

Министерство образования и науки Российской Федерации
Вологодский государственный университет

Кафедра технологии машиностроения

Гидропривод и гидроневмоавтоматика станочного оборудования

**Рабочая программа, методические указания
и контрольные задания
для студентов заочной формы обучения**

Факультет: заочного и дистанционного обучения

Направление подготовки: 15.03.05 – «Конструкторско-
технологическое обеспечение
машиностроительных производств»

Направленность (профили):

Профиль 1 – «Технология машиностроения»

Профиль 2 – «Металлообрабатывающие станки и комплексы»

Вологда
2016

Гидропривод и гидропневмоавтоматика станочного оборудования : рабочая программа, методические указания и контрольные задания для студентов заочной формы обучения. – Вологда: ВоГУ, 2016. – 16 с.

В работе содержится программа курса, методические указания по изучению отдельных разделов курса, вопросы для самопроверки, контрольные задания, методика выполнения контрольной работы и список рекомендуемой литературы.

Утверждено редакционно-издательским советом ВоГУ

Составитель: В.Н. Колпаков, канд. техн. наук, доцент

Рецензент: В.А. Глазков, канд. техн. наук, доцент каф. ТОАП

Введение

Цель изучения дисциплины – освоение принципов расчета и проектирования, методов исследований гидравлических и пневматических элементов и приводов станков и промышленных роботов, элементов и систем гидропневмоавтоматики.

Данная дисциплина является базовой для следующих дисциплин: металлообрабатывающие станки, автоматизация производственных процессов в машиностроении, технологическая оснастка.

Основными задачами изучения дисциплины являются: ознакомление с общей структурой гидро - и пневмоприводов, обучение чтению и составлению гидравлических и пневматических схем, изучение устройства и принципа действия схем и конструкций гидро- и пневмоприводов станков и промышленных роботов, освоение основ их расчета и проектирования, методики синтеза систем пневмоавтоматики.

1. Рабочая программа

1.1. Циклические гидроприводы

Принцип действия циклического гидропривода. Способы торможения выходного звена гидродвигателя.

1.2. Основы расчета и проектирования циклического гидропривода

Расчет и выбор исполнительного гидродвигателя. Составление принципиальной схемы гидропривода. Расчет и выбор насосной установки. Расчет и выбор гидроаппаратуры и трубопроводов. Определение потерь давления в гидросистеме. Динамический расчет циклического гидропривода.

1.3. Гидравлические следящие приводы

Принцип действия гидравлического следящего привода. Классификация. Гидравлические следящие приводы с координатным и числовым программным управлением. Гидравлические следящие приводы с зависимой задающей скоростью. Электрогидравлические преобразователи и усилители крутящего момента.

1.4. Пневматические элементы и приводы

Типовая схема пневмопривода. Способы регулирования и стабилизации скорости и торможения выходного звена пневмодвигателя. Элементы пневмосистем.

1.5. Пневмоавтоматика

Принципы построения и конструктивного выполнения систем пневмоавтоматики. Дроссельно-мембранные элементы и реализация с помощью них логических и математических операций. Струйные и клапанно-распределители элементы и реализация с помощью них логических операций.

Логический синтез систем автоматического управления на элементах пневмоавтоматики.

2. Методические указания

Гидравлические и пневматические приводы широко используются для осуществления движения рабочих органов различных машин. В станкостроении они применяются как для осуществления главных, так и вспомогательных движений, в том числе для привода рабочих органов станков, роботов, зажимных, поворотных, фиксирующих и транспортных устройств, переключения зубчатых колес, уравнивания и разгрузки.

Применение гидропневмоприводов позволяет упростить кинематику станков, снизить металлоемкость и габаритные размеры, повысить точность, надежность, долговечность и уровень автоматизации.

Для создания автоматических систем управления производственными процессами широкое применение находят элементы пневмоавтоматики, что объясняется их преимуществами, а именно: простотой конструкции, высокой эффективностью, надежностью, экономичностью, пожаро и взрывобезопасностью.

Курс включает пять разделов, изучение которых следует вести последовательно, и при окончании каждого раздела необходимо ответить на вопросы для самопроверки.

