

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

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДЕНО:
Декан ММФ ТГУ
Л.В.Гензе

Оценочные материалы по дисциплине

Современные методы вычислительной математики

по направлению подготовки

01.03.01 Математика

02.03.01 Математика и компьютерные науки

Направленность (профиль) подготовки

Основы научно-исследовательской деятельности в области математики
Основы научно-исследовательской деятельности в области математики
и компьютерных наук

Форма обучения

Очная

Квалификация

Бакалавр

Год приема

2023

СОГЛАСОВАНО:
Руководитель ОП
Л.В.Гензе

Председатель УМК
Е.А.Тарасов

Томск – 2023

1. Компетенции и индикаторы их достижения, проверяемые данными оценочными материалами

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-4 Способен проводить под научным руководством исследование на основе существующих методов в конкретной области профессиональной деятельности.

ПК-1 Способен проводить научно-исследовательские разработки по отдельным разделам выбранной темы.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 4.1 Проводит поиск и обработку научной и научно-технической информации, необходимой для решения исследовательских задач

ИОПК 4.2 Оценивает полученные результаты и формулирует выводы по итогам проведенных исследований

ИПК 1.1 Проводит работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований

ИПК 1.2 Подготавливает планы и программы проведения отдельных этапов научно-исследовательской работы

ИПК 1.3 Проводит отдельные этапы научно-исследовательской работы

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

– контрольная работа;

Перечень теоретических вопросов в контрольной работе:

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 вязкой несжимаемой жидкости. Уравнения и граничные условия.

5. Модели течений с учетом свободной конвекции (в присутствии силы тяжести).

6. Модель течений газа при малых дозвуковых скоростях («incompressible ideal gas»). Уравнения и граничные условия.

7. Понятие турбулентного течения. Уравнения Рейнольдса. Турбулентные напряжения. Гипотеза Буссинеска для турбулентных течений. Турбулентная вязкость.

8. Гипотеза Буссинеска для турбулентных течений. Уравнения движения и энергии для турбулентных течений с использованием этой гипотезы.

9. Обзор методов моделирования турбулентных течений, основанных на гипотезе Буссинеска.

10. Граничные условия на твердой стенке для турбулентных течений. Пристенные функции.

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

12. Структура пакета ANSYS FLUENT.

13. Опишите процесс дискретизации

14. Отличие между y^+ и y^* .

15. Насколько мелкой должна быть сетка?

16. Как осуществляется сжатие сетки.
17. Дискретный аналог эллиптического дифференциального уравнения и его решение.
18. Алгоритм Томаса/Гельфанда-Локуциевского.
19. Operation Conditions
20. Типы граничных условий
21. Дискретный аналог уравнений Навье-Стокса
22. Определение объёма ячейки в CFD
23. Неортогональность сетки: The Over-Relaxed Approach
24. Отличие между Upwind, Linear Upwind и Central Differencing
25. SIMPLE-алгоритм
26. PISO-алгоритм
27. Eddy Viscosity models for RANS and LES
28. k-ε модель турбулентности
29. k-ω модель турбулентности
30. k-ω SST модель турбулентности
31. Spalart-Allmaras модель турбулентности
32. Стандартные пристеночные функции
33. Температурные пристеночные функции
34. Пристеночные функции для диссипации
35. Пристеночные функции для кинетической энергии турбулентности
36. Проблемы со сходимостью. Способы ускорения сходимости

Критерии оценивания:

Результаты контрольной работы определяются оценками «зачет», «незачет».

Оценка «зачтено» выставляется, если даны правильные ответы на все теоретические вопросы билета.

Оценка «незачтено» выставляется, если правильные ответы даны менее чем на половину всех теоретических вопросов билета.

3. Оценочные материалы итогового контроля (промежуточной аттестации) и критерии оценивания

Зачет в седьмом семестре проводится устно по результатам защиты отчета по выполненному студентом индивидуальному заданию.

При защите отчета по индивидуальному заданию обучающийся должен продемонстрировать следующие компетенции: ОПК-4, ПК-1, ИОПК 4.1, ИОПК 4.2, ИПК 1.1, ИПК 1.2, ИПК 1.3.

