

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

Методы подобия и размерности в механике Б1.В.ОД.1

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: 2019

**Автор(ы):** Болдырев А.В.

**Рецензент(ы):** Галиакбаров А.Т.

### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Исрафилов И. Х.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Учебно-методическая комиссия Высшей инженерной школы (Отделение информационных технологий и энергетических систем) (Набережночелнинский институт (филиал)):

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

## Содержание

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы
2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования
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
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 основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)
  - 7.1. Основная литература
  - 7.2. Дополнительная литература
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 к потребностям обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

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 образовательной программы

Выпускник, освоивший дисциплину, должен обладать следующими компетенциями:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОПК-1	способностью выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении
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

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен знать:

- возможности общей теории размерности в различных задачах механики (в первую очередь - механики жидкости и газа);
- возможности метода подобия при моделировании процессов и явлений в различных областях механики, связанных с установившимся и неустановившимся движением жидкостей и газов;
- суть общей теории размерности и подобия и моделирования процессов и явлений.

Должен уметь:

- определять безразмерные комплексы (критерии подобия);
- применять методы подобия в задачах механики жидкости и газа.

Должен владеть:

- навыками использования формул размерности в различных системах единиц измерения;
- навыками проведения анализа размерностей с применением П-теоремы.

Должен демонстрировать способность и готовность:

- применять полученные знания на практике.

### 2. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы высшего образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ОД.1 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 15.04.02 "Технологические машины и оборудование (Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика)" и относится к обязательным дисциплинам. Осваивается на 1 курсе в 1, 2 семестрах.

### 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 8 зачетных(ые) единиц(ы) на 288 часа(ов).

Контактная работа - 58 часа(ов), в том числе лекции - 16 часа(ов), практические занятия - 42 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 158 часа(ов).

Контроль (зачёт / экзамен) - 72 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины: экзамен в 1 семестре; экзамен во 2 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	1	2	0	0	30
2.	Тема 2. Общая теория размерности для различных величин	1	2	4	0	34
3.	Тема 3. Подобие, моделирование и различные примеры приложений теории размерности	1	4	28	0	40
4.	Тема 4. Приложения к теории движения вязкой жидкости и к теории турбулентности	2	4	7	0	26
5.	Тема 5. Приложения к теории одномерного неустановившегося движения газа	2	4	3	0	28
	Итого		16	42	0	158

##### 4.2 Содержание дисциплины

###### Тема 1. Введение

Введение в дисциплину. Трудности решения типовых задач механики теоретическими и экспериментальными методами. Предварительный качественно-теоретический анализ явления и выбор системы определяющих безразмерных параметров. Теория размерности и подобия. Область применения теории размерности. Область применения теории подобия.

###### Тема 2. Общая теория размерности для различных величин

Общая теория размерности для различных величин. Размерные величины. Безразмерные величины. Основные единицы измерения. Производные единицы измерения. Примеры в системах CGS, MKC, СИ. Формула размерности. Структура функциональных связей между физическими величинами. Параметры, определяющие класс явлений.

###### Тема 3. Подобие, моделирование и различные примеры приложений теории размерности

Подобие, моделирование и различные примеры приложений теории размерности. Динамическое подобие и моделирование явлений. Движение математического маятника. Движение жидкости в трубах. Малые волны на поверхности несжимаемой жидкости. Пространственные автомодельные движения сплошных сред. Движение тела в жидкости. Установившееся движение твердого тела в сжимаемой жидкости. Неустановившееся движение внутри жидкости.

###### Тема 4. Приложения к теории движения вязкой жидкости и к теории турбулентности

Приложения к теории движения вязкой жидкости и к теории турбулентности. Диффузия вихрей в вязкой жидкости в предположении, что неустановившееся движение жидкости является плоскопараллельным. Точные решения уравнений движения вязкой несжимаемой жидкости (уравнений Навье-Стокса). Установившиеся турбулентные движения.

