

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Набережночелнинский институт (филиал)  
Отделение информационных технологий и энергетических систем



Утверждаю

Первый заместитель директора  
НЧИ КФУ Симонова Л. А.



20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

## Программа дисциплины

### Динамика гидropневмоприводов

Направление подготовки: 15.03.02 - Технологические машины и оборудование

Профиль подготовки: Гидравлические машины, гидроприводы и гидropневмоавтоматика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО
3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся
4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий
  - 4.1. Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)
  - 4.2. Содержание дисциплины (модуля)
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)
6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)
  - 6.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения
  - 6.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания
  - 6.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы
- 6.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций
7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)
11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)
12. Средства адаптации преподавания дисциплины (модуля) к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья
13. Приложение №1. Фонд оценочных средств
14. Приложение №2. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
15. Приложение №3. Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. (доцент) Болдырев А.В. (Кафедра высокоэнергетических процессов и агрегатов, Отделение информационных технологий и энергетических систем), AVBoldyrev@kpfu.ru

### 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль), должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-2	умением моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готовностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов
ПК-5	способностью принимать участие в работах по расчету и проектированию деталей и узлов машиностроительных конструкций в соответствии с техническими заданиями и использованием стандартных средств автоматизации проектирования

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- системный подход к исследованию и расчету динамических режимов гидро- и пневмоуправляемых объектов;
- основные методики исследования устойчивости и качества переходных процессов;
- методы исследования динамики процессов в гидropневмоприводах.

Должен уметь:

- составлять математические модели следящих гидropневмоприводов с дроссельным регулированием;
- определять устойчивость, динамическую жесткость следящего гидромеханического привода;
- определять условия работы гидropневмоприводов с использованием методов расчета на компьютере и выбором оптимальных параметров;
- формализовать свои знания, грамотно и рационально использовать современные средства вычислительной техники для решения практических задач по своей специальности.

Должен владеть:

- навыками исследования систем с объемными гидropневмоприводами и исследования систем с гидроагрегатами, оснащенными лопастными насосами, гидротурбинами;
- навыками решения задач с применением аналитического и компьютерного моделирования.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- применять полученные знания на практике.

### 2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.В.ДВ.1 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 15.03.02 "Технологические машины и оборудование (Гидравлические машины, гидроприводы и гидropневмоавтоматика)" и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 3 курсе в 6 семестре.

### 3. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных(ые) единиц(ы) на 144 часа(ов).

Контактная работа - 36 часа(ов), в том числе лекции - 18 часа(ов), практические занятия - 18 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 108 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 0 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет в 6 семестре.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

##### 4.1 Структура и тематический план контактной и самостоятельной работы по дисциплине (модулю)

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введение	6	4	4	0	27
2.	Тема 2. Динамические характеристики гидро- и пневмолиний	6	4	4	0	27
3.	Тема 3. Динамика рабочих сред в регулирующих устройствах	6	5	5	0	27
4.	Тема 4. Следящие гидро- и пневмо-приводы с дроссельным регулированием	6	5	5	0	27
	Итого		18	18	0	108

##### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

###### Тема 1. Введение

Введение. Роль и место курса в программе подготовки специалиста. Гидромеханические задачи динамики гидropневмоприводов. Свойства рабочих сред. Модули объемной упругости газов. Модули объемной упругости жидкостей. Замкнутая система уравнений неустановившегося движения рабочей среды. Линеаризованные уравнения неустановившегося движения рабочей среды в трубе. Передаточная функция для касательного напряжения на стенке трубы при неустановившемся ламинарном движении среды. Касательные напряжения на стенке и распределение местных скоростей при колебаниях ламинарного потока в трубе. Гидравлическое сопротивление трубы при ламинарном неустановившемся движении среды.

###### Тема 2. Динамические характеристики гидро- и пневмолиний

Динамические характеристики гидравлических и пневматических линий. Простые и однородные линии. Переходные процессы в линии с сосредоточенными параметрами при ламинарном движении среды. Передаточная функция и частотные характеристики простой линии с сосредоточенными параметрами.

