

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**Обнинский институт атомной энергетики –**  
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»  
**(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)**

**ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ**

План одобрен  
Ученым советом ИАТЭ НИЯУ МИФИ  
Протокол № 25.8 от 25.08.2025

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

---

Механика жидкости и газа

для студентов специальности

---

14.05.01 Ядерные реакторы и материалы

---

Специализация «Ядерные реакторы»

Форма обучения: очная

**г. Обнинск**

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цели:

- Усвоение студентами специфических кинематических понятий и образов: объёмного и массового расходов, средней и массовой скорости, трубки тока и вихревой трубки, циркуляции скорости, особенностей кинематики турбулентных течений;
- Сформировать понимание тесной взаимосвязи динамических параметров (давления и сил) с кинематикой и тепловыми процессами;
- Умение использовать конечные соотношения между параметрами, вытекающими из законов сохранения; значение введения модели идеальной жидкости;
- Понимание практической направленности разделов (отдельных задач) дисциплины;
- Понимание значения теории подобия и критериев подобия при постановке экспериментов.

Задачи:

- Понимание физических механизмов, вызывающих гидроудары и скачки уплотнения;
- Понимание значения скорости звука на величины динамических воздействий (в однофазных и двухфазных средах);
- Умение выполнять расчёты простейших классических задач;
- Понимание значения теории пограничного слоя и целей расчёта динамического теплового и диффузионного пограничных слоёв;
- Умение находить подтверждение теоретических положений в процессе выполнения лабораторных работ.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП)

Дисциплина реализуется в рамках обязательной части и относится к естественнонаучному модулю.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Математический анализ», «Аналитическая геометрия», «Линейная алгебра».

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Критерии безопасности и оценка риска».

Дисциплина изучается на 3 курсе в 6 семестре.

## 4. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения ОП обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

| Код компетенции | Наименование компетенции                                                                                                | Код и наименование индикатора достижения компетенции                                                                                                                                            |
|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-2            | Способен к созданию новых методов расчета современных реакторных установок и физических устройств, методов исследования | З-ПК-2 Знать методы исследования и расчета процессов, происходящих в реакторных установках<br>У-ПК-2 Уметь рассчитывать и проводить исследования процессов, протекающих в реакторных установках |

|      |                                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | теплофизических процессов и свойств реакторных материалов и теплоносителей; разработке новых систем преобразования тепловой и ядерной энергии в электрическую, методов и методик оценки количественных характеристик ядерных материалов                | В-ПК-2 Владеть навыками применения информационных технологий при разработке новых установок, материалов и приборов                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
| ПК-3 | Способен использовать фундаментальные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, термодинамики, гидродинамики и теплообмена в объеме достаточном для самостоятельного комбинирования и синтеза идей, творческого самовыражения | 3-ПК-3 Знать основные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, термодинамики, гидродинамики и теплообмена<br>У-ПК-3 Уметь применять основные законы в области физики атомного ядра и частиц, ядерных реакторов, термодинамики, гидродинамики и теплообмена практической деятельности и исследовательской работе<br>В-ПК-3 Владеть навыками анализа, синтеза и нахождения закономерностей при обработке экспериментальных данных |

#### 4. ВОСПИТАТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ДИСЦИПЛИНЫ

| Направление/цели воспитания                   | Задачи воспитания (код)                                                                                                                                                                                           | Воспитательный потенциал дисциплин                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
|-----------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Интеллектуальное воспитание</b>            | - формирование культуры умственного труда ( <b>В11</b> )                                                                                                                                                          | Использование воспитательного потенциала дисциплин гуманитарного, естественнонаучного, общепрофессионального и профессионального модуля для формирования культуры умственного труда посредством вовлечения студентов в учебные исследовательские задания, курсовые работы и др.                                                                                                                                                                 |
| <b>Профессиональное и трудовое воспитание</b> | - формирование глубокого понимания социальной роли профессии, позитивной и активной установки на ценности избранной специальности, ответственного отношения к профессиональной деятельности, труду ( <b>В14</b> ) | 1. Использование воспитательного потенциала дисциплин естественнонаучного и общепрофессионального модуля для:<br>- формирования позитивного отношения к профессии инженера (конструктора, технолога), понимания ее социальной значимости и роли в обществе, стремления следовать нормам профессиональной этики посредством контекстного обучения, решения практико-ориентированных ситуационных задач;<br>- формирования устойчивого интереса к |