###### Тема 5. Приложения к теории одномерного неустановившегося движения газа

Приложения к теории одномерного неустановившегося движения газа. Автомодельные движения газа со сферическими, цилиндрическими и плоскими волнами. Обыкновенные дифференциальные уравнения и условия на скачках для автомодельных движений. Алгебраические интегралы для автомодельных движений. Движения, предельные к автомодельным. Неустановившиеся движения газа, когда скорости пропорциональны расстоянию до центра симметрии. К общей теории одномерных движений газа. Асимптотические законы затухания ударных волн. Об осреднении неравномерных потоков газа в каналах. Условия подобия и отвлеченные параметры, определяющие характеристики компрессоров.

## 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"

Положение от 24 декабря 2015 г. № 0.1.1.67-06/265/15 "О порядке проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Положение № 0.1.1.67-06/241/15 от 14 декабря 2015 г. "О формировании фонда оценочных средств для проведения текущей, промежуточной и итоговой аттестации обучающихся федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Положение № 0.1.1.56-06/54/11 от 26 октября 2011 г. "Об электронных образовательных ресурсах федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Регламент № 0.1.1.67-06/66/16 от 30 марта 2016 г. "Разработки, регистрации, подготовки к использованию в учебном процессе и удаления электронных образовательных ресурсов в системе электронного обучения федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Регламент № 0.1.1.67-06/11/16 от 25 января 2016 г. "О балльно-рейтинговой системе оценки знаний обучающихся в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

Регламент № 0.1.1.67-06/91/13 от 21 июня 2013 г. "О порядке разработки и выпуска учебных изданий в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего профессионального образования "Казанский (Приволжский) федеральный университет"

## 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-20, ОПК-1	1. Введение 2. Общая теория размерности для различных величин 3. Подобие, моделирование и различные примеры приложений теории размерности
2	Проверка практических навыков	ОПК-1, ПК-20, ПК-23, ПК-24	2. Общая теория размерности для различных величин 3. Подобие, моделирование и различные примеры приложений теории размерности
3	Письменное домашнее задание	ПК-20, ОПК-1	1. Введение 2. Общая теория размерности для различных величин 3. Подобие, моделирование и различные примеры приложений теории размерности
	<b>Экзамен</b>	ОПК-1, ПК-20, ПК-23, ПК-24	
<b>Семестр 2</b>			
	<b>Текущий контроль</b>		

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
1	Устный опрос	ОПК-1, ПК-20	4. Приложения к теории движения вязкой жидкости и к теории турбулентности 5. Приложения к теории одномерного неустановившегося движения газа
2	Проверка практических навыков	ОПК-1, ПК-20, ПК-23, ПК-24	4. Приложения к теории движения вязкой жидкости и к теории турбулентности 5. Приложения к теории одномерного неустановившегося движения газа
3	Письменное домашнее задание	ПК-20, ОПК-1	4. Приложения к теории движения вязкой жидкости и к теории турбулентности 5. Приложения к теории одномерного неустановившегося движения газа
	<b>Экзамен</b>	ОПК-1, ПК-20, ПК-23, ПК-24	

### 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>					
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен 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 освоен 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
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

Форма контроля	Критерии оценивания				Этап
	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неуд.	
<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.	
<b>Семестр 2</b>					
<b>Текущий контроль</b>					
Устный опрос	В ответе качественно раскрыто содержание темы. Ответ хорошо структурирован. Прекрасно освоен 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 освоен 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

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. Проявлен хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Проявлен удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Проявлен неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	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

Вопросы по теме 1: трудности решения задач механики теоретическими и экспериментальными методами, качественно-теоретический анализ явления, система определяющих безразмерных параметров, теория размерности, теория подобия.

Вопросы по теме 2: теория размерности для различных величин, размерные величины, безразмерные величины, основные единицы измерения, производные единицы измерения, формула размерности, функциональные связи между физическими величинами, параметры, определяющие класс явлений.

