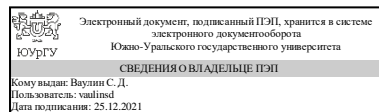


УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
Политехнический институт



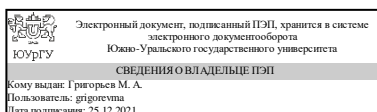
С. Д. Ваулин

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины 1.Ф.М1.02.М2.07 Гидравлика и гидравлические средства автоматики  
для направления 15.04.06 Мехатроника и робототехника  
уровень Магистратура  
магистерская программа Искусственный интеллект в робототехнике  
форма обучения очная  
кафедра-разработчик Электропривод и мехатроника**

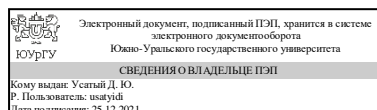
Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 15.04.06 Мехатроника и робототехника, утверждённым приказом Минобрнауки от 14.08.2020 № 1023

Зав.кафедрой разработчика,  
д.техн.н., проф.



М. А. Григорьев

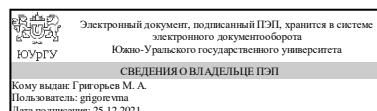
Разработчик программы,  
к.техн.н., доц.



Д. Ю. Усатый

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной  
программы  
д.техн.н., проф.



М. А. Григорьев

## 1. Цели и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является получение знаний и профессиональных компетенций в области пропорциональной гидравлики и пневматики, используемых в мехатронных и интеллектуальных робототехнических комплексах. Задачами изучения дисциплины являются: 1) получение сведений об гидро- и пневмоприводах с пропорциональной аппаратурой: принципах действия, устройствах, физических явлениях и закономерностях в них проходящих, а также о новых перспективных направлениях развития и применения; 2) изучение методов лабораторных исследований пропорциональной аппаратуры и систем на их основе, а также устройств управления и автоматизации.

## Краткое содержание дисциплины

Изучение дисциплины «Пропорциональная гидро- и пневмоаппаратура и сервоклапаны» направлено на понимание студентами устройства и принципов действия пропорциональной гидро и пневмоаппаратуры, сервоклапанов для мехатронных и интеллектуальных робототехнических комплексов.

## 2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

| Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)   | Планируемые результаты обучения по дисциплине   |
|---|---|
| ПК-4 Способен производить расчеты и проектирование отдельных устройств робототехнических систем с использованием современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием | Знает: современные методы математического расчета отдельных устройств робототехнических систем; методы проведения экспериментальных исследований на математических моделях исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием.<br>Умеет: применять современные методы математического расчета отдельных устройств робототехнических систем; применять методы экспериментальных исследований на математических моделях исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием.<br>Имеет практический опыт: применения современных методов математического расчетов отдельных устройств робототехнических систем; применения методов экспериментальных исследований на математических моделях исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием. |

## 3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

| Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана | Перечень последующих дисциплин, видов работ                   |
|---|---|
| Механика и динамика манипуляторов                             | Производственная практика, преддипломная практика (4 семестр) |

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

| Дисциплина                        | Требования   |
|-----------------------------------|--|
| Механика и динамика манипуляторов | Знает: основные законы кинематики и динамики твёрдого тела, основы теоретической механики и высшей математики; современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием Умеет: моделировать положение каждого узла робототехнической системы во времени, в зависимости от задания. Решать прямые и обратные задачи кинематики и динамики; производить расчеты и проектирование отдельных устройств робототехнических систем с использованием современных теоретических и экспериментальных методов разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием Имеет практический опыт: подбора оборудования для робототехнических систем, в том числе приборов осязания, на основании технического задания. |