|  |                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|--|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  |                                                                                                        | <p>профессиональной деятельности, способности критически, самостоятельно мыслить, понимать значимость профессии посредством осознанного выбора тематики проектов, выполнения проектов с последующей публичной презентацией результатов, в том числе обоснованием их социальной и практической значимости;</p> <p>- формирования навыков командной работы, в том числе реализации различных проектных ролей (лидер, исполнитель, аналитик и пр.) посредством выполнения совместных проектов.</p> <p>2. Использование воспитательного потенциала дисциплины «Экономические и правовые основы медицинской деятельности», «Экономические и правовые основы профессиональной деятельности», «Управление, организация и планирование производства» и др. для:</p> <p>- формирования навыков системного видения роли и значимости выбранной профессии в социально-экономических отношениях через контекстное обучение</p> |
|  | - формирование психологической готовности к профессиональной деятельности по избранной профессии (B15) | <p>Использование воспитательного потенциала дисциплин общепрофессионального модуля для:</p> <p>- формирования устойчивого интереса и мотивации к профессиональной деятельности, потребности в достижении результата, понимания функциональных обязанностей и задач избранной профессиональной деятельности, чувства профессиональной ответственности через выполнение учебных, в том числе практических заданий, требующих строгого соблюдения правил техники безопасности и инструкций по работе с оборудованием в рамках лабораторного практикума.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

**5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

| Вид работы                                     | Форма обучения (вносятся данные по реализуемым формам) |         |
|------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|---------|
|                                                | Очная                                                  | Заочная |
|                                                | Семестр                                                | Курс    |
|                                                | № 6                                                    | №       |
|                                                | Количество часов на вид работы:                        |         |
| Контактная работа обучающихся с преподавателем |                                                        |         |

|                                           |            |  |
|-------------------------------------------|------------|--|
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>         | <b>64</b>  |  |
| В том числе:                              |            |  |
| <i>лекции</i>                             | 32         |  |
| <i>практические занятия</i>               | 16         |  |
| <i>лабораторные занятия</i>               | 16         |  |
| <b>Промежуточная аттестация</b>           |            |  |
| В том числе:                              |            |  |
| <i>зачет</i>                              | -          |  |
| <i>экзамен</i>                            | 36         |  |
| <b>Самостоятельная работа обучающихся</b> | <b>80</b>  |  |
| <b>Всего (часы):</b>                      | <b>180</b> |  |
| <b>Всего (зачетные единицы):</b>          | <b>5</b>   |  |

## 6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

### 6.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

| № п/п | Наименование раздела /темы дисциплины                                                                                        | Виды учебной работы в часах (вносятся данные по реализуемым формам) |    |     |        |     |                        |    |     |        |     |
|-------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|----|-----|--------|-----|------------------------|----|-----|--------|-----|
|       |                                                                                                                              | Очная форма обучения                                                |    |     |        |     | Заочная форма обучения |    |     |        |     |
|       |                                                                                                                              | Лек                                                                 | Пр | Лаб | Внеауд | СРО | Лек                    | Пр | Лаб | Внеауд | СРО |
| 1.    | <b>Название раздела 1</b>                                                                                                    |                                                                     |    |     |        |     |                        |    |     |        |     |
| 1.1.  | Введение Аксиоматика механики жидкости и газа<br>Основные кинематические понятия и образы                                    | 2                                                                   | 2  | -   |        | 10  |                        |    |     |        |     |
| 1.2.  | Закон сохранения массы. Примеры простейших течений. Принцип отвердевания линий тока.                                         | 4                                                                   | 2  |     |        | 10  |                        |    |     |        |     |
| 1.3.  | Закон сохранения импульса и его частные решения для идеальной жидкости. Определение сил на конструкции в покоящейся жидкости | 6                                                                   | 2  | 4   |        | 10  |                        |    |     |        |     |
| 1.4.  | Сопротивление давления при внешнем обтекании, в том числе решётки профилей                                                   | 2                                                                   | 2  | 2   |        | 10  |                        |    |     |        |     |
| 1.5.  | Закон сохранения и превращения энергии<br>Одномерный поток несжимаемой жидкости и газа                                       | 4                                                                   | 4  | 6   |        | 10  |                        |    |     |        |     |
| 1.6.  | Гидравлические сопротивления                                                                                                 | 4                                                                   | 2  | 4   |        | 10  |                        |    |     |        |     |
| 1.7.  | Уравнения движения вязкой жидкости<br>Пограничный слой. Свободный пограничный слой (струи)                                   | 6                                                                   | 2  | -   |        | 10  |                        |    |     |        |     |
| 1.8.  | Теория подобия и физическое моделирование                                                                                    | 4                                                                   | -  | -   |        | 10  |                        |    |     |        |     |
|       | <b>Итого за 6 семестр:</b>                                                                                                   | 32                                                                  | 16 | 16  |        | 80  |                        |    |     |        |     |

