

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 и регулирование гидropневмосистем

Направление подготовки: 15.04.02 - Технологические машины и оборудование

Профиль подготовки: Гидравлические машины, гидроприводы и гидropневмоавтоматика

Квалификация выпускника: магистр

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
ОПК-5	способностью выбирать оптимальные решения при создании продукции с учетом требований качества, надежности и стоимости, а также сроков исполнения, безопасности жизнедеятельности и экологической чистоты производства
ПК-20	способностью разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов
ПК-23	способностью подготавливать технические задания на разработку проектных решений, разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты технических разработок с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать необходимые обзоры, отзывы, заключения
ПК-24	способностью составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений
ПК-26	готовностью применять новые современные методы разработки технологических процессов изготовления изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности с определением рациональных технологических режимов работы специального оборудования

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

Должен знать:

- подходы к исследованию динамических свойств гидropневмосистем, а также электрогидравлических приводов;
- основные методики исследования устойчивости и качества переходных процессов, методы исследования динамики процессов в следящих гидropневмосистемах и системах с электрогидравлическим приводом;
- причины возникновения автоколебаний в приводе.

Должен уметь:

- составлять математические модели следящих гидropневоприводов;
- определять устойчивость и другие динамические свойства электрогидравлического привода;
- исследовать процессы динамики электромеханических преобразователей;
- анализировать условия работы гидropневоприводов с использованием методов расчета на ЭВМ и выбором оптимальных параметров;
- формализовать свои знания, грамотно и рационально использовать современные средства вычислительной техники для решения практических задач по своей специальности.

Должен владеть:

- исследования систем со следящими гидropневоприводами и электрогидравлическими приводами;
- 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.6 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 15.04.02 "Технологические машины и оборудование (Гидравлические машины, гидроприводы и гидродневмоавтоматика)" и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе в 1 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 - 26 часа(ов), в том числе лекции - 8 часа(ов), практические занятия - 18 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 82 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 36 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 1 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. Неустановившееся движение рабочих сред	1	2	0	0	8
2.	Тема 2. Динамические характеристики гидро- и пневмолиний	1	2	0	0	20
3.	Тема 3. Следящие гидро- и пневмоприводы с дроссельным и объемным регулированием	1	2	9	0	26
4.	Тема 4. Электрогидравлические и электропневматические следящие приводы	1	2	9	0	28
	Итого		8	18	0	82

#### 4.2 Содержание дисциплины (модуля)

##### Тема 1. Неустановившееся движение рабочих сред

Неустановившееся движение рабочих сред. Свойства рабочих сред. Влияние на модуль объемной упругости жидкости присутствия нерастворенного воздуха. Замкнутая система уравнений неустановившегося движения рабочей среды. Приближенная модель турбулентного неустановившегося потока в трубе. Неустановившееся движение рабочих сред в щелях и на участках труб с местными сопротивлениями.

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

Динамические характеристики гидро- и пневмолиний. Переходные процессы в линии с сосредоточенными параметрами при турбулентном движении среды. Коэффициент распространения и волновое сопротивление. Передаточные функции и частотные характеристики линии с распределенными параметрами при согласованной нагрузке. Переходные процессы в линии с распределенными параметрами при согласованной нагрузке.

##### Тема 3. Следящие гидро- и пневмоприводы с дроссельным и объемным регулированием

Следящие гидро- и пневмоприводы с дроссельным и объемным регулированием. Способы обеспечения устойчивости гидроприводов с дроссельным регулированием. Динамическая жесткость гидропривода с дроссельным регулированием. Уравнения и передаточная функция пневмопривода. Колебания в гидравлических линиях, соединяющих источник питания с гидроприводом с дроссельным регулированием. Гидроприводы с объемным регулированием. Математическая модель силовой части гидропривода с длинными трубопроводами. Приближенное определение частотных характеристик силовой части гидропривода с длинными трубопроводами.