#### 4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 ч., 76,5 ч. контактной работы

| Вид учебной работы   | Всего часов | Распределение по семестрам в часах |
|--|-------------|------------------------------------|
|  |             | Номер семестра                     |
|  |             | 2                                  |
| Общая трудоёмкость дисциплины  | 180         | 180                                |
| <i>Аудиторные занятия:</i>   | 64          | 64                                 |
| Лекции (Л)   | 16          | 16                                 |
| Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ) | 32          | 32                                 |
| Лабораторные работы (ЛР)   | 16          | 16                                 |
| <i>Самостоятельная работа (СРС)</i>  | 103,5       | 103,5                              |
| с применением дистанционных образовательных технологий                     | 0           |                                    |
| Выполнение семестровой работы  | 40          | 40                                 |
| Подготовка к лабораторным работам  | 32          | 32                                 |
| подготовка к экзамену  | 31,5        | 31,5                               |
| Консультации и промежуточная аттестация                                    | 12,5        | 12,5                               |
| Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)                                   | -           | экзамен                            |

## 5. Содержание дисциплины

| № раздела | Наименование разделов дисциплины                       | Объем аудиторных занятий по видам в часах |   |    |    |
|-----------|--|---|---|----|----|
|           |  | Всего                                     | Л | ПЗ | ЛР |
| 1         | Введение   | 2   | 2 | 0  | 0  |
| 2         | Формирование управляющих сигналов                      | 8   | 2 | 4  | 2  |
| 3         | Пропорциональная гидроаппаратура                       | 22  | 4 | 12 | 6  |
| 4         | Сервоклапаны   | 8   | 2 | 4  | 2  |
| 5         | Пропорциональная пневмоаппаратура                      | 10  | 2 | 6  | 2  |
| 6         | Динамика работы пропорциональной аппаратуры            | 12  | 2 | 6  | 4  |
| 7         | Параметры работы систем с пропорциональной аппаратурой | 2   | 2 | 0  | 0  |

### 5.1. Лекции

| № лекции | № раздела | Наименование или краткое содержание лекционного занятия   | Кол-во часов |
|----------|-----------|---|--------------|
| 1        | 1         | Общие сведения о гидравлических и пневматических системах с пропорциональным электроуправлением. Условные обозначения. Структурно-функциональное описание, проектирование. Параметры и характеристика системы с автоматическим управлением. Типовые звенья  | 2            |
| 2        | 2         | Принцип действия и устройство пропорционального электромагнита. Элементы управления пропорциональным электромагнитом: потенциометр, электронный усилитель, сумматор, инвертор.  | 2            |
| 3        | 3         | Принцип действия и устройство пропорциональных клапанов давления, пропорциональных гидрораспределителей, регуляторов расхода. Исполнения гидрораспределителей с пропорциональным управлением.   | 2            |
| 4        | 3         | Характеристики пропорциональной гидроаппаратуры. Примеры установок с пропорциональной гидроаппаратурой.   | 2            |
| 5        | 4         | Принцип действия и устройство сервоклапанов. Статические и динамические параметры. Расходная характеристика. Серводвигатель. Двухкаскадный электрогидравлический усилитель с различными обратными связями. Трехкаскадный сервоклапан. Примеры установок с сервоклапанами.                           | 2            |
| 6        | 5         | Принцип действия и устройство пропорциональных пневматических клапанов. Управляющие элементы для пневматических клапанов. Принцип действия и устройство пропорциональных пневматических дросселей. Характеристики. Примеры установок с пропорциональной пневмоаппаратурой.                          | 2            |
| 7        | 6         | Динамические свойства пропорциональной аппаратуры. Порог срабатывания. Инверсный диапазон. Гистерезис. Влияние типа перекрытия золотника на расходную характеристику. Время срабатывания. Параметры входного и выходного сигналов.  | 2            |
| 8        | 7         | Объемная подача, давление в системе. Потери давления на дроссельных кромках. Вычисление требуемого напора и подачи насоса, размеров гидродвигателя. Собственная частота системы. Влияние изменения вязкости рабочей среды на изменение скорости движения выходного звена исполнительного механизма. | 2            |