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная работа, СРО – самостоятельная работа обучающихся

## 6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

### Лекционный курс

| №    | Наименование раздела /темы дисциплины                                                                | Содержание                                                                                                                                                                                                        |
|------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.   | <b>Название раздела 1</b>                                                                            |                                                                                                                                                                                                                   |
| 1.1. | Введение<br>Аксиоматика МЖГ<br>Основные кинематические понятия и образы                              | Макроподход. Основания для выбора математического аппарата и закона для напряжения<br>Понятия трубки тока и вихревой трубки Расходы, средняя и массовая скорости Циркуляция скорости Эффект взаимодействия вихрей |
| 1.2. | Закон сохранения массы и его следствия<br>Примеры простейших течений Принцип отвердевания линий тока | Уравнение неразрывности движения. Функция тока, потенциал скорости. Характеристическая функция течения<br>Бесциркуляционное и циркуляционное обтекание круглого цилиндра                                          |
| 1.3. | Закон сохранения импульса и его частные решения для идеальной жидкости                               | Уравнения динамики в напряжениях.<br>Интеграл Бернулли и его частные случаи                                                                                                                                       |
| 1.4. | Сопротивление давления при внешнем обтекании                                                         | Сопротивление давления на примере циркуляционного обтекания цилиндра Сопротивление давления в плоской решётке (на лопатку турбины)                                                                                |
| 1.5. | Одномерный поток газа и несжимаемой вязкой жидкости                                                  | Тепловая форма интеграла Бернулли. Изоэнтропические формулы. Уравнение Бернулли для несжимаемой вязкой жидкости                                                                                                   |
| 1.6. | Гидравлические сопротивления                                                                         | Распределение скоростей при ламинарном и турбулентном течении в трубах Потери давления на трение и местные сопротивления                                                                                          |
| 1.7. | Уравнения движения вязкой жидкости. Пограничный слой                                                 | Связь тензора напряжений с тензором скоростей деформаций. Уравнения Навье-Стокса. Уравнения пограничного слоя Л.Прандтля                                                                                          |
| 1.8. | Теория подобия и интегральное соотношение Кармана<br>Физическое моделирование                        | Методика получения критериев подобия. Проблема выполнения нескольких критериев подобия по созданию экспериментальных стендов                                                                                      |

### Практические/семинарские занятия

| №    | Наименование раздела /темы дисциплины    | Содержание                                                                                                                                            |
|------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.   | <b>Название раздела 1</b>                |                                                                                                                                                       |
| 1.1. | Основные кинематические понятия и образы | Определение ускорений Нахождение расхода при ламинарном движении в круглой трубе. Проблема определения расхода при турбулентном течении               |
| 1.2. | Примеры простейших течений               | Нахождение геометрии течения, поля скоростей и расходов по заданной характеристической функции течения<br>Реализация принципа отвердевания линий тока |
| 1.3. | Закон сохранения                         | Расчёт сопротивления давления при обтекании плоской                                                                                                   |

