

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по образовательной деятельности КФУ  
проф. Таюрский Д.А.

"\_\_" \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

### **Программа дисциплины**

Теория струйных и кавитационных течений Б1.В.01

Направление подготовки: 01.04.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика жидкости, газа и плазмы

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2019

**Автор(ы):** Маклаков Д.В.

**Рецензент(ы):** Егоров А.Г.

#### **СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Поташев К. А.

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

Учебно-методическая комиссия Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского :

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) профессор, д.н. (профессор) Маклаков Д.В. (Кафедра аэрогидромеханики, отделение механики), dmaklak@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
ПК-1	способностью к интенсивной научно-исследовательской деятельности;
ПК-4	способностью к применению методов математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач
ПК-6	способностью к собственному видению прикладного аспекта в строгих математических формулировках

Выпускник, освоивший дисциплину:

Должен демонстрировать способность и готовность:

В результате освоения данной дисциплины обучающийся должен:

1. Понимать сущность постановок задач теории струй и кавитации.
2. Освоить математические методы, применяемые в теории струй.
3. Уметь применять эти методы для решения экстремальных струйных и кавитационных задач.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.01 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 01.04.03 "Механика и математическое моделирование (Механика жидкости, газа и плазмы)" и относится к вариативной части.

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 3 зачетных(ые) единиц(ы) на 108 часа(ов).

Контактная работа - 26 часа(ов), в том числе лекции - 12 часа(ов), практические занятия - 14 часа(ов), лабораторные работы - 0 часа(ов), контроль самостоятельной работы - 0 часа(ов).

Самостоятельная работа - 82 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет 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. Задача о глассировании без образования брызговой струи.	1	2	4	0	12
2.	Тема 2. Задача М.А. Лаврентьева о препятствии наименьшего сопротивления при кавитационном обтекании.	1	2	2	0	12

N	Разделы дисциплины / модуля	Семестр	Виды и часы контактной работы, их трудоемкость (в часах)			Самостоятельная работа
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
3.	Тема 3. Максимизация сопротивления для схемы Кирхгофа.	1	2	2	0	12
4.	Тема 4. Максимизация сопротивления для схемы со следом.	1	2	2	0	12
5.	Тема 5. Дефлектор оптимальной формы.	1	2	2	0	16
6.	Тема 6. Учет сжимаемости потока при дозвуковом течении.	1	2	2	0	18
	Итого		12	14	0	82

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Задача о глассировании без образования брызговой струи.

Лекция 1. Задача о глассировании без образования брызговой струи.

Постановка задачи. Сведение гидродинамической задачи к задаче максимизации нелинейного функционала. Определение стационарной точки функционала методами вариационного исчисления. Поиск глобального максимума подъемной силы с помощью неравенства Йенсена.

Практическое занятие 1. Свойства полученного решения. О спиральях на концах оптимальной дуги. Сравнения с результатами Ву и Витни.

Практическое занятие 2. Профили без завитков, подъемная сила которых близка к максимальной.

Нелинейное интегральное уравнение для расчета глассирующей дуги заданной формы.

Функция  $K(\theta)$  для оптимальной дуги. Дискретизация интегрального уравнения.

### Тема 2. Задача М.А. Лаврентьева о препятствии наименьшего сопротивления при кавитационном обтекании.

Лекция 2. Задача М.А. Лаврентьева о препятствии наименьшего сопротивления при кавитационном обтекании. Постановка задачи. Профиль Кирхгофа. Теоремы сравнения Лаврентьева.

Теорема о свободной поверхности. Теорема единственности для звездообразных препятствий.

Теорема Лаврентьева о препятствии наименьшего сопротивления.

Практическое занятие 3. Особые случаи при доказательстве теоремы о свободной поверхности.

### Тема 3. Максимизация сопротивления для схемы Кирхгофа.

Лекция 3. Максимизация сопротивления для схемы Кирхгофа. Постановка задачи. Построение функции  $\Omega(\theta)$ . Сведение гидродинамической задачи к задаче максимизации нелинейного функционала.

Практическое занятие 4. Формальное решение методами вариационного исчисления.

Поиск глобального максимума. Свойства экстремальной дуги.

### Тема 4. Максимизация сопротивления для схемы со следом.

Лекция 4. Максимизация сопротивления для схемы со следом. Формула для сопротивления в схеме ЖРЭ.