Вопросы по теме 3: динамическое подобие, моделирование явлений, математический маятник, движение жидкости в трубах, малые волны на поверхности несжимаемой жидкости, пространственные автомоделные движения жидкости, движение тела в жидкости, установившееся движение твердого тела в сжимаемой жидкости, неустановившееся движение внутри жидкости.

#### 2. Проверка практических навыков



## Темы 2, 3

1. Основные и производные единицы измерения. Формула размерности. Перевод единиц.
2. Получение безразмерных комплексов.
3. Приложение теории размерности к истечению тяжелой жидкости через водослив.
4. Приложение теории размерности к движению жидкости в трубах.
5. Приложение теории размерности к движению тела в жидкости.
6. Приложение теории размерности к расчету теплоотдачи в потоке жидкости.
7. Приложение теории размерности к установившемуся движению твердого тела в сжимаемой жидкости.
8. Приложение теории размерности к неустановившемуся движению тела в жидкости.
9. Приложение теории размерности к движению корабля.
10. Приложение теории размерности к моделированию равновесия упругих конструкций.

### Примеры задач:

1. Сопrotивление участка водопроводной трубы с арматурой необходимо перед установкой проверить в лаборатории путем испытаний на воздухе. Определить с какой скоростью следует вести продувку, сохраняя вязкостное подобие, если скорость воды в трубе 2,5 м/с.
2. Требуется определить аэродинамическое сопротивление автомобиля высотой 1,5 м путем продувки его модели в аэродинамической трубе. Каков должен быть размер модели для соблюдения подобия (равенство  $Re$ ), если максимальная скорость движения автомобиля равна 108 км/ч, а скорость продувки ограничена величиной 45 м/с?
3. Для получения характеристик дискового затвора произведены испытания его модели диаметром 250 мм на воздухе. При расходе воздуха 1,6 м<sup>3</sup>/с (плотность 1,25 кг/м<sup>3</sup>) для определенного угла установки затвора получены данные: потеря давления в модели 2,7 кПа; сила действия потока на затвор 140 Н; момент этой силы относительно оси вращения затвора 3 Н·м. Предполагая, что испытания модели произведены в зоне турбулентной автомодельности, определить для натуральных условий потерю напора, силу и момент действия потока на затвор диаметром 2,5 м при расходе воды 8 м<sup>3</sup>/с и том же угле установки затвора.
4. При испытании на воде модели насадка, выходной диаметр которого 30 мм, под статическим напором 50 м получены расход 18 л/с и средняя скорость в сжатом сечении струи 30 м/с. Каков при этом должен быть выходной диаметр насадка в натуре и под каким напором он должен работать на воде, чтобы получить расход 100 л/с и скорость 60 м/с?
5. Игольчатый затвор (в котором выходное отверстие перекрывается переставным клапаном обтекаемой формы) имеет в натуре входной диаметр 2 м и работает под статическим напором воды 100 м. При испытании на воде модели затвора, входной диаметр которой 0,2 м, при статическом напоре 6 м получены расход 206 л/с и сила действия потока на полностью открытый клапан 600 Н. Какой расход будет пропускать затвор в натуре?

### 3. Письменное домашнее задание

Темы 1, 2, 3

[https://shelly.kpfu.ru/pls/student/docs/F423650264/kontr.Metody\\_podob.i\\_razmern.v\\_meh.pdf](https://shelly.kpfu.ru/pls/student/docs/F423650264/kontr.Metody_podob.i_razmern.v_meh.pdf)

### Экзамен

Вопросы к экзамену:

1. Введение. Трудности решения задач механики теоретическими и экспериментальными методами. Предварительный качественно-теоретический анализ явления и выбор системы определяющих безразмерных параметров.
2. Теория размерности и подобия. Область применения.
3. Общая теория размерности для различных величин. Размерные и безразмерные величины.
4. Общая теория размерности для различных величин. Основные и производные единицы измерения. Формула размерности.
5. Общая теория размерности для различных величин. Структура функциональных связей между физическими величинами. П-теорема.
6. Общая теория размерности для различных величин. Параметры, определяющие класс явлений.
7. Подобие, моделирование и различные примеры приложений теории размерности. Движение математического маятника.
8. Подобие, моделирование и различные примеры приложений теории размерности. Истечение тяжелой жидкости через водослив.
9. Подобие, моделирование и различные примеры приложений теории размерности. Движение жидкости в трубах.
10. Подобие, моделирование и различные примеры приложений теории размерности. Движение тела в жидкости.
11. Подобие, моделирование и различные примеры приложений теории размерности. Теплоотдача в потоке жидкости.
12. Подобие, моделирование и различные примеры приложений теории размерности. Динамическое подобие и моделирование явлений.
13. Подобие, моделирование и различные примеры приложений теории размерности. Установившееся движение твердого тела в сжимаемой жидкости.
14. Подобие, моделирование и различные примеры приложений теории размерности. Неустановившееся движение внутри жидкости.
15. Подобие, моделирование и различные примеры приложений теории размерности. Движение корабля.

16. Подобие, моделирование и различные примеры приложений теории размерности. Глиссирование по поверхности воды.

17. Подобие, моделирование и различные примеры приложений теории размерности. Удар о воду.

18. Подобие, моделирование и различные примеры приложений теории размерности. Погружение в жидкость конуса и клина с постоянной скоростью.

19. Подобие, моделирование и различные примеры приложений теории размерности. Малые волны на поверхности несжимаемой жидкости.

20. Подобие, моделирование и различные примеры приложений теории размерности. Пространственные автомодельные движения сплошных сред.

## Семестр 2

### Текущий контроль

#### 1. Устный опрос

Темы 4, 5

Вопросы по теме 4: диффузия вихрей, вязкая жидкость, точные решения уравнений движения вязкой несжимаемой жидкости, установившиеся турбулентные движения.

Вопросы по теме 5: одномерное неустановившееся движение газа, автомодельные движения газа, сферические волны, цилиндрические волны, плоские волны, обыкновенные дифференциальные уравнения, условия на скачках для автомодельных движений, алгебраические интегралы для автомодельных движений, движения, предельные к автомодельным, асимптотические законы затухания ударных волн, осреднение неравномерных потоков газа в каналах, условия подобия, определяющие характеристики компрессоров.

#### 2. Проверка практических навыков

Темы 4, 5

1. Приложение теории размерности к задаче о колебаниях упругого крыла в поступательном потоке жидкости (флаттер крыла).

2. Приложение теории размерности к задаче о глиссировании плоскокилеватой призматической пластинки.

3. Задача об ударе о воду.

4. Погружение в жидкость конуса и клина с постоянной скоростью.

5. Пространственные автомодельные движения сплошных сред.

6. Диффузия вихрей в вязкой жидкости.

7. Изотропные турбулентные движения несжимаемой жидкости.

8. Установившиеся турбулентные движения.

9. Автомодельные движения газа со сферическими, цилиндрическими и плоскими волнами.

10. Задачи теории газовых машин.

Примеры задач:

1. Диафрагма размерами  $d = 100$  мм и  $D = 200$  мм, предназначенная для измерения расхода воздуха, тарируется путем испытания на воде. В результате испытаний получено, что минимальный расход воды, начиная с которого коэффициент расхода диафрагмы остается постоянным, 16 л/с, и при этом показание ртутного дифманометра, измеряющего перепад давлений на диафрагме, 45 мм. Определить минимальный расход при работе диафрагмы на воздухе. Кинематическая вязкость воды 0,01 Ст, динамическая вязкость воздуха 0,000182 П и его плотность 1,166 кг/м<sup>3</sup>.