### 5.2. Практические занятия, семинары

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара  | Кол-во часов |
|-----------|-----------|--|--------------|
| 1         | 2         | Одноканальные и двухканальные электронные блоки управления пропорциональной аппаратуры   | 2            |
| 2         | 2         | Изучение принципа действия пропорционального электромагнита  | 2            |
| 3         | 3         | Исследование предохранительного клапана непрямого действия с пропорциональным электрическим управлением                          | 2            |
| 4         | 3         | Исследование гидрораспределителя прямого действия с пропорциональным электрическим управлением                                   | 2            |
| 5         | 3         | Исследование трехлинейного регулятора расхода с пропорциональным электрическим управлением                                       | 2            |
| 6         | 3         | Ступенчатое регулирование скорости гидроцилиндра с использованием гидрораспределителя с пропорциональным управлением             | 2            |
| 7         | 3         | Исследование характеристик гидропривода вращательного движения с трехлинейным регулятором расхода с пропорциональным управлением | 2            |
| 8         | 3         | Исследование характеристик гидропривода возвратно-поступательного движения с пропорциональным гидрораспределителем               | 2            |
| 9         | 4         | Исследование сервоклапана (изучение конструкции, устройства и характеристик сервоклапана).                                       | 2            |
| 10        | 4         | Исследование характеристик следящего гидропривода  | 2            |
| 11-12     | 5         | Исследование пневматического редуционного клапана с пропорциональным управлением   | 4            |
| 13        | 5         | Исследование характеристик пневмопривода с редуционным клапаном с пропорциональным управлением                                   | 2            |
| 14        | 6         | Исследование релейно-контактной системы управления пневмоцилиндра  | 2            |
| 15        | 6         | Исследование динамических параметров гидропривода с пропорциональным управлением   | 2            |
| 16        | 6         | Исследование динамических параметров пневмопривода с пропорциональным управлением.   | 2            |

### 5.3. Лабораторные работы

| № занятия | № раздела | Наименование или краткое содержание лабораторной работы   | Кол-во часов |
|-----------|-----------|---|--------------|
| 1         | 2         | Знакомство с одноканальным и с двухканальным электронными блоками управления пропорциональной аппаратуры (экспериментальные исследования на опытных стендах с целью приобретения навыков работы с одноканальным и с двухканальными электронными блоками и их элементами управления пропорциональным электромагнитом). | 2            |
| 2         | 3         | Ступенчатое регулирование скорости гидроцилиндра с использованием гидрораспределителя с пропорциональным управлением  | 2            |
| 3         | 3         | Исследование характеристик гидропривода вращательного движения с трехлинейным регулятором расхода с пропорциональным управлением  | 2            |
| 4         | 3         | Исследование характеристик гидропривода возвратно-поступательного движения с пропорциональным гидрораспределителем  | 2            |
| 5         | 4         | Исследование характеристик следящего гидропривода   | 2            |
| 6         | 5         | Исследование характеристик пневмопривода с редуционным клапаном с пропорциональным управлением  | 2            |
| 7-8       | 6         | Исследование динамических параметров гидропривода с пропорциональным управлением  | 4            |

## 5.4. Самостоятельная работа студента

| Выполнение СРС                    |   |         |              |
|-----------------------------------|---|---------|--------------|
| Подвид СРС                        | Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс  | Семестр | Кол-во часов |
| Выполнение семестровой работы     | Гамынин Н.С. Гидравлический привод систем управления: Учебное пособие для студентов авиационных ВУЗов и факультетов. - М.: Машиностроение, 1972. - 376 с. Глава 6, стр. 214-251 2.<br>Гойдо, М. Е. Гидроаппаратура с пропорциональным электрическим управлением Учеб. пособие Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Гидравлика и гидропневмосистемы. - 2-е изд., перераб. и доп. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2000. - 140 с. ил. 3. Форенталь, В. И. Гидравлические усилители мощности Текст учеб. пособие В. И. Форенталь ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Гидравлика и гидропневмосистемы ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2005. - 103 с. 4. Управляющие системы и автоматика Текст Д. Шмид и др. ; под рук. Д. Шмида ; пер. с нем. Л. Н. Казанцевой. - М.: Техносфера, 2007. - 583 с. ил. 25 см. | 2       | 40           |
| Подготовка к лабораторным работам | Казмиренко, В.Ф. Электрогидравлические мехатронные модули движения: Основы теории и системное проектирование. Учеб. пособие. – М.: Радио и связь. 2001. - 432 с. УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ ХРАНИТЬСЯ В БИБЛИОТЕКЕ КАФЕДРЫ ГИДРАВЛИКИ И ГИДРОПНЕВМОСИСТЕМ 2. 1. Гойдо, М. Е. Гидроаппаратура с пропорциональным электрическим управлением Учеб. пособие Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Гидравлика и гидропневмосистемы. - 2-е изд., перераб. и доп. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2000. - 140 с. ил.   | 2       | 32           |
| подготовка к экзамену             | вся основная литература   | 2       | 31,5         |