Практическое занятие 5. Постановка задачи. Сведение гидродинамической задачи к задаче максимизации нелинейного функционала. Определение глобального максимума. Свойства полученного решения.

Сопоставление с результатами других авторов.

### Тема 5. Дефлектор оптимальной формы.

Лекция 5. Дефлектор оптимальной формы. Постановка задачи. Математическая формулировка задачи. Идея решения.

Практическое занятие 6. Оптимальный дефлектор в свободной струе. Оптимальный ?дефлектор? внутри бесконечного канала. Общий случай. Двойственная задача. Свойства оптимальных дефлекторов.

### Тема 6. Учет сжимаемости потока при дозвуковом течении.

Лекция 6. Учет сжимаемости потока при дозвуковом течении. Уравнения движения в области годографа скорости. Модель газа Чаплыгина. Модификация модели газа Чаплыгина. Формула пересчета коэффициента силы, нормальной к прямолинейной твердой стенке.

Практическое занятие 7. Математическая формулировка задачи об оптимальном парашюте.

Идея решение вариационной задачи. Основная теорема. О максимуме коэффициента сопротивления. Тестовые расчеты для клиньев.

## 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 удаленного 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-6	1. Задача о глассировании без образования брызговой струи.
2	Устный опрос	ПК-6	2. Задача М.А. Лаврентьева о препятствии наименьшего сопротивления при кавитационном обтекании.
3	Устный опрос	ПК-6	3. Максимизация сопротивления для схемы Кирхгофа.
4	Устный опрос	ПК-6	4. Максимизация сопротивления для схемы со следом.
5	Устный опрос	ПК-6	5. Дефлектор оптимальной формы.
6	Устный опрос	ПК-6	6. Учет сжимаемости потока при дозвуковом течении.

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
7	Письменное домашнее задание	ПК-6	1. Задача о глассировании без образования брызговой струи. 2. Задача М.А. Лаврентьева о препятствии наименьшего сопротивления при кавитационном обтекании. 3. Максимизация сопротивления для схемы Кирхгофа. 4. Максимизация сопротивления для схемы со следом. 5. Дефлектор оптимальной формы. 6. Учет сжимаемости потока при дозвуковом течении.
	<b>Зачет</b>	ПК-1, ПК-4, ПК-6	

## 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 2 3 4 5 6
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.	7
	<b>Зачтено</b>		<b>Не зачтено</b>		
<b>Зачет</b>	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.		Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.		

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

### Семестр 1

#### Текущий контроль

##### 1. Устный опрос



## Тема 1

примерные вопросы:

- 1) Что такое суда с динамическим принципом поддержания?
- 2) Суть постановки задачи Ву и Витни?
- 3) Чем отличается наша постановка от постановки Ву и Витни?
- 4) Что такое стационарная точка нелинейного функционала?
- 6) Что такое брызговая струя?
- 7) Что такое безударный режим?
- 8) Каково представление формы дуги в методе Некрасова?

### 2. Устный опрос

#### Тема 2

примерные вопросы:

- 1) Постановка задачи Лаврентьева.
- 2) Что такое профиль Кирхгофа?
- 3) Изобразить на доске чертеж для первой теоремы сравнения Лаврентьева.
- 4) 3) Изобразить на доске чертеж для второй теоремы сравнения Лаврентьева.
- 5) Как доказать теорему единственности в особых случаях?

### 3. Устный опрос

#### Тема 3

примерные вопросы:

- 1) Как ставится задача об оптимальном идеальном парашюте?
- 2) Записать формулу Шварца для полукруга.
- 3) Какая функция выбирается в качестве управляющей?
- 4) Записать формулу Леви-Чивиты для сопротивления.
- 5) В чем причина образования завитков на концах экстремальной дуги?

### 4. Устный опрос

#### Тема 4

примерные вопросы:

- 1) Можно ли моделировать след с помощью кавитационных схем?
- 2) В чем суть схемы Жуковского-Рошко-Эпплера?
- 3) Что такое коэффициент донного давления?
- 4) Записать формулу для сопротивления для схемы ЖРЭ.
- 5) Записать на доске неравенство Йенсена.

