

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика**

**Наименование образовательной программы: Техника и физика низких температур**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Механика жидкости и газа**

**Москва  
2023**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Свиридов Е.В.
	Идентификатор	R572c90f4-SviridovEV-281cc7f4

(подпись)

Е.В.

Свиридов

(расшифровка  
подписи)

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Крюков А.П.
	Идентификатор	R9b81f956-KryukovAP-8dacf4ed

(подпись)

А.П. Крюков

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пузина Ю.Ю.
	Идентификатор	Re86e9a56-Puzina-4d2acad1

(подпись)

Ю.Ю.

Пузина

(расшифровка  
подписи)

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен проводить базовыми методами экспериментальные исследования и теоретическое описание основных теплофизических процессов в энергетическом оборудовании

ИД-2 Знает и умеет использовать аппарат механики сплошных сред для анализа основных теплофизических процессов в энергетическом оборудовании

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Защита задания

1. ЛР-1 (Лабораторная работа)
2. ЛР-2 (Лабораторная работа)
3. ЛР-3 (Лабораторная работа)

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Компьютерный коллоквиум МЖГ часть 1 (Коллоквиум)
2. Компьютерный коллоквиум МЖГ часть 2 (Коллоквиум)

Форма реализации: Письменная работа

1. Контрольная работа 2 "Решение задач по расчету гидравлического сопротивления, на теорему Бернулли" (Контрольная работа)
2. Контрольная работа 3 "Проектирование гидравлического контура и датчика расхода потока" (Контрольная работа)
3. Контрольная работы 1 "Решение задач на элементы тензорной алгебры, кинематику, гидростатику" (Контрольная работа)

Форма реализации: Смешанная форма

1. Расчетное задание " Проектирование трубы Вентури и гидравлический расчет экспериментального контура" (Расчетно-графическая работа)

## БРС дисциплины

5 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	3	6	9	13
Введение					
Введение		+			+

Кинематика жидкости				
Кинематика жидкости	+	+		+
Уравнения динамики жидкости				
Уравнения динамики жидкости	+	+	+	+
Гидростатика				
Гидростатика	+		+	+
Динамика идеальной жидкости				
Динамика идеальной жидкости	+		+	+
Вес КМ:	25	25	25	25

6 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9
	Срок КМ:	3	6	9	12	14
Плоское стационарное движение идеальной несжимаемой жидкости						
Плоское стационарное движение идеальной несжимаемой жидкости	+				+	
Динамика вязкой жидкости						
Динамика вязкой жидкости			+	+	+	+
Ламинарные течения						
Ламинарные течения				+	+	
Турбулентные течения						
Турбулентные течения	+	+	+	+	+	
РГР						
РГР				+		
Вес КМ:	20	20	20	20	20	

§Общая часть/Для промежуточной аттестации§

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-2ПК-1 Знает и умеет использовать аппарат механики сплошных сред для анализа основных теплофизических процессов в энергетическом оборудовании	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•методы расчета профилей скорости при турбулентном течении жидкости, методы расчетного и экспериментального исследования коэффициентов сопротивления;</li> <li>•принцип действия и устройство приборов для измерения скорости потока: расходомер типа «труба Вентури», трубка Пито, Прандтля;</li> <li>•методы расчета профилей скорости при течении вязкой жидкости в круглой трубе; формулы расчета гидравлического сопротивления при течении вязкой жидкости – формулы Дарси-Вайсбаха, Пуазейля, Блазиуса</li> </ul>	<p>Контрольная работы 1 "Решение задач на элементы тензорной алгебры, кинематику, гидростатику" (Контрольная работа)                      Контрольная работа 2 "Решение задач по расчету гидравлического сопротивления, на теорему Бернулли" (Контрольная работа)                      Контрольная работа 3 "Проектирование гидравлического контура и датчика расхода потока" (Контрольная работа)                      Компьютерный коллоквиум МЖГ часть 1 (Коллоквиум)                      ЛР-1 (Лабораторная работа)                      ЛР-2 (Лабораторная работа)                      ЛР-3 (Лабораторная работа)                      Компьютерный коллоквиум МЖГ часть 2 (Коллоквиум)                      Расчетное задание " Проектирование трубы Вентури и гидравлический расчет экспериментального контура" (Расчетно-графическая работа)</p>