##### Тема 4. Электрогидравлические и электропневматические следящие приводы

Электрогидравлические и электропневматические следящие приводы. Общие сведения. Статика и динамика электромеханических преобразователей. Гидроусилители. Статика и динамика гидроусилителей. Структурные схемы электрогидравлических усилителей. Электрогидравлический следящий привод с дроссельным регулированием. Автоколебания в электрогидравлическом следящем приводе с дроссельным регулированием. Электропневматические следящие приводы. Переливной клапан прямого действия. Клапан непрямого действия.

### 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 1</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		
1	Устный опрос	ПК-24, ОПК-5, ПК-26	1. Неуставившееся движение рабочих сред 2. Динамические характеристики гидро- и пневмолиний 3. Следящие гидро- и пневмоприводы с дроссельным и объемным регулированием 4. Электрогидравлические и электропневматические следящие приводы
2	Проверка практических навыков	ПК-23, ПК-20	1. Неуставившееся движение рабочих сред 2. Динамические характеристики гидро- и пневмолиний 3. Следящие гидро- и пневмоприводы с дроссельным и объемным регулированием 4. Электрогидравлические и электропневматические следящие приводы
3	Компьютерная программа	ПК-23, ПК-20	1. Неуставившееся движение рабочих сред 2. Динамические характеристики гидро- и пневмолиний 3. Следящие гидро- и пневмоприводы с дроссельным и объемным регулированием
	<b>Экзамен</b>	ОПК-5, ПК-20, ПК-23, ПК-24, ПК-26	

#### 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 1</b>					
<b>Текущий контроль</b>					

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоено понятийный аппарат. Продемонстрирован высокий уровень понимания материала. Превосходное умение формулировать свои мысли, обсуждать дискуссионные положения.	Основные вопросы темы раскрыты. Структура ответа в целом адекватна теме. Хорошо освоено понятийный аппарат. Продемонстрирован 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	Продемонстрирован высокий уровень освоения навыков, достаточный для успешного решения задач профессиональной деятельности.	Продемонстрирован хороший уровень освоения навыков, достаточный для решения большей части задач профессиональной деятельности.	Продемонстрирован удовлетворительный уровень освоения навыков, достаточный для решения отдельных задач профессиональной деятельности.	Продемонстрирован неудовлетворительный уровень освоения навыков, недостаточный для решения задач профессиональной деятельности.	2
Компьютерная программа	Высокий уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача полностью решена.	Хороший уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача в основном решена.	Удовлетворительный уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача решена частично.	Недостаточный уровень умений и навыков программирования, в том числе моделирования, алгоритмизации, использования языка программирования. Поставленная задача не решена.	3
<b>Экзамен</b>	Обучающийся обнаружил всестороннее, систематическое и глубокое знание учебно-программного материала, умение свободно выполнять задания, предусмотренные программой, усвоил основную литературу и знаком с дополнительной литературой, рекомендованной программой дисциплины, усвоил взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии, проявил творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала.	Обучающийся обнаружил полное знание учебно-программного материала, успешно выполнил предусмотренные программой задания, усвоил основную литературу, рекомендованную программой дисциплины, показал систематический характер знаний по дисциплине и способен к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности.	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по профессии, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой, знаком с основной литературой, рекомендованной программой дисциплины, допустил погрешности в ответе на экзамене и при выполнении экзаменационных заданий, но обладает необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя.	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 1

#### Текущий контроль

##### 1. Устный опрос

Темы 1, 2, 3, 4

Вопросы по теме 1: инерция, вязкость, сжимаемость, модуль объемной упругости, нерастворенный воздух, уравнения Навье-Стокса и неразрывности, приближенная модель турбулентного неустановившегося потока в трубе, толщина вязкого подслоя на стенке, особенности расчета неустановившегося движения рабочих сред в щелях и на участках труб с местными сопротивлениями.

Вопросы по теме 2: простые линии, однородные линии, линии с сосредоточенными параметрами, линии с распределенными параметрами, переходные процессы в линии с сосредоточенными параметрами при турбулентном движении среды, коэффициент распространения, волновое сопротивление, передаточные функции и частотные характеристики линии с распределенными параметрами, согласованная нагрузка, переходные процессы в линии с распределенными параметрами при согласованной нагрузке.

