

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

«30» мая 2022 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 30.05.2022

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
по дисциплине «СВЕРХКРИТИЧЕСКИЕ ФЛЮИДНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

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
Кафедра-разработчик:	Кафедра «Теоретических основ теплотехники»
Курс; семестр	4; 7

Вид нагрузки	Часы	Зачётные единицы
Лекция	18	0,5
Лабораторная работа	18	0,5
Практическое занятие	18	0,5
Контроль самостоятельной работы	36	1
Самостоятельная работа	63	1,75
Форма аттестации: Экзамен (7 сем)	27	0,75
Всего	180	5

Рабочая программа составлена с учётом требований Федерального государственного образовательного стандарта (приказ № 732 от 09.08.2021) 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 2022 года.

Разработчик программы:

Ассистент

И.Ш. Хабриев

Доцент

И.И. Гильмутдинов

СОГЛАСОВАНО

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Теоретических основ теплотехники», протокол от 24.05.2022 г. № 11.

Заведующий кафедрой *Согласовано* Ф.М. Гумеров

УТВЕРЖДЕНО

Начальник центра УМЦ

Утверждаю

Л.А. Китаева

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Сверхкритические флюидные технологии» являются:

- а) изучение новых основ создания перспективных энергосберегающих и экологически безопасных технологических процессов;
- б) изучение теоретических основ сверхкритических флюидных технологий;
- в) изучение примеров промышленной реализации сверхкритических флюидных технологий.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Сверхкритические флюидные технологии» относится к обязательной части ООП и формирует у обучающихся по специализации «Проектирование технологических комплексов химических и нефтехимических производств» набор знаний, умений, навыков и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Сверхкритические флюидные технологии» обучающийся по специальности 15.05.01 «Проектирование технологических машин и комплексов» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

1. Термодинамика
2. Физика

Дисциплина «Сверхкритические флюидные технологии» является предшествующей и необходима для успешного освоения последующих дисциплин:

1. Выполнение, подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

ОПК-5 Способен генерировать и использовать новые инженерные идеи в области своей профессиональной деятельности;

ОПК-5.1. Знает основные технологические процессы и оборудование, применяемое в области профессиональной деятельности

ОПК-5.2. Умеет анализировать текущие процессы, выявлять их проблемные места и находить пути их модернизации на основе новых инженерных решений

ОПК-5.3. Владеет навыками поиска новых инженерных идей, их синтеза и внедрения в различные процессы в области своей профессиональной деятельности

В результате освоения дисциплины обучающийся должен

Знать:

- основные принципы работы, технические характеристики, конструктивные особенности разрабатываемых технических средств, использующих сверхкритические флюидные среды;
- основные принципы формирования проектной и технической документации.

Уметь:

- использовать современные методы расчета при проектировании оборудования сверхкритических флюидных сред;
- правильно оценивать и корректно интерпретировать результаты расчетов;
- оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов и технической документации стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.

Владеть:

- навыками по проектированию технологических средств с учетом обеспечения необходимых условий сверхкритических флюидных сред, повышения технологичности и экономичности процессов;
- способностью разрабатывать проектную и техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы с проверкой соответствия разрабатываемых проектов технической документации, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)					Оценочные средства для проведения текущей и промежуточной аттестации
			Лекция	Практические занятия	Лабораторные	КСР	СРС	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.	Фазовые переходы и критические явления в простых жидкостях	7	3	3	3	6	8	Лабораторная работа; Практические занятия
2.	Теории критических явлений	7	3	3	3	6	8	
3.	Элементы теории, используемые в расчетах фазовых равновесий	7	3	3	3	5	8	
4.	Суб- и сверхкритические флюидные экстрагенты и растворители	7	3	3	3	5	9	Контрольная работа; Лабораторная работа; Практические занятия
5.	Принципы суб- и сверхкритических флюидных технологий	7	2	3	3	5	10	Лабораторная работа; Практические занятия
6.	Суб- и сверхкритические флюидные технологии по отраслям промышленности	7	4	3	3	9	20	Лабораторная работа; Практические занятия; Реферат; Экзамен
	Итого по семестру	7	18	18	18	36	63	Экзамен