2.1. Циклические гидроприводы

[1, с. 379-385], [2, с. 288-295], [3, с. 91-99], [13, с. 8-18]

Необходимо изучить схему и понять принцип действия циклического гидропривода, обратив внимание на регулирование величины перемещения и скорости движения рабочих органов. Изучить способы торможения выходного звена гидродвигателя, их достоинства и недостатки.

Вопросы для самопроверки.

1. Какие элементы и устройства применяются для переключения этапов цикла?
2. Как осуществляется настройка величины перемещения рабочего органа на каждом этапе цикла?
3. Как регулируется скорость движения рабочих органов?
4. Как осуществляется контроль за фактическим перемещением рабочего органа?
5. Назовите способы торможения выходного звена гидродвигателя, их достоинства и недостатки.
6. Как осуществляется реверсирование движения рабочих органов?

2.2. Основы расчета и проектирования циклического гидропривода [3, с. 3-58], [9, с. 553-582]. [11, с. 3-23]. [12, с. 3-25]

Необходимо изучить и освоить методику составления принципиальной схемы гидропривода, методику расчета и выбора гидродвигателя, насосной установки, гидроаппаратуры и трубопроводов, способы монтажа гидроаппаратов, методику расчета потерь давления в гидросистеме, динамического синтеза управляющего гидроустройства и анализа движения гидропривода.

Вопросы для самопроверки.

1. По каким параметрам осуществляется выбор гидроцилиндра, гидромотора, поворотного гидродвигателя?
2. Какие параметры учитываются при выборе гидроаппаратов, трубопроводов?
3. Назовите способы монтажа гидроаппаратов, их достоинства и недостатки.
4. Как определяются потери давления в гидроаппаратах?
5. Назовите виды потерь давления в трубопроводах, как они определяются?
6. Как определяется и учитывается в расчетах режим движения жидкости?
7. В чем заключается динамический синтез управляющего гидроустройства?
8. В чем заключается динамический анализ гидропривода?
9. Как осуществляется проверка насоса по давлению?

2.3. Гидравлические следящие приводы

[1, с. 402-409], [2, с. 310-312], [3, с. 99-116], [5, с. 5-44, 105-134],
[6, с. 132-188], [13, с. 18-25]

Необходимо изучить схемы и принцип действия гидравлического следящего привода с координатным и числовым программным управлением, с зависимой задающей скоростью, классификацию гидравлических следящих приводов, конструкцию и принципы действия электрогидравлического преобразователя и усилителя крутящего момента, изучить методику расчета статических характеристик гидропривода.

Вопросы для самопроверки.

1. Как устанавливается величина перемещения рабочего органа?
2. Как регулируется скорость движения рабочего органа?
3. В чем заключается принципиальное отличие следящего гидропривода от циклического ?
4. Как осуществляется контроль за фактическим перемещением рабочего органа?
5. Назовите разновидности следящего гидропривода по способу управления, виду задающей скорости, виду обратной связи, конструкции управляющего распределителя, числу каскадов усиления.
6. Что такое статические характеристики следящего гидропривода? Назовите их разновидности, изобразите типовые графики.

2.4. Пневматические элементы и приводы

[2, с. 321-328], [3, с. 117-130], [6, с. 211-216, 235-255], [10, с. 29-56, 78-139]

Необходимо изучить типовую схему и принцип действия пневмопривода, назначение отдельных элементов, способы регулирования и стабилизации скорости и торможения выходного звена пневмодвигателя, конструктивные схемы и принцип действия регулирующих и направляющих пневмоаппаратов.

Вопросы для самопроверки.

1. В чем заключаются достоинства и недостатки пневматического привода?
2. Какие устройства применяются для подготовки воздуха?
3. Как осуществляется регулирование и стабилизация скорости выходного звена пневмодвигателя?
4. Назовите способы торможения выходного звена пневмодвигателя, их достоинства и недостатки.
5. Назовите разновидности регулирующих и направляющих пневмоаппаратов, в чем заключается их назначение?
6. В чем заключаются особенности конструкции пневмоаппаратов по сравнению с гидроаппаратами?

2.5. Пневмоавтоматика

[6, с. 272-367], [7, с. 24-69, 111-117, 163-183], [10, с. 190-212, 266-283]

Необходимо изучить принципы построения и варианты конструктивного выполнения элементов пневмоавтоматики. Изучить конструкцию, принцип действия дроссельно-мембранных, струйных и клапанно-распределительных элементов и схемы реализации с помощью них простейших логических и математических операций, изучить методику логического синтеза дискретных систем автоматического управления на элементах пневмоавтоматики.

