

МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Казанский национальный исследовательский
технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

Д.Ш. Султанова

«07» июня 2021 г.



Рабочая программа дисциплины в виде электронного документа выгружена из информационной системы управления университетом и соответствует оригиналу
Простая электронная подпись, ID подписи: 1060
Подписал Проректор по учебной работе Д.Ш. Султанова
Дата 07.06.2021

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине «**ОСНОВЫ РАСЧЕТА ТУРБУЛЕНТНЫХ ПОТОКОВ**»

| | |
|--------------------------|--|
| Специальность: | 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов |
| Специализация: | Проектирование технологических комплексов химических и нефтехимических производств |
| Квалификация выпускника: | Инженер |
| Форма обучения: | Очная |
| Институт: | Институт химического и нефтяного машиностроения |
| Факультет: | Механический факультет |
| Кафедра-разработчик: | Кафедра «Процессов и аппаратов химической технологии» |
| Курс; семестр | 3; 6 |

| Вид нагрузки | Часы | Зачётные единицы |
|---------------------------------|------|------------------|
| Практическое занятие | 18 | 0,5 |
| Самостоятельная работа | 18 | 0,5 |
| Форма аттестации: Зачет (6 сем) | | |
| Всего | 36 | 1 |

Рабочая программа составлена с учётом требований Федерального государственного образовательного стандарта (приказ № 1343 от 28.10.2016) по специальности 15.05.01 Проектирование технологических машин и комплексов для специализации «Проектирование технологических комплексов химических и нефтехимических производств» на основании учебных планов набора обучающихся 2021 года.

Разработчик программы:

Доцент

А.О. Панков

Ассистент

О.А. Панкова

СОГЛАСОВАНО

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Процессы и аппараты химической технологии», протокол от 13.05.2021 г. № 8.

Заведующий кафедрой *Согласовано* А.В. Клинов

УТВЕРЖДЕНО

Начальник центра УМЦ

Утверждаю

Л.А. Китаева

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Основы расчета турбулентных потоков» являются: формирование компетенций, необходимых для использования различных моделей турбулентности в математических моделях гидродинамических процессов; изучение моделей турбулентности алгебраического и дифференциального типов; приобретение практических навыков и умений обоснованного выбора определенной модели турбулентности в зависимости от специфики рассматриваемого течения при моделировании гидрогазодинамических задач; овладение навыками использования различных моделей турбулентного переноса, интегрированных в среду ANSYS CFD; овладение навыками осуществления вычислительного эксперимента, оценки точности моделирования, проведения верификацию модели.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы расчета турбулентных потоков» относится к факультативным дисциплинам ООП и формирует у обучающихся по специализации «Проектирование технологических комплексов химических и нефтехимических производств» набор знаний, умений, навыков и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Основы расчета турбулентных потоков» обучающийся по специальности 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

1. Высшая математика
2. Методы вычислительной гидродинамики
3. Процессы и аппараты химической технологии
4. Специализированные программно-вычислительные комплексы

Дисциплина «Основы расчета турбулентных потоков» является предшествующей и необходима для успешного освоения последующих дисциплин:

1. Компьютерное проектирование оборудования химических и нефтехимических производств
2. Машины и аппараты химических производств
3. Моделирование и оптимизация технологических комплексов

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

ОПК-3 способностью решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности

ПК-12 способностью обеспечивать моделирование машин, электроприводов, гидроприводов, средств гидропневмоавтоматики, систем, различных комплексов, процессов, оборудования и технических

объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

Знать:

- знать как разработать физические, математические и компьютерные модели турбулентных потоков
- знать основные модели турбулентных движений, их достоинства и недостатки
- знать математическую запись чаще всего применяемых моделей турбулентности

Уметь:

- уметь подбирать модель турбулентности для конкретных процессов на основе обзора литературы
- уметь создавать новые и совершенствовать методики моделирования и проведения расчетов, необходимых при проектировании технологических процессов и технических устройств

Владеть:

- владеть навыками подбора параметров турбулентной модели для расчета основных гидродинамических процессов
- владеть навыками работы с пакетами программ, позволяющих проводить математическое моделирование основных гидродинамических процессов

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 1 зачетных единиц, 36 часов.

| № п/п | Раздел дисциплины | Семестр | Виды учебной работы (в часах) | | | | Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации |
|-------|---|----------|-------------------------------|----------------------|--------------|-----------|--|
| | | | Лекция | Практические занятия | Лабораторные | СРС | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
| 1. | Возникновение турбулентности. Основные подходы к моделированию турбулентных течений | 6 | | 4 | | 6 | Практические занятия |
| 2. | Основные модели турбулентных течений | 6 | | 10 | | 8 | |
| 3. | Граничные условия для параметров турбулентности | 6 | | 4 | | 4 | |
| | Итого по семестру | 6 | | 18 | | 18 | Зачет |

5. Содержание лекционных занятий по темам

Проведение лекционных занятий не предусмотрено учебным планом

6. Содержание практических/семинарских занятий

| № п/п | Раздел дисциплины | Часы | Тема занятия | Формируемые компетенции |
|--------------|---|-----------|---|-------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 6 |
| 1. | Возникновение турбулентности. Основные подходы к моделированию турбулентных течений | 2 | Критерии перехода потока в турбулентный режим | ПК-12 |
| 2. | | 2 | Основные типы турбулентных моделей | ОПК-3 ПК-12 |
| 3. | Основные модели турбулентных течений | 4 | Алгебраические модели турбулентности | ОПК-3 ПК-12 |
| 4. | | 6 | Модели группы k-ε | ОПК-3 ПК-12 |
| 5. | Граничные условия для параметров турбулентности | 4 | Виды граничных условий для k-ε моделей | ОПК-3 ПК-12 |
| ВСЕГО | | 18 | | |