|      |                                                     |                                                                                                                                                                                      |
|------|-----------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|      | импульса и его частные решения                      | пластины и профиля в решётке профилей. Определение сил в покоящейся жидкости.                                                                                                        |
| 1.4. | Одномерный поток газа и несжимаемой вязкой жидкости | Определение критического расхода и расходов через разрыв из объёмов с высоким давлением и температурой Пример расчёта запаса до кавитации                                            |
| 1.5. | Гидравлические сопротивления                        | Методика определения потерь давления по петле первого контура реактора корпусного типа. Определение мощности ГЦН.                                                                    |
| 1.6. | Гидравлические сопротивления                        | Методика профилирования расходов и сопротивлений по ТВС активной зоны.                                                                                                               |
| 1.7. | Пограничный слой                                    | Расчёт ламинарного и турбулентного пограничного слоя на пластине на основе интегрального соотношения Кармана (при однопараметрическом и двухпараметрическом распределении скоростей) |

### Лабораторные занятия

| №    | Наименование раздела /темы дисциплины                                        | Название лабораторной работы                                                                                                                                                                                                                                |
|------|------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.   | <b>Название раздела 1</b>                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                             |
| 1.1. | Закон сохранения импульса и его частные решения                              | Методика измерения скорости при помощи трубки Прандтля и изучение зависимости показаний трубки от угла между её осью и направлением скорости                                                                                                                |
| 1.2. | Сопротивление давления при внешнем обтекании                                 | Сопротивление поперечно обтекаемого пучка труб                                                                                                                                                                                                              |
| 1.3. | Закон сохранения и превращения энергии Одномерный поток несжимаемой жидкости | 3.1.Геометрическая интерпретация уравнения Д. Бернулли<br>3.2.Определение коэффициента расходов при истечении жидкости из малых отверстий и из насадков<br>3.3.Определение максимального повышения давления при прямом и непрямом гидроударе в трубопроводе |
| 1.4. | Гидравлические сопротивления                                                 | 4.1.Определение коэффициента сопротивления трения в канале-имитаторе ячейки твэл<br>4.2.Определение коэффициентов местных сопротивлений при внезапном расширении и внезапном сужении                                                                        |

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Е.Ф.Авдеев Лекции по курсу «Механика жидкости и газа»
2. Е.Ф.Авдеев, Н.Е.Ющенко «Расчёт гидравлических характеристик реакторного контура», учебное пособие по курсу «Механика жидкости и газа», стр.54. Имеется электронная версия.
3. Е.Ф.Авдеев, Сборник задач по курсу «Механика жидкости и газа», Разделы: 1.Гидростатика, стр. 4-7; 2.Кинематика, стр. 12-14; 3.Гидродинамика, стр. 17-27.
4. Е.Ф.Авдеев, Н.Е.Ющенко «Лабораторный практикум по курсу «Механика жидкости и газа», стр.67

## 8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 8.1. Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

| № п/п                                    | Контролируемые разделы (темы) дисциплины  | Индикатор достижения компетенции                 | Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации          |
|------------------------------------------|-------------------------------------------|--------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Текущий контроль, 6 семестр</b>       |                                           |                                                  |                                                                              |
| 1.                                       | основные кинематические понятия и образы  | 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2<br>3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3 | вопросы тестов<br>решение задач у доски                                      |
| 2.                                       | газостатика                               | 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2<br>3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3 | решения текущих домашних задач (по задачику)                                 |
| 3.                                       | одномерный поток газа и двухфазные потоки | 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2<br>3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3 | задачи для контрольной работы (по задачику), индивидуальное домашнее задание |
| 4.                                       | гидравлические сопротивления              | 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2<br>3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3 | отчёты по лабораторным работам                                               |
| 5.                                       | пограничный слой                          | 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2<br>3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3 | расчёт пограничного слоя на пластине. результаты расчётов                    |
| <b>Промежуточный контроль, 6 семестр</b> |                                           |                                                  |                                                                              |
|                                          | <b>ЭКЗАМЕН</b>                            | 3-ПК-2; У-ПК-2; В-ПК-2<br>3-ПК-3; У-ПК-3; В-ПК-3 |                                                                              |
| Всего:                                   |                                           |                                                  |                                                                              |

### 8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

#### 8.2.1. Экзамен

а) типовые вопросы (задания):

вопросы к экзамену по дисциплине «Механика жидкости и газа»:

1. Доказать справедливость закона Паскаля для двух несмешивающихся несжимаемых жидкостей.
2. Объяснить значение основных предположений жидкости – сплошности и легкой подвижности. Получить дифференциальное уравнение неразрывности движения.
3. Найти распределение скоростей по поверхности цилиндра при его безотрывном безциркуляционном обтекании.
4. Рассмотреть взаимодействие вихрей одинаковой интенсивности.
5. Наложением каких простейших течений получают безциркуляционное обтекание круглого цилиндра? Когда применим принцип отвердевания линий тока?
6. Ввести понятие трубки тока; ее основное свойство. Дать выражение для объемного и массового расхода.
7. Проинтегрировать дифференциальные уравнения газостатики и получить основное уравнение гидростатики.
8. Ввести понятие тока; ее кинематический смысл. Найти линии тока по заданной функции тока.
9. Ввести понятие живого сечения и гидравлического радиуса. Доказать основное свойство плавноизменяющихся движений.
10. Найти силу, действующую на наклонную плоскую стенку в покоящейся жидкости.

11. Получить распределение скорости при ламинарном движении в круглой трубе. Как связаны максимальная и средняя скорости?
12. Рассмотреть режимы течения в соплах Лаваля. Как вывести сопло Лаваля на расчетный сверхзвуковой режим?
13. Найти распределение давления во вращающемся вертикальном сосуде, заполненном жидкостью.
14. Ввести вихревой линии и трубки. Почему вихревые трубки не могут заканчиваться в жидкости?
15. Как связаны интенсивность вихревой трубки с циркуляцией скорости? Найти распределение скоростей вне плоского вихря.
16. Получить выражение для силы, действующей на лопатку турбины.

Б) критерии оценивания компетенций (результатов):

15-20 баллов- за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;
- полно раскрывает содержание теоретических вопросов билета;
- умеет увязать теорию и практику при решении задач.

8-14 баллов-за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- сделал всё, что требуется для получения оценки «отлично», однако при этом допустил незначительные неточности при изложении материала, не искажающие содержание ответа по существу вопроса.

1-7 баллов - за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- владеет методологией данной дисциплины, знает определения основных понятий;
- раскрывает содержание не всех теоретических вопросов;
- не всегда умеет увязать теорию и практику при решении задач.

0 баллов за ответ на вопрос выставляется студенту, который:

- имеет пробелы в знаниях основного учебного материала по дисциплине, не может дать чёткого определения основных понятий;
- не умеет решать задачи, и не может разобраться в конкретной ситуации;
- не может успешно продолжать дальнейшее обучение в связи с недостаточным объёмом знаний.

### 8.2.2. Индивидуальное домашнее задание

а) типовые задания - образец:

Тема: Определение мощности ГЦН для проталкивания теплоносителя реактора ВВЭР-1000

Примеры исходных данных индивидуального домашнего задания

#### Вариант №1

Начальные давления в объёме  $P_1=15,8$  МПа,  $P_2=8,7$  МПа, температура  $-288^\circ\text{C}$

Расстояние до места разгерметизации-  $l/d=10$  и  $l/d=3$

Найти удельные расходы (массовые скорости) и скорости для заданных случаев исходных данных

#### Вариант № 2

Начальные давления в объёме  $P_1=16$  МПа и  $P_2=9,8$  МПа, температура  $307^\circ\text{C}$ ,  $l/d=10$ ,  $l/d=3$

в) описание шкалы оценивания:

максимальная сумма баллов за выполнение индивидуального домашнего задания -25 баллов; домашнее задание считается выполненным при получении 15 баллов.

В сумме баллов учитывается подробность изложения, оформления домашнего задания. При сдаче домашнего задания. При сдаче домашнего задания не в установленный срок, понижающий коэффициент 0,8; то есть максимальное количество баллов будет -20.

### 8.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Рейтинговая оценка знаний является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков студентов по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации.

Текущий контроль в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы студентов.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущий контроль осуществляется два раза в семестр: контрольная точка № 1 (**КТ № 1**) и контрольная точка № 2 (**КТ № 2**).

