**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**



федеральное государственное автономное образовательное

учреждение высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**

**ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

|  |  |
| --- | --- |
|  | **УТВЕРЖДАЮ**  Директор ЭНИН  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ В.М. Завьялов  «\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2014 г. |

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

**МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПЛАЗМЫ**

основная образовательная программа подготовки аспиранта

по направлению 01.06.01 Математика и механика

Уровень высшего образования

подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре

ТОМСК 2014 г.

**Предисловие**

### Рабочая программа составлена на основании федеральных государственных образовательных стандартов к основной образовательной программе высшего образования подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре по направлению 01.06.01 Математика и механика

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА РАССМОТРЕНА И ОДОБРЕНА на заседании обеспечивающей кафедры ТПТ ЭНИН протокол № \_\_\_\_от \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2014 г.

Научный руководитель программы

аспирантской подготовки Г.В. Кузнецов

1. Программа СОГЛАСОВАНА с институтами, факультетами, выпускающими кафедрами специальности; СООТВЕТСТВУЕТ действующему плану.

Зав. обеспечивающей кафедрой ТПТ Г.В. Кузнецов

# ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

# Рассматриваемая дисциплина является основной в подготовке аспирантов, обучающихся по профилю 01.02.05 Механика жидкости, газа и плазмы.

Целями изучения дисциплины является;

* формирование у аспирантов углубленных профессиональных знаний, на основе которых строятся общеобразовательная, общая технико-математическая и специальная подготовка аспирантов и привитие навыков освоения всего нового, с чем приходится сталкиваться в ходе дальнейшей деятельности.

1. **МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП**

2.1. Учебная дисциплина «Механика жидкости, газа и плазмы» входит в вариативную частьмеждисциплинарный профессиональный модуль ООП.

2.2. Данная программа строится на преемственности программ в системе высшего образования и предназначена для аспирантов ТПУ, прошедших обучение по программе подготовки магистров, прослушавших соответствующие курсы и имея по ним положительные оценки. Она основывается на положениях, отраженных учебных программах указанных уровней. Для освоения дисциплины «Механика жидкости, газа и плазмы» требуются:

***знать:***

* основные законы механики жидких и газообразных сред;
* модели течения жидкости, газа и плазмы.

***владеть:***

* методами расчета жидких и газовых потоков;
* приемами постановки инженерных задач для решения их коллективом специалистов различных направлений;

***иметь представление:***

* о теории подобия и размерности в процессах движения жидкости и газа;
* об основах моделирования гидромеханических явлениях;
* об экологических задачах в потоках жидкости и газа;

***иметь опыт:***

* использования математических моделей гидромеханических явлений и процессов для расчетов на ЭВМ;
* проведения гидромеханических экспериментов в лабораторных условиях.

2.3. Дисциплина « Механика жидкости, газа и плазмы» необходима при подготовке выпускной квалификационной работы аспиранта и подготовке к сдаче кандидатского экзамена.

1. **ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

Процесс изучения дисциплины « Механика жидкости, газа и плазмы» направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ООП по направлению подготовки Математика и механика:

1. ***Универсальных компетенций:***
   * способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1);
   * способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);
   * готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач (УК-3);
   * готовность использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках (УК-4);
   * способность следовать этическим нормам в профессиональной деятельности (УК-5);
   * способность планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития (УК-6).
2. ***Общепрофессиональных компетенций:***

* владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
* владением культурой научного исследования в том числе, с использованием новейших информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
* способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);
* готовностью организовать работу исследовательского коллектива в профессиональной деятельности (ОПК-4);
* готовностью к преподавательской деятельности по основным образовательным про-граммам высшего образования (ОПК-5).

1. ***Профессиональных компетенций:***

* углубленное изучение теоретических и методологических основ проектирования, эксплуатации и развития технических систем и технологий на базе потоков жидкости, газа и плазмы (ПК-1);
* способностью ставить и решать инновационные задачи,связанные с разработкой методов и технических средств на базе потоков жидкости, газа и плазмы с использованием глубоких фундаментальных и специальных знаний, аналитических методов и сложных моделей (ПК-2);
* умением проводить анализ, самостоятельно ставить задачу исследования наиболее актуальных проблем, грамотно планировать эксперимент и осуществлять его на практике (ПК-3);
* умением работать с аппаратурой, выполненной на базе микропроцессорной техники и персональных компьютеров для решения практических задач (ПК-4).