###### Тема 3. Динамика рабочих сред в регулирующих устройствах

Динамика рабочих сред в регулирующих устройствах. Основные виды дроссельных регулирующих устройств и их характеристики. Силы, действующие со стороны рабочих сред на элементы дроссельных регулирующих устройств. Силы, действующие на заслонку, клапан и золотник.

###### Тема 4. Следящие гидро- и пневмо-приводы с дроссельным регулированием

Следящие гидро- и пневмоприводы с дроссельным регулированием. Уравнения гидропривода с дроссельным регулированием. Структурная схема гидропривода с дроссельным регулированием. Устойчивость и качество процессов в следящем гидроприводе с дроссельным регулированием. Влияние сухого трения на устойчивость гидропривода.

#### 5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа обучающихся выполняется по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия. Самостоятельная работа подразделяется на самостоятельную работу на аудиторных занятиях и на внеаудиторную самостоятельную работу. Самостоятельная работа обучающихся включает как полностью самостоятельное освоение отдельных тем (разделов) дисциплины, так и проработку тем (разделов), осваиваемых во время аудиторной работы. Во время самостоятельной работы обучающиеся читают и конспектируют учебную, научную и справочную литературу, выполняют задания, направленные на закрепление знаний и отработку умений и навыков, готовятся к текущему и промежуточному контролю по дисциплине.

Организация самостоятельной работы обучающихся регламентируется нормативными документами, учебно-методической литературой и электронными образовательными ресурсами, включая:

Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры (утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 5 апреля 2017 года №301)

Письмо Министерства образования Российской Федерации №14-55-996ин/15 от 27 ноября 2002 г. "Об активизации самостоятельной работы студентов высших учебных заведений"

Устав федерального государственного автономного образовательного учреждения "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Правила внутреннего распорядка федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

## 6. Фонд оценочных средств по дисциплине (модулю)

### 6.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы и форм контроля их освоения

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
<b>Семестр 6</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
1	Устный опрос	ПК-10, ПК-7, ПК-15	1. Введение 2. Динамические характеристики гидро- и пневмолиний 3. Динамика рабочих сред в регулирующих устройствах 4. Следящие гидро- и пневмо-приводы с дроссельным регулированием
2	Проверка практических навыков	ПК-5	2. Динамические характеристики гидро- и пневмолиний 3. Динамика рабочих сред в регулирующих устройствах 4. Следящие гидро- и пневмо-приводы с дроссельным регулированием
3	Письменное домашнее задание	ПК-5	3. Динамика рабочих сред в регулирующих устройствах 4. Следящие гидро- и пневмо-приводы с дроссельным регулированием
	<b>Зачет</b>	ПК-2, ПК-5	

### 6.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<b>Семестр 6</b>					
<b>Текущий контроль</b>					
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен понятийный аппарат. Продemonстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоен понятийный аппарат. Продemonстрирован хороший уровень понимания материала. Хорошее умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема частично раскрыта. Ответ слабо структурирован. Понятийный аппарат освоен частично. Понимание отдельных положений из материала по теме. Удовлетворительное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Тема не раскрыта. Понятийный аппарат освоен неудовлетворительно. Понимание материала фрагментарное или отсутствует. Неумение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	1
Проверка практических навыков	Продemonстрирован высокий уровень освоения навыков, достаточный для успешного решения задач профессиональной деятельности.	Продemonстрирован хороший уровень освоения навыков, достаточный для решения большей части задач профессиональной деятельности.	Продemonстрирован удовлетворительный уровень освоения навыков, достаточный для решения отдельных задач профессиональной деятельности.	Продemonстрирован неудовлетворительный уровень освоения навыков, недостаточный для решения задач профессиональной деятельности.	2

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Письменное домашнее задание	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	3
	<b>Зачтено</b>		<b>Не зачтено</b>		
<b>Зачет</b>	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.		Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.		

### 6.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

#### Семестр 6

#### Текущий контроль

##### 1. Устный опрос

Темы 1, 2, 3, 4

Вопросы по теме 1: задачи дисциплины, инерция, вязкость, сжимаемость, модули объемной упругости газов и жидкостей, уравнения Навье-Стокса, уравнение неразрывности, уравнение состояния, линеаризованные уравнения неустановившегося движения рабочей среды в трубе, приведенный модуль упругости трубы, квазистационарные величины, передаточная функция для касательного напряжения на стенке трубы при неустановившемся ламинарном движении среды, амплитудно-фазочастотная характеристика, распределение местных скоростей при колебаниях ламинарного потока в трубе, гидравлическое сопротивление трубы при ламинарном неустановившемся движении среды, корректив активной составляющей импеданса трубы, корректив реактивной составляющей импеданса трубы.

