

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Знаменский Е.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ОСНОВЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ

Направление/специальность подготовки	15.03.03 Прикладная механика
Специализация/профиль/программа подготовки	Цифровое моделирование механических систем и процессов
Уровень высшего образования	Бакалавриат
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	
3	6	3	108	51	17	0	34	57	0	0	57	зач.
4	7	3	108	51	17	0	34	57	0	0	57	экз.
ВСЕГО		6	216	102	34	0	68	114	0	0	114	

ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

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

15.03.03 Прикладная механика

год набора группы: 2025

Программу составили:

Кафедра Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА  
Санников Владимир Антонович, д.т.н., доцент, заведующий кафедрой

\_\_\_\_\_

Кафедра Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА  
Воронов Алексей Сергеевич, преподаватель

\_\_\_\_\_

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

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

\_\_\_\_\_

Программа рассмотрена  
на заседании выпускающей кафедры

**Е7 МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА**

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

\_\_\_\_\_

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ 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:

ПК-8.1 — Способен применять CAD/CAE технологии при моделировании поведения элементов механических систем, необходимом для решения производственных проектно-конструкторских задач

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-8.1**

*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 **ОСНОВЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *15.03.03 Прикладная механика*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, УРАВНЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ ФИЗИКИ**.

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА, ЧИСЛЕННОЕ РЕШЕНИЕ ПРИКЛАДНЫХ ЗАДАЧ МЕХАНИКИ**.

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности
- ОПК-11 — Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии
- ПК-8.1 — Способен применять CAD/CAE технологии при моделировании поведения элементов механических систем, необходимом для решения производственных проектно-конструкторских задач

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 6 з.е., 216 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, % ПК-8.1
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		
3	6	Раздел 1. Предмет, задачи и методы вычислительной гидродинамики. Математические модели движения жидкости и газа. Математические модели движения жидкости Уравнение неразрывности Уравнения Навье-Стокса, начальные и граничные условия Осреднение по Рейнольдсу и основные характеристики турбулентности Уравнения Рейнольдса и полуэмпирические модели турбулентности.	108	51	17	34	57	25
Всего за 6 семестр			108	51	17	34	57	25
4	7	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.	37	15	7	8	22	25
4	7	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.	47	24	8	16	23	25
4	7	Раздел 4. Пакеты вычислительной гидродинамики. Классификация пакетов Коммерческие пакеты Открытые пакеты.	24	12	2	10	12	25
Всего за 7 семестр			108	51	17	34	57	75
Всего по дисциплине			216	102	34	68	114	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. Особенности течения вязкой жидкости в трубе	34
Всего за 6 семестр			34
2	Раздел 2. Основы и методы вычислительной гидродинамики.	Расчет истечения газа из сопла	8
3	Раздел 3. Аппроксимация уравнений движения жидкости.	Расчет истечения газа из сопла	16
4	Раздел 4. Пакеты вычислительной гидродинамики.	Расчет взаимодействия струи газа со стенкой. Течение вязкой жидкости между вращающимися трубами.	10
Всего за 7 семестр			34

#### 3.3. 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.	Осреднение по Рейнольдсу и основные характеристики турбулентности Уравнения Рейнольдса и полуэмпирические модели турбулентности. Математические модели движения морской среды Ламинарные и турбулентные течения жидкости Уравнение неразрывности Уравнения Навье-Стокса, начальные и граничные условия	57
Всего за 6 семестр			57
2	Раздел 2. Основы и методы вычислительной гидродинамики.	Расчет гидравлической системы	22
3	Раздел 3. Аппроксимация уравнений движения жидкости.	Расчет гидравлической системы	23
4	Раздел 4. Пакеты вычислительной гидродинамики.	Расчет гидравлической системы	12
Всего за 7 семестр			57

### 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
6						ДР		ТекК		ДР					ТекК	ДР	ТекК, Вопр. Зач. зач.
7						ДР		ТекК		ДР					ТекК	ДР	Вопр. Экз, ТекК

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- Вопр. Зач – вопросы к зачету;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену;
- зач. – зачет.

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

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

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет;
- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. А. Г. Голубев, А. С. Епихин А.С., В. Т. Калугин. . Аэродинамика. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017, эл. рес.
2. А. Г. Голубев, А. С. Епихин А.С., В. Т. Калугин. Аэродинамика. М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2017, эл. рес.
3. А. З. Копылов, Е. И. Агеев. . Гидродинамика. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011, эл. рес.
4. Л. Г. Лойцянский. . Механика жидкости и газа. М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987, 27 экз.
5. 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, 2 экз.
2. Д. Андерсон, Дж. Таннехилл, Р. Плетчер. Вычислительная гидромеханика и теплообмен. БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1990, 3 экз.
3. И. О. Хинце. . Турбулентность. М.: ФИЗМАТГИЗ, 1963, 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. Лекционные занятия:**

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

### **6.2. Практические занятия:**

1. Интерактивная 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 **ОСНОВЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *15.03.03 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*:

ПК-8.1 Способен применять CAD/CAE технологии при моделировании поведения элементов механических систем, необходимым для решения производственных проектно-конструкторских задач.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с методами численного решения основных задач гидродинамики.