Вопросы для самопроверки.

1. Назовите принципы построения элементов пневмоавтоматики.
2. Назовите варианты конструктивного выполнения элементов пневмоавтоматики.
3. Изобразите конструктивную схему трехмембранного элемента и поясните принцип его действия.
4. В чем заключается принцип действия струйных элементов?
5. Изобразите схемы реализации простейших логических операций на дроссельно-мембранных, струйных и клапанно-распределительных элементах.
6. Изобразите схемы реализации простейших математических операций на трехмембранном элементе.
7. В чем заключаются достоинства и недостатки дроссельно-мембранных, струйных и клапанно-распределительных элементов?
8. Назовите основные этапы логического синтеза системы автоматического управления на элементах пневмоавтоматики.

9. В чем заключается отличие и особенности применения распределителей с односторонним и двухсторонним управлением?
10. В чем заключается отличие одноктактных и многотактных систем управления?
11. Как осуществляется контроль выполнения очередного такта в многотактной системе?
12. Как определяется число возможных состояний входных и выходных сигналов?
13. В чем состоит принцип совершенной дизъюнктивной нормальной формы при составлении уравнений выходных сигналов?
14. Назовите методы минимизации уравнений выходных сигналов.

3. Контрольное задание

Индивидуальное задание на контрольную работу выдается студенту на специальном бланке с указанием номера варианта, согласно которому по приведенным в приложении 1 таблицам 1...7 определяются исходные данные и заносятся в соответствующие пункты бланка задания.

Номер варианта состоит из 7 цифр. Порядковый номер каждой из цифр обозначает номер таблицы, из которой необходимо находить искомый параметр. Цифра же означает номер строки в таблице, в которой записано значение этого параметра.

Содержание задания

Разработать гидравлическую схему однокоординатного следящего привода поступательного движения рабочего органа металлорежущего станка.

Составить гидравлическую схему привода, привести подробное описание ее работы. Зарисовать эскизы гидроусилителя и привести описание его работы.

Определить эффективные площади гидроцилиндра, максимальное давление в рабочей полости гидроцилиндра и выбрать давление насоса, определить максимальный расход жидкости, необходимый для питания гидроцилиндра, и величину максимального открытия дросселирующих щелей золотника.

Произвести расчет и построить графики статических характеристик привода (регулировочной и нагрузочной).

При расчетах пренебречь утечками в аппаратах гидросистемы, считать кромки золотника и втулки острыми. Коэффициент расхода проходных сечений дросселирующих щелей золотника принять $\mu=0,7$, плотность рабочей жидкости $\rho=900 \text{ кг/м}^3$, ширину дросселирующих щелей $\delta=(3...5)*10^{-3} \text{ м}$.

Контрольная работа выполняется на листах формата А4 (210*297мм) с полями, размеры которых должны соответствовать требованиям методических рекомендаций [14] (верхнее поле – 20мм, нижнее поле – 20мм, правое поле – 10мм, левое поле – 30мм).

Форма титульного листа приведена в приложении 2.

Расчеты выполняются в системе СИ. Значения параметров считать с точностью до 3-го знака после запятой, либо (при наличии двух и более нулей после запятой) до двух значащих цифр после запятой.

4. Методика выполнения контрольной работы

4.1. Разрабатывается полуконструктивная гидравлическая схема привода в соответствии с п.п. 1, 2, 3 задания.

Для этого используются примеры схемы гидравлических следящих приводов, приведенные в литературе [1,2,3,4,5]. Составляется подробное описание работы привода.

4.2. Определяется эффективная площадь поршня гидроцилиндра

Для гидроцилиндра с двухсторонним штоком:

$$F_{\text{Э}} = F_1 = F_2 = \frac{\pi}{4}(D^2 - d_1^2) = \frac{\pi}{4}(D^2 - d_2^2),$$

где F_1 и F_2 – площади поршня соответственно в верхней и нижней полостях, D – диаметр поршня, d_1 и d_2 – диаметры штоков.