Вопросы по теме 2: простые линии, однородные линии, линии с сосредоточенными параметрами, линии с распределенными параметрами, переходные процессы в линии с сосредоточенными параметрами при ламинарном движении среды, передаточная функция и частотные характеристики простой линии с сосредоточенными параметрами.

Вопросы по теме 3: золотниковые распределители с цилиндрическими и плоскими золотниками, распределители ?сопло-заслонка?, предохранительные клапаны, редуцирующие клапаны, удельная проводимость, расходно-перепадная характеристика, линеаризованные характеристики, гидравлический мост, силы сухого трения, силы жидкостного трения, гидростатические и гидродинамические силы давления, силы, действующие на заслонку, клапан и золотник.

Вопросы по теме 4: типовая схема следящего гидропривода с дроссельным регулированием, инерционная нагрузка, позиционная нагрузка, сила трения, уравнение движения, уравнение нагрузки на шток, уравнение расходом, структурная схема привода, линеаризация, допущения, гидравлическая постоянная времени, механическая постоянная времени, коэффициент относительного демпфирования, коэффициент ?внутренней обратной связи?, переходные процессы при различной добротности привода, критерий устойчивости следящего гидропривода с дроссельным регулированием, качество переходных процессов в следящем гидроприводе с дроссельным регулированием, условие устойчивости при отсутствии трения и абсолютно жесткой связи гидроцилиндра с нагрузкой, условие устойчивости при учете трения и абсолютно жесткой связи гидроцилиндра с нагрузкой, условие устойчивости при отсутствии трения и упругой связи гидроцилиндра с нагрузкой.

##### 2. Проверка практических навыков

Темы 2, 3, 4

Решение задач по темам:

1. Определение устойчивости следящего гидропривода с дроссельным регулированием.
2. Нахождение переходных характеристик гидролинии с сосредоточенными параметрами при ламинарном движении среды.
3. Нахождение переходных характеристик гидролинии с сосредоточенными параметрами при турбулентном движении среды.
4. Нахождение частотных характеристик гидролинии с сосредоточенными параметрами.
5. Нахождение переходных характеристик систем управления.
6. Однокаскадные золотниковые гидравлические усилители. Конструкция и основные характеристики.
7. Следящие приводы автоматического управления и регулирования. Конструкция и принцип работы.
8. Динамика и устойчивость электрогидравлического следящего привода с дроссельным регулированием.
9. Определение динамических характеристик электрогидравлического преобразователя.
10. Расчет и проектирование системы автоматического управления (регулирования).

Примеры задач:

1. Найти переходные характеристики гидролинии с сосредоточенными параметрами (длиной 3 м и внутренним диаметром 10 мм) при скачкообразном возникновении расхода (ламинарный режим,  $Re = 1000$ ) вязкой сжимаемой жидкости (плотность 850 кг/м<sup>3</sup>, кинематическая вязкость 40 сСт, модуль объемной упругости 2000 МПа). Трубопроводы считать абсолютно жесткими.
2. Найти переходные характеристики гидролинии с сосредоточенными параметрами (длиной 4 м и внутренним диаметром 10 мм) при скачкообразном возникновении расхода (турбулентный режим,  $Re = 8000$ ) вязкой сжимаемой жидкости (плотность 900 кг/м<sup>3</sup>, кинематическая вязкость 50 сСт, модуль объемной упругости 2000 МПа). Трубопроводы считать абсолютно жесткими.
3. Найти переходные характеристики гидролинии с сосредоточенными параметрами (длиной 2 м, внутренним диаметром 8 мм, толщиной стенки 0,3 мм, модулем объемной упругости материала стенки 200000 МПа) при скачкообразном возникновении расхода (ламинарный режим,  $Re = 700$ ) вязкой сжимаемой жидкости (плотность 900 кг/м<sup>3</sup>, кинематическая вязкость 50 сСт, модуль объемной упругости 2000 МПа).
4. Построить амплитудно-частотные и фазочастотные характеристики гидролинии с сосредоточенными параметрами (длиной 3 м и внутренним диаметром 10 мм) при колебаниях расхода (средний расход 18,8 л/мин, частота колебаний 0...900 Гц, относительная амплитуда 0,7) вязкой сжимаемой жидкости (плотность 850 кг/м<sup>3</sup>, кинематическая вязкость 40 сСт, модуль объемной упругости 2000 МПа). Трубопроводы считать абсолютно жесткими.
5. Построить амплитудно-частотную характеристику гидролинии с сосредоточенными параметрами (длиной 2 м, внутренним диаметром 8 мм, толщиной стенки 0,3 мм, модулем объемной упругости материала стенки 200000 МПа) при осцилляциях давления во входном сечении (частота колебаний 0...1000 Гц, относительная амплитуда 0,5) и закрытом выходном сечении. Плотность жидкости 900 кг/м<sup>3</sup>, модуль объемной упругости 2000 МПа. Гидравлическим сопротивлением пренебречь.