Результаты текущего контроля и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

| Вид контроля               | Этап рейтинговой системы<br>Оценочное средство | Балл    |          |
|----------------------------|------------------------------------------------|---------|----------|
|                            |                                                | Минимум | Максимум |
| Текущий                    | <b>Контрольная точка № 1</b>                   | 21      | 35       |
|                            | Оценочное средство № 1.1 (отчёты)              | 11      | 15       |
|                            | Оценочное средство № 1.2 (отчёты)              | 10      | 20       |
|                            |                                                |         |          |
|                            |                                                |         |          |
|                            | <b>Контрольная точка № 2</b>                   | 15      | 25       |
|                            | Оценочное средство № 2.1 (ИДЗ)                 | 7       | 10       |
|                            | Оценочное средство № 2.2 (ИДЗ)                 | 8       | 15       |
|                            |                                                |         |          |
|                            |                                                |         |          |
| Промежуточный              | <b>Экзамен</b>                                 | 25      | 40       |
|                            | Оценочное средство (вопросы билетов)           |         |          |
|                            |                                                |         |          |
| <b>ИТОГО по дисциплине</b> |                                                | 60      | 100      |

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания:

включают в себя следующие основные элементы:

- оценивание: проводится на 8 и 14 неделях;
- оценивание проводит преподаватель, ведущий лабораторные работы и практические занятия;
- задания предъявляются в виде отчётов по лабораторным работам в письменном виде;

Процедура оценивания знаний, умений, владений по дисциплине включает учет успешности по всем видам заявленных оценочных средств.

Тесты по разделам проводятся на практических занятиях и включают вопросы по предыдущему разделу. Тестирование проводится с помощью СЭО «Пегас». Баллы формируются автоматической системой, переводятся в систему оценок преподавателем в соответствии с утвержденной шкалой оценивания.

Устный опрос проводится на каждом практическом занятии и затрагивает как тематику прошедшего занятия, так и лекционный материал. Применяется оценивание преподавателем.

По окончании освоения дисциплины проводится промежуточная аттестация в виде зачета, что позволяет оценить совокупность приобретенных в процессе обучения компетенций. При выставлении итоговой оценки применяется балльно-рейтинговая система оценки результатов

обучения.

Зачет предназначен для оценки работы обучающегося в течение всего срока изучения дисциплины и призван выявить уровень, прочность и систематичность полученных обучающимся теоретических знаний и умений приводить примеры практического использования знаний (например, применять их в решении практических задач), приобретения навыков самостоятельной работы, развития творческого мышления.

Оценка сформированности компетенций на зачете для тех обучающихся, которые пропускали занятия и не участвовали в проверке компетенций во время изучения дисциплины, проводится после индивидуального собеседования с преподавателем по пропущенным или не усвоенным обучающимся темам с последующей оценкой самостоятельно усвоенных знаний на зачете.

#### 8.4. Шкала оценки образовательных достижений

Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущей и промежуточной аттестации

| Сумма баллов | Оценка по 4-х балльной шкале                  | Оценка ECTS | Требования к уровню освоения учебной дисциплины                                                                                                                                                                                                                                                            |
|--------------|-----------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 90-100       | 5- «отлично»/<br>«зачтено»                    | A           | Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы                                     |
| 85-89        | 4 - «хорошо»/<br>«зачтено»                    | B           | Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос                                                                                                                                         |
| 75-84        |                                               | C           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 70-74        |                                               | D           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 65-69        | 3 -<br>«удовлетворительно»/<br>«зачтено»      | E           | Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала                                        |
| 60-64        |                                               |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| 0-59         | 2 -<br>«неудовлетворительно»/<br>«не зачтено» | F           | Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине |

#### 9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

##### а) основная учебная литература:

1. Л.Г.Лойцянский. *Механика жидкости и газа*. М.: Дрофа, -2003 г.

