

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

Компьютерные технологии в машиностроении Б1.В.ОД.7

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
ОК-4	способностью собирать, обрабатывать с использованием современных информационных технологий и интерпретировать необходимые данные для формирования суждений по соответствующим социальным, научным и этическим проблемам
ОПК-1	способностью выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении
ОПК-3	способностью получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, применять прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием персональных компьютеров с применением программных средств общего и специального назначения, в том числе в режиме удаленного доступа
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:

- аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении.

Должен уметь:

- способность собирать, обрабатывать с использованием современных информационных технологий и интерпретировать необходимые данные;  
- получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий;  
- участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать необходимые обзоры, отзывы, заключения.

Должен владеть:

- применения прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием персональных компьютеров с применением программных средств общего и специального назначения, в том числе в режиме удаленного доступа;  
- подготовки технических заданий на разработку проектных решений, разработки эскизных, технических и рабочих проектов технических разработок с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий;  
- составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений.

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.7 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 2 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 2 зачетных(ые) единиц(ы) на 72 часа(ов).

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

Самостоятельная работа - 36 часа(ов).

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

Форма промежуточного контроля дисциплины: зачет 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	2	0	6	0	6
2.	Тема 2. Моделирование течений идеальной несжимаемой жидкости	2	0	6	0	6
3.	Тема 3. Моделирование течений вязкой несжимаемой жидкости	2	0	6	0	6
4.	Тема 4. Моделирование течений сжимаемых вязких газов	2	0	6	0	6
5.	Тема 5. Моделирование течений жидкостей и газов и теплообмена в полях массовых сил	2	0	6	0	6
6.	Тема 6. Моделирование нестационарных течений	2	0	6	0	6
	Итого		0	36	0	36

### 4.2 Содержание дисциплины

#### Тема 1. Введение

Задачи дисциплины. Общие принципы вычислительной гидроаэродинамики. Характерные практические задачи. Дифференциальные уравнения в частных производных. Сведения о приемах вычислений. Дискретизация. Аппроксимация производных. Точность процесса дискретизации. Метод конечных разностей. Сходимость. Устойчивость. Точность решения. Вычислительная эффективность. Метод конечных объемов. Явные и неявные методы. Граничные и начальные условия. Расчетные сетки, их виды и параметры. Численная диссипация.

#### Тема 2. Моделирование течений идеальной несжимаемой жидкости

Установившееся течение идеальной несжимаемой жидкости. Математическая модель течения. Особенности постановки начальных и граничных условий. Панельный метод. Связь с методом граничных элементов. Сверхзвуковые невязкие течения. Схема предиктор - корректор Мак-Кормака. Расчет сильных скачков. Неявные схемы для уравнений Эйлера. Многосеточные методы решения уравнений Эйлера. Трансзвуковые невязкие течения.

#### Тема 3. Моделирование течений вязкой несжимаемой жидкости

Течение вязкой несжимаемой жидкости. Математическая модель течения. Особенности постановки начальных и граничных условий. Неявная схема для простого течения в пограничном слое. Схема ячеек Келлера. Преобразование Леви-Лиза для сложного течения в пограничном слое. Связанная схема Дэвиса. Метод Дородницына описания пограничного слоя. Квазихарактеристическое поведения для течения в трехмерном пограничном слое. Неявная маршевая схема расщепления. Искусственная сжимаемость. Метод SIMPLE. Переменные завихренность - функция тока. Завихренность при описании трехмерных течений.

#### Тема 4. Моделирование течений сжимаемых вязких газов

Течение сжимаемого вязкого газа. Математическая модель течения. Особенности постановки начальных и граничных условий. Явная схема Мак-Кормака. Схемы Рунге-Кутты. Схема Бима-Уорминга. Групповой метод конечных элементов. Приближение тонкого слоя Стегера. Течения с большими числами Рейнольдса. Ударные волны.