7. Содержание лабораторных занятий

Проведение лабораторных занятий не предусмотрено учебным планом

8. Самостоятельная работа

| № п/п | Темы, выносимые на самостоятельную работу | Часы | Форма СРС | Формируемые компетенции |
|--------------|--|-----------|--|-------------------------|
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
| 1. | Подходы к моделированию турбулентности | 6 | проработка тем отведенных для самостоятельной работы | ОПК-3 |
| 2. | Низкорейнольдсовы модели турбулентности | 4 | подготовка к практическому занятию, проработка тем отведенных для самостоятельной работы | ПК-12 |
| 3. | LES и DES модели турбулентности. Основные подмодели | 4 | подготовка к практическому занятию, проработка тем отведенных для самостоятельной работы | ОПК-3 ПК-12 |
| 4. | Требуемое сеточное разрешение для различных граничных условий турбулентного потока | 4 | подготовка к практическому занятию, проработка теоретического материала | ОПК-3 ПК-12 |
| ВСЕГО | | 18 | | |

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний

При оценке результатов деятельности обучающихся в рамках дисциплины «Основы расчета турбулентных потоков» используется рейтинговая система. Максимальное и минимальное количество баллов по различным видам учебной работы описано в «Положении о балльно-рейтинговой системе оценки знаний студентов и обеспечения качества учебного процесса» ФГБОУ ВО КНИТУ.

Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля. За контрольные точки студент может получить минимальное и максимальное количество баллов (см. таблицу).

| Оценочные средства | Кол-во | Мин.баллов | Макс.баллов |
|----------------------|--------|------------|-------------|
| 6-й семестр | | | |
| Практические занятия | 5 | 60 | 100 |
| Итого | | 60 | 100 |

10. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации и итоговой аттестации разрабатываются согласно положению о Фондах оценочных средств, рассматриваются как составная часть рабочей программы и оформляются отдельным документом.

11. Информационно-методическое обеспечение дисциплины

11.1. Основная литература

При изучении дисциплины «Основы расчета турбулентных потоков» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

| Основные источники информации | Количество экземпляров |
|--|--------------------------------|
| Г.С. Дьяконов, О.В. Маминов, А.И. Разинов, Теоретические основы процессов химической технологии [Учебник] учеб. пособие: Казань : , 2005 | 236 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ» |
| А.И. Разинов, А.В. Клинов, Г.С. Дьяконов, Процессы и аппараты химической технологии [Учебник] учеб. пособие для студ. вузов, обуч. по напр. "Хим. технология": Казань : Изд-во КНИТУ, 2017 | 276 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ» |

11.2. Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

| Дополнительные источники информации | Количество экземпляров |
|--|---|
| А. . Вараксин, Турбулентные течения газа с твердыми частицами [Прочее] : М. : ФИЗМАТЛИТ, 2003 | 8 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ» |
| А. . Рейнольдс, Турбулентные течения в инженерных приложениях [Прочее] : М. : Энергия, 1979 | 2 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ» |
| И. С. Высоцкий, Л. И. Высоцкий, Продольно-однородные осредненные турбулентные потоки [Электронный ресурс] : Санкт-Петербург : Лань, 2021 | https://e.lanbook.com/book/168807 Режим доступа: по подписке КНИТУ |

11.3. Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Основы расчета турбулентных потоков» предусмотрено использование электронных источников информации:

1. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ: Режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru/>
2. ЭБС «Лань»: Режим доступа: <https://e.lanbook.com>
3. Образовательная платформа «Юрайт»: Режим доступа: <https://urait.ru/>
4. ЭБС «Znanium.com»: Режим доступа: <http://znanium.com/>
5. ЭБС Университетская библиотека онлайн: Режим доступа: <http://biblioclub.ru/>
6. ЭБС IPRbooks: Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>
7. ЭБС BOOK.ru : Режим доступа: <https://www.book.ru/>
8. Научная электронная библиотека <https://elibrary.ru/>

УНИЦ
Согласовано

11.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Scopus Доступ свободный: www.scopus.com

Web of Science Доступ свободный: apps.webofknowledge.com

Моделирование турбулентности: базы данных физического и численного эксперимента
<https://cfd.spbstu.ru/agarbaruk/sites/database/>
Международная база данных CFD iCFDdatabase
<https://web.archive.org/web/20080201044540/http://cfd.cineca.it/>
Общедоступная база данных TurBase с эмпирическими данными из европейских высокопроизводительных структур в турбулентности (EuHIT) <http://turbase.cineca.it/>
Профессиональные справочные системы Техэксперт - www.cntd.ru/
Справочно-правовая система «КонсультантПлюс» Доступ свободный: www.consultant.ru

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лицензированное программное обеспечение и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины «Основы расчета турбулентных потоков»:

Офисные и деловые программы: ABBYY FineReader 9.0 проф;
Офисные и деловые программы: MS Office 2007 Russian;
Офисные и деловые программы: MS Office 2007 Professional Russian;
Офисные и деловые программы: MS Office 2010-2016 Standard
Архиватор 7 Zip
Блокнот Notepad
Яндекс Браузер
Aspen HYSYS (ANSYS Academic Research Mechanical and CFD; ANSYS LS-DYNA; ANSYS LS-DYNA HPC-8)
MATLAB Academic (в комплекте с Simulink Academic)

Практические занятия:

а) компьютерный класс с персональными компьютерами, на которых установлено необходимое программное обеспечение.

Прочее:

а) рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет,
б) рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

13. Образовательные технологии

В процессе освоения дисциплины «Основы расчета турбулентных потоков» используются следующие образовательные технологии:

- творческие задания;
- работа в малых группах;
- дискуссия;
- системы дистанционного обучения.