

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

Направление подготовки: 15.04.02 - Технологические машины и оборудование

Профиль подготовки: Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

## Содержание

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

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

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

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

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
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

Обучающийся, освоивший дисциплину (модуль):

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 (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данная дисциплина (модуль) включена в раздел "Б1.Б.5 Дисциплины (модули)" основной профессиональной образовательной программы 15.04.02 "Технологические машины и оборудование (Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика)" и относится к базовой (общепрофессиональной) части. 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 (модуля)

##### 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 Дороницына описания пограничного слоя. Квазихарактеристическое поведение 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 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"

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

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

Локальные нормативные акты Казанского (Приволжского) федерального университета

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

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

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
<b>Семестр 2</b>			
	<i>Текущий контроль</i>		
1	Устный опрос	ПК-24 , ОПК-3 , ОК-4	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	ПК-23 , ОПК-3 , 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

Этап	Форма контроля	Оцениваемые компетенции	Темы (разделы) дисциплины
3	Контрольная работа	ПК-23, ОПК-3, ОПК-1	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
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 завихренности - 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 Лавалю, 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 не прямой гидроудары, полный и неполный гидроудары, стадии гидроудара, нестационарное течение, аperiодическое 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 Лавалю.
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 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 поведение 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
Контрольная работа	Контрольная работа проводится в часы аудиторной работы. Обучающиеся получают задания для проверки усвоения пройденного материала. Работа выполняется в письменном виде и сдаётся преподавателю. Оцениваются владение материалом по теме работы, аналитические способности, владение методами, умения и навыки, необходимые для выполнения заданий.	3	20
<b>Зачет</b>	Зачёт нацелен на комплексную проверку освоения дисциплины. Обучающийся получает вопрос (вопросы) либо задание (задания) и время на подготовку. Зачёт проводится в устной, письменной или компьютерной форме. Оценивается владение материалом, его системное освоение, способность применять нужные знания, навыки и умения при анализе проблемных ситуаций и решении практических заданий.		50

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

Освоение дисциплины (модуля) предполагает изучение основной и дополнительной учебной литературы.

Литература может быть доступна обучающимся в одном из двух вариантов (либо в обоих из них):

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

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

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

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

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

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

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)**

<b>Вид работ</b>	<b>Методические рекомендации</b>
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)**

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

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

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

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

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

Компьютер и принтер для распечатки раздаточных материалов.

Мультимедийная аудитория.

Компьютерный класс.

#### **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".

Приложение 2  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.Б.5 Компьютерные технологии в машиностроении

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

Направление подготовки: 15.04.02 - Технологические машины и оборудование

Профиль подготовки: Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

**Основная литература:**

1. 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>
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. Калиткин, Н.Н. Численные методы [Электронный ресурс]: Учебное пособие. - 2-е изд., исправленное. - СПб : БХВ-Петербург, 2015. - 587 с. - ISBN 978-5-9775-2575-6. - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=944508>

**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. Тарасик, В.П. Математическое моделирование технических систем [Электронный ресурс]: учебник. - Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2017. - 592 с. - ISBN 978-5-16-011996-0 (ИНФРА-М, print) - ISBN 978-5-16-104762-0 (ИНФРА-М, online) - Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=773106>
3. 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>
4. 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>

Приложение 3  
к рабочей программе дисциплины (модуля)  
Б1.Б.5 Компьютерные технологии в машиностроении

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

Направление подготовки: 15.04.02 - Технологические машины и оборудование

Профиль подготовки: Гидравлические машины, гидроприводы и гидропневмоавтоматика

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

Год начала обучения по образовательной программе: 2018

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

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

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

Браузер Mozilla Firefox

Браузер Google Chrome

Adobe Reader XI или Adobe Acrobat Reader DC

Kaspersky Endpoint Security для Windows

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

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