### 5. Устный опрос

#### Тема 5

примерные вопросы:

- 1) Что такое дефлектор?
- 2) Нарисовать на доске схему реверсивного устройства ковшового типа.
- 3) На чем основан вывод формулы для обратной тяги?
- 4) Как коэффициент сжатия связан с коэффициентом перепада давления?
- 5) Что такое двойственная задача?

### 6. Устный опрос

#### Тема 6

примерные вопросы:

- 1) В чем суть модели газа Чаплыгина?
- 2) В чем суть модификации модели газа Чаплыгина?
- 3) На чем основана идея метода пересчета?
- 4) Какие функционалы являются выпуклыми?
- 5) В чем трудность вычисления сопротивления клина по формуле Чаплыгин?

### 7. Письменное домашнее задание

Темы 1, 2, 3, 4, 5, 6

В пакете математика составить программу для расчета глассирующей дуги произвольной формы.

#### Зачет

Вопросы к зачету:

Вопросы зачета.

\*Т1)

Задача о глассировании без образования брызговых струй:

вывод формулы для подъемной силы и сопротивления.

\*2)

Задача о глассировании без образования брызговых струй:

определение стационарной точки функционала

\$\$

$$J[\nu] = \frac{2}{\int_{-1}^1 \nu(x) dx} \int_{-1}^1 e^{\nu(x) dx};$$

\$\$

методами вариационного исчисления и поиск глобального максимума с помощью неравенства Йенсена.

\*4)

Задача о глассировании без образования брызговых струй:

свойства оптимальной дуги: зависимость между  $\theta$  и  $s$ ,

асимптотическое поведение на концах, длина хорды.

\*5)

Задача Лаврентьева о препятствии наименьшего кавитационного

сопротивления: постановка задачи Лаврентьева;

формулировки двух теорем сравнения Лаврентьева;

доказательство теоремы о прямой, пересекающей свободную поверхность;

\*6)

Задача Лаврентьева о препятствии наименьшего кавитационного

сопротивления: постановка задачи Лаврентьева;

доказательство теоремы единственности для звездных препятствий;

доказательство теоремы Лаврентьева о препятствии минимального сопротивления.

\*7)

Задача о препятствии максимального сопротивления при

обтекании по схеме Кирхгофа: постановка задачи; сведение задачи к максимизации

нелинейного функционала при ограничении типа неравенства.

\*8)

Задача о препятствии максимального сопротивления при

обтекании по схеме Кирхгофа: максимизация функционала

\$\$

$$J[\nu] = \frac{\left( \int_0^{\pi/2} \sin \sigma \, d\sigma \right)^2}{\int_0^{\pi/2} e^{\nu(\sigma)} \sin^2 \sigma \, d\sigma}$$

$$\int_0^{\pi/2} e^{\nu(\sigma)} \sin^2 \sigma \, d\sigma$$

\$\$

методами вариационного исчисления и с помощью неравенства Йенсена при наличии ограничения

\$\$

$$\int_0^{\pi/2} \sin \sigma \, d\sigma \geq 0;$$

\$\$

\*9)

Задача о препятствии максимального сопротивления при

обтекании по схеме Кирхгофа. Известно что,

\$\$

$$\Omega(t) = -\frac{4}{\pi} i t (t^2 + 1) \int_0^{\pi/2} \frac{\nu(\sigma) \sin \sigma \, d\sigma}{t^2 - 2 t^2 \cos^2 \sigma + 1};$$

$$\frac{\nu(\sigma) \sin \sigma \, d\sigma}{t^2 - 2 t^2 \cos^2 \sigma + 1};$$

$$\{t^2 - 2 t^2 \cos^2 \sigma + 1\};$$

\$\$

доказать, что для оптимальной дуги, когда  $\nu(\sigma) = 1 - \log \cos \sigma$ ,

справедливо равенство

\$\$

$$\Omega(t) = -\frac{2}{\pi} i \log \frac{1+t}{1-t} - i T(\alpha), \quad \alpha = \frac{2}{t} \sqrt{t^2 + 1};$$

$$\alpha = \frac{2}{t} \sqrt{t^2 + 1};$$

\$\$

\*10)

Задача о препятствии максимального сопротивления при

обтекании по схеме Кирхгофа: доказать, что

\$\$

$$T(\alpha) = T(-1/\alpha) + i \log \alpha + \pi/2,$$

\$\$

пользуясь тем, что  $T(1) = \pi/4$ .

\*11)

Вывод формулы для сопротивления при обтекании препятствия по схеме

Жуковского--Рошко--Эплера.