5. Содержание лекционных занятий по темам

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Индикаторы достижения компетенции
1	2	3	4	5
1.	Фазовые переходы и критические явления в простых жидкостях	3	Фазовые переходы и критические явления в простых жидкостях	ОПК-5.2

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Индикаторы достижения компетенции
1	2	3	4	5
2.	Теории критических явлений	3	Теории критических явлений	ОПК-5.1
3.	Элементы теории, используемые в расчетах фазовых равновесий	3	Элементы теории, используемые в расчетах фазовых равновесий	ОПК-5.3
4.	Суб- и сверхкритические флюидные экстрагенты и растворители	3	Суб- и сверхкритические флюидные экстрагенты и растворители	ОПК-5.1 ОПК-5.3
5.	Принципы суб- и сверхкритических флюидных технологий	2	Принципы суб- и сверхкритических флюидных технологий	ОПК-5.2
6.	Суб- и сверхкритические флюидные технологии по отраслям промышленности	2	Суб- и сверхкритические флюидные технологии по отраслям промышленности	ОПК-5.1
7.		1	Сверхкритический флюид в сердце трубопровода или почему магистральный газ не бывает просто газом	ОПК-5.1
8.		1	Сверхкритические технологии в борьбе с гидратами и очистка потока в недрах трубопровода	ОПК-5.1
	ВСЕГО	18		

6. Содержание практических/семинарских занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема занятия	Индикаторы достижения компетенции
1	2	3	4	6
1.	Фазовые переходы и критические явления в простых жидкостях	3	Определение критических индексов кривой сосуществования, критической изотермы, изотермической сжимаемости на основе экспериментальных данных, полученных при реализации опыта Эндрюса	ОПК-5.3
2.	Теории критических явлений	3	Расчет масштабной функции теплопроводности аргона на основе результатов экспериментального исследования температуропроводности	ОПК-5.2
3.	Элементы теории, используемые в расчетах фазовых равновесий	3	Установление значений параметров бинарного взаимодействия в системе «низколетучее соединение-сверхкритический диоксид углерода» на основе экспериментальных данных по растворимости и использования уравнения Пенга-Робинсона	ОПК-5.2
4.	Суб- и сверхкритические флюидные экстрагенты и растворители	3	Принципы расчета растворимости веществ в СКФ-растворителях в рамках статического и динамического методов исследования	ОПК-5.1
5.	Принципы суб- и сверхкритических флюидных технологий	3	Принцип установления термодинамической области состояния многокомпонентной системы с участием СКФ-среды для осуществления метода SAS	ОПК-5.2
6.	Суб- и сверхкритические флюидные технологии по отраслям промышленности	3	Эксергетический метод анализа эффективности СКФЭ-циклов	ОПК-5.3
	ВСЕГО	18		

7. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема занятия	Индикаторы достижения компетенции
1	2	3	4	6
1.	Фазовые переходы и критические явления в простых жидкостях	3	Исследование P _v диаграммы CO ₂ для докритических, критической и сверхкритических изотерм	ОПК-5.1
2.	Теории критических явлений	3	Исследование растворимости антрацена в сверхкритическом CO ₂ с использованием статического и динамического методов	ОПК-5.1
3.	Элементы теории, используемые в расчетах фазовых равновесий	3	Диспергирование фармацевтических материалов методом RESS	ОПК-5.2
4.	Суб- и сверхкритические флюидные экстрагенты и растворители	3	Диспергирование фармацевтических материалов методом PGSS	ОПК-5.3
5.	Принципы суб- и сверхкритических флюидных технологий	3	Диспергирование фармацевтических материалов методом SAS/SEDS	ОПК-5.3
6.	Суб- и сверхкритические флюидные технологии по отраслям промышленности	3	Получение биодизельного топлива посредством осуществления реакции переэтерификации в СКФ условиях	ОПК-5.2
	ВСЕГО	18		