		<p>•аппарат тензорной алгебры применительно к теории и задачам механики жидкости и газа, основные законы механики жидкости и газа – уравнение неразрывности, уравнение движения; формулировку уравнения движения в различных видах: уравнение Эйлера, уравнение Навье-Стокса, уравнение Рейнольдса; теорему и формулу Бернулли;  Уметь:  •Выполнять гидравлический расчет контуров экспериментальных установок, контуров теплоносителей тепловых, атомных и термоядерных станций;  •Выполнять экспериментальные и численные исследования гидродинамических процессов, проводить обработку и анализ экспериментальных данных  •проектировать узлы</p>	
--	--	--	--

		<p>лабораторных экспериментальных установок для изучения теплофизических свойств веществ и характеристик процессов тепло- и массообмена с использованием современных информационных технологий, участвовать в разработках проектов аппаратов новой техники и в модернизации стандартного теплообменного оборудования; •выбирать приборы и оборудование для замены в процессе эксплуатации экспериментальных установок и при модернизации теплообменных систем</p>	
--	--	---	--

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### 5 семестр

#### КМ-1. Контрольная работы 1 "Решение задач на элементы тензорной алгебры, кинематику, гидростатику"

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменная работа

#### Краткое содержание задания:

Решение задач

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: •аппарат тензорной алгебры применительно к теории и задачам механики жидкости и газа, основные законы механики жидкости и газа – уравнение неразрывности, уравнение движения; формулировку уравнения движения в различных видах: уравнение Эйлера, уравнение Навье-Стокса, уравнение Рейнольдса; теорему и формулу Бернулли;	1.Элементы тензорной алгебра
---	------------------------------

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

#### КМ-2. Контрольная работа 2 "Решение задач по расчету гидравлического сопротивления, на теорему Бернулли"

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменная работа

#### Краткое содержание задания:

Решение задач

#### Контрольные вопросы/задания:

Уметь: •Выполнять гидравлический расчет контуров экспериментальных установок, контуров теплоносителей тепловых, атомных и термоядерных станций;	1. Уметь применять теорему Бернулли
---	-------------------------------------

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка: не зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

**КМ-3. Контрольная работа 3 "Проектирование гидравлического контура и датчика расхода потока"**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Письменная работа

**Краткое содержание задания:**

Решение задач

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: •выбирать приборы и оборудование для замены в процессе эксплуатации экспериментальных установок и при модернизации теплообменных систем	1. проектирование гидравлического контура и датчика расхода давления
--	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка: не зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

**КМ-4. Компьютерный коллоквиум МЖГ часть 1**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 25

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Компьютерное задание

**Краткое содержание задания:**

Пройти тест по первой части дисциплины

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: •аппарат тензорной алгебры применительно к теории и задачам механики жидкости и газа, основные законы механики жидкости и газа – уравнение неразрывности, уравнение движения; формулировку уравнения движения в различных видах: уравнение Эйлера, уравнение Навье-Стокса, уравнение Рейнольдса; теорему и формулу Бернулли;	1.Вопросы по всей теории первой части
---	---------------------------------------

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

**6 семестр**

**КМ-5. ЛР-1**

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** выполнение и защита ЛР-1

**Краткое содержание задания:**

Выполнить ЛР-1, ответить на вопросы

**Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: •Выполнять экспериментальные и численные исследования гидродинамических процессов, проводить обработку и анализ экспериментальных данных	1.Основные принципы моделирование потенциального обтекания тела идеальной жидкостью по методу электрогидродинамической аналогии
---	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

