

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

Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. декана химического факультета

А. С. Князев

Рабочая программа дисциплины

Основы анализа методом конечных элементов

по направлению подготовки

04.04.01 Химия

Направленность (профиль) подготовки :

Цифровая химия

Форма обучения

Очная

Квалификация

Магистр

Год приема

2023

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

А.С. Князев

Председатель УМК

Л.Н. Мишенина

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-3. Способен использовать вычислительные методы и адаптировать существующие программные продукты для решения задач профессиональной деятельности.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК-3.1. Использует современные IT-технологии при сборе, анализе и представлении информации химического профиля.

ИОПК-3.2. Использует стандартные и оригинальные программные продукты, при необходимости адаптируя их для решения задач профессиональной деятельности.

2. Задачи освоения дисциплины

- Освоить общие возможности современных CAE-систем применительно к механике жидкости и газа;
- Освоить теоретические основы механики жидкости и газа и алгоритмов работы CAE-систем;
- Освоить эффективные приемы работы с программным комплексом ANSYS CFX.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, является обязательной для изучения.

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

Второй семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам:

- Основы системного анализа и моделирование технологических процессов
- Актуальные задачи современной химии (1 семестр);
- Основы проектирования химических и нефтехимических производств

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

-лекции: 16 ч.

-практические занятия: 16 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Основы механики жидкости и газа (МЖГ):

Основные уравнения движения жидкости и газа, граничные условия. Формулирование основных уравнений движения жидкости и газа в общем виде в случае ламинарного и турбулентного течения. Типы граничных условий и их математическая реализация

Тема 2. Метод конечных объемов применительно к МЖГ.
Основные положения, необходимые для дискретизации исходных уравнений.
Преобразование уравнений.

Тема 3. Основы построения расчетных сеток для задач МЖГ с использованием оболочки ANSYS Workbench.

Особенности построения расчетных сеток применительно к задачам МЖГ.
Описание интерфейса программного модуля Mesh в программном комплексе ANSYS Workbench.

Тема 4. Описание программного комплекса ANSYS CFX.

Описание интерактивного режима работы. Основные стадии решения задачи.
Подготовка модели к решению задачи. Создание расчетного домена. Приложение граничных условий. Постпроцессорная обработка. Решение учебных задач.

Тема 5. Моделирование несжимаемых вязких течений в ламинарной постановке.

Особенности построения модели для несжимаемых течений. Граничные условия.
Учет дополнительных эффектов, возникающих в несжимаемой жидкости. Решение учебных задач.

Тема 6. Моделирование сжимаемых вязких течений в ламинарной постановке

Особенности построения модели для сжимаемых течений. Дозвуковые и сверхзвуковые течения. Образование ударных волн. Решение учебных задач.

Тема 7. Практическая работа – решение практических задач, сравнение решения с аналитическим или полученным иным способом:

- Обтекание пластины потоком несжимаемой жидкости
- Течение в трубе
- Течение с внезапным расширением/ сжатием

Моделирование процесса движения жидкости в заявленных условиях, проверка сходимости и точности решения, сравнение результатов расчета с инженерными и экспериментальными результатами

Тема 8. Основы механики жидкости и газа (МЖГ):

Основные уравнения движения жидкости и газа, граничные условия применительно к турбулентным течениям и теплообмену.

Тема 9. Основы моделирование теплообмена в жидкости и газе.

Виды теплообмена. Построение модели. Задание граничных условий.
Радиационный теплообмен. Конвективный теплообмен. Решение учебной задачи.

Тема 10. Основы моделирования турбулентных течений.

Физические причины возникновения турбулентности. Математические уравнения, описывающие эффекты турбулентности. Модели турбулентности, применяемые в расчетах движения жидкости и газа.

Тема 11. Практическая работа – решение практических задач, сравнение решения с аналитическим или полученным иным способом:

- Решение задач теплообмена в движущейся жидкости/ газе
- Решение задач естественной конвекции

– Моделирование турбулентных течений в каналах различной формы, сравнение решения с инженерными методиками

9. Текущий контроль по дисциплине

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости лекций и практических занятий, проведения занятий с презентациями студентов по индивидуальному заданию и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Экзамен во втором семестре проводится в устной форме в виде ответа на билет.

Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов, проверяющих ИОПК 3.1, ИОПК 3.2. Продолжительность экзамена 1,5 часа.

Предоставляется развернутый ответ в устной форме.

Примерный перечень теоретических вопросов:

1. Какими уравнениями описывается движение вязкой сжимаемой жидкости?
2. Каковы основные упрощения уравнений движения жидкости и газа?
3. Типы граничных условий и их применение.
4. Течение жидкости в пограничном слое.
5. Какова основная идея конечно-объемной аппроксимации при решении задач МЖГ?
6. В чем ее достоинства и недостатки по сравнению с другими методами?
7. В чем заключаются особенности построения расчетных сеток для решения задач МЖГ?
8. Привести основные отличия способов решения уравнений движения сжимаемой и несжимаемой жидкости.
9. При каких условиях необходимо учитывать эффекты сжимаемости для воздуха.
10. Особенности моделирования ударных волн.