#### Тема 5. Моделирование течений жидкостей и газов и теплообмена в полях массовых сил

Течение жидкостей и газов в полях массовых сил. Математическая модель течения. Особенности постановки начальных и граничных условий. Центробежные и подъемные массовые силы в потоках жидкостей и газов. Вторичные течения, возникающие под действием массовых сил. Эффекты стабилизации и дестабилизации в турбулентных потоках под действием массовых сил.

#### Тема 6. Моделирование нестационарных течений

Нестационарные течения. Классификация. Числа подобия. Пульсирующие течения. Математическая модель течения. Особенности постановки начальных и граничных условий. Влияние временного шага на результаты расчета. Разнесенная расчетная сетка. Метод MAC. Разности высокого порядка против потока. Спектральные методы.

### 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 2</b>			
	<i>Текущий контроль</i>		

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
1	Устный опрос	ОК-4 , ОПК-1	1. Введение 2. Моделирование течений идеальной несжимаемой жидкости 3. Моделирование течений вязкой несжимаемой жидкости 4. Моделирование течений сжимаемых вязких газов 5. Моделирование течений жидкостей и газов и теплообмена в полях массовых сил 6. Моделирование нестационарных течений
2	Проверка практических навыков	ОПК-1 , ПК-23 , ОПК-3	1. Введение 2. Моделирование течений идеальной несжимаемой жидкости 3. Моделирование течений вязкой несжимаемой жидкости 4. Моделирование течений сжимаемых вязких газов 5. Моделирование течений жидкостей и газов и теплообмена в полях массовых сил 6. Моделирование нестационарных течений
3	Контрольная работа	ОПК-3 , ОПК-1 , ПК-23	1. Введение 2. Моделирование течений идеальной несжимаемой жидкости 3. Моделирование течений вязкой несжимаемой жидкости 4. Моделирование течений сжимаемых вязких газов 5. Моделирование течений жидкостей и газов и теплообмена в полях массовых сил 6. Моделирование нестационарных течений
	<b>Зачет</b>	ОК-4, ОПК-1, ОПК-3, 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 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.	
Контрольная работа	Правильно выполнены все задания. Продемонстрирован высокий уровень владения материалом. Проявлены превосходные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Правильно выполнена большая часть заданий. Присутствуют незначительные ошибки. Продемонстрирован хороший уровень владения материалом. Проявлены средние способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены более чем наполовину. Присутствуют серьезные ошибки. Продемонстрирован удовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены низкие способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	Задания выполнены менее чем наполовину. Продемонстрирован неудовлетворительный уровень владения материалом. Проявлены недостаточные способности применять знания и умения к выполнению конкретных заданий.	3
	<b>Зачтено</b>		<b>Не зачтено</b>		
<b>Зачет</b>	Обучающийся обнаружил знание основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных программой дисциплины.		Обучающийся обнаружил значительные пробелы в знаниях основного учебно-программного материала, допустил принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий и не способен продолжить обучение или приступить по окончании университета к профессиональной деятельности без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.		

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

#### Семестр 2

#### Текущий контроль

#### 1. Устный опрос

Темы 1, 2, 3, 4, 5, 6

Вопросы по теме 1: общие принципы и преимущества вычислительной гидроаэродинамики, характерные задачи, структура уравнений, гиперболические, параболические и эллиптические дифференциальные уравнения в частных производных, методы решения дифференциальных уравнений, дискретизация, аппроксимация производных, сущность метода конечных разностей, сходимость, согласованность, устойчивость, общая формулировка и сущность метода конечных объемов, явные и неявные методы, граничные и начальные условия, расчетные сетки, их виды и параметры, численная диссипация.