## 6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

### 6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

| № КМ | Се-местр | Вид контроля     | Название контрольного мероприятия | Вес | Макс. балл | Порядок начисления баллов   | Учи-тыва-ется в ПА |
|------|----------|------------------|-----------------------------------|-----|------------|---|--------------------|
| 1    | 2        | Текущий контроль | Защита лабораторной работы №1     | 1   | 3          | Работа выполнена и оформлена по СТО ЮУрГУ 04-2008 - выводы логичны и обоснованы даны правильные ответы на 3 поставленных вопроса. За каждый верный ответ по лабораторной работе студент получает 1 балл.  | экзамен            |
| 2    | 2        | Текущий контроль | Защита лабораторной работы №2     | 1   | 3          | Работа выполнена и оформлена по СТО ЮУрГУ 04-2008 - выводы логичны и обоснованы даны правильные ответы на 3 поставленных вопроса. За каждый верный ответ по лабораторной работе студент получает 1 балл   | экзамен            |
| 3    | 2        | Текущий контроль | Защита лабораторной работы №3     | 1   | 3          | Работа выполнена и оформлена по СТО ЮУрГУ 04-2008 - выводы логичны и обоснованы даны правильные ответы на 3 поставленных вопроса. За каждый верный ответ по лабораторной работе студент получает 1 балл   | экзамен            |
| 4    | 2        | Текущий контроль | Защита лабораторной работы №4     | 1   | 3          | Работа выполнена и оформлена по СТО ЮУрГУ 04-2008 - выводы логичны и обоснованы даны правильные ответы на 3 поставленных вопроса. За каждый верный ответ по лабораторной работе студент получает 1 балл.  | экзамен            |
| 5    | 2        | Текущий контроль | Защита лабораторной работы №5     | 1   | 3          | Работа выполнена и оформлена по СТО ЮУрГУ 04-2008 - выводы логичны и обоснованы даны правильные ответы на 3 поставленных вопроса. За каждый верный ответ по лабораторной работе студент получает 1 балл   | экзамен            |
| 6    | 2        | Текущий контроль | Семестровая работа                | 1   | 100        | Защита семестровой осуществляется индивидуально. Студентом предоставляются оформленные пояснительная записка и чертежи. Оценивается качество оформления, правильность расчетов и корректность выполненных чертежей. При оценивании результатов мероприятия используется балльно-рейтинговая система оценивания результатов учебной деятельности обучающихся (утверждена приказом ректора от 24.05.2019 г. № 179) Общий балл при оценке складывается из следующих показателей: - работы выполнены и оформлены по СТО ЮУрГУ 04-2008, расчеты верные, чертежи выполнены по корректно. Максимальное количество баллов – 100. Весовой коэффициент мероприятия – 1. | экзамен            |
| 7    | 2        | Проме-           | экзамен                           | 1   | 40         | За первый и второй вопросы билета   | экзамен            |

|  |  |                     |  |  |  |  |
|--|--|---------------------|--|--|--|--|
|  |  | жуточная аттестация |  |  | можно получить максимум по 10 баллов, за третий - 20 баллов. |  |
|--|--|---------------------|--|--|--|--|