Для гидроцилиндра с односторонним штоком недифференциального:

$$F_{\text{Э}} = F_1 = \frac{\pi}{4}D^2.$$

Для гидроцилиндра с односторонним штоком дифференциального:

$$F_{\text{Э}} = F_{\text{ш}} = \frac{\pi}{4}d_2^2,$$

где $F_{\text{ш}}$ – площадь сечения штока.

4.3. Определяется максимальное давление в напорной полости гидроцилиндра:

$$P_{\text{max}} = \frac{R_{\text{max}}}{F_{\text{Э}}},$$

где R_{max} – максимальная нагрузка на штоке гидроцилиндра.

4.4. Определяется требуемое давление насоса.

Для четырехкромочного золотника:

$$P_{\text{н треб}} = \frac{3}{2}P_{\text{max}}.$$

Для двухкромочного и однокромочного золотников:

$$P_{\text{н треб}} = 2P_{\text{max}}.$$

4.5. Выбирается номинальное давление $P_{\text{н}}$ насоса из стандартного ряда в соответствии с ГОСТ 12445-80[9], которое должно удовлетворять условию:

$$P_{\text{н}} \geq P_{\text{н треб}}.$$

4.6. Определяется максимальный расход жидкости, необходимый для питания гидроцилиндра:

$$Q_{\max} = U_{c \max} \cdot F_2,$$

где $U_{c \max}$ – максимальная скорость следящей подачи.

4.7. Определяется максимальное открытие дросселирующей щели $h_{\max}$.

Дросселирующая щель имеет максимальное открытие на холостом ходу, когда $p=0$, и при максимальной скорости $U_{c \max}$, и, соответственно, при максимальном расходе жидкости $Q_{\max}$.

Поэтому в формулу, приведенную в литературе[5] (см. так же приложение 3 настоящих методических указаний), подставляем $p=0$ и $Q=Q_{\max}$, после чего из формулы находится $h=h_{\max}$.

В формулах обозначено: μ -коэффициент расхода дросселирующих щелей; b -ширина дросселирующей щели; h_0 -величина открытия дросселирующих щелей в среднем положении золотника; ρ -плотность рабочей жидкости; a -отношение площади в нижней (штоковой) и верхней(поршневой) полостях гидроцилиндра; $a=F_2/F_1$.

4.8. Производится расчет и строится график регулировочной характеристики гидропривода $Q=f(h)$ при $p=\text{const}$.

Для этого применяется одна из формул приведенных в приложении 3.

Расчет выполняется для трех значений p .

Кривая I. Принимается $p=0,3p_{\max}=\text{const}$.

Производится расчет Q для четырех значений h : $h=0$; $h=0,3h_{\max}$; $h=0,6h_{\max}$ и $h=h_{\max}$.

По полученным точкам строится график зависимости (кривая I).

Аналогично выполняется расчет для других значений p : $p=0,6p_{\max}$ (кривая II) и $p=p_{\max}$ (кривая III). Кривые II и III совмещаются на графике с кривой I. Пример графика приведен на рис.4.1.

4.9. Производится расчет и строится график нагрузочной характеристики гидропривода $Q = f(p)$ при $h=\text{const}$.

Для этого применяется та же формула, что и при расчете регулировочной характеристики.

Кривая I. Принимается $h=0,3h_{\max}=\text{const}$. Производится расчет Q для четырех значений p : $p=0$; $p=0,3p_{\max}$; $p=0,6p_{\max}$ и $p=p_{\max}$. По полученным точкам строится график зависимости (кривая I).

Аналогично выполняется расчет для других значений h : $h=0,6h_{\max}$ (кривая II) и $h=h_{\max}$ (кривая III). Кривые II и III совмещаются на графике с кривой I. Пример графика приведен на рис.4.2.

4.10. По графикам $Q = f(h)$ и $Q = f(p)$ делаются выводы о характере этих зависимостей.

