

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

Химический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

И.о. декана

А. С. Князев

Оценочные материалы по дисциплине

Основы анализа методом конечных элементов

по направлению подготовки

04.04.01 Химия

Направленность (профиль) подготовки:

Цифровая химия

Форма обучения

Очная

Квалификация

Инженер-исследователь

Год приема

2024

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОП

А.С. Князев

Председатель УМК

В.В. Шелковников

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

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:

ООПК-3.1 Знает стандартные и оригинальные программные продукты, современные вычислительные методы

ООПК-3.2 Умеет работать с различными программными продуктами, используемыми в его профессиональной области, эффективно использовать их функциональность для обработки данных, моделирования, анализа и визуализации информации при необходимости адаптируя их для решения задач профессиональной деятельности.

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

2.1 Виды оценочных средств

№	Контролируемые темы/разделы	Наименование оценочного средства для текущего контроля	Код индикатора достижения компетенции согласно ОПП
1	Тема 1. Основы механики жидкости и газа (МЖГ) Тема 2. Метод конечных объемов применительно к МЖГ	Коллоквиум	ООПК-3.2
2	Тема 3. Основы построения расчетных сеток для задач МЖГ с использованием оболочки ANSYS Workbench Тема 4. Описание программного комплекса ANSYS CFX	Коллоквиум	ООПК-3.1
3	Тема 5. Моделирование несжимаемых вязких течений в ламинарной постановке	Коллоквиум	ООПК-3.1
		Практическое задание	ООПК-3.2
4	Тема 6. Моделирование сжимаемых вязких течений в ламинарной постановке	Коллоквиум	ООПК-3.1
		Практическое задание	ООПК-3.2
5	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	Практическое задание	ООПК-3.1 ООПК-3.2
6	Тема 8. Основы механики жидкости и газа (МЖГ)	Коллоквиум	ООПК-3.2
7	Тема 9. Основы моделирования теплообмена в жидкости и газе	Коллоквиум	ООПК-3.2

8	Тема 10. Основы моделирования турбулентных течений	Коллоквиум	РООПК-3.2
9	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	Практическое задание	РООПК-3.1 РООПК-3.2

2.2 Содержание оценочных средств

Коллоквиум № 1 Тема 1,2

На коллоквиуме предлагается ответить на вопросы по основным уравнениям механики жидкости и газа, их применение для анализа течений и напряжений, построения конечно-элементной сетки, использование различных типов элементов для конкретных задач, принципам метода конечных объемов для анализа МЖГ, применение метода конечных объемов для решения задач гидродинамики, в инженерных расчетах. В билете пять вопросов.

1. Опишите основные уравнения, используемые в механике жидкости и газа, и объясните их роль в анализе методом конечных элементов.
2. Как проводится дискретизация уравнений Навье-Стокса при использовании метода конечных элементов? Приведите пример для двумерного случая.
3. Какие типы граничных условий применяются в задачах механики жидкости и газа, и как они влияют на точность и устойчивость решения методом конечных элементов?
4. Как формулируются уравнения сохранения массы и импульса в методе конечных объемов?
5. Как метод конечных объемов используется для моделирования турбулентных течений?

Коллоквиум 1 формирует освоение ОПК-3 (РООПК-3.2)

Критерии оценивания:

Ответ устный.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он правильно описывает основные уравнения механики жидкости и газа, корректно объясняет процесс дискретизации уравнений Навье-Стокса, приводит примеры различных типов граничных условий и их влияние на решение, демонстрирует понимание связи между граничными условиями и точностью решения, правильно объясняет основные принципы метода конечных объемов, корректно применяет метод для решения задач гидродинамики, приводит примеры успешного использования метода в инженерных расчетах.

Оценка «незачтено» выставляется студенту, если он не может ответить на большинство вопросов билета: неправильно или неполно описывает основные уравнения механики жидкости и газа, допускает ошибки в объяснении процесса дискретизации уравнений Навье-Стокса, не приводит примеры граничных условий или делает это некорректно, не понимает связь между граничными условиями и точностью решения, неправильно объясняет основные этапы метода или неверно формулирует уравнения

сохранения, не учитывает необходимые граничные условия или некорректно строит сетку, не может привести примеры или объяснить применение метода в инженерных задачах.

Коллоквиум 2

Тема 3, 4

На коллоквиуме предлагается ответить на вопросы по основным принципам метода конечных объемов для анализа МЖГ, применение метода конечных объемов для решения задач гидродинамики, в инженерных расчетах, основные возможности и методы анализа в ANSYS CFX. В билете четыре вопроса.

1. Какие типы сеток используются в ANSYS Workbench для анализа МЖГ? Приведите примеры их применения?
2. Объясните методы верификации расчетных сеток для задач МЖГ. Приведите примеры проверки достоверности результатов.
3. Объясните процесс создания и настройки расчетной модели в ANSYS CFX. Какие типы элементов используются и как они влияют на точность результатов?
4. Какие методы численного решения уравнений используются в ANSYS CFX?

Коллоквиум 2 формирует освоение ОПК-3 (ООПК-3.1)

Критерии оценивания:

Ответ устный.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он показывает глубокое понимание теоретических основ построения расчетных сеток, демонстрирует умение практически создавать и анализировать сетки в ANSYS Workbench, демонстрирует понимание основных понятий и методов, используемых в ANSYS CFX.

