

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДАЮ:
Декан
Л. В. Гензе

Рабочая программа дисциплины

Компьютерный практикум по механике с применением пакета ANSYS Fluent

по направлению подготовки

01.04.03 Механика и математическое моделирование

Направленность (профиль) подготовки:
Механика жидкости, газа и нефтегазотранспортных систем

Форма обучения
Очная

Квалификация
Магистр

Год приема
2024, 2025

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
А.М. Бубенчиков

Председатель УМК
Е.А. Тарасов

Томск – 2024

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-2 Способен разрабатывать и применять новые методы математического моделирования в научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности.

ОПК-4 Способен использовать и создавать эффективные программные средства для решения задач механики.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 2.1 Анализирует математические модели для решения задач в научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности.

ИОПК 2.2 Применяет возможности пакетов математических вычислений для задач механики и математического моделирования и обоснованно выбирает средства этих пакетов для решения поставленной задачи.

ИОПК 2.3 Применяет разнообразный математический аппарат на основе сочетания различных методов для описания и анализа физических и математических моделей в процессе научно-исследовательской и опытно-конструкторской деятельности.

ИОПК 4.3 Использует различные пакеты программных комплексов вычислительной механики, в том числе для проведения вычислительных экспериментов.

2. Задачи освоения дисциплины

– Знание основных этапов численного моделирования задач механики жидкости и газа с использованием современных пакетов вычислительной гидромеханики, а также основные математические модели жидких сред, используемые в пакете ANSYS FLUENT.

- Умение создавать геометрию произвольной расчетной области, строить сетки в этих областях и оценивать их качество, выбирать математическую модель решения задачи о течении жидкости или газа и задавать её параметры в пакете ANSYS FLUENT, выбирать численный метод решения задачи, управлять процессом расчета в пакете FLUENT, анализировать и представлять результаты расчетов в пакете FLUENT, а также экспортировать результаты в другие программы обработки, использовать полученные знания в своей профессиональной деятельности.

- Владение способами построения двумерных и трёхмерных областей в пакете GAMBIT, способами построения сеток и оценкой их качества в пакете GAMBIT, навыками решения наиболее распространённых типов задач механики жидкости и газа в пакете FLUENT, способами представления результатов расчёта.

– Научиться применять средства пакета ANSYS FLUENT для численного решения практических задач механики жидкости и газа в профессиональной деятельности.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплина (модули)».

Дисциплина относится к обязательной части образовательной программы.

4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине

Первый семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 часов, из которых:

-практические занятия: 64 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Введение.

Этапы решения задач гидродинамики. Основные характеристики течений жидкости и газа.

Тема 2. Математическое моделирования течений жидкости

Основные математические понятия, используемые при моделировании течений жидкости.

Тема 3. Система уравнений гидродинамики

Математические модели жидкости, используемые при решении задач гидродинамики. Постановка задач гидродинамики: классы задач и типы граничных условий.

Тема 4. Основные понятия численного решения уравнений гидродинамики

Методы дискретизации расчётной области и обзор методов численного решения уравнений гидродинамики.

Тема 5. Геометрический пакет GAMBIT.

Знакомство с геометрическим пакетом GAMBIT. Построение геометрических объектов в пакете GAMBIT. Построение и анализ сеток в пакете GAMBIT.

Тема 6. Знакомство с пакетом FLUENT.

Интерфейс пакета. Порядок работы. Этапы решения задач вычислительной гидродинамики в пакете FLUENT

Тема 7. Расчет нестационарного теплового поля в покоящейся среде.

Решение нестационарной задачи о распространении тепла в твёрдом теле.

Тема 8. Модель вязкой несжимаемой жидкости.

Решение задачи о стационарном ламинарном течении вязкой несжимаемой жидкости в канале.

Тема 9. Конвективный теплообмен при течении в канале.

Задача теплообмена при ламинарном течении несжимаемой жидкости в канале.

Тема 10. Модели турбулентного течения, используемые в пакете FLUENT.

Решение задачи турбулентного течения и теплообмена несжимаемой жидкости в канале.

Тема 11. Сопряженный конвективный теплообмен.

Постановка задач. Решение задачи о сопряженном конвективном теплообмене несжимаемой жидкости в круглой трубе.

Тема 12. Моделирование свободно-конвективных течений.

Модели течений при наличии свободной конвекции. Решение задач о свободно-конвективном течении от нагретого источника в ламинарном и турбулентном режиме.

Тема 13. Моделирование транс- и сверхзвуковых течений сжимаемой жидкости. Модель течений. Решение задачи о трансзвуковом течении в сопле Лавалия как в невязкой постановке, так и с учетом турбулентного пограничного слоя.

