Министерство образования и науки РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение

высшего образования

«Волгоградский государственный технический университет»

Факультет **автоматизированных систем, транспорта и вооружений**

Кафедра "**Автоматизации производственных процессов**"

Программа дисциплины

**Гидропневмопривод и гидропневмоавтоматика**

Направление подготовки 15.03.04 "Автоматизация технологических процессов и

производств"

**Факультет подготовки инженерных кадров**

|  |  |
| --- | --- |
| Форма обучения | Заочная |
| Срок обучения | Ускоренный срок по индивидуальному плану |
| Курс | 3 |
| Семестр | 5 |
| Число зачетных единиц | 3 |
| Всего часов по учебному плану, час. | 108 |
| Всего часов аудиторных занятий, час. | 8 |
| Лекции, час | 4 |
| Лабораторные занятия, час. | 4 |
| Контрольная работа, семестр | 5 |
| Зачет (семестр) | 5 |

Разработали доцент Харькин О.С. e-mail: app@vstu.ru

доцент Шостенко С.В.

Зав. кафедрой АПП Сердобинцев Ю.П.

Волгоград 2017

**1 Аннотация дисциплины**

В современном автоматизированном производстве наряду с электрическими и электронными устройствами широкое применение получили гидравлические и пневматические средства автоматизации.

Целью изучения дисциплины является ознакомление с основными законами поведения жидкости и газа, создание на их основе элементов и устройств для автоматизации различного технологического оборудования.

Учебная дисциплина "Гидропневмопривод и гидропневмоавтоматика" базируется на соответствующих разделах высшей математики, физики, технической механики, теории управления, которые формируют математический аппарат и понимание принципов построения элементов автоматических систем.

Основные положения дисциплины используются при изучении следующих дисциплин: «Автоматизация технологических процессов и производств», «Промышленные роботы и РТК», «Средства автоматизации технологического оборудования» а также в курсовом проектировании и при выполнении выпускной квалификационной работы.

**2 Содержание учебной дисциплины «Гидропневмопривод и**

**гидропневмоавтоматика»**

Таблица 2.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| №  темы | Название основных тем и вопросов, изучаемых в рамках  дисциплины | Кол-во часов,  отводимых на лекции |
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Введение. Значение и задачи гидропневмоавтоматики при автоматизации производства. Сравнительная оценка гидравлических, пневматических, электрических систем. Типовая структура объемного гидропривода, схемотехника. | с |
| 2 | Энергообеспечивающая подсистема. Рабочие жидкости, трубопроводы, насосы, дополнительное оборудование | с |
| 3 | Исполнительная подсистема. Гидроцилиндры, поворотные гидродвигатели, гидромоторы. | 0,5 |
| 4 | Направляющая и регулирующая подсистема. Направляющая гидроаппаратура (гидрораспределители, обратные клапаны, гидрозамки). Регулирующие гидроаппараты (гидроаппараты управления давлением и расходом) | 0,5 |
| 5 | Информационная подсистема (средства контроля давления, расхода, путевые переключатели). | с |
| 6 | Функционирование гидроприводов. Управление положением выходного звена исполнительного механизма, регулирование скорости исполнительных механизмов, стабилизация скорости, синхронизация движения исполнительных механизмов. | 0,5 |
| 7 | Гидравлические усилители мощности. Обратные связи усилителей. Гидравлические следящие приводы. Однокоординатные следящие приводы, системы с регулируемой задающей подачей. Гидроприводы с электрическим пропорциональным управлением. | 0,5 |
| 8 | Пневмоавтоматика. Основные этапы развития. Физические основы функционирования пневмосистем. Основные газовые законы, режимы течения. | 0,5 |
| 9 | Энергосберегающая подсистема. Источники питания и системы подготовки сжатого воздуха. |  |
| 1 | 2 | 3 |
| 10 | Исполнительная подсистема. Пневматические цилиндры, поворотные двигатели, мембранные и сильфонные механизмы. Специальные пневматические исполнительные устройства. |  |
| 11 | Направляющая и регулирующая подсистема. Пневматические распределители, устройства регулирования давления и расхода. |  |
| 12 | Универсальная система элементов промышленной пневмоавтоматики (УСЭППА). Принципы построения, номенклатура элементов.  Аналоговая ветвь УСЭППА. Пневматические мембранные усилители. Реализация алгебраических операций. Временные операции. Дискретная ветвь УСЭППА. Трехмембранное пневмореле с подпором. Реализация на пневмореле простейших логических функций. | 0,5 |
| 13 | Струйная пневмоавтоматика. Принципы построения, классификация, статические характеристики струйных элементов.  Струйные элементы, работа которых основана на взаимодействии струй, на взаимодействии струй со стенкой, на турбулизации течения, вихревые элементы. Внешние устройства струйной техники. | 0,5 |
| 14 | Пневматические приводы технологического оборудования. Пневмогидравлические приводы. |  |
|  | Итого | 4 |