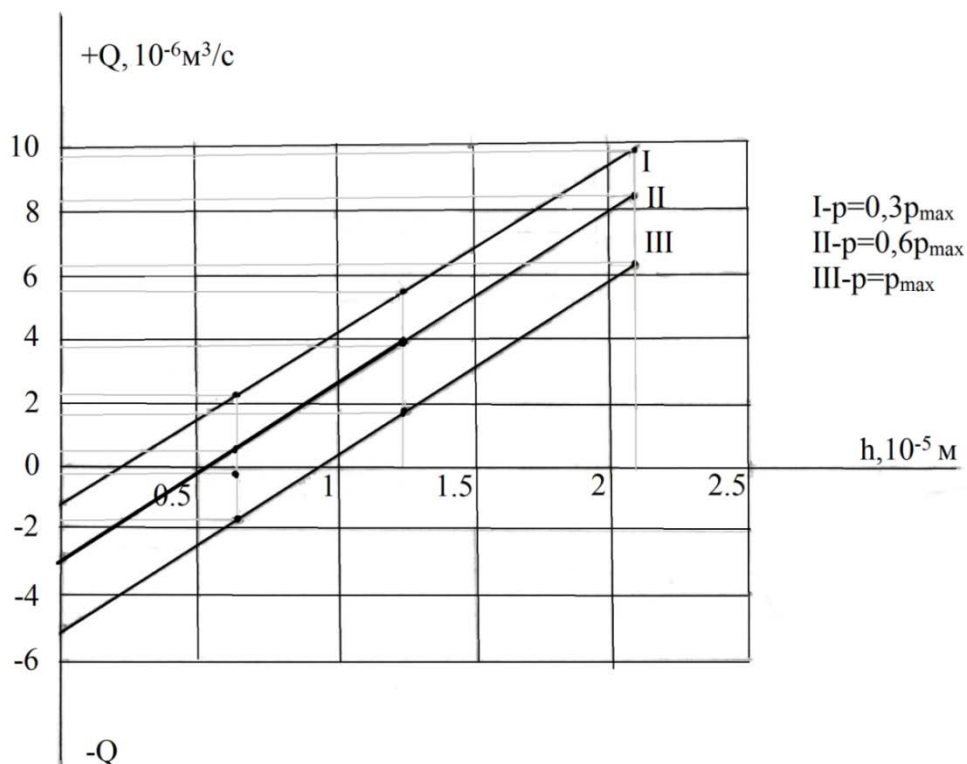


Рис. 4.1. Регулировочная характеристика

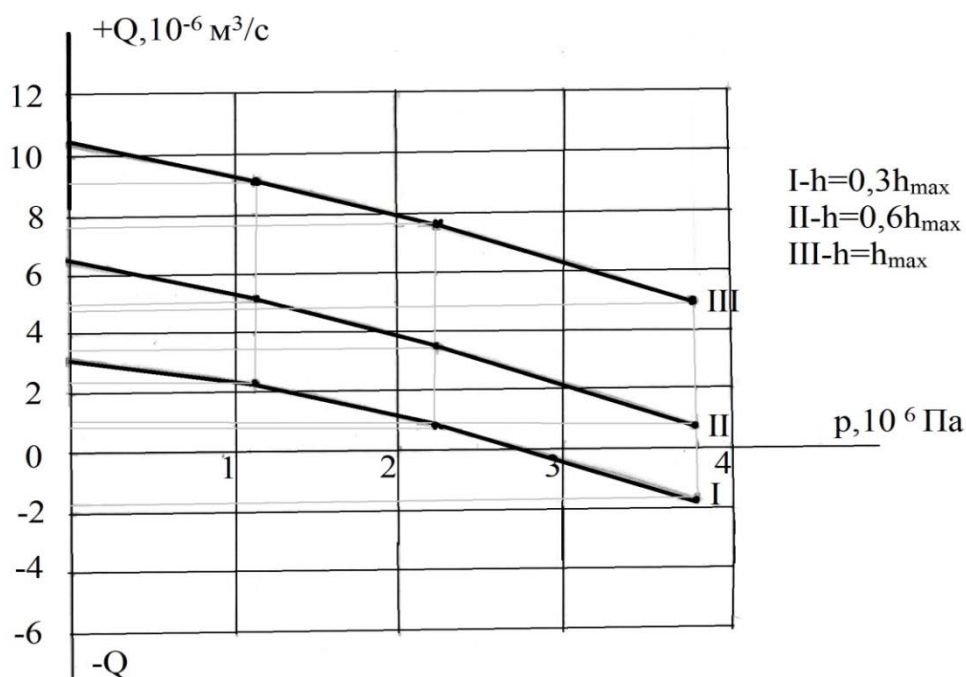


Рис. 4.2. Нагрузочная характеристика

Библиографический список

1. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: учеб. для вузов / [Т.М. Башта, С.С. Руднев, Б.Б. Некрасов и др.]. – 2-е изд., перераб., репринт. – Москва: Альянс, 2013. – 422 с.: ил
2. Гидравлика, гидромашины и гидропневмопривод: учеб. пособие для вузов/ под ред. С.П. Стесина. – 2-е издание, стер. – Москва: Академия, 2006. – 334 с.
3. Колпаков, В.Н. Гидропневмопривод станочного оборудования: учебное пособие / В.Н. Колпаков. – Вологда: ВоГТУ, 2008. – 136 с. Режим па: http://www.library.vstu.edu.ru/biblio/kolpakov/book2/2008_kolpakov_gppso.pdf
4. Колпаков, В.Н. Основы расчета и проектирования гидропневмопривода станочного оборудования: учебное пособие / В.Н.Колпаков. – Вологда: ВоГТУ, 2008. – 58 с. Режим доступа: http://www.library.vstu.edu.ru/biblio/kolpakov/book1/2008_kolpakov_gpp.pdf
5. Лещенко, В.А. Гидравлические следящие приводы станков с программным управлением/ В.А. Лещенко. - Москва: Машиностроение, 1975.-175 с.
6. Федорец, В.А. Гидроприводы и гидропневмоавтоматика станков: учебник для вузов/В.А. Федорец, М.Н. Педченко, А.Ф. Пичко ; под ред. В.А. Федореца. - Киев: Вища школа, 1987.-375 с.
7. Дмитриев, В.Н. Основы пневмоавтоматики/ В.Н. Дмитриев.- Москва: Машиностроение ,1973-360 с.
8. Чупраков, Ю.И. Гидропривод и средства гидроавтоматики: учебное пособие для вузов/Ю.И. Чупраков. - Москва.: Машиностроение, 1979.-232 с.
9. Свешников, В.К. Станочные гидроприводы: справочник / В.К. Свешников. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 2008. – 640 с.
10. Герц, Е.В. Пневматические устройства и системы в машиностроении: справочник/ Е.В. Герц, А.И. Кудрявцев, О.В. Ложкин; под ред.Е.В.Герц - Москва: Машиностроение,1981-408 с.