Тема 14. Расчет трехмерных течений.
Решение задачи о трехмерном течении в трубе.

15. Задачи сверхзвукового обтекания.
Задача сверхзвукового обтекания затупленного тела вязким потоком газа.

Тема 16. Выполнение индивидуального задания.
Постановка индивидуальной задачи расчета течения по выбору студента.
Подготовка и проведение расчета. Подготовка отчета.

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, использования вопросов для самоконтроля, контроля работы над индивидуальным заданием, путем защиты отчета по индивидуальному заданию и фиксируется в форме экзамена в конце семестра.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен проводится в устной форме по билетам после выполнения и защиты индивидуального задания. Экзаменационный билет содержит один вопрос. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Проверка и защита отчета по индивидуальному заданию обучающийся должен продемонстрировать достижения ИОПК 2.1, ИОПК 2.2, ИОПК 2.3, ИОПК 4.3.

В процессе экзамена при развернутом устном ответе на один теоретический вопрос обучающийся должен продемонстрировать достижения ИОПК 2.1.

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Основные понятия гидромеханики: плотность, скорость, внутренняя и полная энергия, массовые и поверхностные силы, тензор напряжений, давление, тензор вязких напряжений.
2. Основные уравнения гидромеханики, выражающие физические законы сохранения.
3. Проблема замыкания уравнений гидродинамики. Реологические законы и уравнения состояния. Закон Навье-Стокса.
4. Модель идеального газа. Уравнения и граничные условия.
5. Модель вязкой несжимаемой жидкости. Уравнения и граничные условия.
6. Модели течений с учетом свободной конвекции (в присутствии силы тяжести).
7. Модель течений газа при малых дозвуковых скоростях («incompressible ideal gas»). Уравнения и граничные условия.
8. Понятие турбулентного течения. Уравнения Рейнольдса. Турбулентные напряжения. Гипотеза Буссинеска для турбулентных течений. Турбулентная вязкость.
9. Гипотеза Буссинеска для турбулентных течений. Уравнения движения и энергии для турбулентных течений с использованием этой гипотезы.
10. Обзор методов моделирования турбулентных течений, основанных на гипотезе Буссинеска.
11. Граничные условия на твердой стенке для турбулентных течений. Пристенные функции.

12. Основные понятия теории разностных схем: аппроксимация, сходимость, устойчивость. Теорема Лакса. Метод конечного объема для построения конечно-разностных схем.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Невыполнение индивидуального задания и отсутствие отчета по его результатам оценивается оценкой «неудовлетворительно» и обучающийся считается не справившимся с учебным материалом. Оценка «удовлетворительно» ставится при выполнении индивидуального задания, наличия ошибок в отчете по его результатам и существенных ошибок при ответе на экзамене. Оценка «хорошо» ставится при успешной защите индивидуального задания, и наличии некоторых существенных ошибок при ответе на экзамене. Оценка «отлично» ставится при успешной защите индивидуального задания, и правильном развернутом ответе на экзамене.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «IDo» - <https://lms.tsu.ru/course/view.php?id=8431>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

в) План практических занятий по дисциплине:

1. Этапы решения задач гидродинамики. Основные характеристики течений жидкости и газа.
2. Основные математические понятия, используемые при моделировании течений жидкости.
3. Математические модели жидкости, используемые при решении задач гидродинамики. Постановка задач гидродинамики: классы задач и типы граничных условий.
4. Методы дискретизации расчётной области, методы численного решения уравнений гидродинамики.
5. Знакомство с геометрическим пакетом GAMBIT. Построение геометрических объектов в пакете GAMBIT. Построение и анализ сеток в пакете GAMBIT.
6. Интерфейс пакета FLUENT. Порядок работы. Этапы решения задач вычислительной гидродинамики в пакете FLUENT.
7. Решение нестационарной задачи о распространении тепла в твёрдом теле.
8. Модель вязкой несжимаемой жидкости. Решение задачи о стационарном ламинарном течении вязкой несжимаемой жидкости в канале.
9. Задача теплообмена при ламинарном течении несжимаемой жидкости в канале.
10. Модели турбулентного течения, используемые в пакете FLUENT. Решение задачи турбулентного течения и теплообмена несжимаемой жидкости в канале.
11. Сопряженный конвективный теплообмен. Решение задачи о сопряженном конвективном теплообмене несжимаемой жидкости в круглой трубе.
12. Моделирование свободно-конвективных течений. Модели течений при наличии свободной конвекции. Решение задачи о свободно-конвективном течении от нагретого источника в ламинарном режиме.
13. Решение задачи о свободно-конвективном течении от нагретого источника в турбулентном режиме.
14. Моделирование транс- и сверхзвуковых течений сжимаемой жидкости. Решение задачи о трансзвуковом течении в сопле Лаваля в невязкой постановке.
15. Решение задачи о трансзвуковом течении в сопле Лаваля с учетом турбулентного пограничного слоя.
16. Расчеты трехмерных течений. Решение задачи о трехмерном течении в трубе.

