на ООО «Завод СтройНефтеМаш (г.Ростов- на-Дону) инженерной методики расчета Ш'11 с применением программного обеспечения, позволяющей сократить затраты времени и средств при проектировании.
5. В технической реализации и внедрении позиционного привода в учебный процесс на ФГБОУ ВПО ДГТУ кафедры «Гидравлика, ГПА и ТП» и в производство на ЗАО «ЗМК» (г. Кисловодск).

**Объем и структура диссертации.** Диссертационная работа состоит из введения, пяти глав, заключения, содержащего общие выводы, списка литературы из 132 наименований, 19 приложений, 71 рисунка, 36 таблиц и изложена на 252 страницах машинного текста.

1. **ВЫВОДЫ**

В результате выполненных исследований сделаем следующие выводы:

1. Разработана и апробирована на ОАО «Завод СтройНефтеМаш», инженерная методика для выполнения проектировочного расчета и определения параметров настройки ПГП. Методика реализована с применением программной поддержки: MS Excel, РСТ Mathcad и Matlab, что позволяет сократить затраты времени и средств в 1,3-1,5 раза.
2. Результаты исследования внедрены в условиях производства для автоматизации вертикально-сверлильного станка 2А135. Внедрение позволило повысить производительность в среднем в 1,4 раза, уменьшить производственные площади в 2 раза и сократить обслуживающий персонал.
3. Введение в учебный процесс научно-исследовательского комплекса по изучению позиционных гидросистем позволило повысить качество преподаваемого учебного материала добавлением практических работ [132] по дисциплинам специальности 150802 «Гидромашины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика».
4. Обоснованы и технически реализованы принципы построения

Ill'll с улучшенными характеристиками контура гидравлического

управления (Патенты на изобретение №2450174 и №2458261 [4,5]),

повышающие быстродействие и точностью исполнительных движений механизмов машин.

1. Разработана обобщенная математическая модель позиционного

гидропривода с МФУУ в контуре гидравлического управления, раскрывающая поведение его динамической системы с автоматически изменяемой «на ходу» структурой.

1. Идентификацией нестационарных гидромеханических процессов в проточной части ГУКа установлены зависимости коэффициентов расхода и сопротивления (для всего диапазона открытий 0<х3<Змм), необходимые для улучшения характеристик КГУ позиционными циклами приводов.
2. Вычислительным и натурным экспериментом обоснованно качественно и количественно влияние основных параметров КГУ на длительность (^„=0,07-0,1с) и стабильность (Дфср=3,6-10'5рад) позиционных циклов привода с МФУУ и установлены зоны их устойчивого позиционирования для целевых механизмов машин.
3. Полнофакторным экспериментом выявлены факторы определяющие качество работы МФУУ в контуре гидравлического управления: давление управления (Ру) и проводимость его проточной части **(Kq),** установлены рациональные сочетания их значений для требуемого быстродействия и точности исполнительных движений в реальном приводе.
4. Разработана и апробирована в производственных условиях (ООО «Завод СтройНефтеМаш», г.Ростов-на-Дону) инженерная методика проектирования, испытания и настройки предлагаемого ПГП на основе принципов модульного построения и мехатронного управления ИД механизмов машин, позволившая сократить при этом затраты времени и средств в 1,3-1,5 раза.
5. Промышленным внедрением результатов работы в координатно­сверлильном станке-полуавтомате на предприятии ЗАО «Завод металлоконструкций» (г. Кисловодск) обеспеченно: повышение

производительности в 1,4 раза, сокращение производственные площадей и персонала в 2 раза, что подтверждает практическую значимость работы.

**БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Промышленные роботы в машиностроении. Атлас схем и чертежей, под ред. Соломендева Ю.М. -М. Машиностроение, 1987.- 140с.
2. Проектирование металлорежущих станков и станочных систем: справ.-учеб.: в 3 т. / под общ. ред. А.С. Проникова; МГТУ им. Н.Э. Баумана. -М.: Машиностроение, 1995. - 1031с.
3. Пуш В.Э. и др. Автоматические станочные системы / В.Э.Пуш, Р.Пигерт, В.Л.Сосонкин; под ред В.Э.Пуша. - М.: Машиностроение, 1982. -319 с.
4. Самодуров Г.В. Современные тенденции развития технологии металлообработки / Г.В.Самодуров // Приводная техника. -2008. - № 5. - С.7-10.
5. Свешников В.К. Перспективы применения гидропривода в современных станках / Свешников В.К., Иванов Г.М. // Конструктор- машиностроитель, № 5, 2011 - С.34-39.
6. Интеллектуальная гидравлика: приводы с пропорциональным управлением / Свешников В.К. // Конструктор-машиностроитель, № 1, 2011. - С.42-47.
7. Основные тенденции развития мирового гидрооборудования, часть 2 / В.К. Свешников // РИТМ, №4(42), 2009. - с.43-46.
8. Эксплуатация гидравлического оборудования / Финкелынтейн

З.Л., Финкелыптейн А.М. // Гидравлика. Пневматика. Гидроприводы. - 2009, №2. - С.21-27.

1. Трифонов О.Н. Приводы автоматизированного оборудования / Трифонов О.Н., Иванов В.И., Трифонова Г.О. - М.: Машиностроение, 1991. -336 с.
2. Коробочкин Б.Л. Динамика гидравлических систем станков /Б.Л.Коробочкин. - М.: Машиностроение, 1976. - 240 с.
3. Дружинский И.А. Концепция конкурентоспособных станков / И.А. Дружинский. - Д.: Машиностроение. Ленингр. Отд-ние, 1990. - 247 с.
4. Кудинов В.А. Динамика станков / В.А.Кудинов. - М.: Машиностроение, 1967. — 359 с.
5. Тугенгольд А.К. Интеллектуальное управление технологическими объектами: тр. IV Междунар. конгресса "Конструкторско- технологическая информатика-2000" / А.К. Тугенгольд. - М.: МГТУ «Станкин», 2000. - Т. 2. - С. 215-217.
6. Левин А.И. Математическое моделирование в исследованиях и проектировании станков / А.И. Левин. - М.: Машиностроение, 1978. - 184 с.
7. Свешников В.К. Станочные гидроприводы: справ. Библиотека конструктора / В.К. Свешников. - 5-е изд., перераб.и доп. - М.: Машиностроение, 2008. - 640 с.
8. Свешников В.К.. Гидрооборудование: Насосы и гидродвигатели: номенклатура - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Издательский центр «Техинформ», 2009, - 390 с.
9. Exner Н. Basic princeples and copmponents of fluid technology RexRoth / H. Exner, R. Freitag- Dr.-Ing., H. Geis, R. Lang - Mannesmann RexRoth, 1991. 327p.
10. Нагорный B.C. Устройства автоматики гидро- и пневмосистем /
11. C. Нагорный, А.А. Денисов - М.: Высшая школа, 1991. - 367 с.
12. John S Cundiff. Fluid Power and controls: Fundamental and applications.-Mechanical engineering series, 2001. - 560 c.
13. Навроцкий К.Л. Шаговый гидропривод / К.Л. Навроцкий, Т.А. Сырицын, А.И. Степаков. - М.: Машиностроение, 1985. - 160 с.
14. Добровольский В.Л. Фиксирующие устройства в автоматических станочных системах / В.Л. Добровольский. - М.: Машиностроение, 1989. - 69 с.
15. Александров М.П. Тормозные устройства. Справочник / Александров М.П., Лысяков А.Г. - М.: Машиностроение, 1985. — 312 с.
16. Нахапетян Е.Г. Динамика и диагностирование механизмов позиционирования машин - автоматов / Е.Г. Нахапетян. - М.: Наука, 1976. - 94 с.
17. Иванов Г.М. Проектирование гидравлических систем машин / Г.М. Иванов, С.А. Ермаков, Б.Л. Коробочкин, P.M. Пасынков / - М.: Машиностроение, 1992. - 224 с.