2. Труба Вентури с входным диаметром 300 мм и горловиной 150 мм, предназначенная для измерения расхода керосина, тарируется путем испытания на воде ее модели, выполненной в масштабе 1:3 от натуре. Каким должен быть расход воды в модели для соблюдения подобия, если расход керосина в натурной трубе 100 л/с; кинематическая вязкость воды 0,01 Ст и керосина 0,045 Ст?

3. По вертикально расположенному диффузору длиной 500 мм вода должна вытекать в атмосферу из открытого резервуара, уровень в котором 0,5 м. Для предварительного определения пропускной способности диффузора производятся испытания его модели, выполненной в масштабе 1:2 от натуре. Закон моделирования выбирают исходя из того, что поток в диффузоре является напорным и его характер определяется только свойствами инертности и вязкости жидкости. Каков должен быть при испытании модели на воде уровень в резервуаре опытной установки?

4. Предохранительный клапан диаметром  $D = 20$  мм пропускает при открытии  $h = 2$  мм под перепадом давлений 0,5 МПа расход масла 3 л/с (кинематическая вязкость 2 Ст, плотность 880 кг/м<sup>3</sup>). При этом сила давления, действующая на клапан, 80 Н. Определить диаметр клапана, пропускающего при соблюдении условий подобия (равенство относительных открытий  $h/D$  и чисел  $Re$ ) расход масла 9 л/с (плотность 880 кг/м<sup>3</sup>, кинематическая вязкость 4 Ст).

5. Истечение керосина (кинематическая вязкость 0,045 Ст) через отверстие диаметром 75 мм моделируется на воде (кинематическая вязкость 0,01 Ст) при соблюдении вязкостного и гравитационного подобия. Определить диаметр отверстия для модели. В каком отношении должны находиться высоты уровней для натуре и модели?

#### 3. Письменное домашнее задание

Темы 4, 5

[https://shelly.kpfu.ru/pls/student/docs/F423650264/kontr.Metody\\_podob.i\\_razmern.v\\_meh.pdf](https://shelly.kpfu.ru/pls/student/docs/F423650264/kontr.Metody_podob.i_razmern.v_meh.pdf)

#### Экзамен

Вопросы к экзамену:

1. Приложения к теории движения вязкой жидкости. Диффузия вихрей в вязкой жидкости.

2. Приложения к теории движения вязкой жидкости. Точные решения уравнений движения вязкой несжимаемой жидкости.
3. Приложения к теории движения вязкой жидкости. Пограничный слой при обтекании вязкой жидкостью плоской пластинки.
4. Приложения к теории турбулентности. Изотропные турбулентные движения несжимаемой жидкости.
5. Приложения к теории турбулентности. Установившиеся турбулентные движения.
6. Приложения к теории одномерного неустановившегося движения газа. Автомодельные движения газа со сферическими, цилиндрическими и плоскими волнами.
7. Приложения к теории одномерного неустановившегося движения газа. Обыкновенные дифференциальные уравнения и условия на скачках для автомодельных движений.
8. Приложения к теории одномерного неустановившегося движения газа. Алгебраические интегралы для автомодельных движений.
9. Приложения к теории одномерного неустановившегося движения газа. Движения, предельные к автомодельным.
10. Приложения к теории одномерного неустановившегося движения газа. Задача о поршне.
11. Приложения к теории одномерного неустановившегося движения газа. Задача о фокусировании газа в точке и разлете от точки.
12. Приложения к теории одномерного неустановившегося движения газа. Неустановившиеся движения газа, когда скорости пропорциональны расстоянию до центра симметрии.
13. Приложения к теории одномерного неустановившегося движения газа. К общей теории одномерных движений газа.
14. Приложения к теории одномерного неустановившегося движения газа. Асимптотические законы затухания ударных волн.
15. Приложения к теории газовых машин. Об осреднении неравномерных потоков газа в каналах.
16. Приложения к теории газовых машин. Условия подобия и отвлеченные параметры, определяющие характеристики компрессоров.
17. Приложения к проблемам астрофизики. Некоторые данные наблюдений.
18. Приложения к проблемам астрофизики. Об уравнениях равновесия и движения массы газа, моделирующей звезду.

