

УТВЕРЖДАЮ  
 Декан факультета

\_\_\_\_\_  
 (подпись) Суслин А. В.  
 ФИО  
 «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ

Направление/специальность подготовки	15.04.03 Прикладная механика
Специализация/профиль/программа подготовки	Динамика, прочность машин, приборов, аппаратуры
Уровень высшего образования	Магистратура
Форма обучения	Очная
Факультет	Е Оружие и системы вооружения
Выпускающая кафедра	Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА
Кафедра-разработчик рабочей программы	Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
5	9	3	108	34	0	17	17	74	0	0	74	диф. зач.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)

**15.04.03 Прикладная механика**

год набора группы: 2024

Программу составил:

Кафедра Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА  
Крыжевич Геннадий Брониславович, д.т.н., профессор, профессор

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании кафедры-разработчика  
рабочей программы **Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА**

Заведующий кафедрой Санников В.А., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА**

Заведующий кафедрой Санников В.А., д.т.н., проф.

\_\_\_\_\_

# **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

## **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ**

### **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПСК-1.2 — способность учитывать особенности функционирования машин, приборов и аппаратуры при динамических ударных, циклических, температурных нагружениях, механических, акустических, аэро- и гидродинамических, тепловых, электромагнитных и радиационных внешних воздействиях, высоком давлении и вакууме

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПСК-1.2**

*знания:*

физико-математические основы гидродинамики, а также сопряжённые задачи механики деформируемых сред, при динамических ударных, циклических, температурных нагружениях, механических, акустических, аэро- и

гидродинамических, тепловых, электромагнитных и радиационных внешних воздействиях, высоком давлении и вакууме;

*умения:*

применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования циклических, температурных, механических, акустических, аэро- и гидродинамических, тепловых, электромагнитных и радиационных и др. внешних воздействий;

*навыки:*

составления расчетных схем гидромеханических систем, обработка экспериментов;

разработки и применения математических и компьютерных моделей для решения задач механики жидкости и особенности функционирования машин, приборов и аппаратуры;

применения современного математического и программного продуктов для решения технических задач.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений** блока 1, программы подготовки по направлению *15.04.03 Прикладная механика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением содержания физико-математической подготовки бакалавра и служит основой для освоения дисциплин: **CAD/CAE ТЕХНОЛОГИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ И ИХ ЭЛЕМЕНТОВ, ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ**

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПСК-1.2
5	9	Раздел 1. Предмет, задачи и методы вычислительной гидродинамики. Математические модели движения жидкости и газа. Математические модели движения морской среды Ламинарные и турбулентные течения жидкости Уравнение неразрывности Уравнения Навье-Стокса, начальные и граничные условия Осреднение по Рейнольдсу и основные характеристики турбулентности Уравнения Рейнольдса и полуэмпирические модели турбулентности.	25	5	3	2	20	20
5	9	Раздел 2. Основы и методы вычислительной гидродинамики. Метод крупных вихрей Уравнения метода крупных вихрей и подсеточные модели турбулентности Гибридные методы Метод прямого численного моделирования Турбулентность в стратифицированных средах.	31	11	5	6	20	20
5	9	Раздел 3. Аппроксимация уравнений движения жидкости. Сеточные методы Метод конечных разностей Метод контрольного объема Метод конечных элементов Метод Галеркина и слабая формулировка задачи Семейства проекционных и базисных функций Сведение краевой задачи к решению задачи Коши Схема расщепления и методы определения давления Методы построения расчетных сеток.	33	13	6	7	20	30
5	9	Раздел 4. Пакеты вычислительной гидродинамики. Классификация пакетов Коммерческие пакеты Открытые пакеты.	19	5	3	2	14	30
Всего за 9 семестр			108	34	17	17	74	100
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Предмет, задачи и методы вычислительной гидродинамики. Математические модели движения жидкости и газа.	Осреднение по Рейнольдсу и основные характеристики турбулентности Уравнения Рейнольдса и полуэмпирические модели турбулентности.	2
2	Раздел 2. Основы и методы вычислительной гидродинамики.	Метод крупных вихрей Уравнения метода крупных вихрей и подсеточные модели турбулентности	6
3	Раздел 3. Аппроксимация уравнений движения жидкости.	Расчет истечения газа из сопла	7
4	Раздел 4. Пакеты вычислительной гидродинамики.	Расчет взаимодействия струи газа со стенкой	2
Всего за 9 семестр			17