**3 Лабораторные и практические занятия**

***3.1 Лабораторные работы***

Таблица 3.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Номер лаб. раб. | Наименование лабораторной работы | Объем, час. |
| 1 | Исследование пневматического преобразователя типа сопло-заслонка | 2 |
| 2 | Дискретные элементы и узлы мембранной пневмоавтоматики | 4 |
| 3 | Исследование элементов и типовых схем промышленного  пневмопривода | 2 |
| 4 | Реализация логических функций и построение простейших схем на струйных дискретных элементах | 4 |
|  | Итого | 4 |

**4 Самостоятельная работа студентов**

В течение семестра студенты выполняют контрольную работу, которая включает в себя задание по проектированию принципиальной гидравлической схемы, расчету и выбору параметров гидросистемы. Работа выполняется в соответствие с методическими указаниями по самостоятельной работе.

***4.1 Контрольная работа***

Целью контрольной работы является закрепление знаний, полученных в результате изучения теоретического материала, приобретение практических навыков проектирования и расчета систем гидропривода.

*Варианты заданий* сведены в две таблицы. В **таблице 1** даны варианты по компоновке гидравлической схемы (**выбирается по последней цифре зачетной книжки**), а в **таблице 2** – исходные данные для расчета (**выбирается по предпоследней цифре зачетной книжки)**.

**Таблица 1 – Компоновка гидросхемы**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| ВАРИАНТ | Гидрораспределитель | | | Регулятор скорости рабочего хода | | Место установки регулятора | | Место установки фильтра | |
| Гидроуправление | Электроуправление | Электрогидроуправление | Дроссель | Регулятор потока | На входе | На  выходе | Линия нагнетания | Линия слива |
| 1 | Х |  |  | Х |  | Х |  | Х |  |
| 2 |  | Х |  | Х |  | Х |  | Х |  |
| 3 |  |  | Х | Х |  | Х |  | Х |  |
| 4 | Х |  |  |  | Х |  | Х |  | Х |
| 5 |  | Х |  |  | Х |  | Х |  | Х |
| 6 |  |  | Х |  | Х |  | Х |  | Х |
| 7 | Х |  |  |  | Х | Х |  | Х |  |
| 8 |  | Х |  |  | Х | Х |  |  | Х |
| 9 |  |  | Х |  | Х | Х |  | Х |  |
| 10 |  | Х |  | Х |  |  | Х |  | Х |

### Таблица 2 – Исходные данные для расчета

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Вар. | Усилие зажима | Расчетная нагрузка | Расчетное давление | Скорость быстрого подвода | Скорость рабочей подачи | Длина трубопровода | |
| подвод | слив |
|  | Pз, Н | P, Н | p, МПа | Vбп, м/мин | Vp, м/мин | l1, м | l2, м |
| 1 | 10000 | 5000 | 2,0 | 8,0 | 0,8 | 2,0 | 2,0 |
| 2 | 15000 | 10000 | 2,5 | 6,0 | 0,6 | 2,5 | 3,0 |
| 3 | 20000 | 15000 | 3,0 | 5,0 | 0,5 | 3,0 | 3,0 |
| 4 | 25000 | 20000 | 3,5 | 4,0 | 0,4 | 4,0 | 3,5 |
| 5 | 30000 | 25000 | 4,0 | 3,0 | 0,3 | 5,0 | 4,0 |
| 6 | 35000 | 30000 | 4,5 | 2,0 | 0,2 | 4,0 | 4,0 |
| 7 | 10000 | 8000 | 2,0 | 3,0 | 0,5 | 3,5 | 3,0 |
| 8 | 20000 | 12000 | 2,5 | 4,0 | 0,8 | 3,0 | 2,5 |
| 9 | 25000 | 18000 | 3,0 | 5,0 | 1,0 | 2,5 | 2,5 |
| 10 | 30000 | 22000 | 3,5 | 6,0 | 0,4 | 4,5 | 3,0 |

***4.2 Содержание заданий***

Составить принципиальную схему гидропривода, обеспечивающего выполнение операций по циклу: зажим детали, быстрый подвод инструментальной головки, рабочая подача, реверс, быстрый отвод, разжим детали. Управление автоматическое с путевым контролем. Предусмотреть возможность остановки привода в исходном положении путем разгрузки системы от давления. В схеме использовать стандартную гидроаппаратуру.