Вопросы по теме 2: установившееся течение, идеальная жидкость, несжимаемая жидкость, панельный метод, метод граничных элементов, сверхзвуковые невязкие течения, схема предиктор - корректор Мак-Кормака, сильные скачки, неявные схемы для уравнений Эйлера, многосеточные методы решения уравнений Эйлера, трансзвуковые невязкие течения, трехмерная постановка, особенности обтекание цилиндра, точка отрыва, аэродинамическое сопротивление, влияние численной диссипации, двухмерная постановка.

Вопросы по теме 3: схема ячеек Келлера, преобразование Леви-Лиза, связанная схема Дэвиса, метод Дородницына, неявная маршевая схема расщепления, искусственная сжимаемость, метод SIMPLE, переменные завихренность - функция тока, полностью развитое ламинарное течение, полностью развитое турбулентное течение, вязкая жидкость, особенности течения в цилиндрической трубе, условия периодичности, осесимметричная постановка.

Вопросы по теме 4: явная схема Мак-Кормака, схемы Рунге-Кутты, схема Бима-Уорминга, групповой метод конечных элементов, приближение тонкого слоя Стегера, ударные волны, сопло Лавалля, сверхзвуковой диффузор, особенности течения сжимаемого газа, сверхзвуковое течение, дозвуковое течение, скачок уплотнения, особенности обтекания крылового профиля.

Вопросы по теме 5: поля массовых сил, центробежные силы, подъемные силы, кориолисовы силы, дросселирование газа, эффект охлаждения или нагрева газа при дросселировании, уравнение Ван-дер-Ваальса, идеальный газ, реальный газ, особенности течений жидкости в искривленных каналах, особенности течений жидкости во вращающихся каналах, вторичные течения 1-го рода по Прандтлю, вторичные течения 2-го рода по Прандтлю, эффект стабилизации и дестабилизации турбулентного течения под действием массовых сил, число Ричардсона, нелинейные модели турбулентности, модели турбулентности, учитывающие кривизну линий тока.

Вопросы по теме 6: временной шаг, разнесенная сетка, метод MAC, разности высокого порядка против потока, спектральные методы, гидравлический удар, повышение давления при гидроударе, скорость распространения ударной волны, прямой и непрямой гидроудары, полный и неполный гидроудары, стадии гидроудара, нестационарное течение, аperiodическое течение, ускорение и замедление потока жидкости или газа, пульсирующее течение, особенности моделирования пульсирующих турбулентных течений в каналах.

## **2. Проверка практических навыков**

Темы 1, 2, 3, 4, 5, 6

1. Решение дифференциальные уравнения в частных производных традиционными методами.
2. Оценка порядка аппроксимации разностной схемы.
4. Оценка сходимости и устойчивости разностной схемы в методе конечных разностей.
5. Составление разностных схем с использованием явных и неявных методов. Граничные и начальные условия.
6. Оценка схемной вязкости разностной схемы.
7. Моделирование в специализированном программном пакете установившегося течения идеальной несжимаемой жидкости в трубе в трехмерной постановке.
8. Моделирование в специализированном программном пакете обтекания бесконечного цилиндра идеальной несжимаемой жидкостью в двухмерной постановке.
9. Моделирование в специализированном программном пакете полностью развитого ламинарного течения вязкой несжимаемой жидкости в цилиндрической трубе с использованием условий периодичности в осесимметричной постановке.
10. Моделирование полностью развитого турбулентного течения вязкой несжимаемой жидкости в цилиндрической трубе с использованием условий периодичности в трехмерной постановке.
11. Моделирование в специализированном программном пакете истечения газа из сосуда в окружающую среду через сопло Лаваля.
12. Моделирование в специализированном программном пакете обтекания сверхзвуковым потоком воздуха крылового профиля.
13. Моделирование в специализированном программном пакете охлаждения сжимаемых вязких газов при дросселировании с использованием уравнения Ван-дер-Ваальса в трехмерной постановке.
14. Моделирование в специализированном программном пакете течений жидкости в искривленных и вращающихся каналах.
15. Моделирование в специализированном программном пакете гидравлического удара при внезапном перекрытии проходного сечения трубопровода.
16. Моделирование в специализированном программном пакете пульсирующих турбулентных течений жидкостей и газов в каналах.