### 3. Письменное домашнее задание

Темы 3, 4

1. Составить математическую модель гидропривода без учета сжимаемости жидкости.
2. Составить математическую модель гидропривода с предохранительным клапаном, установленным параллельно гидродвигателю.
3. Составить математическую модель гидропривода с учетом сжимаемости жидкости.
4. Составить математическую модель гидропривода с предохранительным клапаном при сжимаемости рабочей жидкости.
5. Составить математическую модель гидропривода с тормозным устройством.
6. Проанализировать влияние диаметра дроссельного отверстия тормозного клапана на процесс торможения выходного звена гидродвигателя.
7. Проанализировать влияние объема сливной полости гидроцилиндра на процесс торможения выходного звена гидродвигателя.
8. Проанализировать влияние нерастворенного воздуха на процесс торможения выходного звена гидродвигателя.
9. Проанализировать влияние приведенной массы на процесс торможения выходного звена гидродвигателя.
10. Проанализировать влияние величины пути торможения на процесс торможения выходного звена гидродвигателя.

### Зачет

Вопросы к зачету:

1. Введение. Гидромеханические задачи динамики гидropневмоприводов.
2. Свойства рабочих сред. Модули объемной упругости газов.
3. Свойства рабочих сред. Модули объемной упругости жидкостей.
4. Замкнутая система уравнений неустановившегося движения рабочей среды. Уравнение Навье-Стокса.
5. Замкнутая система уравнений неустановившегося движения рабочей среды. Уравнение неразрывности.
6. Замкнутая система уравнений неустановившегося движения рабочей среды. Уравнение состояния среды.
7. Линеаризованные уравнения неустановившегося движения рабочей среды в трубе.
8. Квазистационарные и нестационарные касательные напряжения на стенке трубы. Приведенный модуль упругости трубы.

