

**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: Термоядерные реакторы и плазменные установки**

**Уровень образования: высшее образование - бакалавриат**

**Форма обучения: Очная**

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

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

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

Е.В. Свиридов

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

|               |  |            |
|---------------|--|------------|
|               | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |            |
|               | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |            |
|               | Владелец   | Дедов А.В. |
| Идентификатор | R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4                         |            |

А.В. Дедов

Заведующий  
выпускающей кафедрой

|               |  |            |
|---------------|--|------------|
|               | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» |            |
|               | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ                       |            |
|               | Владелец   | Дедов А.В. |
| Идентификатор | R72c90f41-DedovAV-d71cc7f4                         |            |

А.В. Дедов

## 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. ОПК-1 Способен проводить экспериментальные исследования и теоретическое описание основных теплофизических процессов в энергетическом оборудовании

ИД-1 Владеет современными экспериментальными методами определения основных теплофизических величин

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

2. РПК-1 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

ИД-2 Обосновывает методику исследования теплофизических свойств веществ

ИД-3 Способен к организации лабораторного эксперимента и обработке полученных экспериментальных данных

ИД-4 Владеет методами математического моделирования теплофизических процессов

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

#### Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Контрольная работы 1 "Решение задач на элементы тензорной алгебры, кинематику, гидростатику" (Контрольная работа)
- КМ-2 Контрольная работа 2 "Решение задач по расчету гидравлического сопротивления, на теорему Бернулли" (Контрольная работа)
- КМ-3 Контрольная работа 3 "Проектирование гидравлического контура и датчика расхода потока" (Контрольная работа)
- КМ-4 Компьютерный коллоквиум МЖГ часть 1 (Коллоквиум)

#### Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

| 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

#### Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-5 ЛР-1 (Лабораторная работа)
- КМ-6 ЛР-2 (Лабораторная работа)
- КМ-7 ЛР-3 (Лабораторная работа)
- КМ-8 Компьютерный коллоквиум МЖГ часть 2 (Коллоквиум)
- КМ-9 Расчетное задание " Проектирование трубы Вентури и гидравлический расчет экспериментального контура" (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

| Раздел дисциплины  | Веса контрольных мероприятий, % |      |      |      |      |      |
|--|---------------------------------|------|------|------|------|------|
|  | Индекс<br>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   |

## 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   |
|--------------------|--|--|---|
| ОПК-1              | ИД-1 <sub>ОПК-1</sub> Владеет современными экспериментальными методами определения основных теплофизических величин  | Уметь:<br>•Выполнять экспериментальные и численные исследования гидродинамических процессов, проводить обработку и анализ экспериментальных данных   | КМ-5 ЛР-1 (Лабораторная работа)   |
| ОПК-1              | ИД-2 <sub>ОПК-1</sub> Знает и умеет использовать аппарат механики сплошных сред для анализа основных теплофизических процессов в энергетическом оборудовании | Знать:<br>•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; | КМ-1 Контрольная работы 1 "Решение задач на элементы тензорной алгебры, кинематику, гидростатику" (Контрольная работа)<br>КМ-2 Контрольная работа 2 "Решение задач по расчету гидравлического сопротивления, на теорему Бернулли" (Контрольная работа)<br>КМ-4 Компьютерный коллоквиум МЖГ часть 1 (Коллоквиум) |

|       |   |  |  |
|-------|---|--|--|
|       |   | <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•Выполнять гидравлический расчет контуров экспериментальных установок, контуров теплоносителей тепловых, атомных и термоядерных станций;</li> </ul>   |  |
| РПК-1 | ИД-1 <sub>РПК-1</sub> Обосновывает методику исследования конкретных процессов гидродинамики и теплообмена | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <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> <li>•методы расчета профилей скорости при турбулентном течении жидкости, методы расчетного и экспериментального исследования коэффициентов сопротивления;</li> </ul> | <p>КМ-7 ЛР-3 (Лабораторная работа)<br/>КМ-8 Компьютерный коллоквиум МЖГ часть 2 (Коллоквиум)</p> |
| РПК-1 | ИД-2 <sub>РПК-1</sub> Обосновывает методику исследования теплофизических свойств веществ                  | <p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>•принцип действия и устройство приборов для измерения скорости потока: расходомер типа</li> </ul>   | КМ-6 ЛР-2 (Лабораторная работа)  |