По окончании изучения дисциплины аспиранты должны будут:***знать:***

* современные достижения науки и передовые технологии в области механики жидкости, газа и плазмы;
* технические системы и технологии на базе потоков жидкости, газа и плазмы;

***уметь:***

* оценивать перспективные направления развития технических систем и технологий на базе потоков жидкости, газа и плазмы;
* применять современные методы и средства исследования для решения конкретных задач развития технических систем и технологий на базе потоков жидкости, газа и плазмы;
* оценивать эффективность систем управления технологическими процессами на базе потоков жидкости, газа и плазмы;
* устанавливать причины снижения качества технических систем и технологий на базе потоков жидкости, газа и плазмы;
* проводить работы по моделированию технических систем и технологий на базе потоков жидкости, газа и плазмы;

***иметь опыт:***

* планирования процессов решения научно-технических задач;
* анализа работы технических средств управления режимами работы технических систем и технологий на базе потоков жидкости, газа и плазмы;
* работы с системами автоматизированного проектирования технических систем и технологий на базе потоков жидкости, газа и плазмы;
* разработки мероприятий по энергосбережению и повышению качества технических систем и технологий на базе потоков жидкости, газа и плазмы;
* анализа работы технических систем и технологий на базе потоков жидкости, газа и плазмы;
* работы с программно-аппаратными средствами моделирования технических систем и технологий на базе потоков жидкости, газа и плазмы.

1. **СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**
   1. **Разделы дисциплины и виды занятий**

Приводимая ниже таблица показывает вариант распределения бюджета учебного времени, отводимого на освоение основных модулей предлагаемого курса согласно учебному плану в 3 и 4 семестрах.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Наименование разделов и тем | | | Трудоемкость (в ЗЕТ) | Всего учебных занятий  (в часах) | Всего учебных занятий  (в часах) | | | | | |
| лекции | семинары | | самостоятельная работа занятия | | экзамен |
| 1 | | |  | 2 | 3 | 4 | | 5 | | 6 |
|  | | **Раздел 1.** | | | | | | | | |
| Основные понятия и уравнения гидродинамики невязкой несжимаемой жидкости | | |  | 46 |  | | 9 | 37 | |  |
|  | | **Раздел 2.** | | | | | | | | |
| **Двумерные безвихревые течения несжимаемой жидкости** | | |  | 34 |  | | 6 | 28 | |  |
|  | | **Раздел 3.** | | | | | | | | |
| **Вихревые движения идеальной жидкости** | | |  | 46 |  | | 9 | 37 | |  |
|  | | **Раздел 4.** | | | | | | | | |
| **Движение вязкой несжимаемой жидкости** | | |  | 46 |  | | 9 | | 37 |  |
|  | **Раздел 5.** | |  |  |  | |  | |  |  |
| **Гидродинамическая устойчивость** | | |  | 48 |  | | 12 | | 36 |  |
|  | **Раздел 6.** | |  |  |  | |  | |  |  |
| **Аэродинамика больших скоростей** | | |  | 56 |  | | 15 | | 41 |  |
|  | **Раздел 7.** | |  |  |  | |  | |  |  |
| **Пограничный слой и теплопередача** | | |  | 48 |  | | 12 | | 36 |  |
| **Всего по курсу** | | | **9** | **324** |  | | **72** | | **252** |  |

**4.2.** **Содержание разделов и тем**

**Раздел 1.**

Понятие жидкой частицы и определение основных гидродинамических переменных. Два подхода к описанию движений жидкости: переменные Эйлера и Лагранжа. Поле течения и связанные с ним понятия. Линии тока и траектории частиц жидкости. Циркуляция скорости. Вихрь, вихревые линии, поле завихренности.

Уравнения гидродинамики (неразрывность и количество движения) в переменных Эйлера и их различные формы. Интегралы Бернулли и Коши-Лагранжа, примеры их приложений. Потенциальные движения, уравнение для потенциала скорости. Основные свойства потенциальных течений.

Постановка задачи о движении тела в идеальной жидкости. Начальные и граничные условия. Применение теоремы количества движения.

**Раздел 2.**

Плоские безвихревые течения. Потенциал скорости и функция тока. Связь с теорией функций комплексного переменного. Простейшие примеры течений: источники и стоки, диполи, дискретные вихри.

Математическая постановка задачи обтекания тела установившимся потоком жидкости. Движение кругового цилиндра. Гидродинамические силы в общем случае установившегося обтекания плоского контура: формулы Блазиуса-Чаплыгина и Жуковского.

Метод конформных преобразований. Течение в окрестности острых кромок. Условие Жуковского и его роль в теории крыла. Подсасывающая сила на передней кромке.

Обтекание с отрывом струй. Метод Кирхгофа. Течение около пластины перпендикулярной потоку. Сопротивление.

Течение с осевой симметрией. Функция тока Стокса. Обтекание сферы. Нестационарное движение сферы, ее сопротивление и присоединенная масса. Ме-тод источников и стоков. Теория трехмерных течений около тонких тел под углом атаки.