Примеры индивидуальных заданий

1. Построить конечно-разностную сетку и провести расчет на основе пакета **FLUENT** ламинарного неизотермического течения воздуха в плоском канале при **Re_н=10** и **Pr=5**. Построить графики изменения осевой скорости, коэффициента трения и безразмерного коэффициента теплообмена. Оценить длину начального гидродинамического и термического участков.

2. Построить конечно-разностную сетку и провести расчет ламинарного неизотермического течения в трубе при **Re_в=50** и **Pr=0,71**. Построить графики изменения осевой скорости, коэффициента трения и безразмерного коэффициента теплообмена. Оценить длину начального гидродинамического и термического участков.

3. Построить конечно-разностную сетку и провести расчет на основе пакета **FLUENT** ламинарного неизотермического течения в плоском канале с одной теплоизолированной стенкой при **$Re_H=100$** и **$Pr=0,71$** . Построить графики изменения осевой скорости, коэффициента трения и безразмерного коэффициента теплообмена. Оценить длину начального гидродинамического и термического участков. Рассмотреть случай зависимости теплофизических свойств теплоносителя от температуры. Перепад температур (входящего потока и стенки) принять равным **50** градусам.
4. Рассматривается ламинарное течение вязкой несжимаемой жидкости в **Z**-образном канале при **$Re_H=10$** и **$Pr=0,71$** . Расстояние между параллельными стенками канала равно **0,015 м**, скорость потока на входе - **0,01 м/с**, температура - **300 К**. Длина входного предвключенного участка канала равна **0,03 м**, выходного **0,05 м**. Верхняя стенка теплоизолирована, нижняя имеет температуру **330 К**. Построить конечно-разностную сетку и провести расчет на основе пакета **FLUENT** с учетом и без учета влияния зависимости теплофизических свойств от температуры. Дать объяснение полученным результатам.
5. Построить конечно-разностную сетку и провести расчет на основе пакета **FLUENT** турбулентного неизотермического течения в трубе круглого поперечного сечения при **$Re_D=50000$** и **$Pr=0,71$** . Поток, поступающий в трубу, имеет температуру на **10** градусов ниже, чем температура стенок. Построить графики изменения осевой скорости, коэффициента трения и безразмерного коэффициента теплообмена. Оценить длину начального гидродинамического и термического участков.
6. Построить конечно-разностную сетку и провести расчет на основе пакета **FLUENT** турбулентного неизотермического течения в плоском канале со вставкой (**$h/H=0,5$**) при **$Re_H=10000$** и **$Pr=0,71$** . Обогрев канала ведется от входного сечения. Рассмотреть случаи, когда вставка располагалась на расстоянии **10H** и **50H** от входного сечения трубы. Построить графики изменения коэффициента трения и локального числа Нуссельта по длине трубы. Оценить длину участка рециркуляционного течения, дать объяснение полученным особенностям течения.
7. Построить конечно-разностную сетку и провести расчет на основе пакета **FLUENT** турбулентного неизотермического течения в трубе круглого поперечного сечения с кольцевой квадратной выемкой при **$Re_H=10000$** и **$Pr=5$** . Глубина выемки составляет половину радиуса трубы. Поток, поступающий в трубу, имеет температуру на **15** градусов выше, чем температура стенок. Рассмотреть случаи, когда вставка располагалась на расстоянии **10H** и **50H** от входного сечения трубы. Построить графики изменения коэффициента трения и локального числа Нуссельта по длине трубы. Дать подробное описание полученной картины течения и теплообмена в выемке.
8. Построить конечно-разностную сетку и провести расчет на основе пакета **FLUENT** турбулентного неизотермического течения в трубе круглого поперечного сечения с внезапным сужением (**$d/D=0,5$**) при **$Re_H=10000$** и **$Pr=0,71$** . Поток, поступающий в трубу, имеет температуру на **10** градусов выше, чем температура стенок. Сечение сужения потока располагается на расстоянии **50** диаметров от входа. Построить графики изменения осевой скорости, коэффициента трения и локального числа Нуссельта по длине трубы. Дать объяснение полученным результатам. Локализовать зоны рециркуляционного течения, определить положение точек присоединения потока.
9. Вода при температуре **337 К** течет по каналу прямоугольного сечения **10×15 см** со средней скоростью **8 м/с**. Температура горизонтальных стенок отличается от температуры