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 зачету;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- зачет;
- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **6 з.е., 216 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**68 ч.**), самостоятельная работа студента (**114 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 216 ч., из них 102 ч. аудиторных занятий, и 114 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>		
Осреднение по Рейнольдсу и основные характеристики турбулентности Уравнения Рейнольдса и полуэмпирические модели турбулентности. Математические модели движения морской среды Ламинарные и турбулентные течения жидкости Уравнение неразрывности Уравнения Навье-Стокса, начальные и граничные условия	И. О. Хинце. . Турбулентность: М.: ФИЗМАТГИЗ, 1963 (4-9) А. З. Копылов, Е. И. Агеев. . Гидродинамика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (2-7) А. Г. Голубев, А. С. Епихин А.С., В. Т. Калугин. . Аэродинамика: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017 (5-7) Л. Г. Лойцянский. . Механика жидкости и газа: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987 (1-8)	57
Итого по разделу 1		57
<b>Раздел 2. Основы и методы вычислительной гидродинамики.</b>		
Расчет гидравлической системы	Л. Г. Лойцянский. . Механика жидкости и газа: М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1987 (2-7) Д. Андерсон, Дж. Таннехилл, Р. Плетчер. Вычислительная гидромеханика и теплообмен: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1990 (1-7) А. Г. Голубев, А. С. Епихин А.С., В. Т. Калугин. Аэродинамика: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2017 (4-9) А. З. Копылов, Е. И. Агеев. . Гидродинамика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (3-8) О. С. Зенкевич. . Метод конечных элементов в технике: М.: Мир, 1975 (5-8)	22
Итого по разделу 2		22
<b>Раздел 3. Аппроксимация уравнений движения жидкости.</b>		
Расчет гидравлической системы	О. С. Зенкевич. . Метод конечных элементов в технике: М.: Мир, 1975 (4-7) А. Г. Голубев, А. С. Епихин А.С., В. Т. Калугин. Аэродинамика: М.: Изд-во МГТУ им. Баумана. Золотая коллекция, 2017 (3-7) А. З. Копылов, Е. И. Агеев. . Гидродинамика: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2011 (5-9) Д. Андерсон, Дж. Таннехилл, Р. Плетчер. Вычислительная гидромеханика и теплообмен: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1990 (3-8)	23
Итого по разделу 3		23
<b>Раздел 4. Пакеты вычислительной гидродинамики.</b>		
Расчет гидравлической системы	О. С. Зенкевич. . Метод конечных элементов в технике: М.: Мир, 1975 (5-9) Д. Андерсон, Дж. Таннехилл, Р. Плетчер. Вычислительная гидромеханика и теплообмен: БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 1990 (3-7) А. Г. Голубев, А. С. Епихин А.С., В.	12

	Т. Калугин. . Аэродинамика: М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017 (3-7)	
Итого по разделу 4		12

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

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

- диагностическая работа
- вопросы для текущего контроля;
- вопросы к зачету;
- вопросы к экзамену;
- экзамен;
- 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

Вопросы для текущего контроля размещены в УМК дисциплины

#### Вопросы к зачету

Вопросы к зачету размещены в УМК дисциплины

#### Вопросы к экзамену

Вопросы к экзамену размещены в УМК дисциплины

#### Экзамен

Экзамен состоит из решения задачи и последующего ответа на 3-4 теоретических вопроса. Экзамен выставляется с одной из оценок "отлично", "хорошо" или "удовлетворительно" и положительного результата текущего контроля успеваемости в форме диагностической работы.

Оценка «отлично»:

решена задача и получены полные ответы на три вопроса.

Оценка «хорошо»:

решена задача и получен ответ минимум на два вопроса

Оценка «удовлетворительно»:

решена задача без полноценного ответа на любой из двух вопросов

Оценка «неудовлетворительно»:

задача не решена.