|       |           |            |  |   |
|-------|-----------|------------|--|---|
|       |           |            | «труба Вентури», трубка Пито, Прандтля;  |   |
| РПК-1 | ИД-3РПК-1 | Способен к | <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> </ul>  | КМ-3 Контрольная работа 3 "Проектирование гидравлического контура и датчика расхода потока" (Контрольная работа)                        |
| РПК-1 | ИД-4РПК-1 | Владеет    | <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> <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> | КМ-9 Расчетное задание " Проектирование трубы Вентури и гидравлический расчет экспериментального контура" (Расчетно-графическая работа) |

## 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:

| Запланированные результаты обучения по дисциплине   | Вопросы/задания для проверки |
|---|------------------------------|
| 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:

| Запланированные результаты обучения по дисциплине   | Вопросы/задания для проверки       |
|---|------------------------------------|
| Уметь: •Выполнять гидравлический расчет контуров экспериментальных установок, контуров теплоносителей | 1.Уметь применять теорему Бернулли |

|   |                              |
|---|------------------------------|
| Запланированные результаты обучения по дисциплине | Вопросы/задания для проверки |
| тепловых, атомных и термоядерных станций;         |                              |

**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:**

|  |   |
|--|---|
| Запланированные результаты обучения по дисциплине  | Вопросы/задания для проверки  |
| 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:**

|  |                              |
|--|------------------------------|
| Запланированные результаты обучения по дисциплине          | Вопросы/задания для проверки |
| Знать: •аппарат тензорной алгебры применительно к теории и | 1.Вопросы по всей            |

|  |                              |
|--|------------------------------|
| Запланированные результаты обучения по дисциплине  | Вопросы/задания для проверки |
| 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; | 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:**

|   |   |
|---|---|
| Запланированные результаты обучения по дисциплине   | Вопросы/задания для проверки  |
| 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:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине  | Вопросы/задания для проверки  |
|--|-------------------------------|
| 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:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине   | Вопросы/задания для проверки  |
|---|-------------------------------|
| 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:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине  | Вопросы/задания для проверки          |
|--|---------------------------------------|
| 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:**

| Запланированные результаты обучения по дисциплине   | Вопросы/задания для проверки   |
|---|--|
| 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

# 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-1<sub>ОПК-1</sub> Владеет современными экспериментальными методами определения основных теплофизических величин

### Вопросы, задания

1. Классификация моделей жидкости в МЖГ: модели сжимаемой и несжимаемой жидкости; модели вязкой и идеальной жидкости; модели жидкости с постоянными и переменными свойствами.
2. Абсолютное и относительное равновесие. Условия абсолютного равновесия жидкости. Основные законы гидростатики. Закон Паскаля, закон Архимеда. Равновесие жидкости в поле силы тяжести.
3. Система уравнений динамики идеальной жидкости. Уравнение движения в форме Эйлера, различные формы записи, физический смысл слагаемых. Условия однозначности, начальные и граничные условия.
4. Уравнение движения идеальной жидкости в форме Громеки – Лэмба.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Сплошная среда, обладающая свойством текучести, это

Ответы:

- a) плазма
- б) газ
- в) жидкость

Верный ответ: в) жидкость

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

Ответы:

- a) плотности
- б) концентрации
- в) упругости

Верный ответ: а) плотности

3. Закон сохранения массы для движущейся жидкости (газа)

Ответы:

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

Верный ответ: в) Уравнение неразрывности

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>ОПК-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. Способы описания движения среды по Лагранжу и Эйлеру
3. Понятия о траектории частицы и о линии тока. Струи и трубки тока
4. Поступательное, вращательное и деформационное движение жидкой частицы
5. 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.
6. Первая теорема Гельмгольца. Определения вихревого и безвихревого течения жидкости. Особенности вихревого движения. Вихревые линии и трубки, вторая теорема Гельмгольца
7. Уравнение неразрывности, его физический смысл. Уравнение движения жидкости. Силы, действующие в жидкости – массовые и поверхностные.