11. Гидропневмопривод и гидропневмоавтоматика станочного оборудования: методические указания к выполнению курсовой работы. Часть 1: Статический расчет и конструирование гидропривода/ сост.: В.Н. Колпаков. - Вологда: ВоГТУ 1999.-27 с.
12. Гидропневмопривод и гидропневмоавтоматика станочного оборудования: методические указания к выполнению курсовой работы. Часть 2: Динамический расчет гидропривода/ сост.: В.Н.Колпаков – Вологда: ВоГТУ, 2001.-25 с.
13. Гидропривод и гидропневмоавтоматика станочного оборудования: методические указания к выполнению лабораторных работ/ сост.: В.Н. Колпаков. - Вологда: ВоГТУ, 2010.-27 с. http://www.library.vstu.edu.ru/biblio/kolpakov/books7/2012_kolpakov_gidro_mu.pdf
14. Методические рекомендации по оформлению выпускных квалификационных работ, курсовых проектов/ работ для студентов очной, очно-заочной (вечерней) и заочной формы обучения (выпуск 3)/сост. А.Н. Тритенко, О.В. Сафонова. - Вологда: ВоГУ, 2015-74 с.

Варианты контрольной работы

Таблица 1

Тип следящего привода

1-ая цифра шифра	Название
1.	Гидрокопировальный с независимой задающей скоростью
2.	Гидрокопировальный с зависимой задающей скоростью
3.	Электрогидравлический с копировальным управлением
4.	Электрогидравлический с числовым программным управлением

Таблица 2

Тип гидроусилителя

2-ая цифра шифра	Название
1.	Золотниковый однокаскадный
2.	Золотниковый двухкаскадный
3.	Сопло – заслонка - золотник
4.	Струйная труба – золотник

Таблица 3

Тип управляющего золотника

3-ая цифра шифра	Название
1.	Четырехкромочный с открытыми дросселирующими щелями в среднем положении золотника
2.	Четырехкромочный с закрытыми дросселирующими щелями в среднем положении золотника
3.	Двухкромочный с дифференциальным цилиндром
4.	Двухкромочный с недифференциальным цилиндром
5.	Однокромочный