## **3. Контрольная работа**

Темы 1, 2, 3, 4, 5, 6

[https://shelly.kpfu.ru/pls/student/docs/F194687332/kontr.gidr.Komp.tehnol.v\\_mash.pdf](https://shelly.kpfu.ru/pls/student/docs/F194687332/kontr.gidr.Komp.tehnol.v_mash.pdf)

### **Зачет**

Вопросы к зачету:

1. Задачи дисциплины. Общие принципы вычислительной гидроаэродинамики.
2. Дифференциальные уравнения в частных производных.
3. Сведения о приемах вычислений.
4. Дискретизация.
5. Аппроксимация производных. Точность процесса дискретизации.
6. Метод конечных разностей.
7. Сходимость. Устойчивость. Точность решения. Вычислительная эффективность.
8. Метод конечных объемов.
9. Явные и неявные методы.
10. Граничные и начальные условия.
11. Расчетные сетки, их виды и параметры.
12. Численная диссипация.
13. Установившееся течение идеальной несжимаемой жидкости. Математическая модель течения.
14. Установившееся течение идеальной несжимаемой жидкости. Особенности постановки начальных и граничных условий.
15. Панельный метод.
16. Связь панельного метода с методом граничных элементов.
17. Сверхзвуковые невязкие течения.
18. Схема предиктор - корректор Мак-Кормака.
19. Расчет сильных скачков.
20. Неявные схемы для уравнений Эйлера.
21. Многосеточные методы решения уравнений Эйлера.
22. Трансзвуковые невязкие течения.
23. Течение вязкой несжимаемой жидкости. Математическая модель течения.



24. Течение вязкой несжимаемой жидкости. Особенности постановки начальных и граничных условий.
25. Неявная схема для простого течения в пограничном слое.
26. Схема ячеек Келлера.
27. Преобразование Леви-Лиза для сложного течения в пограничном слое.
28. Связанная схема Дэвиса.
29. Метод Дородницына описания пограничного слоя.
30. Квазихарактеристическое поведения для течения в трехмерном пограничном слое.
31. Неявная маршевая схема расщепления.
32. Искусственная сжимаемость.
33. Метод SIMPLE.
34. Переменные завихренность - функция тока.
35. Завихренность при описании трехмерных течений.
36. Течение сжимаемого вязкого газа. Математическая модель течения.
37. Течение сжимаемого вязкого газа. Особенности постановки начальных и граничных условий.
38. Явная схема Мак-Кормака.
39. Схемы Рунге-Кутты.
40. Схема Бима-Уорминга.
41. Групповой метод конечных элементов.
42. Приближение тонкого слоя Стегера.
43. Течения с большими числами Рейнольдса. Ударные волны.
44. Течение жидкостей и газов в полях массовых сил. Математическая модель течения.
45. Течение жидкостей и газов в полях массовых сил. Особенности постановки начальных и граничных условий.
46. Центробежные и подъемные массовые силы в потоках жидкостей и газов. Вторичные течения, возникающие под действием массовых сил.
47. Эффекты стабилизации и дестабилизации в турбулентных потоках под действием массовых сил.
48. Нестационарные течения. Классификация. Числа подобия.
49. Пульсирующие течения. Математическая модель течения. Особенности постановки начальных и граничных условий. Влияние временного шага на результаты расчета.
50. Разнесенная сетка. Метод MAC. Разности высокого порядка против потока.