9. Передаточная функция для касательного напряжения на стенке трубы при неустановившемся ламинарном движении среды.
10. Касательные напряжения на стенке при колебаниях ламинарного потока в трубе. Амплитудно-частотная характеристика.
11. Касательные напряжения на стенке при колебаниях ламинарного потока в трубе. Фазочастотная характеристика.
12. Распределение местных скоростей при колебаниях ламинарного потока в трубе.
13. Гидравлическое сопротивление трубы при ламинарном неустановившемся движении среды. Коррективы активной и реактивной составляющих импеданса трубы.
14. Гидравлическое сопротивление трубы при ламинарном неустановившемся движении среды. Средняя за период колебаний диссипация энергии в потоке.
15. Простые и однородные гидравлические и пневматические линии.
16. Переходные процессы в линии с сосредоточенными параметрами при ламинарном движении среды.
17. Передаточная функция простой линии с сосредоточенными параметрами.
18. Частотные характеристики простой линии с сосредоточенными параметрами
19. Динамика рабочих сред в регулирующих устройствах. Дроссельные регулирующие устройства. Золотниковые распределители.
20. Динамика рабочих сред в регулирующих устройствах. Дроссельные регулирующие устройства. Сопла-заслонки.
21. Динамика рабочих сред в регулирующих устройствах. Дроссельные регулирующие устройства. Клапаны.
22. Динамика рабочих сред в регулирующих устройствах. Характеристики дроссельных регулирующих устройств. Удельная проводимость. Расходно-перепадные характеристики.
23. Динамика рабочих сред в регулирующих устройствах. Линеаризация характеристик дроссельных регулирующих устройств.
24. Динамика рабочих сред в регулирующих устройствах. Источники питания дроссельных регулирующих устройств. Источники постоянного давления и постоянного расхода.
25. Динамика рабочих сред в регулирующих устройствах. Расходно-перепадные характеристики золотникового распределителя, работающего на газе.
26. Силы, действующие со стороны рабочих сред на элементы дроссельных регулирующих устройств. Силы сухого трения.
27. Силы, действующие со стороны рабочих сред на элементы дроссельных регулирующих устройств. Силы жидкостного трения.
28. Силы, действующие со стороны рабочих сред на элементы дроссельных регулирующих устройств. Гидростатические силы давления.
29. Силы, действующие со стороны рабочих сред на элементы дроссельных регулирующих устройств. Гидродинамические силы давления.
30. Силы, действующие на заслонку. Сила инерции среды.
31. Силы, действующие на заслонку. Гидродинамическая сила.
32. Силы, действующие на клапан. Сила инерции среды.
33. Силы, действующие на клапан. Гидродинамическая реакция от действия затвора клапана на поток.
34. Силы, действующие на клапан. Угол отклонения потока. Возможность автоколебаний клапана. ?Отрицательное? демпфирование.
35. Силы, действующие на золотник. Силы инерции среды.
36. Силы, действующие на золотник. Гидродинамические силы. Коэффициент жесткости гидродинамической пружины.
37. Силы, действующие на золотник. Способы компенсации гидродинамических сил.
38. Следящий гидропривод с дроссельным регулированием. Схема, принцип действия, нагрузки.
39. Уравнения следящего гидропривода с дроссельным регулированием. Уравнение движения поршня.
40. Уравнения следящего гидропривода с дроссельным регулированием. Уравнение нагрузки на шток гидроцилиндра.
41. Уравнения следящего гидропривода с дроссельным регулированием. Уравнение расходов. Приведенный модуль упругости гидроцилиндра с упругой опорой.
42. Уравнения следящего гидропривода с дроссельным регулированием. Уравнение механизма управления. Обратная связь.
43. Уравнения следящего гидропривода с дроссельным регулированием. Линеаризация расходно-перепадной характеристики золотникового дросселирующего распределителя.
44. Структурная схема гидропривода с дроссельным регулированием. Преобразование уравнений математической модели по Лапласу.
45. Физический смысл констант в уравнениях математической модели гидропривода с дроссельным регулированием.
46. Устойчивость и качество процессов в следящем гидроприводе с дроссельным регулированием без нагрузки. Добротность гидропривода и его быстродействие.
47. Устойчивость и качество процессов в следящем гидроприводе с дроссельным регулированием: нагрузка без трения, связь штока гидроцилиндра с нагрузкой абсолютно жесткая.



48. Устойчивость и качество процессов в следящем гидроприводе с дроссельным регулированием: нагрузка с трением, связь штока гидроцилиндра с нагрузкой абсолютно жесткая.
49. Устойчивость и качество процессов в следящем гидроприводе с дроссельным регулированием: нагрузка без трения, связь штока гидроцилиндра с нагрузкой упругая.
50. Влияние сухого трения на устойчивость гидропривода. Эквивалентная замена силы сухого трения силой гидравлического трения.

#### 6.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

В КФУ действует балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся. Суммарно по дисциплине (модулю) можно получить максимум 100 баллов за семестр, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов.

Для зачёта:

56 баллов и более - "зачтено".

55 баллов и менее - "не зачтено".

Для экзамена:

86 баллов и более - "отлично".

71-85 баллов - "хорошо".

56-70 баллов - "удовлетворительно".

55 баллов и менее - "неудовлетворительно".