## КМ-6. ЛР-2

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** выполнение и защита ЛР-2

**Краткое содержание задания:**

Выполнить ЛР-1, ответить на вопросы

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: •принцип действия и устройство приборов для измерения скорости потока: расходомер типа «труба Вентури», трубка Пито, Прандтля;	1.Вопросы по материалам ЛР-2
---	------------------------------

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

## КМ-7. ЛР-3

**Формы реализации:** Защита задания

**Тип контрольного мероприятия:** Лабораторная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** выполнение и защита ЛР-3

**Краткое содержание задания:**

Выполнить ЛР-3, ответить на вопросы

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: •методы расчета профилей скорости при течении вязкой жидкости в круглой трубе; формулы расчета гидравлического сопротивления при течении вязкой жидкости – формулы Дарси-Вайсбаха, Пуазейля, Блазиуса	1.Вопросы по материалам ЛР-3
--	------------------------------

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

### **КМ-8. Расчетное задание " Проектирование трубы Вентури и гидравлический расчет экспериментального контура"**

**Формы реализации:** Смешанная форма

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Расчетное задание " Проектирование трубы Вентури и гидравлический расчет экспериментального контура"

#### **Краткое содержание задания:**

Спроектировать трубу Вентури и сделать гидравлический расчет экспериментального контура"

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Уметь: •проектировать узлы лабораторных экспериментальных установок для изучения теплофизических свойств веществ и характеристик процессов тепло- и массообмена с использованием современных информационных технологий, участвовать в разработках проектов аппаратов новой техники и в модернизации стандартного теплообменного оборудования;	1.Спроектировать трубу Вениури и произвести гидравлический расчет экспериментального контура
---	--

#### **Описание шкалы оценивания:**

*Оценка:* зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка:* не зачтено

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

### **КМ-9. Компьютерный коллоквиум МЖГ часть 2**

**Формы реализации:** Компьютерное задание

**Тип контрольного мероприятия:** Коллоквиум

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 20

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Компьютерное тестирование

#### **Краткое содержание задания:**

Пройти тест по второй части дисциплины

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Знать: •методы расчета профилей скорости при	1.Вопросы по всей теории второй части
--	---------------------------------------

турбулентном течении жидкости, методы расчетного и экспериментального исследования коэффициентов сопротивления;	
---	--

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "зачтено" выставляется если задание выполнено правильно или с незначительными недочетами

*Оценка: не зачтено*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка "не зачтено" выставляется если задание не выполнено в отведенный срок или результат не соответствует заданию

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 5 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

- a. Деформационное движение. Первая теорема Гельмгольца
- b. Безвихривое (потенциальное) движение. Потенциал скорости

### Процедура проведения

Устная беда по вопросам экзаменационного билета

### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ПК-1</sub> Знает и умеет использовать аппарат механики сплошных сред для анализа основных теплофизических процессов в энергетическом оборудовании

### Вопросы, задания

1. Элементы тензорной алгебры. Понятие о тензоре. Ранг тензора. Инварианты. Разложение тензора на симметричную и антисимметричную часть. Свойства симметричного тензора.
2. Классификация моделей жидкости в МЖГ: модели сжимаемой и несжимаемой жидкости; модели вязкой и идеальной жидкости; модели жидкости с постоянными и переменными свойствами.
3. Способы описания движения среды по Лагранжу и Эйлеру
4. Понятия о траектории частицы и о линии тока. Струи и трубки тока
5. Поступательное, вращательное и деформационное движение жидкой частицы
6. Тензор «векторный градиент», физический смысл его разложения на симметричную и антисимметричную части. Описание вращательного движения: ротор скорости, тензор вращения. Описание деформационного движения: тензор скоростей деформации.
7. Первая теорема Гельмгольца. Определения вихревого и безвихревого течения жидкости. Особенности вихревого движения. Вихревые линии и трубки, вторая теорема Гельмгольца
8. Уравнение неразрывности, его физический смысл. Уравнение движения жидкости. Силы, действующие в жидкости – массовые и поверхностные.
9. Абсолютное и относительное равновесие. Условия абсолютного равновесия жидкости. Основные законы гидростатики. Закон Паскаля, закон Архимеда. Равновесие жидкости в поле силы тяжести.
10. Система уравнений динамики идеальной жидкости. Уравнение движения в форме Эйлера, различные формы записи, физический смысл слагаемых. Условия однозначности, начальные и граничные условия.
11. Уравнение движения идеальной жидкости в форме Громеки – Лэмба.
12. Теорема Бернулли, её доказательство и практические применения: анализ течений, трубка Пито – Прандтля, труба Вентури. Движение идеальной сжимаемой жидкости. Обобщенная теорема Бернулли.