17. Задача сверхзвукового обтекания затупленного тела вязким потоком газа.
18. Постановка индивидуальной задачи расчета течения по выбору студента. Подготовка и проведение расчета. Подготовка отчета.

г) Методические указания по проведению лабораторных работ.

д) Методические указания по организации самостоятельной работы студентов.

Для успешного освоения материала студентам необходимо посещать занятия, а во время самостоятельной работы пользоваться основной и дополнительной литературой, базами данных и информационно-справочными системами, которые представлены в списке литературы, а также методическими материалами по данному курсу. Самостоятельная работа студентов состоит в повторении материала с практических занятий, самостоятельного изучения дополнительных вопросов, более глубокого анализа темы с помощью литературы.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

– Эглит М.Э. Лекции по основам механики сплошных сред. М.:Ленанд, 2014. 206 с.
– Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. газа: Учеб. для вузов. — М.: Дрофа, 2003. — 840 с.

– Гриднева В.А. Лекции по механике сплошной среды. Учебное пособие. – Томск: Томский государственный университет. Томск, 2004. 428 с

– А.В. Гарбарук, М.Х. Стрелец, М.Л. Шур. Моделирование турбулентности в расчетах сложных течений. Учеб. пособие. - СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2012. – 88 с.

б) дополнительная литература:

– Андерсон Д., Таннехил Дж., Плетчер Р. Вычислительная гидромеханика и теплообмен: В 2-х томах. – М.: Мир, 1990.

– Патанкар С., Сполдинг Д. Тепло и массообмен в пограничных слоях. – М.: Энергия, 1971.

– Пирумов У.Г., Росляков Г.С. Численные методы газовой динамики. – М.: Высш. шк., 1987 – 232 с.

– моделирование турбулентных течений: Учеб. пособие. - СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. — 143 с.

– Батурин О.В., Батурин Н.В., Матвеев В.Н. Построение расчетных моделей в препроцессоре Gambit универсального программного комплекса Fluent: учеб. пособие – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2009. – 172 с.:ил.

– Батурин О.В., Батурин Н.В., Матвеев В.Н. Расчет течений жидкости и газа с помощью универсального программного комплекса FLUENT. Учеб. пособие – Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2009. - 151с.: ил.

в) ресурсы сети Интернет.

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– операционная система Windows 7 или Windows 10 <https://www.microsoft.com/ru-ru/software-download/windows10>;

– геометрический препроцессор GAMBIT 2.4.6;

– пакет ANSYS FLUENT 17.2

б) информационные справочные системы:

– Система помощи в пакете ANSYS FLUENT

– Старченко А.В., Беликов Д.А., Гольдин В.Д., Нутерман Р.Б. Пакет прикладных программ FLUENT для решения задач механики жидкости и газа, тепло- и массопереноса. Учебно-методический комплекс. Томск, 2007. <https://old.math.tsu.ru/EEResources/fluent/index.html>; http://ido.tsu.ru/iop_res2/fluent/

– Фирсов Д.К. Метод контрольного объёма на неструктурированной сетке в вычислительной механике. Учебное пособие. - Кафедра теоретической механики ММФ ТГУ. Томск, 2007. 72 с. http://math.tsu.ru/EEResources/pdf_common/Posobie2.pdf

в) профессиональные базы данных (*при наличии*)

14. Материально-техническое обеспечение

Для проведения практических занятий используются компьютерные классы, рассчитанные не менее, чем на 12 рабочих мест + рабочее место преподавателя. На компьютерах установлен пакет ANSYS FLUENT, имеется возможность проецирования экрана преподавателя на доску (314 ауд.)

Для проведения практических занятий и самостоятельной работы используются компьютерные классы учебно-вычислительной лаборатории ММФ, рассчитанные не менее, чем на 15 рабочих мест + рабочее место преподавателя. На компьютерах установлен пакет ANSYS FLUENT, имеется возможность проецирования экрана преподавателя на доску. При выполнении индивидуальных заданий, самостоятельных работ используется свободное и лицензионное программное обеспечение:

- офисный пакет Microsoft Office 2010 (составление отчетов).

15. Информация о разработчиках

Гольдин Виктор Данилович, старший преподаватель