По заданным условиям произвести расчет и выбор параметров гидросистемы, включая: определение размеров гидроцилиндров; определение расходов и потребной производительности насосной установки, выбор насоса; определение проходных сечений трубопроводов; выбор элементов гидроаппаратуры; определение гидравлических потерь и необходимого рабочего давления; определение мощности привода насоса.

Графическая часть работы включает в себя принципиальную гидравлическую схему привода, перечень элементов гидросхемы.

###### ***4.3 Методические указания***

***4.3.1 Указания по составлению принципиальной гидравлической схемы***

1 В схемах использовать насосы постоянной производительности лопастные или шестеренные. Рабочая жидкость – минеральное масло индустриальное 30.

2 Для регулирования рабочего давления использовать гидроклапаны давления прямого или непрямого действия.

3 Управление исполнительным приводом осуществляется с помощью гидрораспределителя с гидравлическим, электрическим, или электрогидравлическим управлением (в зависимости от варианта задания). Для автоматического переключения реверсивного гидрораспределителя использовать в первом случае распределители с механическим управлением, а также крановые гидрораспределители, во втором – электрические конечные выключатели.

4 В схемах используется дроссельный способ регулирования скорости рабочего хода исполнительного привода. В зависимости от варианта задания следует выбирать дроссель типа Г77 – 1 или регулятор потока типа Г55 – 2.

5 Для переключения привода с быстрого подвода на рабочую подачу рекомендуется использовать гидрораспределители и обратные клапаны, либо регуляторы потока типа ПГ55-62 с обратным клапаном и распределителем. Аппарат переключается копиром, связанным с подвижной частью исполнительного механизма. При отсутствии воздействия копира распределитель пропускает основной расход жидкости, что соответствует быстрому подводу исполнительного привода. В переключенном положении золотника проход для жидкости перекрыт обратным клапаном и ее расход определяется настройкой дросселя.

6 Для разгрузки системы от давления рекомендуется использовать гидроклапан давления непрямого действия, снабженный вспомогательным аппаратом управления.

***4.3.2 Порядок расчета и выбора элементов и параметров гидросистемы***

1 По заданным расчетной нагрузке *P* и давлению *p* с учетом механического к. п. д. *η*мех определяется диаметр поршня *D* исполнительного привода

,

где механический к. п. д. ( *η*мех ) выбирается в интервале от 0,80 до 0,90.

Найденное значение округляется до ближайшего нормального (ГОСТ 12447 – 80), выбираемого из ряда 40, 50, 63, 70, 80, 90, 100,110, 125, 140, 160 мм

2 Определяется минимальное необходимое давление *p*min в рабочей полости привода

.

3 Выбирается диаметр штока d с учетом длины хода поршня и нагрузки d=(0,4 ÷ 0,5)D и округляется до ближайшего нормального значения, выбираемого из ряда: 20, 25, 32, 40, 50, 70, 80, 100.

4 По заданной скорости быстрого подвода *V*бп определяется расход *Qmax* на линии нагнетания.

.

5 По расходу *Qmax* с учетом возможных утечек выбирается производительность насоса и его типоразмер.

6 По производительности насоса *Q*нас выбирается гидроклапан давления (напорный золотник).

7 По расходу *Qmax* выбираются реверсивный гидрораспределитель, гидрораспределитель с обратным клапаном переключения с быстрого подвода на рабочую подачу и фильтр, если он установлен на линии подвода жидкости и фильтрует весь поток.

8 По расходу *Qmax* и допустимой скорости жидкости *V*доп определяется диаметр трубопровода *d*т1 на линии подвода.

.

Для напорной магистрали рекомендуется принимать

*V*доп = 3 ÷ 3,5 м/с при давлениях до 2,5 Мпа;

*V*доп = 4 ÷ 5 м/с при давлениях до 5,0 Мпа.

Найденный диаметр округляется до ближайшего нормального значения (ГОСТ 16516 – 80), выбираемого из следующего ряда 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25 мм.

9 Определяется расход на линии слива *Q сл max* при быстром подводе

.

10 По расходу *Q сл max* выбирается фильтр, если он установлен на общем сливе и фильтрует весь поток. По расходу *Q сл max* и допустимой скорости определяется диаметр сливного трубопровода *d*т2

.

Рекомендуется *V*доп сл = 1,5 – 2,5 м/с. Найденный диаметр округляется до ближайшего нормального значения (п.8).

11 Определяются расходы жидкости на линии подвода Q1 и слива Q2 при рабочем ходе

; .

12 В зависимости от места установки по одному из расходов выбирается дроссель или регулятор потока.