Вопросы по теме 3: типовая схема и принцип действия следящих гидроприводов с дроссельным и объемным регулированием соответственно, способы обеспечения устойчивости гидроприводов с дроссельным регулированием, динамическая жесткость гидропривода, уравнения движений и расходов для пневмопривода, передаточная функция для пневмопривода, колебания в гидравлических линиях гидропривода с дроссельным регулированием, математическая модель и частотные характеристики силовой части гидропривода с объемным регулированием и с длинными трубопроводами.

Вопросы по теме 4: типовые схемы и принцип действия электрогидравлических и электропневматических следящих приводов, статические и динамические характеристики электромеханических преобразователей и гидроусилителей, структурные схемы электрогидравлических усилителей, схема, принцип действия и математическое описание электрогидравлического следящего привода с дроссельным регулированием, автоколебания, особенности электропневматических следящих приводов, математическая модель переливного клапана прямого действия, особенности работы и математическое описание переливного клапана непрямого действия.

##### 2. Проверка практических навыков

Темы 1, 2, 3, 4

Решение задач с применением прикладных компьютерных программ по следующим темам:

1. Построение и анализ логарифмических частотных характеристик систем управления в программе Mathcad.
2. Определение устойчивости системы по алгебраическому критерию Рауса в программе Mathcad.
3. Определение устойчивости системы по алгебраическому критерию Гурвица в программе Mathcad.
4. Определение устойчивости системы по частотному критерию Михайлова в программе Mathcad.
5. Определение устойчивости системы по частотному критерию Найквиста в программе Mathcad.
6. Определение показателей качества по переходной характеристике замкнутой системы в программе Mathcad.
7. Построение желаемых логарифмических амплитудно-частотных характеристик по частотным критериям качества.
8. Построение логарифмических амплитудно-частотных характеристик по показателям переходного процесса.
9. Синтез корректирующих устройств по логарифмическим амплитудно-частотным характеристикам.
10. Объемные гидромашин. Изучение конструкции типовых объемных регуляторов.

Примеры задач:

1. Составить математическую модель системы поддержания уровня жидкости в емкости.
2. Составить математическую модель электромеханической следящей системы с потенциометрическим датчиком.
3. Составить математическую модель следящего привода подачи фрезерного станка с ЧПУ.
4. Построить логарифмическую амплитудную и фазовую частотные характеристики для системы, описываемой передаточной функцией  $W(p)=240(0.08p+1)/(p(0.006p+1)(0.005p+1))$ . А также построить кривые поправок к ЛАЧХ на частотах, расположенных в пределах одной декады от частоты среза.
5. Построить логарифмическую амплитудную и фазовую частотные характеристики для системы, описываемой передаточной функцией  $W(p)=50(0.6p+1)/p/(0.04p+1)/p/(0.09p+1)$ . А также построить кривые поправок к ЛАЧХ на частотах, расположенных в пределах одной декады от частоты среза.

##### 3. Компьютерная программа

Темы 1, 2, 3

Разработка математической модели рабочих процессов, протекающих в гидроаппарате, с разработкой алгоритма расчета и построения переходных динамических характеристик (с учетом ограничений, связанных с постановкой задачи и допущениями). Для численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений использовать метод Рунге-Кутты 4-го порядка.

1. Клапан предохранительный прямого действия.
2. Клапан предохранительный непрямого действия.
3. Клапан редуционный прямого действия.
4. Клапан редуционный непрямого действия.

