

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

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДЕНО:

Декан

Ю.Н. Рыжих

Оценочные материалы по дисциплине

Теория турбулентности

по направлению подготовки

16.03.01 Техническая физика

Направленность (профиль) подготовки:

Компьютерное моделирование в инженерной теплофизике и аэрогидродинамике

Форма обучения

Очная

Квалификация

Инженер, инженер-разработчик

Год приема

2025

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

Ю.Н. Рыжих

Э.Р. Шрагер

А.Ю. Крайнов

Председатель УМК

В.А. Скрипняк

Томск – 2025

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

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

БК-1 Способен применять общие и специализированные компьютерные программы при решении задач профессиональной деятельности.

ОПК-1 Способен использовать в профессиональной деятельности основные законы естественнонаучных и общеинженерных дисциплин, применять методы математического моделирования, теоретических и экспериментальных исследований.

ОПК-2 Способен выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные компьютерные технологии.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

РОБК-1.1 Знает правила и принципы применения общих и специализированных компьютерных программ для решения задач профессиональной деятельности

РОБК-1.2 Умеет применять современные ИТ-технологии для сбора, анализа и представления информации; использовать в профессиональной деятельности общие и специализированные компьютерные программы

РООПК-1.1 Знает фундаментальные законы естественнонаучных и общеинженерных дисциплин и математические законы

РООПК-1.2 Умеет применять законы естественнонаучных и общеинженерных дисциплин и математические методы для решения задач теоретического и прикладного характера

РООПК-2.1 Знает методику выявления естественнонаучной сущности проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и методику привлечения физико-математического аппарата и современные информационных технологий для их решения

РООПК-2.2 Умеет выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности и привлекать для их решения физико-математический аппарат и современные информационные технологии

2. Оценочные материалы текущего контроля и критерии оценивания

Элементы текущего контроля:

– отчеты о выполнении лабораторных работ.

Примеры заданий лабораторных работ (РОБК-1.1, РОБК-1.2, РООПК 1.1, РООПК 1.2, РООПК 2.1, РООПК 2.2):

1. Численное исследование турбулентного течения в начальном участке плоского канала. Замыкание уравнений Рейнольдса провести на основе модели Буссинеска. Получить безразмерную форму уравнений. Для определения турбулентной вязкости использовать различные модели: теорию Прандтля, постоянной вязкости и др. Необходимо определить поле скоростей и сравнить с данными закона стенки при установившемся течении. Анализ результатов работы представить в виде доклада с презентацией.

2. Моделирование турбулентного течения в начальном участке круглой трубы. Замыкание уравнений Рейнольдса провести на основе модели Буссинеска. Получить безразмерную форму уравнений. Для определения турбулентной вязкости использовать различные модели: теорию Тейлора, постоянной вязкости и др. Необходимо определить поле скоростей и сравнить с данными закона стенки при установившемся течении. Анализ результатов работы представить в виде доклада с презентацией.

3. Численное исследование турбулентного течения в начальном участке кольцевого канала в цилиндрической системе координат. Замыкание уравнений Рейнольдса провести

на основе модели Буссинеска. Получить безразмерную форму уравнений. Для определения турбулентной вязкости использовать различные модели: теорию Прандтля, постоянной вязкости и др. Необходимо определить поле скоростей и сравнить с данными закона стенки при установившемся течении. Анализ результатов работы представить в виде доклада с презентацией.

4. Моделирование турбулентного течения в плоской каверне с движущейся верхней крышкой. Замыкание уравнений Рейнольдса провести на основе модели Буссинеска. Получить безразмерную форму уравнений. Для определения турбулентной вязкости использовать различные модели: теорию Прандтля, постоянной вязкости и др. Необходимо определить поле скоростей и сравнить с данными закона стенки при установившемся течении. Анализ результатов работы представить в виде доклада с презентацией.

Критерии оценивания: Результаты лабораторной работы оцениваются баллами от 2 до 5. 5 баллов – ответы в отчете на задание лабораторной работы приведены в полном объеме, с правильной терминологией изучаемой дисциплины, логичны в изложении.

4 балла – ответы в отчете на задание лабораторной работы приведены не в полном объеме, ответы содержат незначительные ошибки, есть незначительные ошибки в терминологии.

3 балла – ответы в отчете на задание лабораторной работы содержат значительные ошибки, есть ошибки в терминологии.

2 балла, неудовлетворительная оценка, ответы содержат значительные ошибки, есть грубые ошибки в терминологии или отчет по лабораторно-практической работе не представлена к проверке.

3-5 баллов – «зачтено», 2 балла – «не зачтено».

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

Зачет с оценкой проводится в устной форме по билетам. Допуском к зачету является сдача отчетов по всем лабораторным работам, которые формируют компетенции (РОБК-1.1, РОБК-1.2, РООПК 1.1, РООПК 1.2, РООПК 2.1, РООПК 2.2). Билет содержит два теоретических вопроса.

Примеры теоретических вопросов (РОБК-1.1, РОБК-1.2, РООПК 1.1, РООПК 1.2, РООПК 2.1, РООПК 2.2):

1. Неустойчивость ламинарного режима течения. Переход к турбулентности.
2. Вывод уравнений пристенной турбулентности
3. Вывод уравнений Рейнольдса. Правила осреднения актуальных значений переменных.
4. Крупномасштабная и локальная турбулентность. Размерный анализ.
5. Универсальные закономерности распределения скоростей и напряжений в пристенных слоях.
6. Влияние шероховатости стенок на турбулентное течение в трубах.
7. Универсальный закон распределения температуры.
8. Неизотропная свободная турбулентность (вывод уравнений).
9. Классические модели турбулентности.
10. Современные модели турбулентности.

Критерии оценивания:

Результаты зачета с оценкой определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Оценка «отлично» выставляется, если даны правильные ответы на все теоретические вопросы без ошибок.

Оценка «хорошо» выставляется, если даны правильные ответы на вопросы, но имеются неточности в определении физических величин, неточности в выводе теорем или другие неточности, не меняющие сущность рассматриваемой проблемы.

Оценка «удовлетворительно» выставляется, если имеются затруднения при ответе на один из вопросов.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется, если имеются затруднения по обоим вопросам, не правильно формулируются основные положения теории и т.д.

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

Теоретические вопросы (РОБК-1.1, РОБК-1.2, РООПК 1.1, РООПК 1.2, РООПК 2.1, РООПК 2.2):

1. Модель турбулентности Буссинеска. Обобщенная модель.
2. Явление перемежаемости. Коэффициент перемежаемости.
3. Закон стенки.
4. Закон Колмогорова-Обухома.
5. Модель пути перемешивания. Теория Прандтля.
6. Теория Кармана.
7. Закономерности сопротивления гладких и шероховатых труб.
8. Уравнение турбулентного переноса скалярной субстанции.
9. Модели турбулентности DNS, LES и RANS.
10. Аналогии при турбулентном переносе.

Критерии оценивания: считается выполненным, если дан верный ответ на 1 теоретический вопрос (исчерпывающий и/или с небольшими неточностями).

Информация о разработчиках

Шваб Александр Вениаминович, доктор физико-математических наук, профессор, кафедры прикладной аэромеханики физико-технического факультета, профессор.