13 Определяются действительные скорости жидкости в трубопроводах при рабочем ходе привода.

; .

14 Определяется режим движения жидкости в трубопроводах на линии подвода и слива.

; .

15 В зависимости от режима движения определяются коэффициенты трения для жидкости.

 - для ламинарного режима;  - для турбулентного режима

16 Определяются потери на трение по длине трубопровода для линий подвода и слива при рабочем ходе .

17 Определяются потери в местных сопротивлениях при рабочем ходе привода. Величины потерь давления в гидроаппаратах приводятся в таблицах их типоразмеров либо задаются в виде графических зависимостей от расхода масла. В тех случаях, когда потери даны для максимального расхода через аппарат, табличные значения пересчитываются по формулам

; .

18 Определяются суммарные потери на линии подвода и линии слива.



19 Суммарные потери на линии слива приводятся к рабочей полости, учитывая разность площадей в полостях гидроцилиндра. 

20 Определяется рабочее давление, на которое должен быть настроен гидроклапан давления. 

21 Определяется мощность приводного двигателя насоса ,

где  - эффективный (общий) к п д насоса

22 Выбирается остальная гидроаппаратура, требуемая по схеме.

**4.4 Оформление работы**

Работа оформляется на белой бумаге формата А4 (210х297), должна начинаться с титульного листа.

Все расчеты следует выполнять в международной системе единиц (СИ). В случае необходимости в работе приводятся рисунки и чертежи, поясняющие ход расчетов. При оформлении работы следует руководствоваться ГОСТ 2.105 – 95 «ЕСКД. Общие требования к текстовым документам»

Графическая часть оформляется на листах чертежной бумаги стандартного формата. При выполнении и оформлении схем следует руководствоваться стандартами седьмой классификационной группы ЕСКД.

**5 Основная и дополнительная литература**

***Основная***

1 Гидравлика, гидромашины и гидропневмопривод: Учебное пособие / под ред. С.П. Стесина - М.: Академия, 2008. - 334с.

2 Свешников В.К., Станочные гидроприводы: справочник. 5-е изд. перераб. и доп. М.: Машиностроение, 2008. – 640 с.

3 Наземцев А.С. Гидравлические и пневматические системы. Ч 1. Пневматические приводы и системы. Учебное пособие. - М.: Форум, 2004. - 240 с.

4 Наземцев А.С., Рыбальченко Д.Е. Пневматические и гидравлические приводы и системы. Ч 2. Гидравлические приводы и системы. Учебное пособие. - М.: Форум, 2007. - 304 с.

### *Дополнительная*

5 Пневматические устройства и системы в машиностроении: Справочник/ Е. В. Герц, А. И. Кудрявцев, О. В. Ложкин и др. Под общ. ред. Е. В. Герц - М.: Машиностроение, 1981. – 408 с.

6 Ибрагимов И. А., Фарзане Н. Г., Илясов Л. В. Элементы и системы пневмоавтоматики: Учебник для вузов.– 2-е изд., перераб. и доп.– М.: Высш. шк., 1984. – 544 с.

7Сутин А. И. Элементы и системы гидроавтоматики: Учеб. пособие.- Волгоград: изд-во ВолгПИ, 1993. – 112 с.

8 Сутин А. И. Элементы и системы пневмоавтоматики: Учеб. пособие.- Волгоград: изд-во ВолгПИ, 1986. – 88 с.

***Перечень методических указаний***

2. Исследование пневматического преобразователя типа сопло-заслонка: метод. указания к лаб. работе / сост. О.С. Харькин, С.В. Шостенко, ВолгГТУ, 2017.

3. Дискретные элементы и узлы мембранной пневмоавтоматики: метод. указания к лаб. работе / сост. О. С. Харькин, С. В. Шостенко. – Волгоград: ВолгГТУ, 2017.

4. Исследование элементов и типовых схем промышленного пневмопривода: метод. указания к лаб. работе/ сост. О.С. Харькин, С.В. Шостенко - Волгоград: ВолгГТУ, 2017.

5. Реализация логических функций и построение простейших схем на струйных дискретных элементах: метод. указания к лаб. работе/ сост. О.С. Харькин - Волгоград: ВолгГТУ, 2017.

***Другие учебно-методические материалы***

1 Элементы и системы гидропневмоавтоматики: Альбом схем и чертежей. Часть 1. Элементы и системы гидроавтоматики / сост. О. С. Харькин, С.В. Шостенко - Волгоград: ВолгГТУ, 2011. – 60 с.