#### 3.3. Лабораторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного практикума	Объем, ауд. часов
1	Раздел 1. Предмет, задачи и методы вычислительной гидродинамики. Математические модели движения жидкости и газа.	Особенности течения вязкой жидкости в трубе	3
2	Раздел 2. Основы и методы вычислительной гидродинамики.	Особенности течения вязкой жидкости в зоне резкого расширения трубы	5
3	Раздел 3. Аппроксимация уравнений движения жидкости.	Течение вязкой жидкости в канале с уступом	6
4	Раздел 4. Пакеты вычислительной гидродинамики.	Течение вязкой жидкости между вращающимися трубами	3
Всего за 9 семестр			17

### 3.4. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Предмет, задачи и методы вычислительной гидродинамики. Математические модели движения жидкости и газа.	Математические модели движения морской среды Ламинарные и турбулентные течения жидкости Уравнение неразрывности Уравнения Навье-Стокса, начальные и граничные условия	20
2	Раздел 2. Основы и методы вычислительной гидродинамики.	Метод крупных вихрей Уравнения метода крупных вихрей и подсеточные модели турбулентности Гибридные методы Метод прямого численного моделирования Турбулентность в стратифицированных средах.	20
3	Раздел 3. Аппроксимация уравнений движения жидкости.	Расчет гидравлической системы	20
4	Раздел 4. Пакеты вычислительной гидродинамики.	Расчет гидравлической системы	14
<b>Всего за 9 семестр</b>			<b>74</b>

## 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
<b>9</b>						ДР		ТекК		ДР					ТекК	ДР	Вопр.Диф.Зач, диф. зач.

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- Вопр.Диф.Зач – вопросы к дифференцированному зачету;
- диф. зач. – дифференцированный зачет.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы к дифференцированному зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Численные методы. Москва: Юрайт, 2019, эл. рес.
2. Г. В. Белов. . Термодинамика. Москва: Юрайт, 2020, эл. рес.
3. Л. Г. Лойцянский. . Механика жидкости и газа. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987, 27 экз.
4. О. С. Зенкевич. . Метод конечных элементов в технике. М.: Мир, 1975, эл. рес.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

1. Д. Андерсон, Дж. Таннехилл, Р. Плетчер. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1990, 3 экз.
2. И. О. Хинце. . Турбулентность. М.: ФИЗМАТГИЗ, 1963, 2 экз.
3. К. К. Федяевский, Я. И. Войткунский, Ю. И. Фаддеев. . Гидромеханика. Л.: Судостроение, 1968, 2 экз.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

не требуется.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

не требуется.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Практические занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Лабораторные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *15.04.03 Прикладная механика*. Дисциплина реализуется на факультете *Е Оружие и системы вооружения* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПСК-1.2 способность учитывать особенности функционирования машин, приборов и аппаратуры при динамических ударных, циклических, температурных нагружениях, механических, акустических, аэро- и гидродинамических, тепловых, электромагнитных и радиационных внешних воздействиях, высоком давлении и вакууме.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с математикой, физикой, и служит основой для освоения таких дисциплин, как основы автоматизированного проектирования, двигатели летательных аппаратов, и т.п.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы к дифференцированному зачету.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- дифференцированный зачет.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч.** Программой дисциплины предусмотрены практические занятия (**17 ч.**), лабораторный практикум (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**74 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 34 ч. аудиторных занятий, и 74 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Предмет, задачи и методы вычислительной гидродинамики. Математические модели движения жидкости и газа.</b>		
Математические модели движения морской среды Ламинарные и турбулентные течения жидкости Уравнение неразрывности Уравнения Навье-Стокса, начальные и граничные условия	Л. Г. Лойцянский. . Механика жидкости и газа: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987 (1-5) К. К. Федяевский, Я. И. Войткунский, Ю. И. Фаддеев. . Гидромеханика: Л.: Судостроение, 1968 (3-7) Д. Андерсон, Дж. Таннехилл, Р. Плетчер. Вычислительная гидромеханика и теплообмен: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1990 (1-3)	20
Итого по разделу 1		20
<b>Раздел 2. Основы и методы вычислительной гидродинамики.</b>		
Метод крупных вихрей Уравнения метода крупных вихрей и подсеточные модели турбулентности Гибридные методы Метод прямого численного моделирования Турбулентность в стратифицированных средах.	Г. В. Белов. . Термодинамика: Москва: Юрайт, 2020 (3-4) И. О. Хинце. . Турбулентность: М.: ФИЗМАТГИЗ, 1963 (3-7)	20
Итого по разделу 2		20
<b>Раздел 3. Аппроксимация уравнений движения жидкости.</b>		
Расчет гидравлической системы	. Численные методы: Москва: Юрайт, 2019 (1-7) Д. Андерсон, Дж. Таннехилл, Р. Плетчер. Вычислительная гидромеханика и теплообмен: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1990 (3-5)	20
Итого по разделу 3		20
<b>Раздел 4. Пакеты вычислительной гидродинамики.</b>		
Расчет гидравлической системы	О. С. Зенкевич. . Метод конечных элементов в технике: М.: Мир, 1975 (2-7) Д. Андерсон, Дж. Таннехилл, Р. Плетчер. Вычислительная гидромеханика и теплообмен: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1990 (2-8)	14