#### 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	6
		2	6
		3	6
		4	6
		5	6
		6	6
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.	7	14
<b>Зачет</b>	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

#### 7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

##### 7.1 Основная литература:

Механика сплошной среды, Нигматулин, Роберт Искандерович, 2014г.

Особенности численной реализации методов решения прямых и обратных краевых задач аэрогидродинамики, Марданов, Ренат Фаритович, 2013г.

Николаенко В.Л. Механика - М: Новое знание, 2011. - 636 с.

<http://e.lanbook.com/view/book/2911/>

Давыдова М.А. Лекции по гидродинамике. - М.: Физматлит, 2011. - 216 с.

<http://e.lanbook.com/view/book/5264/>

##### 7.2. Дополнительная литература:

Покровский В.В. Механика. Методы решения задач: учебное пособие. - М.: БИНОМ.

Лаборатория знаний, 2012. - 253 с.

<http://e.lanbook.com/view/book/8713/>

Сретенский Л.Н. Теория волновых движений жидкости. М.: Наука. 1977. 817 с.

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

Бармасов, А. В. Курс общей физики для природопользователей. Колебания и волны: - <http://www.znaniium.com/bookread.php?book=349952>

Введение в численные методы в задачах и упражнениях: Уч. пос./ А.В. Гулин и др. - <http://www.znaniium.com/bookread.php?book=454592>

Гидрогазодинамика: Учебное пособие / А.А. Кудино - <http://www.znaniium.com/bookread.php?book=410288>

Методы научного познания: Учебное пособие / С.А. Лебедев. - <http://www.znaniium.com/bookread.php?book=450183>

Учебное пособие / Б.В. Ухин - <http://www.znaniium.com/bookread.php?book=375072>

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

Вид работ	Методические рекомендации
лекции	Студентам необходимо посещать лекции, вести конспект лекций вслед за изложением материала преподавателем. Рекомендуется прорабатывать конспект в течение дня после лекции и просматривать его вновь накануне следующей лекции. В случае обнаружения ошибок или возникновения вопросов по предыдущему материалу необходимо обратиться к преподавателю.
практические занятия	Для подготовки к практическим занятиям студенту рекомендуется предварительно прорабатывать как лекционный материал, так и материал предыдущих практических занятий. Основой для подготовки служит добросовестное выполнение домашнего задания. Для успешного решения задач первой части курса студентам рекомендуется вспомнить материал, освоенный в предыдущих семестрах в рамках базовых математических дисциплин.
самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов состоит из двух основных частей - проработка лекционного материала и выполнения домашних заданий. Для освоения теоретического и практического материала, в случае, когда конспекты оказываются недостаточным, или для более детальной проработки отдельных тем рекомендуется использовать литературу, указанную в соответствующем разделе. Все возникающие вопросы рекомендуется заранее четко сформулировать и впоследствии обсудить с преподавателем.
устный опрос	При подготовке к устному опросу рекомендуется проработать лекционный материал. Найти и отдельно изучить разделы лекций, содержащие ключевые позиции курса. При необходимости отдельные вопросы следует проработать по приведенному списку основной и дополнительной литературы, а также используя электронные ресурсы.
письменное домашнее задание	Письменные домашние задания предназначены для самостоятельной проработки лекционного материала и овладения практическими навыками его применения для решения задач. Для освоения теоретического и практического материала, в случае, когда конспекты оказываются недостаточным, или для более детальной проработки отдельных тем рекомендуется использовать литературу, указанную в соответствующем разделе. Все возникающие вопросы рекомендуется заранее четко сформулировать и впоследствии обсудить с преподавателем.
зачет	Подготовку к зачету рекомендуется разделить на два этапа. На первом этапе прорабатываются все вопросы к зачету и формулируются вопросы к преподавателю в рамках консультации по разделам, недостаточно подробно описанным в рамках лекционного курса или более трудным в освоении материала. После консультации происходит окончательная проработка и закрепление материала по всем вопросам.

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

Освоение дисциплины "Теория струйных и кавитационных течений" предполагает использование следующего программного обеспечения и информационно-справочных систем:

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 "Теория струйных и кавитационных течений" 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 широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

## **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 01.04.03 "Механика и математическое моделирование" и магистерской программе Механика жидкости, газа и плазмы .