8. Самостоятельная работа

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Индикаторы достижения компетенции
1	2	3	5	6
1.	Процессы получения нано и микро частиц методами RESS и SEDS	8	написание реферата, подготовка к контрольной работе, подготовка к лабораторной работе, подготовка к практическому занятию	ОПК-5.1
2.	Процессы получения биодизельного топлива на основе реакции сверхкритической трансэтерификации	8	написание реферата, подготовка к контрольной работе, подготовка к лабораторной работе, подготовка к практическому занятию	ОПК-5.2
3.	Физические эффекты в окрестности термодинамической критической точки и их природа; Особенности реализации методов исследования свойств веществ в окрестности критической точки	8	написание реферата, подготовка к контрольной работе, подготовка к лабораторной работе, подготовка к практическому занятию	ОПК-5.1
4.	Процессы СКФ экстракции, RESS, SAS/SEDS	9	написание реферата, подготовка к контрольной работе, подготовка к лабораторной работе, подготовка к практическому занятию	ОПК-5.1 ОПК-5.3
5.	Растворимость веществ в сверхкритических флюидных растворителях; Кроссоверное поведение изотерм растворимости в сверхкритической флюидной области состояния	10	написание реферата, подготовка к контрольной работе, подготовка к лабораторной работе, подготовка к практическому занятию	ОПК-5.1
6.	Достоинства использования сверхкритических флюидных растворителей и экстрагентов в технологических процессах различных отраслей промышленности	10	написание реферата, подготовка к контрольной работе, подготовка к лабораторной работе, подготовка к практическому занятию	ОПК-5.3
7.	Принципы работы и эффективность систем энергоснабжения компрессорной станции	5	написание реферата	ОПК-5.1

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Индикаторы достижения компетенции
1	2	3	5	6
8.	Термодинамический анализ работы газоперекачивающего агрегата с газотурбинным приводом	5	написание реферата	ОПК-5.1
	ВСЕГО	63		

8.1 Контроль самостоятельной работы

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма КСР	Индикаторы достижения компетенции
1	2	3	5	6
1.	Процессы получения нано и микро частиц методами RESS и SEDS	6	прием лабораторной работы, проверка знаний на практическом занятии, проверка контрольной работы, проверка реферата	ОПК-5.2
2.	Процессы получения биодизельного топлива на основе реакции сверхкритической транэтерификации	6	прием лабораторной работы, проверка знаний на практическом занятии, проверка контрольной работы, проверка реферата	ОПК-5.3
3.	Физические эффекты в окрестности термодинамической критической точки и их природа; Особенности реализации методов исследования свойств веществ в окрестности критической точки	5	прием лабораторной работы, проверка знаний на практическом занятии, проверка контрольной работы, проверка реферата	ОПК-5.1
4.	Процессы СКФ экстракции, RESS, SAS/SEDS	5	прием лабораторной работы, проверка знаний на практическом занятии, проверка контрольной работы, проверка реферата	ОПК-5.2
5.	Растворимость веществ в сверхкритических флюидных растворителях; Кроссоверное поведение изотерм растворимости в сверхкритической флюидной области состояния	5	прием лабораторной работы, проверка знаний на практическом занятии, проверка контрольной работы, проверка реферата	ОПК-5.1
6.	Достоинства использования сверхкритических флюидных растворителей и экстрагентов в технологических процессах различных отраслей промышленности	5	прием лабораторной работы, проверка знаний на практическом занятии, проверка контрольной работы, проверка реферата	ОПК-5.2
7.	Принципы работы и эффективность систем энергоснабжения компрессорной станции	2	проверка реферата	ОПК-5.1
8.	Термодинамический анализ работы газоперекачивающего агрегата с газотурбинным приводом	2	проверка реферата	ОПК-5.1
	ВСЕГО	36		