**Раздел 3.**

Вихрь и циркуляция. Поле вихрей. Теоремы о сохранении вихревых линий. Определение поля скоростей по заданному распределению завихренности. Закон Био и Савара.

Системы вихрей. Вихревые слои. Крыло конечного размаха. Индуктивное сопротивление.

Плоские и осесимметричные вихревые течения. Уравнения для функции тока.

**Раздел 4.**

Понятие вязкой жидкости. Деформация жидкой частицы. Тензор напряжений. Вывод уравнений Навье-Стокса, их различные формы. Уравнение Гельмгольца и описание вязких течений в терминах завихренности.

Законы подобия. Число Рейнольдса. Примеры точных решений уравнений Навье-Стокса.

Вязкие течения жидкости при больших числах Рейнольдса. Общая характеристика таких течений. Математическая постановка задачи обтекания тел при больших числах Рейнольдса. Понятие пограничного слоя.

Теория пограничного слоя. Вывод уравнений Прандтля. Начальные и граничные условия. Примеры течений. Явление отрыва пограничного слоя и его связь с сопротивлением.

Общие соображения о течении вязкой жидкости при малых числах Рейнольдса. Формула Стокса для сопротивления сферы.

Развитая турбулентность. Теория и уравнения Рейнольдса. Турбулентные напряжения. Использование методов теории подобия и размерностей для получения автомодельных решений задачи о турбулентных струях и о смешении потоков.

Турбулентное течение вблизи твердой стенки. Логарифмический закон для профиля скорости. Отрыв турбулентного пограничного слоя и кризис сопротивления.

**Раздел 5.**

Понятие гидродинамической устойчивости. Метод возмущений. Уравнение Орра-Зоммерфельда.

Неустойчивость контактного разрыва в невязкой несжимаемой жидкости.

Качественный анализ неустойчивости течения Куэтта в системе вращающихся цилиндров

**Раздел 6.**

Уравнения газодинамики вихревых и потенциальных течений. Интеграл Бернулли. Сжимаемость. Скорость звука и критическая скорость. Изоэнтропические и изоэнергетические течения. Теорема Крокко. Линеаризированная теория. Метод особенностей в аэродинамике.

Дозвуковая аэродинамика. Влияние сжимаемости на обтекание тонких профилей, крыльев, тел вращения. Формулы Прандтля-Глауэрта и Кармана-Цзяна. Метод годографа. Уравнения Чаплыгина, Струйные течения газа.

Трансзвуковая аэродинамика. Критическое число Маха. Обтекание тонких тел. Уравнение Кармана. Околозвуковое подобие. Принцип эквивалентности и правило площадей Уиткомба.

Сверхзвуковая аэродинамика. Характеристики. Течение Прандтля-Майера. Скачки уплотнения. Соотношения Рэнкина-Гюгонио. Обтекание клина и конуса. Первое и второе приближения в теории тонкого профиля. Волновое сопротивление. Оптимальные формы профилей и тел вращения. Полезная интерференция. Биплан Буземана.

Гиперзвуковая аэродинамика. Гиперзвуковая стабилизация. Приближенные формулы Ньютона и Ньютона-Буземана. Закон плоских сечений и правило полос для тонких тел. Законы подобия. Автомодельные решения. Обтекание тел с малым затуплением. Аналогия с задачей о взрыве.

**Раздел 7.**

Уравнения движения вязкой сжимаемой жидкости. Связь между тензорами напряжений и скоростей деформаций. Уравнение баланса энергии. Уравнение состояния и зависимости переносных свойств от термодинамических параметров. Основные параметры и законы подобия.

Особенности физической картины течения вязкой жидкости при больших числах Рейнольдса. Вывод уравнений пограничного слоя из качественных физических соображений.

Уравнения пограничного слоя в переменных Дородницына-Лиза. Автомодельные решения. Пограничный слой на плоской пластине и в критической точке. Сопротивление трения. Температурный пограничный слой и теплопередача. Аналогия Рейнольдса. Температура теплоизолированного тела.

Турбулентный пограничный слой. Полуэмпирические методы расчета. Сопротивление трения и теплопередача.

1. **ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ**

Технология процесса обучения по дисциплине «Механика жидкости, газа и плазмы» включает в себя следующие образовательные мероприятия:

а) аудиторные занятия (лекционно-семинарская форма обучения);

б) самостоятельная работа студентов;

г) контрольные мероприятия в процессе обучения и по его окончанию;

д) зачет в 3 семестре; экзамен в 4 семестре. В учебном процессе используются как активные, так и интерактивные формы проведения занятий: дискуссия, метод поиска быстрых решений в группе, мозговой штурм.

Аудиторные занятия проводятся в интерактивной форме с использованием мультимедийного обеспечения (ноутбук, проектор) и технологии проблемного обучения.

