

**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: Теплофизика**

**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	Яньков Г.Г.
	Идентификатор	Rbb1f0c84-YankovGG-11a2e4dc

(подпись)

Г.Г. Яньков

(расшифровка  
подписи)

Заведующий  
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое  
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Герасимов Д.Н.
	Идентификатор	Ra5495398-GerasimovDN-6b58615

(подпись)

Д.Н.

Герасимов

(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

2. ПК-2 Способен к проведению лабораторного и численного теплофизического эксперимента, к проектированию и конструированию с этой целью соответствующих экспериментальных стендов, к обработке опытных данных

ИД-1 Обосновывает методику исследования конкретных процессов гидродинамики и теплообмена

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	14	12
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>•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;</li> <li>•принцип действия и устройство приборов для измерения скорости потока: расходомер типа «труба Вентури», трубка Пито, Прандтля;</li> </ul> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Выполнять экспериментальные и</li> </ul>	<p>Контрольная работы 1 "Решение задач на элементы тензорной алгебры, кинематику, гидростатику" (Контрольная работа)</p> <p>Контрольная работа 2 "Решение задач по расчету гидравлического сопротивления, на теорему Бернулли" (Контрольная работа)</p> <p>Компьютерный коллоквиум МЖГ часть 1 (Коллоквиум)</p> <p>ЛР-1 (Лабораторная работа)</p> <p>ЛР-2 (Лабораторная работа)</p>

		<p>численные исследования гидродинамических процессов, проводить обработку и анализ экспериментальных данных</p> <p>•Выполнять гидравлический расчет контуров экспериментальных установок, контуров теплоносителей тепловых, атомных и термоядерных станций;</p>	
ПК-2	ИД-1 <sub>ПК-2</sub> Обосновывает методику исследования конкретных процессов гидродинамики и теплообмена	<p>Знать:</p> <p>•методы расчета профилей скорости при течении вязкой жидкости в круглой трубе; формулы расчета гидравлического сопротивления при течении вязкой жидкости – формулы Дарси-Вайсбаха, Пуазейля, Блазиуса</p> <p>•методы расчета профилей скорости при турбулентном течении жидкости, методы расчетного и экспериментального исследования коэффициентов сопротивления;</p>	<p>Контрольная работа 3 "Проектирование гидравлического контура и датчика расхода потока" (Контрольная работа)</p> <p>ЛР-3 (Лабораторная работа)</p> <p>Компьютерный коллоквиум МЖГ часть 2 (Коллоквиум)</p> <p>Расчетное задание " Проектирование трубы Вентури и гидравлический расчет экспериментального контура" (Расчетно-графическая работа)</p>

		<p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>•выбирать приборы и оборудование для замены в процессе эксплуатации экспериментальных установок и при модернизации теплообменных систем</li><li>•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;</li></ul>	
--	--	--	--

## 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. 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 турбулентном течении жидкости, методы расчетного и экспериментального исследования коэффициентов сопротивления;	1.Вопросы по всей теории второй 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

### **КМ-9. 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,	1.Спроектировать трубу Вениури и произвести гидравлический расчет экспериментального контура
---	--

участвовать в разработках проектов аппаратов новой техники и в модернизации стандартного теплообменного оборудования;	
---	--

**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-1<sub>ПК-2</sub> Обосновывает методику исследования конкретных процессов гидродинамики и теплообмена

**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 четырьмя 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 Лавала при отсутствии трения является

Ответы:

- а) изоэнтропическим
- 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