на входе на **+20** градусов, а вертикальных - на **-20** градусов. Длина канала **6 м**. Построить конечно-разностную сетку и провести расчет на основе пакета **FLUENT** турбулентного неизотермического течения. Исследовать развитие пограничных слоев в канале, построить графики изменения локальных коэффициентов трения и числа Нуссельта, вычисленных на ограничивающих поток поверхностях, по длине канала.

10. Водород при атмосферном давлении и числе Рейнольдса **17000** движется по гладкой трубе диаметром **1,5 см** и длиной **1 м**. Температура водорода на входе **293 К**, а температура стенок трубы поддерживается равной **313 К**. Построить конечно-разностную сетку и провести расчет на основе пакета **FLUENT** турбулентного неизотермического течения. Рассчитать тепловой поток от стенок и определить температуру водорода на выходе из трубы.

11. Жидкий **фреон-12** поступает в гладкую трубу диаметром **1,3 см**. Скорость движения фреона **2,9 м/с**, его температура на входе в трубу **263 К**. Температура стенки трубы **283 К**. Построить конечно-разностную сетку и провести расчет на основе пакета **FLUENT** турбулентного неизотермического течения. Рассчитать тепловой поток к фреону в трубе длиной **1 м**.

12. Труба в химико-технологической установке используется для транспортировки скипидара с массовым расходом **23 кг/сек**. Труба имеет длину **10 м** и внутренний диаметр **13 см**. Температура скипидара на входе в трубу **373 К**, температура стенки трубы **303 К**. Построить конечно-разностную сетку и провести расчет на основе пакета **FLUENT** турбулентного неизотермического течения. Учитывать зависимость теплофизических свойств скипидара от температуры. Рассчитать тепловой поток от скипидара и температуру на выходе их трубы, расположенной горизонтально или вертикально.

13. Построить конечно-разностную сетку и провести расчет изотермического ламинарного течения в плоском канале шириной **0,01 м** со вставкой высотой **0,005 м** и шириной **0,005 м**. Число Рейнольдса, построенное по средней скорости до преграды и высоте канала, имеет значение **142**. Произвести расчет и построить линии тока и профили осевой скорости в нескольких сечениях за преградой в области рециркуляционного течения. Описать полученную картину течения.

Результаты зачета определяются оценками «зачтено», «не зачтено». Чтобы получить «зачтено», нужно подготовить и успешно защитить отчет.

4. Оценочные материалы для проверки остаточных знаний (сформированности компетенций)

Оценочные материалы для проверки остаточных знаний могут быть использованы для формирования программы ГИА (программы государственного экзамена), а также экспертом Рособнадзора при проведении проверки диагностической работы по оценке уровня форсированности компетенций обучающихся (при контрольно-надзорной проверке). Вопросы данного раздела показывают вклад дисциплины в образовательный результат образовательной программы. Объем заданий в данном разделе зависит как от количества формируемых индикаторов достижения компетенций, так и от объема дисциплины по учебному плану.

Тест

1. Уравнение неразрывности выражает: (ИОПК-4.1.)
 - а) Закон сохранения массы
 - б) Закон сохранения импульса

- в) Закон сохранения энергии
 - г) Закон Кирхгофа
2. Замена частных производных в дифференциальных законах сохранения называется: (ИПК 1.1):
- а) гармонизацией
 - б) симплификацией
 - в) дискретизацией
 - г) фальсификацией.
3. Какая модель не относится к моделированию турбулентности (ИОПК-4.2):
- а) VOF-модель
 - б) k-eps модель
 - в) k-w модель
 - г) модель LES

Ключи: 1 а), 2 в), 3 а).

Информация о разработчиках

Старченко Александр Васильевич, д.ф.-м.н., профессор, каф. ВМиКМ, зав. каф.
Гольдин Виктор Данилович, к.ф.-м.н., каф. ВМиКМ, доцент