2. *Механика жидкости и газа. Под редакцией В.С.Швыдкого 2-е издание, ИКЦ «Академкнига», М.: 2003 г.*
3. *П.Л.Кириллов, Ю.С.Юрьев. Гидродинамические расчёты. -М.: ИздАТ-2009 г., 214 с.*
4. *Е.Ф.Авдеев, Н.Е.Ющенко. Расчёт гидравлических характеристик реакторного контура (учебное пособие). Обнинск, ИАТЭ, 2008 (имеется в библиотеке ИАТЭ, размножено в 2015 г.)*
5. *Е.Ф.Авдеев, Н.Е.Ющенко. Лабораторный практикум по курсу «Механика жидкости и газа», Обнинск, ИАТЭ, 2007 г.*
6. *А.А.Александров, Б.А.Григорьев. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара. -М.: МЭИ, 1999 г.*

**б) дополнительная учебная литература:**

1. *Г.Шлихтинг. Теория пограничного слоя (перевод с немецкого), 5-ое издание. -М.: Наука, 1989 г.*
2. *Б.Т.Емцев, «Техническая гидромеханика», -М.: Машиностроение, 1987 г.*
3. *Г.С.Самойлович. Гидродинамика. -М.Машиностроение, 1990 г.*
4. *Н.З.Френкель. Гидравлика. Госэнергиздат. -М.-Л.: 1956, 456 с.*
5. *Е.Ф.Авдеев. Сборник задач по курсу «Механика жидкости и газа». -Обнинск, ИАТЭ, 1993 г.*
6. *Н.Е.Идельчик. Справочник по гидравлическим сопротивлениям. -М.: Машиностроение, 1995 г.*

**10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» (ДАЛЕЕ - СЕТЬ «ИНТЕРНЕТ»), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Энциклопедия атома Росатом-корпорация знаний ([http://www.rosatom.ru/journalist/videogallery/enciklopedia\\_atoma/def\\_Document](http://www.rosatom.ru/journalist/videogallery/enciklopedia_atoma/def_Document) Режим доступа: 29.05.2014)
2. Росатом-корпорация знаний (<https://www.youtube.com/user/MirnyAtom> Режим доступа: 29.05.2017 г.)
3. E-learning for Nuclear Newcomers (<http://www.iaea.org/NuclearPower/Infrastructure/elearning/index.html> Режим доступа: 29.05.2014)

**11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Планомерная организация последовательности различных видов аудиторных занятий (лекций и практических занятий) в сочетании с внеаудиторной работой студента. При изложении разделов (тем) указание на связь с учебным материалом других дисциплин учебного плана, а также практическими приложениями к технологии жидкометаллических теплоносителей. Систематические индивидуальные консультации. Стимулирование использования в процессе обучения компьютерной техники и информационных технологий.

| Вид учебных занятий | Организация деятельности студента                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лекция              | Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии. |

|                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Практические занятия            | При подготовки к практическим занятиям повторить основные понятия по темам лекционных занятий задания. Решая поставленные задания, предварительно понять, какой теоретический материал нужно изучить. При возникновении трудностей с решением или пониманием сформулировать и задач вопросы преподавателю                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
| Лабораторные занятия            | При подготовке к лабораторным работам следует ознакомиться с методическими руководствами по работе с изучаемыми программными комплексами. Важно внимательно ознакомиться с функционалом и возможностями данных комплексов. При защите лабораторных работ важно детально разбираться в теоретических аспектах ПК.                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
| Доклад                          | Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Ознакомиться со структурой и оформлением доклада.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
| Реферат                         | Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Коллоквиум                      | Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам и др.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| Индивидуальное домашнее задание | При выполнении индивидуальных заданий необходимо сначала прочитать теорию и изучить примеры по каждой теме. Решая конкретную задачу, предварительно следует понять, что требуется от Вас в данном случае, какой теоретический материал нужно использовать, наметить общую схему решения. Если Вы решали задачу «по образцу» рассмотренного на аудиторном занятии или в методическом пособии примера, то желательно после этого обдумать процесс решения и попробовать решить аналогичную задачу самостоятельно.                                                                                                |
| Подготовка к зачету             | При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, перечень ресурсов сети интернет. Дополнительно к изучению конспектов лекций необходимо пользоваться учебниками по ядерным технологиям. Вместо «заучивания» материала важно добиться понимания изучаемых тем дисциплины. При подготовке к зачету нужно освоить теорию: разобрать определения всех понятий, рассмотреть примеры и самостоятельно решить несколько типовых задач из каждой темы. При решении задач всегда необходимо комментировать свои действия и не забывать о содержательной интерпретации. |
| Подготовка к экзамену           | При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, задачи практических занятий, рекомендуемую литературу и интернет источники. Вместо «заучивания» материала важно добиться понимания изучаемой дисциплины.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