5. Дроссель регулируемый.
6. Регулятор потока двухлинейный.
7. Регулятор потока трехлинейный.
8. Гидроцилиндр поршневой одностороннего действия с пружинным возвратом.
9. Гидроцилиндр плунжерный вертикальный.
10. Гидроцилиндр поршневой двухстороннего действия с односторонним штоком.
11. Гидроцилиндр поршневой двухстороннего действия с двухсторонним штоком.
12. Гидроцилиндр поршневой двухстороннего действия с односторонним штоком с торможением в конце хода.
13. Гидромотор нерегулируемый.
14. Гидромотор регулируемый.
15. Гидродвигатель поворотный.
16. Пневмогидравлический аккумулятор.
17. Распределитель дросселирующий 'сопло-заслонка' однощелевой.
18. Распределитель дросселирующий 'сопло-заслонка' двухщелевой.
19. Распределитель дросселирующий золотниковый двухщелевой.
20. Распределитель дросселирующий золотниковый четырехщелевой.
21. Распределитель дросселирующий со струйной трубкой.
22. Усилитель мощности электрогидравлический двухкаскадный без обратной связи по положению.
23. Усилитель мощности электрогидравлический двухкаскадный с гидромеханической обратной связью по положению.
24. Усилитель мощности электрогидравлический двухкаскадный с силовой обратной связью по положению.
25. Усилитель мощности электрогидравлический двухкаскадный с обратной связью по расходу.
26. Усилитель мощности электрогидравлический двухкаскадный с обратной связью по давлению нагрузки.
27. Гидронасос нерегулируемый.
28. Гидронасос регулируемый.
29. Гидронасос авторегулируемый по давлению.
30. Гидроцилиндр поршневой двухстороннего действия с односторонним штоком, подключенный к гидросистеме по дифференциальной схеме.

### **Экзамен**

Вопросы к экзамену:

1. Свойства рабочих сред. Инерция, вязкость, сжимаемость.
2. Влияние на модуль объемной упругости жидкости присутствия нерастворенного воздуха.
3. Замкнутая система уравнений неустановившегося движения рабочей среды. Уравнение Навье-Стокса.
4. Замкнутая система уравнений неустановившегося движения рабочей среды. Уравнение неразрывности.
5. Замкнутая система уравнений неустановившегося движения рабочей среды. Уравнение состояния среды.
6. Неустановившееся движение рабочих сред в щелях.
7. Неустановившееся движение рабочих сред на участках труб с местными сопротивлениями.
8. Переходные процессы в гидрوليнии с сосредоточенными параметрами при турбулентном движении среды.
9. Коэффициент распространения.
10. Волновое сопротивление.
11. Коэффициент затухания.
12. Коэффициент фазы.
13. Фазовая скорость распространения волны возмущения.
14. Передаточные функции и частотные характеристики линии с распределенными параметрами при согласованной нагрузке.
15. Переходные процессы в линии с распределенными параметрами при согласованной нагрузке.
16. Способы обеспечения устойчивости следящих гидроприводов с дроссельным регулированием. Введение перетечки жидкости между полостями гидроцилиндра.
17. Способы обеспечения устойчивости следящих гидроприводов с дроссельным регулированием. Использование упругости опоры гидроцилиндра.
18. Способы обеспечения устойчивости следящих гидроприводов с дроссельным регулированием. Установка демпфера на золотнике.
19. Динамическая жесткость гидропривода с дроссельным регулированием.
20. Статическая жесткость гидропривода.
21. Гидравлические демпферы.
22. Уравнения и передаточная функция пневмопривода. Массовые расходы.
23. Уравнения и передаточная функция пневмопривода. Уравнение состояния.
24. Уравнения и передаточная функция пневмопривода. Уравнение энергии для газа.
25. Линеаризованные уравнения пневмопривода.
26. Изотермический и адиабатный модуль объемной упругости газа.
27. Передаточная функция пневмопривода. Угловые частоты собственных недемпфированных колебаний.