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний

При оценке результатов деятельности обучающихся в рамках дисциплины «Сверхкритические флюидные технологии» 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
7-й семестр			
Лабораторная работа	6	10	24

Практические занятия	6	10	13
Контрольная работа	1	11	13
Реферат	1	5	10
Экзамен	1	24	40
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 «Сверхкритические флюидные технологии» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Основные источники информации	Количество экземпляров
Ф.М. Гумеров, В.Ф. Хайрутдинов, С.В. Мазанов [и др.], Сверхкритические флюидные экстракционные технологии в нефтепереработке [Прочее] учеб. пособие: Казань : РИЦ "Школа", 2020	30 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
А. А. Сергиевич, К. С. Голохваст, Т. К. Каленик [и др.], Сверхкритические флюиды: теория, этапы становления, современное применение [Электронный ресурс] учебное пособие: Санкт-Петербург : Лань, 2019	https://e.lanbook.com/book/119828 Режим доступа: по подписке КНИТУ

11.2. Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Количество экземпляров
И.И. Гильмутдинов, И.В. Кузнецова, И.М. Гильмутдинов, Наноматериалы и сверхкритические флюидные нанотехнологии в нефтедобыче и нефтепереработке [Учебник] учеб.-метод. пособие: Казань : Изд-во КНИТУ, 2019	66 экз. УНИЦ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
И.В. Кузнецова, Критические явления и сверхкритические флюидные технологии [Электронный ресурс] учебное пособие: Казань : Инновационно-издательский дом «Бутлеровское наследие», 2016	http://ft.kstu.ru/ft/Kuznetsova-kriticheskiye_yavleniyua.pdf Доступ с IP адресов КНИТУ

11.3. Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Сверхкритические флюидные технологии» 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 IPR SMART: Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/>
- 6.Научная электронная библиотека <https://elibrary.ru/>

11.4. Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Базы данных:

Wiley Online Library: <https://onlinelibrary.wiley.com/>

Springer Nature: <https://link.springer.com/>

zbMath : <https://zbmath.org/>

Информационные справочные системы:

Справочно-правовая система «ГАРАНТ» Доступ свободный: www.garant.ru

Справочно-правовая система «КонсультантПлюс» Доступ свободный: www.consultant.ru

12. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Лицензированное программное обеспечение и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины «Сверхкритические флюидные технологии»:

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

Научное ПО PTC Mathcad Education University Edition

MathCast

На кафедре Теоретических основ теплотехники в учебном процессе при выполнении лабораторных работ и практических занятий используется современная вычислительная техника. Компьютерный класс укомплектован необходимым количеством персональных компьютеров PC AT и программным обеспечением.

Используются мультимедийные средства; наборы слайдов и кинофильмов; демонстрационные приборы; при необходимости – средства мониторинга.

Учебные аудитории для проведения учебных занятий оснащены оборудованием:

1. Лабораторные установки для проведения работ с сверхкритическими флюидами , с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационную среду КНИТУ.

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой:

а) лаборатория А-35 (Компьютерный класс) оснащена 10 компьютерами, с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационную среду КНИТУ.

13. Образовательные технологии

Количество часов занятий, проводимых в интерактивных формах в учебном процессе по дисциплине «Сверхкритические флюидные технологии» составляет 19 ч.

В процессе освоения дисциплины «Сверхкритические флюидные технологии» используются следующие образовательные технологии:

- работа в малых группах;
- дискуссия;
- разработка проекта (метод проектов);

- системы дистанционного обучения;
- обсуждение и разрешение проблем («мозговой штурм», ПОПС- формула, «дерево решений», «анализ казусов», «переговоры и медиация», «лестницы и змейки»).