Результаты ответа определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно». Итоговая оценка складывается из оценки ответа на билет, результатов ответов на дополнительные вопросы и оценок за выполнение практических работ (тема 7 и тема 11) в семестре.

Оценка «отлично» выставляется студенту, если даны полные и правильные ответы на все вопросы; содержание ответа изложено логично и последовательно; существенные фактические ошибки отсутствуют; ответ соответствует нормам русского литературного языка. Студент должен дать исчерпывающие и правильные ответы на уточняющие и дополнительные вопросы экзаменатора по теме вопросов. Не допускаются небольшие ошибки и погрешности, не имеющие принципиального характера.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, если даны не полные, но правильные по сути составляющей ответы на все вопросы; содержание ответа изложено логично и последовательно; присутствуют несущественные фактические ошибки; ответ соответствует нормам русского литературного языка. Студент должен дать правильные ответы на все уточняющие и дополнительные вопросы экзаменатора по теме вопросов. Допускаются небольшие ошибки и погрешности, не имеющие принципиального характера.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если на большинство вопросов даны не полные, но правильные по сути составляющей ответы; содержание ответа изложено логично и последовательно; присутствуют несущественные фактические ошибки; ответ соответствует нормам русского литературного языка. Студент должен дать правильные ответы на большую часть уточняющих и дополнительных вопросов

экзаменатора по теме вопросов. Допускаются ошибки и погрешности, имеющие принципиального характера.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не дал ответа на большинство вопросов при защите индивидуального задания; дал неверные, содержащие фактические ошибки, ответы на все вопросы; не смог ответить более, чем на половину дополнительных и уточняющих вопросов преподавателя и студентов. «Неудовлетворительно» выставляется студенту, отказавшемуся отвечать на вопросы преподавателя и студентов.

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/enrol/index.php?id=36101>

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

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

а) основная литература:

- Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкости Т.1. – М.МИР, 1991. - 502с.

- Флетчер К. Вычислительные методы в динамике жидкости Т.2. – М.МИР, 1991. - 552с.

- Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М., 1950. – 640 с.

- Зенкевич О. Fluid dynamics Theory, Computation, and Numerical Simulation. / Пер. с англ. – М.: Мир, 1975. – 536 с.

- Mac Cormack R.W. The effect of viscosity in hypervelocity impact cratering. AIAA Paper, 1969, No 69-354

- Толстых А.И. Компактные разностные схемы и их применение в задачах аэрогидродинамики. М.: Наука, 1990. 230с

- Brown V.P., Argrow B.M. Two-dimensional shock tube flow for dense gases // J. Fluid Mech., 1997, vol. 349, pp. 95-115

- Ландау Л.Д., Лифшиц, Е.М., Гидродинамика. М. Физматлит, 2001, 731с.

- Н.К., Malalasekera W. An introduction to computational fluid dynamics. The finite volume method. Longman Scientific & Technical. Essex, England. 1995. 257pp.

- ANSYS Advantage. №11 Энергетическое машиностроение. Изд-во: ЗАО «ЕМТ Р» 2009, 47с

- ANSYS Advantage. № 8 Аэрокосмическая отрасль. Изд-во: ЗАО «ЕМТ Р» 2008, 47с

б) дополнительная литература:

- Красновский Е.Е. Решение прикладных задач термомеханики с применением программного комплекса ANSYS МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008, 88с.

в) ресурсы сети Интернет:

– <http://elibrary.ru>

– <https://login.webofknowledge.com/>

13. Перечень информационных технологий

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
- программный комплекс вычислительной гидродинамики ANSYS CFX;
- публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ –
<http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозиторий) ТГУ –
<http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

- ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
- ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
- Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
- ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
- ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Лекционная аудитория, оснащенная мультимедийным оборудованием для демонстрации презентаций, слайдов и компьютерной анимации.

Аудитория для выполнения практических занятий, оснащенная мультимедийным оборудованием для демонстрации презентаций, слайдов и компьютерной анимации, а также персональными компьютерами с установленным пакетом MS Office (MS Word, MS Excel, MS Visio), программным комплексом вычислительной гидродинамики ANSYS CFX и доступом в интернет для выполнения практических заданий.

15. Информация о разработчиках

1. Бутов Владимир Григорьевич, д-р. физ-мат. наук, с.т. научн. сотр, зав. отделом НИИПММ ТГУ
2. Солоненко Виктор Александрович, канд. физ-мат. наук, зав лаб. НИИПММ ТГУ
3. Ящук Алексей Александрович, канд. физ-мат. наук, ст. научн. сотр. НИИПММ ТГУ