#### 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 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	20

Форма контроля	Процедура оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций	Этап	Количество баллов
Контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдается преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	3	20
Зачет	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:

1. Павловский, В.А. Вычислительная гидродинамика. Теоретические основы [Электронный ресурс]: Учебное пособие / В.А. Павловский, Д.В. Никущенко. - СПб.: Издательство 'Лань', 2018. - 368 с.: ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-2924-0. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/103064/#2>
2. Брушилинский, К.В. Математические основы вычислительной механики жидкости, газа и плазмы [Электронный ресурс]: Учебное пособие. - Долгопрудный: Издательский Дом 'Интеллект', 2017. - 272 с. - ISBN 978-5-91559-224-6. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=858951>
3. Бахвалов, Н.С. Численные методы [Электронный ресурс] / Н.С. Бахвалов, Н.П. Жидков, Г.М. Кобельков. - 8-е изд. (эл.). - Электрон. текстовые дан. (1 файл pdf : 639 с.). - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - (Классический университетский учебник). - ISBN 978-5-9963-2616-7. - Режим доступа: <https://e.lanbook.com/reader/book/70767/#4>

### 7.2. Дополнительная литература:

1. Савенкова, Н.П. Численные методы в математическом моделировании [Электронный ресурс]: Учеб. пособие / Н.П. Савенкова, О.Г. Проворова, А.Ю. Мокин. - 2 изд., испр. и доп. - М.: АРГАМАК-МЕДИА: ИНФРА-М, 2014. - 176 с. - (Прикладная математика, информатика, информационные технологии) - ISBN 978-5-00024-019-9 (АРГАМАК-МЕДИА). - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=455188>
2. Алямовский, А.А. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике [Электронный ресурс] / А.А. Алямовский, А.А. Собачкин, Е.В. Одинцов, А.И. Харитонович, Н.Б. Пономарев. - СПб: БХВ-Петербург, 2008. - 1040 с. - ISBN 978-5-94157-994-5. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=350267>
3. Онокой, Л.С. Компьютерные технологии в науке и образовании [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Л.С. Онокой, В.М. Титов. - М.: ИД 'ФОРУМ': ИНФРА-М, 2011. - 224 с. - (Высшее образование) - ISBN 978-5-8199-0469-5 (ИД 'ФОРУМ'). - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=241862>

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

База данных различных физических экспериментов в области турбулентных течений - <http://cfd.mace.manchester.ac.uk/ercofac/>

Журнал 'Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа' (Изв. РАН. МЖГ) - <http://mzg.ipmnet.ru/ru/>

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

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

Сайт профессора кафедры гидроаэродинамики СПбПУ А.В. Гарбарука 'Моделирование турбулентности' - <https://cfd.spbstu.ru/agarbaruk/>

Сайт Саровского инженерного центра (СИНЦ) - <http://saec.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
практические занятия	Работа на практических занятиях предполагает активное участие в обсуждении теоретических вопросов и решении задач с применением методических материалов и специализированного программного обеспечения. Задачи связаны с решением дифференциальных уравнений в частных производных традиционными и разностными методами, оценкой порядка аппроксимации разностной схемы, ее сходимости и устойчивости в методе конечных разностей, составлением разностных схем с использованием явных и неявных методов и др.
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 контрольной работы и подготовку к устным опросам, практическим занятиям и зачету.
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 решением дифференциальных уравнений в частных производных традиционными и разностными методами, оценкой порядка аппроксимации разностной схемы, ее сходимости и устойчивости в методе конечных разностей, составлением разностных схем с использованием явных и неявных методов и др. При этом обучающимся могут быть заданы дополнительные вопросы с целью уточнения степени освоения практических навыков.
контрольная работа	Выполнение контрольной работы подразумевает самостоятельное решение обучающимися задач, согласно указаниям преподавателя. 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.
зачет	При подготовке к зачету необходимо, прежде всего, опираться на конспекты лекций, а также на источники, которые разбирались на практических занятиях в течение изучения курса. На зачете обучающийся отвечает на один вопрос из приведенного выше списка и на дополнительные вопросы преподавателя, заданные с целью уточнения уровня освоения компетенций.

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

Освоение дисциплины "Компьютерные технологии в машиностроении" 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 "Компьютерные технологии в машиностроении" 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.

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.

## **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 .