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
<b>Семестр 6</b>			
<b>Текущий контроль</b>			
Устный опрос	Устный опрос проводится на практических занятиях. Обучающиеся выступают с докладами, сообщениями, дополнениями, участвуют в дискуссии, отвечают на вопросы преподавателя. Оценивается уровень домашней подготовки по теме, способность системно и логично излагать материал, анализировать, формулировать собственную позицию, отвечать на дополнительные вопросы.	1	10
Проверка практических навыков	Практические навыки проверяются путём выполнения обучающимися практических заданий в условиях, полностью или частично приближенных к условиям профессиональной деятельности. Проверяется знание теоретического материала, необходимое для правильного совершения необходимых действий, умение выстроить последовательность действий, практическое владение приёмами и методами решения профессиональных задач.	2	20
Письменное домашнее задание	Обучающиеся получают задание по освещению определённых теоретических вопросов или решению задач. Работа выполняется письменно дома и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	3	20
<b>Зачет</b>	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

#### 7. Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы. Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

- в электронном виде - через электронные библиотечные системы на основании заключенных КФУ договоров с правообладателями;

- в печатном виде - в Научной библиотеке им. Н.И. Лобачевского. Обучающиеся получают учебную литературу на абонементе по читательским билетам в соответствии с правилами пользования Научной библиотекой.

Электронные издания доступны дистанционно из любой точки при введении обучающимся своего логина и пароля от личного кабинета в системе "Электронный университет". При использовании печатных изданий библиотечный фонд должен быть укомплектован ими из расчета не менее 0,5 экземпляра (для обучающихся по ФГОС 3++ - не менее 0,25 экземпляра) каждого из изданий основной литературы и не менее 0,25 экземпляра дополнительной литературы на каждого обучающегося из числа лиц, одновременно осваивающих данную дисциплину.

Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля), находится в Приложении 2 к рабочей программе дисциплины. Он подлежит обновлению при изменении условий договоров КФУ с правообладателями электронных изданий и при изменении комплектования фондов Научной библиотеки КФУ.

### 8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Консультант Плюс - <http://www.consultant.ru/>

Научная электронная библиотека - <http://elibrary.ru/>

Научно-практический рецензируемый журнал 'Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана' - <http://mzg.ipmnet.ru/ru/>

Программное обеспечение SimHydraulics для моделирования динамики гидравлических систем - <http://matlab.ru/products/simhydraulics>

Сетевые ресурсы КФУ - <http://kpfu.ru/library/setevye-resursy>

ЭБС ZNANIUM.COM - <http://znanium.com/>

ЭБС Издательства Лань - <http://e.lanbook.com/>

ЭБС Консультант студента - <http://www.studentlibrary.ru/>

ЭБС Университетская библиотека online - <http://biblioclub.ru>

Электронный журнал 'Молодежный научно-технический вестник' - <http://sntbul.bmstu.ru/>

### 9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	В ходе лекционных занятий преподаватель устно, в логически выдержанной форме излагает новый учебный материал, который конспектируется студентами с оставлением (по возможности) полей для заметок и комментариев (дополнений лекционного материала по результатам самостоятельного изучения рекомендуемой литературы). Обучающиеся задают преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, анализа информации, решения проблемных задач и др. При подготовке к лекционным и иным занятиям может понадобиться материал, изучавшийся на курсах: 'Математика', 'Физика' и др. Поэтому стоит обращаться к соответствующим источникам (учебникам, монографиям, статьям).
практические занятия	Работа на практических занятиях предполагает исследование обучающимися динамических свойств гидролиний и гидроприводов с дроссельным регулированием с использованием методических материалов и специализированного программного обеспечения, а также изучение конструкций, принципа действия и характеристик гидроусилителей, электрогидравлических следящих приводов и преобразователей по плакатам и методической литературе.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов подразумевает как проработку лекционного материала с использованием рекомендуемой учебной литературы, так и освоение материала, вынесенного на самостоятельное изучение, а также выполнение письменного домашнего задания и подготовку к устным опросам, практическим занятиям и зачету.
письменное домашнее задание	Выполнение письменного домашнего задания заключается в самостоятельном выполнении обучающимися заданий, согласно указаниям преподавателя. Задания связаны с построением математических моделей и исследованием влияния различных факторов на динамические характеристики гидропривода. При этом студентам необходимо опираться как на лекционный материал, так и на справочную, нормативную и иную литературу, а также на решения задач, рассмотренных на учебных занятиях.
устный опрос	Для подготовки к устным опросам рекомендуется выделять в материале проблемные вопросы, затрагиваемые преподавателем в лекции, и группировать информацию вокруг них. Желательно выделять в используемой литературе постановки вопросов, на которые разными авторами могут быть даны различные ответы. На основании постановки таких вопросов следует собирать аргументы в пользу различных вариантов решения поставленных задач. В текстах авторов, таким образом, следует выделять следующие компоненты: постановка проблемы; варианты решения; аргументы в пользу тех или иных вариантов решения. На основе выделения этих элементов проще составлять собственную аргументированную позицию по рассматриваемому вопросу.