## **12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)**

### **12.1. Перечень информационных технологий:**

1. Показ теневых фотографий из альбома течений жидкости и газа
2. Использование натуральных элементов ТВС реакторов (твэлов, дистанционирующих решёток и т. д.) из имеющихся на кафедре
3. Интерактивное общение с помощью программы Skype

- 4.Использование слайд-презентаций на лекциях
- 5.Показ оборудования и измерительных приборов стендов «МИР» и «Циркуляционная петля»

### **13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Учебные аудитории на 250 и 30 мест с мультимедийным оборудованием, программное обеспечение для компьютерных презентаций. Доска.
2. Первичные датчики измерения локальных, средних скоростей

### **14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ**

#### **14.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

| <b>№<br/>пп</b> | <b>Наименование<br/>темы дисциплины</b> | <b>Вид занятий<br/>(лекция,<br/>семинары,<br/>практические<br/>занятия)</b> | <b>Количество<br/>ак. ч.</b> | <b>Наименование активных и<br/>интерактивных форм проведения<br/>занятий</b>                                                                 |
|-----------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1               | Механика жидкости<br>и газа             | Лекция,<br>практические<br>занятия,<br>семинары                             |                              | Лекция-беседа, привлечение<br>внимания студентов к практической<br>значимости вопросов темы                                                  |
| 2               | Механика жидкости<br>и газа             | Лекция,<br>практические<br>занятия,<br>семинары                             |                              | Содержание и темп изложения<br>учитывает особенность<br>подготовленности аудитории<br>студентов                                              |
| 3               | Механика жидкости<br>и газа             | Лекция,<br>практические<br>занятия,<br>семинары                             |                              | Технология активного обучения<br>(предполагает постановку и<br>получение ответа студентов на<br>вопросы, смежные с излагаемым<br>материалом) |
| ....            |                                         |                                                                             |                              |                                                                                                                                              |

#### **14.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки:**

##### **Темы для самостоятельных занятий:**

1. Различные представления полного ускорения
2. Эффекты взаимодействия вихрей
3. Выполнение закона Паскаля для двух несмешивающихся жидкостей
4. Вывод зависимостей для сил, действующих на плоские и криволинейные поверхности в покоящейся жидкости
5. Определение силы, действующей на профиль в решётке профилей
6. Физическое обоснование увеличения расходов через насадки; определение запаса до кавитации

7. Эмпирические методы расчёта турбулентного пограничного слоя на гидравлически гладкой и шероховатой пластине

### **Вопросы для самоконтроля:**

Физическое отличие турбулентных течений от ламинарных

1. Причины и суть кризиса сопротивления плохо обтекаемых тел
2. Обоснование движения жидкости из области с низким давлением в трубопроводе в область с высоким давлением
3. Особенности кинематики турбулентных течений
4. Характер зависимости скорости звука от паро(газо)содержания
5. Связь давления и скорости вдоль линии тока и при пересечении линий тока в вихрях
6. Природа местных сопротивлений и сопротивления трения в каналах, сопротивления давления и индуктивного сопротивления-при внешнем обтекании тел

### **14.3. Краткий терминологический словарь:**

Линия тока, трубка тока, вихревая трубка, объёмный и массовый расход, средняя и массовые скорости, сопротивление давления, потери давления, пограничный слой.

## **15. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ**

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

**Для лиц с нарушением слуха** возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а также, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний студентов на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.)

С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае студент предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете может быть увеличено.

**Для лиц с нарушением зрения** допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а также использование на лекциях

звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь.

Оценка знаний студентов на семинарских занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межэтнического взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

**Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата** не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия студент может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия студент должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем студент в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае зачет сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения). Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.

Программу составил:

\_\_\_\_\_ Е.Ф.Авдеев, доцент, к.т.н., доцент

Рецензент:

\_\_\_\_\_ Ю.С.Юрьев, профессор, д.т.н., профессор