Оценка «незачтено» выставляется студенту, если он не может ответить на большинство вопросов билета: не владеет основными понятиями и принципами построения расчетных сеток, не может выполнить практическое задание по созданию сетки в ANSYS Workbench, не понимает и не может применить различные методы численного решения уравнений.

Практическое задание № 1

Тема 5

Необходимо смоделировать стационарное внутреннее течение вязкой несжимаемой жидкости в канале сложной геометрии. Жидкость движется под действием преобладающего конвективного переноса.

Геометрические параметры:

- Канал имеет прямоугольное сечение с размерами 0,1 x 0,05 м;
- Длина канала составляет 1 м.

Физические параметры:

- Кинематическая вязкость жидкости: $\nu = 0,001 \text{ м}^2/\text{с}$;
- Плотность жидкости: $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$.

Практическое задание 1 формирует освоение ОПК-3 (ООПК-3.3).

Критерии оценивания:

Результатом выполнения практической работы является отчет.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если в отчете отражены все пункты плана отчета, приведены все необходимые расчеты, проведен анализ результатов.

Оценка «незачтено» выставляется студенту, если в отчете не отражены все пункты плана, нет полного расчета, расчеты неверны.

Практическое задание № 2

Тема 6

Необходимо выполнить численное исследование сжимаемого вязкого течения в канале с изменяющимся сечением. Построить двумерную модель канала с изменяющимся сечением в ANSYS.

Размеры канала: длина – 1 м, ширина на входе – 0,1 м, ширина на выходе – 0,05 м.

Материал стенок – нержавеющая сталь (плотность – 7800 кг/м^3 , динамическая вязкость – $0,001 \text{ Па}\cdot\text{с}$ при 20°C).

Практическое задание 2 формирует освоение ОПК-3 (РООПК-3.2).

Критерии оценивания:

Результатом выполнения практической работы является отчет.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если в отчете отражены все пункты плана отчета, приведены все необходимые расчеты, проведен анализ результатов.

Оценка «незачтено» выставляется студенту, если в отчете не отражены все пункты плана, нет полного расчета, расчеты неверны.

Практическое задание № 3

Тема 7

Определите распределение давления и скорости вдоль поверхности пластины. Сравните полученные результаты с аналитическим решением для данной задачи. Исходные данные:

- Скорость набегающего потока: $U = 2 \text{ м/с}$
- Длина пластины: $L = 1 \text{ м}$
- Плотность жидкости: $\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$
- Динамическая вязкость жидкости: $\mu = 0,001 \text{ Па}\cdot\text{с}$

Практическое задание 3 формирует освоение ОПК-3 (РООПК-3.1, РООПК-3.2).

Критерии оценивания:

Результатом выполнения практической работы является отчет.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если в отчете отражены все пункты плана отчета, приведены все необходимые расчеты, проведен анализ результатов.

Оценка «незачтено» выставляется студенту, если в отчете не отражены все пункты плана, нет полного расчета, расчеты неверны.

Коллоквиум 4

Тема 8 - 10

На коллоквиуме предлагается ответить на вопросы по основам механики жидкости и газа, моделирования теплообмена в жидкости и газе и турбулентных течений. В билете три вопроса.

1. Объясните процесс моделирования теплообмена в жидкости и газе с использованием метода конечных элементов. Какие типы граничных условий необходимо задавать для корректного расчета теплопередачи?
2. Как осуществляется задание начальных и граничных условий при моделировании течений жидкости и газа методом конечных элементов?
3. Объясните процесс моделирования теплообмена в жидкости и газе с учетом турбулентности.

Коллоквиум 4 формирует освоение ОПК-3 (РООПК-3.2)

Критерии оценивания:

Ответ устный.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если он демонстрирует понимание основных уравнений и методов механики жидкости и газа, способен объяснить процесс моделирования теплообмена и турбулентных течений, понимает и может применить различные методы и модели для анализа течений.

Оценка «незачтено» выставляется студенту, если он не может ответить на большинство вопросов билета: не демонстрирует понимания основных понятий и методов, не может объяснить процесс моделирования теплообмена и турбулентных течений, не понимает и не может применить различные методы и модели для анализа течений.

Практическое задание № 4

Тема 11

Создайте конечно-элементную модель трубы и потока жидкости внутри нее. Используйте программное обеспечение для анализа методом конечных элементов для расчета распределения скоростей и давления. Исходные данные:

Жидкость течет через трубу диаметром – 0.1 м и длиной – 2 м.

Скорость на входе в трубу – 1 м/с, давление на выходе – 100000 Па.

Плотность жидкости – 800 кг/м³, динамическая вязкость – 0.0008 Па·с.

Практическое задание 4 формирует освоение ОПК-3 (РООПК-3.1, РООПК-3.2).

Критерии оценивания:

Результатом выполнения практической работы является отчет.

Оценка «зачтено» выставляется студенту, если в отчете отражены все пункты плана отчета, приведены все необходимые расчеты, проведен анализ результатов.

Оценка «незачтено» выставляется студенту, если в отчете не отражены все пункты плана, нет полного расчета, расчеты неверны.

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

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

Экзаменационный билет состоит из двух теоретических вопросов, проверяющих РООПК 3.1, РООПК 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.

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