Таблица 4

Диаметры цилиндра и штока исполнительного гидродвигателя

4-ая цифра шифра	Диаметр цилиндра D [мм]	Диаметры штоков	
		Верхняя полость цилиндра d ₁ [мм]	Нижняя полость цилиндра d ₂ [мм]
1.	40	20	20
2.	50	0	36
3.	50	25	25
4.	63	0	45
5.	80	40	40
6.	80	0	56
7.	100	50	50
8.	110	0	80
9.	125	63	63
0.	140	0	100

Таблица 5

Величина открытия дросселирующих щелей в среднем положении золотника

5-ая цифра шифра	h_o [мм]
1.	0.09
2.	0.08
3.	0.07
4.	0.06
5.	0.05
6.	0.04
7.	0
8.	-0.01
9.	-0.02
0.	-0.03

Таблица 6

Максимальная нагрузка на штоке гидроцилиндра

6-ая цифра шифра	R_{max} [Н]
1.	3000
2.	5000
3.	10000
4.	20000
5.	40000
6.	60000
7.	80000
8.	100000
9.	150000
0.	200000

Таблица 7

Максимальная скорость следящей подачи

7-ая цифра шифра	$V_{c\ max}$ [м/с]
1.	0.010
2.	0.015
3.	0.020
4.	0.025
5.	0.030
6.	0.040
7.	0.050
8.	0.060
9.	0.80
0.	0.100

Форма титульного листа контрольной работы

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Вологодский государственный университет»

(наименование факультета)

Технология машиностроения
(наименование кафедры)

Контрольная работа № ____

Дисциплина: «Гидропривод и гидропневмоавтоматика станочного оборудования »

Код работы КП/КР

код направления подготовки / специальности, программы, код кафедры,
регистрационный номер по журналу, год

Руководитель _____
(уч. степень, звание, должность, Ф.И.О.)

Выполнил(а) студент _____
(Ф.И.О.)

Группа, курс _____

Дата сдачи _____

Дата защиты _____

Оценка по защите _____
(подпись преподавателя)

Вологда
_____ г.

Формулы для расчета статических характеристик

а) четырехкромочный золотник с открытыми дросселирующими щелями в среднем положении

$$Q = \mu \epsilon h_o \sqrt{\frac{p_H}{\rho}} \left[\left(1 + \frac{h}{h_o}\right) \sqrt{1 - \frac{p}{p_H}} - \left(1 - \frac{h}{h_o}\right) \sqrt{1 + \frac{p}{p_H}} \right].$$

б) четырехкромочный золотник с нулевым открытием щелей в среднем положении

$$Q = \mu \epsilon h \sqrt{\frac{p_H}{\rho}} \sqrt{1 - \frac{p}{p_H} \frac{h}{|h|}}.$$

в) четырехкромочный золотник с закрытыми дросселирующими щелями в среднем положении

$$Q = \mu \epsilon (h - |h_o|) \sqrt{\frac{p_H}{\rho}} \sqrt{1 - \frac{p}{p_H} \frac{(h - |h_o|)}{|(h - |h_o|)|}}.$$

г) двухкромочный золотник

$$Q = \mu \epsilon h_o \sqrt{\frac{p_H}{\rho}} \left[\left(1 + \frac{h}{h_o}\right) \sqrt{1 - \frac{2p}{p_H}} - \left(1 - \frac{h}{h_o}\right) \sqrt{1 + \frac{2p}{p_H}} \right].$$

д) однокромочный золотник

$$Q = \mu \epsilon h_o \sqrt{\frac{2ap_H}{\rho}} \left[\left(1 + \frac{h}{h_o}\right) \sqrt{1 - \frac{p}{ap_H}} - \sqrt{1 + \frac{p}{(1-a)p_H}} \right]$$

Содержание

Введение.....	3
1. Рабочая программа.....	3
2. Методические указания	4
3. Контрольное задание	7
4. Методика выполнения контрольной работы.....	8
Библиографический список	11
Приложение 1	12
Приложение 2	14
Приложение 3	15

Подписано в печать 29.02.2016.	Усл. печ. л. 1,0	Тираж	экз.
Печать офсетная.	Бумага писчая.	Заказ №_____.	

Отпечатано: РИО ВоГУ, г. Вологда, ул. С. Орлова, 6