#### Зачет

Зачет проходит либо в соответствии с балльно-рейтинговой системой, либо в виде письменного ответа на теоретические вопросы:

По БРС:

"Зачтено" - обучающийся набрал более 61 балла;

"Не зачтено" - обучающийся набрал менее 61 балла;

Зачет по письменному ответу на вопросы:

"Зачтено" - обучающийся верно ответил на 2 вопроса из 3

"Не зачтено" - обучающийся ответил на 1 вопрос из 3 или не ответил на вопросы

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-8.1	
3	6	Раздел 1. Предмет, задачи и методы вычислительной гидродинамики. Математические модели движения жидкости и газа.	108	51	17	34	57	25	Вопросы для текущего контроля, Вопросы к зачету
Всего за 6 семестр			108	51	17	34	57	25	
4	7	Раздел 2. Основы и методы вычислительной гидродинамики.	37	15	7	8	22	25	Вопросы для текущего контроля
4	7	Раздел 3. Аппроксимация уравнений движения жидкости.	47	24	8	16	23	25	Вопросы для текущего контроля
4	7	Раздел 4. Пакеты вычислительной гидродинамики.	24	12	2	10	12	25	Вопросы для текущего контроля, Вопросы к экзамену
Всего за 7 семестр			108	51	17	34	57	75	
Всего по дисциплине			216	102	34	68	114	100	

## Оценочные материалы по дисциплине ОСНОВЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ГИДРОДИНАМИКИ

**ПК-8.1 - Способен применять CAD/CAE технологии при моделировании поведения элементов механических систем, необходимом для решения производственных проектно-конструкторских задач**

№ 1 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Движение идеальной жидкости описывается уравнением:

1. Лапласа,
2. Гельмгольца,
3. Навье-Стокса,
4. Рейнольдса

№ 2 Прочитайте текст и установите соответствие  
К каждой цифровой позиции подберите соответствующую буквенную позицию

- |                      |                           |
|----------------------|---------------------------|
| 1 – вязкость         | а – МПа                   |
| 2 – число Рейнольдса | б – сСт                   |
| 3 – давление         | в – безразмерная величина |

№ 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Тонкий слой на поверхности обтекаемого тела, в котором проявляется эффект вязкости жидкости и наблюдаются сильные градиенты скорости называется ... Слойем.

№ 4 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
В двухпараметрической k- $\epsilon$  модели параметр  $\epsilon$  представляет собой скорость ..... турбулентной кинетической энергии.

1. диссипации;
2. рассеяния;
3. затухания;
4. прибыли;

№ 5 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Уравнения Рейнольдса описывают поведение ... гидродинамического поля скоростей

1. осредненного
2. среднего по совокупному значению скорости в точке;
3. усредненного по направлениям
4. давления

№ 6 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Для получения замкнутой системы дифференциальных уравнений, описывающих движение вязкой жидкости, нужно в дополнение к уравнению Стокса использовать уравнение ...

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Согласно подходу Рейнольдса, любые мгновенные значения гидродинамических параметров (скорость, давление) потока представляются в виде постоянной величины (во времени) и ее случайной пульсационной составляющей. Фактически это означает, что постоянная величина является параметром

1. математическим ожиданием;
2. дисперсией;
3. стандартом;
4. коэффициентом вариации.

№ 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Рейнольдсовы напряжения представляют собой:

1. вектор
2. тензор второго ранга
3. тензор третьего ранга
4. шаровой тензор

№ 9 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

При использовании метода конечных объемов (контрольного объема) для каждого объема должны выполняться:

1. закон сохранения массы,
2. закон сохранения количества движения,
3. закон сохранения энергии,
4. закон независимости действия сил.

№ 10 Прочитайте текст и установите соответствие

Формулы для вычисления коэффициента гидравлического сопротивления.

1) Область ламинарного режима:

2) Область гидравлически гладких труб:

3) Область смешанного трения:

2)  $\lambda = f(\text{Re}); \quad 2300 < \text{Re} \leq 10 \frac{d}{\Delta}; \quad \lambda = \frac{0,316}{\sqrt[4]{\text{Re}}} - \text{формула Блазиуса};$

1)  $\lambda = f(\text{Re}, \frac{\Delta}{d}); \quad 10 \frac{d}{\Delta} < \text{Re} \leq 500 \frac{d}{\Delta}; \quad \lambda = 0,11 \cdot \left( \frac{68}{\text{Re}} + \frac{\Delta}{d} \right)^{0,25} - \text{формула Альтшуль}$

3)  $\lambda = f(\text{Re}); \quad \text{Re} < 2300; \quad \lambda = \frac{64}{\text{Re}};$

№ 11 Прочитайте текст и установите последовательность

Вставьте пропуски в нужном порядке

Безвихревым называется движение, при котором вращение жидких частиц . . . , следовательно, линии тока . . . , а угловая скорость вращения и скорости равны . . .

1. Нулю;
2. Отсутствуют;
3. Незамкнуты;

№ 12 Прочитайте текст и установите последовательность

Перечислите режимы обтекания сферы в зависимости от чисел Рейнольдса (от наименьших к наибольшим значениям):

1. двойной ряд вихревых колец
2. двухнитевой след
3. одностебловой след
4. асимметричный след с хаотическим расположением вихревых колец