Итого по разделу 4	14
--------------------	----

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы к дифференцированному зачету;
- дифференцированный зачет.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Вопросы для текущего контроля

Кинематика жидкой частицы

Классификация течений жидкости

Моделирование внутренних течений.

Моделирование течения в канале

#### Вопросы к дифференцированному зачету

Математические модели движения морской среды

Ламинарные и турбулентные течения жидкости

Уравнение неразрывности

Уравнения Навье-Стокса, начальные и граничные условия

Осреднение по Рейнольдсу и основные характеристики турбулентности

Уравнения Рейнольдса и полуэмпирические модели турбулентности

Метод крупных вихрей

Уравнения метода крупных вихрей и подсеточные модели турбулентности

Гибридные методы

Метод прямого численного моделирования

Турбулентность в стратифицированных средах

Аппроксимация уравнений движения жидкости

Сеточные методы

Метод конечных разностей

Метод контрольного объема

Метод конечных элементов

Метод Галеркина

Семейства проекционных и базисных функций

Методы решения задачи Коши

Схема расщепления и методы определения давления

Методы построения расчетных сеток

Пакеты вычислительной гидродинамики. Классификация пакетов

Коммерческие пакеты

Открытые пакеты

#### Дифференцированный зачет

Дифференцированный зачет состоит из решения задачи и последующего ответа на 2-3 теоретических вопроса. Диф. зачет выставляется в случае защиты курсовой работы на одну из оценок "отлично", "хорошо" или "удовлетворительно" и положительного результата текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы.

Оценка «зачтено - отлично»:

решена задача и получены полные ответы на два вопроса.

Оценка «зачтено - хорошо»:

решена задача и получен ответ минимум на один вопрос

Оценка «зачтено - удовлетворительно»:

решена задача без полноценного ответа на любой из двух вопросов

Оценка «не зачтено»:

задача не решена.

Паспорт фонда оценочных средств

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лабораторный практикум	Практические занятия		ПСК-1.2	
5	9	Раздел 1. Предмет, задачи и методы вычислительной гидродинамики. Математические модели движения жидкости и газа.	25	5	3	2	20	20	Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 2. Основы и методы вычислительной гидродинамики.	31	11	5	6	20	20	Вопросы для текущего контроля
5	9	Раздел 3. Аппроксимация уравнений движения жидкости.	33	13	6	7	20	30	Вопросы к дифференцированному зачету
5	9	Раздел 4. Пакеты вычислительной гидродинамики.	19	5	3	2	14	30	Вопросы для текущего контроля
Всего за 9 семестр			108	34	17	17	74	100	
Всего по дисциплине			108	34	17	17	74	100	