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. 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

2. Жидкость, при движении которой возникают только нормальные напряжения

Ответы:

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

Верный ответ: в) идеальная жидкость

3. Обычно упругие деформации в жидкости происходят

Ответы:

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

Верный ответ: б) адиабатически

4. 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

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>РПК-1</sub> Обосновывает методику исследования теплофизических свойств веществ

### **Вопросы, задания**

1. Теорема Бернулли, её доказательство и практические применения: анализ течений, трубка Пито – Прандтля, труба Вентури. Движение идеальной сжимаемой жидкости. Обобщенная теорема Бернулли.

### **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*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 («хорошо»)*

*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 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 65*

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

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

### **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**

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

### **Процедура проведения**

Устная беседа по вопросам экзаменационного билета

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

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-1<sub>РПК-1</sub> Обосновывает методику исследования конкретных процессов гидродинамики и теплообмена

### **Вопросы, задания**

- 1.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.
- 2.Число гомотоксности, числа Эйлера, Фруда, Рейнольдса. Роль числа Рейнольдса как критерия режима течения вязкой жидкости. Условия подобия, правила моделирования. Гидравлическое сопротивление при течении вязкой жидкости
- 3.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.
- 4.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.
- 5.Полуэмпирические модели турбулентности. Гипотеза Прандтля о «длине пути перемешивания». Стационарное гидродинамически стабилизированное турбулентное течение в трубе.
- 6.Двухслойная модель Прандтля. Универсальный логарифмический профиль скорости.
- 7.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.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

2.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

3.Течение идеального газа в сопле Лавалля при отсутствии трения является

Ответы:

- а) изоэнтропическим
- б) энтропическим
- в) монотонным

Верный ответ: б) энтропическим

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-2<sub>РПК-1</sub> Обосновывает методику исследования теплофизических свойств веществ

**Вопросы, задания**

1.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.

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1.В начальной части пограничного слоя течение является

Ответы:

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

Верный ответ: б) нелинейным

**3. Компетенция/Индикатор:** ИД-3<sub>РПК-1</sub> Способен к организации лабораторного эксперимента и обработке полученных экспериментальных данных

**Вопросы, задания**

- 1.Потенциалы и функции тока некоторых «элементарных» потоков. Решение методом суперпозиции задачи о поперечном обтекании цилиндра идеальной жидкостью.
- 2.Поле скорости, поле давления. Парадокс Даламбера. Поперечное обтекание с циркуляцией. Формула Жуковского о подъемной силе. Подъемная сила крыла. Постулат Чаплыгина – Жуковского
- 3.Особенности течения вязкой жидкости. Проблема незамкнутости уравнений динамики вязкой жидкости. Гипотезы Стокса.
- 4.Течение на начальном гидродинамическом участке круглой трубы. Решение Тарга. Ламинарный пограничный слой. Понятие пограничного слоя. Уравнения пограничного слоя.
- 5.Пограничный слой при продольном обтекании тонкой пластины (задача Блазиуса). Пограничный слой при наличии продольного градиента давления. Явление отрыва пограничного слоя. Управление пограничным слоем.

**Материалы для проверки остаточных знаний**

1.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

**4. Компетенция/Индикатор:** ИД-4<sub>РПК-1</sub> Владеет методами математического моделирования теплофизических процессов

#### **Вопросы, задания**

1. Определение и особенности плоского течения. Функция тока, её связь с потенциалом скорости. Линии тока и эквипотенциальные линии. Метод суперпозиции.
2. 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

#### **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

#### **II. Описание шкалы оценивания**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*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 («хорошо»)*

*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 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

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

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Работа не выполнена или выполнена преимущественно неправильно

#### **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.