2 Элементы и системы гидропневмоавтоматики: Альбом схем и чертежей. Часть 2. Элементы и системы пневмоавтоматики / сост. О. С. Харькин, С.В. Шостенко - Волгоград: ВолгГТУ, 2011. – 36 с.

**6 Вопросы к итоговому контролю по дисциплине**

**"Гидропневмопривод и гидропневмоавтоматика"**

1. Сравнительная оценка гидро-, пневмо- и электросистем автоматики.

2. Рабочие жидкости гидросистем. Основные свойства.

3. Гидравлические потери. Местные потери и потери на трение по длине. Местные гидравлические сопротивления.

4. Объемный гидропривод. Основные понятия и определения. Условные обозначения в гидро- и пневмосхемах.

5. Гидронасосы. Шестеренные, пластинчатые, радиальные роторно- поршневые, аксиальные роторно- поршневые. Конструкция, основные характеристики.

6. Объемные гидродвигатели. Гидроцилиндры. Мембранные исполнительные механизмы. Сильфоны. Поворотные пневмо- и гидродвигатели. Гидромоторы.

7. Направляющая гидроаппаратура. Гидрораспределители типов Г(ПГ), В и Р. Крановые гидрораспределители. Обратные клапаны.

8. Регулирующая гидроаппаратура. Клапаны давления прямого и непрямого действия. Гидроклапаны давления с обратным клапаном Г66-1. Предохранительные клапаны. Редукционные клапаны непрямого действия.

9. Объемный способ регулирования скорости исполнительных механизмов.

10. Дроссельное регулирование скорости, основные схемы. Дроссели типа ПГ77-1.

11. Ступенчатое регулирование скорости. Разделительная панель Г53.

12. Стабилизация скорости гидравлических исполнительных механизмов с установкой регулятора Г55-1 на входе, с установкой регулятора Г55-2 на входе и выходе.

13. Способы синхронизации движения гидравлических исполнительных механизмов. Синхронизация с помощью следящего золотника. Делители расхода.

14. Гидравлические усилители. Дросселирующие гидрораспределители: золотниковые, сопло-заслонка, со струйной трубкой.

15. Гидроусилители без обратной связи. Гидроусилители с кинематической, гидромеханической и силовой обратной связью по положению. Многокаскадные усилители.

16. Гидравлические следящие системы. Гидрокопировальный суппорт.

17. Гидравлическая следящая система с регулируемой продольной подачей.

18.Гидроприводы станков различного назначения.

19. Пневмоавтоматика. Развитие этой области техники. Особенности пневматических систем.

20. Воздух, как рабочая среда систем пневмоавтоматики. Основные параметры. Системы подготовки воздуха.

21. Основные сведения из газовой динамики. Классификация течений газа. Уравнения газовой динамики.

22. Установившееся истечение газа из отверстия в тонкой стенке.

23. Установившееся течение газа по трубопроводу постоянного сечения.

24. Струйные течения газа (ламинарное и турбулентное).

25. Пневматические сопротивления. Классификация, назначение. Постоянные, переменные, управляемые пневмосопротивления.

26. Пневматические емкости и конденсаторы.

27. Пневматические камеры. Статика пневматических камер. Пневматические камеры с переменным дросселем на выходе. Динамика пневматических камер.

28. Упругие элементы пневматических приборов и устройств (трубчатые пружины, упругие и эластичные мембраны, сильфоны).

29. Пневматические преобразователи с управляемыми пневмосопротивлениями. Принцип компенсации перемещений и усилий.

30. Универсальная система элементов промышленной пневмоавтоматики (УСЭППА). Принципы построения, номенклатура элементов.

31. Аналоговая ветвь УСЭППА. Пневматические мембранные усилители. Реализация алгебраических операций. Временные операции.

32. Дискретная ветвь УСЭППА. Трехмембранное пневмореле с подпором. Реализация на пневмореле простейших логических функций.

33. Последовательностные схемы (триггеры с раздельными входами, счетные триггеры, задержки на такт, импульсаторы, генераторы импульсных сигналов).

34. Струйная пневмоавтоматика. Принципы построения, классификация струйных элементов и устройств. Статические характеристики струйных элементов.

35. Струйные элементы, работа которых основана на взаимодействии струй.

36. Струйные элементы, работа которых основана на взаимодействии струй со стенкой.

37. Струйные элементы с турбулизацией течения. Струйные вихревые элементы.

38. Внешние устройства струйной техники. Построение струйных управляющих устройств.

39. Пневматические приводы. Принципы построения, классификация, исполнительные механизмы, направляющая и регулирующая пневмоаппаратура.

40. Пневмоаппаратура ведущих фирм- производителей средств автоматизации.