Презентации позволяют качественно иллюстрировать практические занятия схемами, формулами, чертежами, рисунками. Кроме того, презентации позволяют четко структурировать материал занятия.

Электронная презентация позволяет отобразить процессы в динамике, что позволяет улучшить восприятие материала.

Самостоятельная работа организована в соответствие с технологией проблемного обучения и предполагает следующие формы активности:

* самостоятельная проработка учебно-проблемных задач, выполняемая с привлечением основной и дополнительной литературы;
* поиск научно-технической информации в открытых источниках с целью анализа и выявления ключевых особенностей.

Основные аспекты применяемой технологии проблемного обучения:

* постановка проблемных задач отвечает целям освоения дисциплины «Механика жидкости, газа и плазмы» и формирует необходимые компетенции;
* решаемые проблемные задачи стимулируют познавательную деятельность и научно-исследовательскую активность аспирантов.

1. **ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ**

Цель контроля - получение информации о результатах обучения и степени их соответствия результатам обучения.**6.1. Текущий контроль**

Текущий контроль успеваемости, т.е. проверка усвоения учебного материала, регулярно осуществляемая на протяжении семестра. Текущий контроль знаний учащихся организован как устный групповой опрос (УГО).

Текущая самостоятельная работа студента направлена на углубление и закрепление знаний, и развитие практических умений аспиранта.

**6.2. Промежуточная аттестация**

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра и завершает изучение дисциплины «Механика жидкости, газа и плазмы». Форма аттестации – кандидатский экзамен в письменной или устной форме. Кандидатский экзамен проводится в 4 семестре.

Экзаменационный билет состоит из трех теоретических вопросов, тематика которых представлена в программе кандидатского экзамена.

На кандидатском экзамене аспирант должен продемонстрировать высокий научный уровень и научные знания по дисциплине «Механика жидкости, газа и плазмы».

**6.3. Список вопросов для проведения текущего контроля и устного опроса обучающихся:**

1. Реологические законы поведения текучих однородных и многофазных сред при механических и других воздействиях.
2. Гидравлические модели и приближенные методы расчетов течений в водоемах, технологических устройствах, и энергетических установках.
3. Ламинарные и турбулентные течения.
4. Течения сжимаемых сред и ударные волны.
5. Динамика разряженных газов и молекулярная газодинамика.
6. Течения многофазных сред (газожидкостные потоки, пузырьковые среды, газовзвеси, аэрозоли, суспензии и эмульсии).
7. Фильтрация жидкостей и газов в пористых средах.
8. Физико-химическая гидромеханика (течения с химическими реакциями, горением, детонацией, фазовыми переходами, при наличии излучения и др.).
9. Аэродинамика и теплообмен летательных аппаратов.
10. Гидромеханика плавающих тел.
11. Пограничные слои, слои смешения, течения в среде.
12. Струйные течения. Кавитация в капельных жидкостях.
13. Гидродинамическая устойчивость.
14. Линейные и нелинейные волны в жидкостях и газах.
15. Тепломассоперенос в газах и жидкостях.
16. Гидромеханика сред, взаимодействующих с электромагнитным полем. Динамика плазмы.
17. Экспериментальные методы исследования динамических процессов в жидкостях и газах.
18. Аналитические, асимптотические и численные методы исследования уравнений кинетических и континуальных моделей однородных и многофазных сред (конечно-разностные, спектральные, методы конечного объема, методы прямого моделирования и др.).
19. Гидродинамические модели природных процессов и экосистем.
20. **УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Основная литература**

5. Бендерский Б.Я. Аэрогидрогазодинамика. – Ижевск, 2012. – 500 с.

6. Липанов А.М. Теоретическая гидромеханика ньютоновских сред. – М.: Наука, 2011. – 551 с.

**Дополнительная литература**

1. Лойцянский Л.Г. Механика жидкостей и газа. -М.:Наука, 1973.

2. Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. -М.: Наука, 1974.

3. Повх И.Л. Теоретическая гидромеханика. - М.: Машиностроение, 1969. - 502 с.

1. Дейч М.Е., Зарянкин А.Е. Гидрогазодинамика. - Атомиздат, 1984 .

2.Павленко В.Г. Основы механики жидкости.-Л.: Судостроение,1988. - 240 с.

3. Соколов Ю.Н. Работа лопастной машины в сети. - Томск, ТПИ, 1976.

4. Сборник задач по машиностроительной гидравлике под редакцией Куколевского М.И., Подвиза Л.Г. -М.: Машиностроение, 1972.

**МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

**УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

1. Компьютерные классы с пакетами прикладных программ

2. Учебные лаборатории по разделам федеральной компоненты курса.

3. Научно-исследовательские лаборатории по региональной и вузовской компонентам курса.