Вид работ	Методические рекомендации
проверка практических навыков	Преподаватель проверяет результаты исследования обучающимися динамических свойств гидрелиний и гидроприводов с дроссельным регулированием, а также задает им вопросы, связанные с устройством, принципом действия и характеристиками гидроусилителей, электрогидравлических следящих приводов и преобразователей.
зачет	При подготовке к зачету необходимо, прежде всего, опираться на конспекты лекций, а также на источники, которые разбирались на практических занятиях в течение изучения курса. На зачете обучающийся отвечает на один вопрос из приведенного выше списка и на дополнительные вопросы преподавателя, заданные с целью уточнения уровня освоения компетенций.

### 10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем, представлен в Приложении 3 к рабочей программе дисциплины (модуля).

### 11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине (модулю) включает в себя следующие компоненты:

Помещения для самостоятельной работы обучающихся, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья) и оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду КФУ.

Учебные аудитории для контактной работы с преподавателем, укомплектованные специализированной мебелью (столы и стулья).

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

Специализированная лаборатория.

### 12. Средства адаптации преподавания дисциплины к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

При необходимости в образовательном процессе применяются следующие методы и технологии, облегчающие восприятие информации обучающимися инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья:

- создание текстовой версии любого нетекстового контента для его возможного преобразования в альтернативные формы, удобные для различных пользователей;
- создание контента, который можно представить в различных видах без потери данных или структуры, предусмотреть возможность масштабирования текста и изображений без потери качества, предусмотреть доступность управления контентом с клавиатуры;
- создание возможностей для обучающихся воспринимать одну и ту же информацию из разных источников - например, так, чтобы лица с нарушениями слуха получали информацию визуально, с нарушениями зрения - аудиально;
- применение программных средств, обеспечивающих возможность освоения навыков и умений, формируемых дисциплиной, за счёт альтернативных способов, в том числе виртуальных лабораторий и симуляционных технологий;
- применение дистанционных образовательных технологий для передачи информации, организации различных форм интерактивной контактной работы обучающегося с преподавателем, в том числе вебинаров, которые могут быть использованы для проведения виртуальных лекций с возможностью взаимодействия всех участников дистанционного обучения, проведения семинаров, выступления с докладами и защиты выполненных работ, проведения тренингов, организации коллективной работы;
- применение дистанционных образовательных технологий для организации форм текущего и промежуточного контроля;
- увеличение продолжительности сдачи обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья форм промежуточной аттестации по отношению к установленной продолжительности их сдачи;
- продолжительности сдачи зачёта или экзамена, проводимого в письменной форме, - не более чем на 90 минут;

- продолжительности подготовки обучающегося к ответу на зачёте или экзамене, проводимом в устной форме, - не более чем на 20 минут;
- продолжительности выступления обучающегося при защите курсовой работы - не более чем на 15 минут.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО и учебным планом по направлению 15.03.02 "Технологические машины и оборудование" и профилю подготовки "Гидравлические машины, гидроприводы и гидropневмоавтоматика".