#### 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>			
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	30

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
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	10
<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
<b>Семестр 2</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	30
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	10
<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 основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

### 7.1 Основная литература:

1. Волосухин, В.А. Планирование научного эксперимента [Электронный ресурс]: Учебник / В.А. Волосухин, А.И. Тищенко. - 2-е изд. - М.: РИОР, ИНФРА-М, 2016. - 176 с. - (Высшее образование: Магистратура). - [www.dx.doi.org/10.12737/11543](http://www.dx.doi.org/10.12737/11543). - ISBN 978-5-369-01229-1. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=516516>
2. Сазанов, И.И. Гидравлика [Электронный ресурс]: учебник / И.И. Сазанов, А.Г. Схиртладзе, В.И. Иванов. - М.: КУРС: ИНФРА-М, 2017. - 320 с. - ISBN 978-5-906818-77-5 (КУРС). - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=601869>
3. Варданян, Г.С. Прикладная механика: применение методов теории подобия и анализа размерностей к моделированию задач механики деформируемого твердого тела [Электронный ресурс]: учеб. пособие. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 174 с. - ISBN 978-5-16-011532-0. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=533262>

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Штеренлихт, Д.В. Гидравлика [Электронный ресурс]: Учебник. - 5-е изд., стер. - СПб.: Издательство 'Лань', 2015. - 656 с. - ISBN 978-5-8114-1892-3. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/64346/#2>
2. Семенов, В.П. Основы механики жидкости [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.П. Семенов. - М.: ФЛИНТА, 2013. - 375 с. - ISBN 978-5-9765-0870-5. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=462982>

3. Баренблатт, Г.И. Автомодельные явления - анализ размерностей и скейлинг [Электронный ресурс]: Учебное пособие: Пер. с англ. - Долгопрудный: Издательский Дом 'Интеллект', 2009. - 216 с. - ISBN 978-5-91559-017-4. - <http://znanium.com/bookread2.php?book=194287>

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

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

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

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>

#### 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 решение задач (с использованием обучающимися методических материалов и специализированного программного обеспечения), связанных с основными и производными единицами измерения, автомодельным движением сплошной среды, диффузией вихрей, турбулентностью и др. приложениями теории размерности и законов подобия.
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 письменных домашних заданий и подготовку к устным опросам, практическим занятиям и экзаменам.
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 решения задач, связанных с основными и производными единицами измерения, автомодельным движением сплошной среды, диффузией вихрей, турбулентностью и др. приложениями теории размерности и законов подобия. При этом обучающимся могут быть заданы дополнительные вопросы с целью уточнения степени освоения практических навыков.
письменное домашнее задание	Выполнение письменного домашнего задания заключается в самостоятельном решении обучающимися задач, согласно указаниям преподавателя. Задачи связаны с получением функций безразмерных комплексов (критериев подобия). 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.
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 списка).

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

Освоение дисциплины "Методы подобия и размерности в механике" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

Операционная система Microsoft Windows Professional 7 Russian

Пакет офисного программного обеспечения Microsoft Office 2010 Professional Plus Russian

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен обучающимся. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и 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 "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.

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

Освоение дисциплины "Методы подобия и размерности в механике" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широким доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

Специализированная лаборатория оснащена оборудованием, необходимым для проведения лабораторных работ, практических занятий и самостоятельной работы по отдельным дисциплинам, а также практик и научно-исследовательской работы обучающихся. Лаборатория рассчитана на одновременную работу обучающихся академической группы либо подгруппы. Занятия проводятся под руководством сотрудника университета, контролирующего выполнение видов учебной работы и соблюдение правил техники безопасности. Качественный и количественный состав оборудования и расходных материалов определяется спецификой образовательных программ.

## **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 гидропневмоавтоматика .