## 6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

| Вид промежуточной аттестации | Процедура проведения   | Критерии оценивания                     |
|------------------------------|--|---|
| экзамен                      | До экзамена допускаются студенты, выполнившие семестровую работу и подготовившие отчеты по лабораторным работам. Экзамен проводится в форме письменного опроса. Студенту выдается билет с 3 вопросами из списка контрольных вопросов. Время, отведенное на подготовку - 45 минут | В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения |

## 6.3. Паспорт фонда оценочных средств

| Компетенции | Результаты обучения  | № КМ |   |   |   |   |   |   |   |
|-------------|--|------|---|---|---|---|---|---|---|
|             |  | 1    | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |   |
| ПК-4        | Знает: современные методы математического расчета отдельных устройств робототехнических систем; методы проведения экспериментальных исследований на математических моделях исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием.                                 |      |   |   |   |   |   | + | + |
| ПК-4        | Умеет: применять современные методы математического расчета отдельных устройств робототехнических систем; применять методы экспериментальных исследований на математических моделях исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием.                        |      |   |   |   |   |   | + | + |
| ПК-4        | Имеет практический опыт: применения современных методов математического расчетов отдельных устройств робототехнических систем; применения методов экспериментальных исследований на математических моделях исследуемых объектов и процессов в соответствии с техническим заданием. | +    | + | + | + | + | + | + | + |

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Печатная учебно-методическая документация

#### а) основная литература:

1. Форенталь, В. И. Гидравлические усилители мощности [Текст] учеб. пособие В. И. Форенталь ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Гидравлика и гидропневмосистемы ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2005. - 103, [1] с.
2. Гойдо, М. Е. Теория и проектирование гидроприводов : Решение типовых задач [Текст] учеб. пособие М. Е. Гойдо ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Гидравлика и гидропневмосистемы; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 1999. - 98, [1] с. ил.
3. Гойдо, М. Е. Гидроаппаратура с пропорциональным электрическим управлением Учеб. пособие Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф.



Гидравлика и гидропневмосистемы. - 2-е изд., перераб. и доп. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2000. - 140 с. ил.

б) *дополнительная литература:*

1. Управляющие системы и автоматика [Текст] Д. Шмид и др. ; под рук. Д. Шмида ; пер. с нем. Л. Н. Казанцевой. - М.: Техносфера, 2007. - 583 с. ил. 25 см.

в) *отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:*  
Не предусмотрены

г) *методические указания для студентов по освоению дисциплины:*

1. Казмиренко, В.Ф. Электрогидравлические мехатронные модули движения: Основы теории и системное проектирование. Учеб. пособие. – М.: Радио и связь. 2001. - 432 с

2. Форенталь В.И. Гидравлические усилители мощности. Учебное пособие. Рекомендовано учебно-методическим объединением вузов по университетскому политехническому образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 150800 «Гидравлическая, вакуумная и компрессорная техника».– Челябинск: ЮУрГУ, 2005. – 104 с.

*из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:*

1. Казмиренко, В.Ф. Электрогидравлические мехатронные модули движения: Основы теории и системное проектирование. Учеб. пособие. – М.: Радио и связь. 2001. - 432 с

2. Форенталь В.И. Гидравлические усилители мощности. Учебное пособие. Рекомендовано учебно-методическим объединением вузов по университетскому политехническому образованию в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 150800 «Гидравлическая, вакуумная и компрессорная техника».– Челябинск: ЮУрГУ, 2005. – 104 с.

## **Электронная учебно-методическая документация**

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Math Works-MATLAB, Simulink R2014b(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНТИ РАН(бессрочно)

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

|             |        |  |
|-------------|--------|--|
| Вид занятий | № ауд. | Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных |
|-------------|--------|--|

|                      |             | видов занятий  |
|----------------------|-------------|--|
| Лекции               | 815<br>(36) | ПК, Проектор, электронная доска  |
| Лабораторные занятия | 108<br>(2)  | Учебно-исследовательский лабораторный комплекс "Многоканальный электрогидравлический следящий резервированный привод летательных аппаратов", комплекс разрезных моделей "Элементы гидропривода", стенд учебный "Гидропривод и гидроавтоматика" |