28. Колебания в гидравлических линиях, соединяющих источник питания с гидроприводом с дроссельным регулированием. Схема. Описание.
29. Колебания в гидравлических линиях, соединяющих источник питания с гидроприводом с дроссельным регулированием. Уравнение характеристики золотникового распределителя.
30. Колебания в гидравлических линиях, соединяющих источник питания с гидроприводом с дроссельным регулированием. Уравнение движения штока гидроцилиндра с нагрузкой.
31. Колебания в гидравлических линиях, соединяющих источник питания с гидроприводом с дроссельным регулированием. Уравнение механизма управления.
32. Колебания в гидравлических линиях, соединяющих источник питания с гидроприводом с дроссельным регулированием. Передаточная функция.
33. Гидроприводы с объемным регулированием. Математическая модель силовой части гидропривода с длинными трубопроводами. Уравнения.
34. Гидроприводы с объемным регулированием. Математическая модель силовой части гидропривода с длинными трубопроводами. Передаточная функция.
35. Гидроприводы с объемным регулированием. Математическая модель силовой части гидропривода с длинными трубопроводами. Передаточная функция без позиционной нагрузки.
36. Гидроприводы с объемным регулированием. Приближенное определение частотных характеристик силовой части гидропривода с длинными трубопроводами.
37. Гидроприводы с объемным регулированием. Предельное значение собственной частоты недемпфированного гидропривода с длинными трубопроводами без учета распределенности параметров жидкости по длине трубопроводов.
38. Гидроприводы с объемным регулированием. Предельное значение собственной частоты недемпфированного гидропривода с длинными трубопроводами при полностью заторможенном гидромоторе.
39. Гидроприводы с объемным регулированием. Предельное значение собственной частоты недемпфированного гидропривода с длинными трубопроводами без нагрузки на валу гидромотора.
40. Электрогидравлические и электропневматические следящие приводы. Общие сведения.
41. Статика и динамика электромеханических преобразователей. Схемы. Принцип действия. Характеристики.
42. Гидроусилители. Схемы. Принцип действия.
43. Статика и динамика гидроусилителей. Математическая модель. Характеристики.
44. Структурные схемы электрогидравлических усилителей. Принцип действия. Математическая модель.
45. Электрогидравлический следящий привод с дроссельным регулированием. Принцип действия. Математическая модель. Структурная схема.
46. Автоколебания в электрогидравлическом следящем приводе с дроссельным регулированием.
47. Электропневматические следящие приводы. Схема. Принцип действия. Математическая модель. Переходные процессы.
48. Переливной клапан прямого действия. Принцип действия. Математическая модель.
49. Переливной клапан прямого действия. Структурная схема.
50. Клапан непрямого действия. Принцип действия. Математическая модель.

#### **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 1</b>			
<b>Текущий контроль</b>			

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
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	25
Компьютерная программа	Обучающиеся самостоятельно составляют программу на определённом языке программирования в соответствии с заданием. Программа сдаётся преподавателю в электронном виде. Оценивается реализация алгоритмов на языке программирования, достижение заданного результата.	3	15
<b>Экзамен</b>	Экзамен нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Экзамен проводится в устной или письменной форме по билетам, в которых содержатся вопросы (задания) по всем темам курса. Обучающемуся даётся время на подготовку. 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/>

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 гидродневмосистем с использованием методических материалов и специализированного программного обеспечения, а также изучение конструкций типовых регуляторов объемных гидромашин 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 разработку компьютерной программы и подготовку к устным опросам, практическим занятиям и экзамену.
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.
проверка практических навыков	Преподаватель проверяет правильность построения и анализа частотных характеристик, определения запасов устойчивости и показателей качества переходных процессов, синтеза корректирующих устройств, а также задает обучающимся вопросы, связанные с устройством, принципом действия и характеристиками типовых регуляторов объемных гидромашин.
компьютерная программа	Разработка компьютерной модели преследует цель: составление математической модели рабочих процессов, протекающих в гидроаппарате, алгоритма расчета и построения переходных динамических характеристик (с учетом ограничений, связанных с постановкой задачи и допущениями), численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений с использованием метода Рунге-Кутты в программном пакете Mathcad или в любой другой программной среде..
экзамен	При подготовке к экзамену необходимо, прежде всего, опираться на конспекты лекций, а также на источники, которые разбирались на практических занятиях в течение изучения курса. На экзамене обучающийся отвечает на вопросы в выбранном билете (каждый билет содержит по два вопроса из приведенного выше списка).

**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 15.04.02 "Технологические машины и оборудование" и магистерской программе "Гидравлические машины, гидроприводы и гидрорневмоавтоматика".

Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.В.ДВ.6 Динамика и регулирование гидродневмосистем

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

Направление подготовки: 15.04.02 - Технологические машины и оборудование

Профиль подготовки: Гидравлические машины, гидроприводы и гидродневмоавтоматика

Квалификация выпускника: магистр

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.6 Динамика и регулирование гидронефтемосистем

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

Направление подготовки: 15.04.02 - Технологические машины и оборудование

Профиль подготовки: Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика

Квалификация выпускника: магистр

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.