## Материалы для проверки остаточных знаний

1. Сплошная среда, обладающая свойством текучести, это

Ответы:

- а) плазма
- б) газ
- в) жидкость

Верный ответ: в) жидкость

2. Жидкость, при движении которой возникают как нормальные, так и касательные напряжения

Ответы:

- а) прозрачная жидкость
- б) вязкая жидкость
- в) идеальная жидкость

Верный ответ: б) вязкая жидкость

3. Жидкость, при движении которой возникают только нормальные напряжения

Ответы:

- а) прозрачная жидкость
- б) вязкая жидкость
- в) идеальная жидкость

Верный ответ: в) идеальная жидкость

4. Обычно упругие деформации в жидкости происходят

Ответы:

- а) изотермически
- б) адиабатически
- в) изохорически

Верный ответ: б) адиабатически

5. Вектор, который в рассматриваемой точке пространства равен поверхностной плотности силы, действующей на ориентированную площадку в жидкости со стороны той ее части, в которую направлена нормаль площадки

Ответы:

- а) давление
- б) напряжение
- в) касательная сила

Верный ответ: в) касательная сила

6. Скорость звука в смесях газов или жидкостей является функцией ... компонент среды

Ответы:

- а) плотности
- б) концентрации
- в) упругости

Верный ответ: а) плотности

7. Закон сохранения массы для движущейся жидкости (газа)

Ответы:

- а) Уравнение энергии
- б) Уравнение импульса
- в) Уравнение неразрывности

Верный ответ: в) Уравнение неразрывности

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно.

## **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих

**6 семестр**

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

**Пример билета**

- a. Стационарное гидродинамически стабилизированное турбулентное течение в круглой трубе жидкости с постоянными свойствами
- b. Ламинарный пограничный слой

**Процедура проведения**

Устная беседа по вопросам экзаменационного билета

### ***I. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины***

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ПК-1</sub> Знает и умеет использовать аппарат механики сплошных сред для анализа основных теплофизических процессов в энергетическом оборудовании

**Вопросы, задания**

1. Определение и особенности плоского течения. Функция тока, её связь с потенциалом скорости. Линии тока и эквипотенциальные линии. Метод суперпозиции.
2. Потенциалы и функции тока некоторых «элементарных» потоков. Решение методом суперпозиции задачи о поперечном обтекании цилиндра идеальной жидкостью.
3. Поле скорости, поле давления. Парадокс Даламбера. Поперечное обтекание с циркуляцией. Формула Жуковского о подъемной силе. Подъемная сила крыла. Постулат Чаплыгина – Жуковского
4. Особенности течения вязкой жидкости. Проблема незамкнутости уравнений динамики вязкой жидкости. Гипотезы Стокса.