## Критерии оценивания

### ПСК-1.2

- Вопросы открытого типа:*
- № 1 Для получения замкнутой системы дифференциальных уравнений, описывающих движение вязкой жидкости, нужно в дополнение к уравнению Навье-Стокса использовать уравнение ...
- № 2 Тонкий слой на поверхности обтекаемого тела, в котором проявляется эффект вязкости жидкости и наблюдаются сильные градиенты скорости потока называется ... слоем.
- № 3 Время жизни турбулентных вихрей может характеризоваться интегральным временем ...
- № 4 Интегрирование двухточечного коэффициента корреляции по пространству позволяет получить интегральный масштаб, характеризующих линейный размер ...
- № 5 Уравнения Рейнольдса описывают поведение ... гидродинамического поля скоростей
- № 6 В однопараметрических моделях турбулентности масштаб скорости оценивается на основе параметра, называемого турбулентной ... энергией
- № 7 В двухпараметрической k-ε модели параметр ε представляет собой скорость ... турбулентной кинетической энергии.
- № 8 Для возможности использования широкого ряда расчетных сеток (тетраэдрические сетки, пирамиды, призмы, полиэдры) программные пакеты CFD (Ansys CFX, Ansys Fluent, Star-CD, Star-CCM+) сочетают в себе черты двух следующих численных методов - конечных объемов и ...
- № 9 В методе крупных вихрей разделение турбулентного движения на крупномасштабное и мелкомасштабное производится на основе пространственного осреднения физических величин, выполняемого с помощью процедуры ...
- № 10 В соответствии с гипотезой Буссинеска турбулентные напряжения, как и обычные напряжения трения пропорциональны градиенту ...
- Вопросы закрытого типа:*
- № 1 Рейнольдсовы напряжения представляют собой:
- вектор
- тензор второго ранга
- тензор третьего ранга
- шаровой тензор
- № 2 Движение идеальной жидкости описывается уравнением:
- Лапласа,
- Гельмгольца,
- Навье-Стокса,
- Рейнольдса
- № 3 Движение вязкой сжимаемой жидкости с пограничным слоем описывается следующим осредненным уравнением:
- Лапласа,
- Гельмгольца,
- Навье-Стокса,
- Рейнольдса
- № 4 При обтекании тела жидкостью наблюдается каскадный процесс передачи энергии от больших вихрей к малым. При этом маленькие вихри, размеры которых превышают длину молекулярного пробега, рассеивают энергию в тепло

посредством молекулярной вязкости. Такие явления характерны для режима обтекания, называемого:

ламинарным,

турбулентным,

произвольным,

плавным.

№ 5 Согласно подходу Рейнольдса, любые мгновенные значения гидродинамических параметров (скорость, давление) потока представляются в виде суммы постоянной величины (во времени) и ее случайной пульсационной составляющей. Фактически это означает, что постоянная величина является для этих параметров

а) математическим ожиданием;

б) дисперсией;

в) стандартом;

г) коэффициентом вариации.

№ 6 Суть одного из методов решения уравнений Навье-Стокса заключается в прямой замене производных, входящих в исходные уравнения, их дискретными (разностными) аналогами. Решение ищется в узлах сетки, на которую разбивается расчетная область. Этот метод называется:

методом конечных объемов,

методом конечных разностей,

методом конечных элементов,

методом отсоединенных вихрей.

№ 7 Основа одного из методов решения уравнений Навье-Стокса заключается в том, что расчетная область с помощью сетки разбивается на совокупность конечных объемов. Узлы, в которых ищется решение, находятся в центрах этих объемов. Этот метод называется:

методом конечных объемов,

методом конечных разностей,

методом конечных элементов,

методом отсоединенных вихрей.

№ 8 При использовании метода конечных объемов (контрольного объема) для каждого объема должны выполняться:

закон сохранения массы,

закон сохранения количества движения,

закон сохранения энергии,

закон независимости действия сил.

№ 9 Метод, основанный на непосредственном описании турбулентного течения жидкости с помощью уравнений неразрывности и Навье-Стокса и решением их с использованием спектральных и псевдоспектральных численных методов называется методом:

Бубнова-Галеркина,

крупных вихрей,

- отсоединенных вихрей,
- № 10      прямого численного (математического) моделирования.
- Идея одного из методов численного решения задач турбулентного течения жидкости состоит в использовании уравнений Рейнольдса только в тех областях потока, где локальный размер используемой вычислительной сетки недостаточен для разрешения турбулентных структур с линейными масштабами порядка характерного локального масштаба турбулентности и в использовании метода моделирования крупных вихрей (LES) в остальной области потока. Этот вычислительный прием характерен для метода:
- конечных элементов
- конечных разностей
- отсоединенных вихрей (DES)
- Бубнова-Галеркина