### Перечень литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

Направление подготовки: 15.03.02 - Технологические машины и оборудование

Профиль подготовки: Гидравлические машины, гидроприводы и гидродневмоавтоматика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

#### Основная литература:

1. Лозовецкий, В.В. Расчет и проектирование электрогидравлических систем и оборудования транспортно-технологических машин [Электронный ресурс]: Учебник / В.В. Лозовецкий, Е.Г. Комаров, Г.И. Кольниченко, В.П. Мурашев; Под ред. В.В. Лозовецкого. - 2-е изд., испр. - СПб.: Издательство 'Лань', 2017. - 420 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-2101-5. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/92616/#2>
2. Тарасик, В.П. Математическое моделирование технических систем [Электронный ресурс]: учебник. - Минск: Новое знание; М.: ИНФРА-М, 2017. - 592 с. - ISBN 978-5-16-011996-0 (print). - ISBN 978-5-16-104762-0 (online). - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=773106>
3. Кравникова, А.П. Гидравлическое и пневматическое оборудование путевых и строительных машин [Электронный ресурс]: Учебное пособие. - М.: ФГБУ ДПО 'УМЦ ЖДТ', 2016. - 420 с. - ISBN 978-5-89035-890-5. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=894665>
4. Корнюшенко, С.И. Основы объемного гидропривода и его управления [Электронный ресурс]: учеб. пособие. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 338 с.: 60x90 1/16. - (Среднее профессиональное образование) (Переплёт 7БЦ). - ISBN 978-5-16-011527-6 (print). - ISBN 978-5-16-103830-7 (online). - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=533006>
5. Кудинов, И.В. Математическое моделирование гидродинамики и теплообмена в движущихся жидкостях [Электронный ресурс]: Монография / И.В. Кудинов, В.А. Кудинов, А.В. Еремин, С.В. Колесников; под ред. Э.М. Карташова. - СПб.: Издательство 'Лань', 2015. - 208 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература) - ISBN 978-5-8114-1837-4. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/56168/#2>

#### Дополнительная литература:

1. Мандраков, Е.А. Динамика гидросистем [Электронный ресурс]: Монография / Е.А. Мандраков, А.А. Никитин. - М.: ИНФРА-М; Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2014. - 128 с. - (Научная мысль). - doi 10.12737/500 (www.doi.org) - ISBN 978-5-16-006374-4 (ИНФРА-М). - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=374598>
2. Лозовецкий, В.В. Гидро- и пневмосистемы транспортно-технологических машин [Электронный ресурс]: Учебное пособие. - СПб.: Издательство 'Лань', 2012. - 560 с. - ISBN 978-5-8114-1280-8. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/3806/#4>
3. Емтыль, З.К. Гидроманипуляторы и лесное технологическое оборудование [Электронный ресурс]: монография / З.К. Емтыль, И.М. Бартенев, М.В. Драпалюк, П.И. Попиков, А.П. Татаренко, Л.Д. Бухтояров; под ред. д-ра техн. наук, проф. И.М. Бартенева. - М.: ФЛИНТА: Наука, 2011. - 408 с.: илл. - ISBN 978-5-9765-1189-7 (ФЛИНТА). - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=454103>
4. Гойдо, М.Е. Проектирование объемных гидроприводов [Электронный ресурс]. - М.: Машиностроение, 2009. - 304 с. - ISBN 978-5-94275-427-3. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/729/#1>
5. Свешников, В.К. Станочные гидроприводы [Электронный ресурс]: справочник. 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 2008. - 640 с. - ISBN 978-5-217-03438-3. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/778/#1>
6. Петраков, Ю.В. Теория автоматического управления технологическими системами [Электронный ресурс]: учебное пособие для студентов вузов / Ю.В. Петраков, О.И. Драчев. - М.: Машиностроение, 2008. - 336 с. - ISBN 978-5-217-03391-1. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/751/#2>

Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.1 Динамика гидropневмоприводов

**Перечень информационных технологий, используемых для освоения дисциплины (модуля), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

Направление подготовки: 15.03.02 - Технологические машины и оборудование

Профиль подготовки: Гидравлические машины, гидроприводы и гидropневмоавтоматика

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

Освоение дисциплины (модуля) предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows 7 Профессиональная или Windows XP (Volume License)

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 365 или Microsoft Office Professional plus 2010

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, учебно-методические комплексы, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования (ФГОС ВО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен обучающимся. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "Консультант студента", доступ к которой предоставлен обучающимся. Многопрофильный образовательный ресурс "Консультант студента" является электронной библиотечной системой (ЭБС), предоставляющей доступ через сеть Интернет к учебной литературе и дополнительным материалам, приобретенным на основании прямых договоров с правообладателями. Полностью соответствует требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к комплектованию библиотек, в том числе электронных, в части формирования фондов основной и дополнительной литературы.