- 5.Обобщенный закон Ньютона для вязкой жидкости. Уравнения Навье - Стокса в общем виде и для частного случая течения вязкой несжимаемой жидкости с постоянными свойствами. Физический смысл слагаемых. Различные формы записи уравнений Навье – Стокса.
- 6.Граничные условия течений вязкой жидкости. Основы теории подобия. Подобие течений вязкой жидкости. Приведение системы уравнений динамики вязкой жидкости к безразмерному виду. Числа и критерии подобия
- 7.Число гомохронности, числа Эйлера, Фруда, Рейнольдса. Роль числа Рейнольдса как критерия режима течения вязкой жидкости. Условия подобия, правила моделирования. Гидравлическое сопротивление при течении вязкой жидкости
- 8.Стационарное течение Куэтта. Ламинарное стационарное течение в круглой трубе. Понятие о гидродинамической стабилизации. Стабилизированное течение в круглой трубе. Решение задачи о профиле скорости. Парабола Пуазейля. Формула Пуазейля для расчета коэффициента гидравлического сопротивления.
- 9.Течение на начальном гидродинамическом участке круглой трубы. Решение Тарга. Ламинарный пограничный слой. Понятие пограничного слоя. Уравнения пограничного слоя.
- 10.Пограничный слой при продольном обтекании тонкой пластины (задача Блазиуса). Пограничный слой при наличии продольного градиента давления. Явление отрыва пограничного слоя. Управление пограничным слоем.
- 11.Определение турбулентности.Потеря устойчивости и переход от ламинарного течения к турбулентному в трубах, в пограничном слое. Коэффициент перемежаемости. Опыты Ротта. Первое и второе критические числа Рейнольдса. Элементы теории устойчивости. Энергетический метод. Метод малых возмущений.
- 12.Уравнение Орра – Зоммерфельда, нейтральная кривая. Статистический подход Рейнольдса. Мгновенные, осредненные и пульсационные значения гидродинамических полей. Уравнения Рейнольдса – осредненные уравнения турбулентного движения, физический смысл слагаемых. Напряжения Рейнольдса и проблема незамкнутости системы осредненных уравнений.
- 13.Полуэмпирические модели турбулентности. Гипотеза Прандтля о «длине пути перемешивания». Стационарное гидродинамически стабилизированное турбулентное течение в трубе.
- 14.Двухслойная модель Прандтля. Универсальный логарифмический профиль скорости.
- 15.Модели Кармана, Рейхардта. Практические расчеты профилей скорости и коэффициентов гидравлического сопротивления при турбулентном течении. Анализ физики турбулентных течений на основе уравнений энергетического баланса.

### **Материалы для проверки остаточных знаний**

1.При гидродинамическом подобии реализуется подобие систем действующих ... или ... полей различной физической природы

Ответы:

- а) температур и температурных полей
- б) скалярных и векторных полей
- в) сил и силовых полей

Верный ответ: в) сил и силовых полей

2.Критерии подобия – безразмерные числа, составленные из размерных физических величин, определяющих рассматриваемое физическое явление. Состояние движения вязкой жидкости в цилиндрической трубе определяют четырем параметрами: плотностью, скоростью, вязкостью жидкости и диаметром трубы. Из четырёх параметров можно составить только одно безразмерное число

Ответы:

- а) Число Рейнольдса

- б) Число Прандтля
- в) Число Пекле

Верный ответ: а) Число Рейнольдса

3. В начальной части пограничного слоя течение является

Ответы:

- а) ламинарным
- б) нелинейным
- в) турбулентным

Верный ответ: б) нелинейным

4. Пульсации скорости во внешнем набегающем потоке, шероховатость и другие факторы делают форму течения в пограничном слое

Ответы:

- а) квазиламинарной
- б) турбулентной
- в) поверхностной

Верный ответ: а) квазиламинарной

5. Отрыв пограничного слоя происходит в результате совместного действия двух основных факторов ... и ...

Ответы:

- а) температуры и ускорения жидкости
- б) торможения жидкости и перепада давления
- в) чисел Маха и Рейнольдса

Верный ответ: в) чисел Маха и Рейнольдса

6. Течение идеального газа в сопле Лавалья при отсутствии трения является

Ответы:

- а) изэнтропическим
- б) энтропическим
- в) монотонным

Верный ответ: б) энтропическим

## **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно.

## **III. Правила выставления итоговой оценки по курсу**

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и экзаменационной составляющих