

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПОВОЛЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММ

УТВЕРЖДАЮ /Н.П. Сютлов/  
(Ф.И.О. декана (директора института))

22.02.2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Б.1.2.13 Тепло- и массообменные процессы и аппараты технологических систем

*(код и наименование дисциплины по учебному плану)*

Направление подготовки  
(специальность)

15.03.02 Технологические машины и оборудование

Квалификация выпускника

Бакалавр

*(бакалавр/магистр/специалист)*

Направленность

Оборудование нефтегазопереработки

Курс 3, 4

Семестр 5, 6, 7

**Распределение учебного времени**

Трудоемкость по учебному плану	252 / 7	часов/зачетных единиц
Лекции	4	часов
Лабораторные работы	-	часов
Практические занятия	8	часов
Иная контактная работа	-	часов
Всего контактной работы (без учета экз.)	12	часов
Контактная работа по экзамену	6	часов
Курсовой проект (работа)	7	семестр
Самостоятельная работа обучающихся (без учета экз.)	204	часов
Самостоятельная работа по подготовке к экзамену	30	часов
Экзамен	7	семестр
Зачет	6	семестр
БРК, ДЗ	-	семестр

(год)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО направления подготовки (специальности) 15.03.02 Технологические машины и оборудование

Программу составили:

старший преподаватель	ТТМ	СОГЛАСОВАНО	А.М. Кайдаков
(должность)	(кафедра)		(И.О. Фамилия)

РАССМОТРЕНА и ОДОБРЕНА на заседании кафедры, за которой закреплена дисциплина  
Кафедра транспортно-технологических машин

		(наименование кафедры)	
17.02.2022	протокол №	6	
(дата)			
Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	А.И. Павлов	
		(И.О. Фамилия)	

Рабочая программа СОГЛАСОВАНА с факультетом (институтом), выпускающей(ими) кафедрой(ами).

СООТВЕТСТВУЕТ действующей ОП.

Заведующий кафедрой	СОГЛАСОВАНО	А.И. Павлов
		(И.О. Фамилия)

Председатель методической комиссии факультета (института), в который входит выпускающая кафедра

СОГЛАСОВАНО	А.А. Медяков
	(И.О. Фамилия)

Эксперт(ы): Макаров Д.Е., ведущий инженер-конструктор АО «Марийский машиностроительный завод»

Рабочая программа проверена и зарегистрирована в УМЦ 27.02.2023 г.

Специалист учебно-методического центра СОГЛАСОВАНО /И.Р. Валиева/

## Раздел 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является достижение планируемых результатов обучения, соответствующих установленным в ОПОП индикаторам достижения компетенций:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения
1. ПК-1 Способность применять знания по технологии и оборудованию нефтегазопереработки	ПК-1.1 Применяет знания технологии нефтегазопереработки, физические, физико-химические и химические основы технологических процессов; основного и вспомогательного оборудования, контрольных приборов и автоматики, принципов их работы и правил технической эксплуатации; технологических схем переработки нефти и газа; инструкций и правил промышленной безопасности, по охране труда и пожаробезопасности; основных технологических процессов и режимов производства, видов применяемого оборудования и правил его эксплуатации	<p><b>знания:</b> Знает технологии нефтегазопереработки, физические, физико-химические и химические основы технологических процессов; основного и вспомогательного оборудования, контрольных приборов и автоматики, принципов их работы и правил технической эксплуатации; технологических схем переработки нефти и газа; инструкций и правил промышленной безопасности, по охране труда и пожаробезопасности; основных технологических процессов и режимов производства, видов применяемого оборудования и правил его эксплуатации</p> <p><b>умения:</b> Умеет применять знания технологии нефтегазопереработки, физические, физико-химические и химические основы технологических процессов; основного и вспомогательного оборудования, контрольных приборов и автоматики, принципов их работы и правил технической эксплуатации; технологических схем переработки нефти и газа; инструкций и правил промышленной безопасности, по охране труда и пожаробезопасности; основных технологических процессов и режимов производства, видов применяемого оборудования и правил его эксплуатации</p> <p><b>навыки:</b> Владеет навыками применения технологии нефтегазопереработки, физических, физико-химических и химических основ технологических процессов; основного и вспомогательного оборудования, контрольных приборов и автоматики, принципов их работы и правил технической эксплуатации; технологических схем переработки нефти и газа; инструкций и правил промышленной безопасности, по охране труда и пожаробезопасности; основных технологических процессов и режимов производства, видов применяемого оборудования и правил его эксплуатации</p>

2. ПК-2 Способен выполнять работы по проектированию технологического оборудования	ПК-2.1 Контролирует выполнение требований технологического регламента при проведении технологического процесса; анализирует и разрабатывает проектную и рабочую техническую документацию, оформляет проектно-конструкторские работы	<b>знания:</b> Знает требования технологического регламента при проведении технологического процесса; анализирует и разрабатывает проектную и рабочую техническую документацию, оформляет проектно-конструкторские работы <b>умения:</b> Умеет контролировать выполнение требований технологического регламента при проведении технологического процесса; анализирует и разрабатывает проектную и рабочую техническую документацию, оформляет проектно-конструкторские работы <b>навыки:</b> Владеет навыками контроля выполнения требований технологического регламента при проведении технологического процесса; анализирует и разрабатывает проектную и рабочую техническую документацию, оформляет проектно-конструкторские работы
--	---	--

## Раздел 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина относится к элективным дисциплинам (модулям) ОПОП.

Дисциплина является элективной

Для продолжения формирования заявленных компетенций необходимы знания предшествующих дисциплин: Химия и технология нефти и газа (ПК-1), Основы нефтегазового дела (ПК-1), Основы проектирования (ПК-2), Система автоматизированного проектирования оборудования нефтегазопереработки (ПК-2), Метрология, стандартизация и сертификация (ПК-2), Детали машин (ПК-2)

Изучаемая дисциплина является основой для продолжения формирования указанных компетенций в следующих дисциплинах: Техническая эксплуатация оборудования нефтегазопереработки (ПК-1), Основы конструирования и расчета технологического оборудования (ПК-1), Конструкции и прочность машинного оборудования (ПК-2), Техническая эксплуатация оборудования нефтегазопереработки (ПК-2), Основы конструирования и расчета технологического оборудования (ПК-2); государственной итоговой аттестации в форме: Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы (ПК-2)

## Раздел 3. ОПИСАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Для формирования заявленных компетенций используются методологические технологии, реализующие деятельностный, личностно-ориентированный, практико-ориентированный подходы.

Основными стратегическими технологиями являются: лекционные занятия, практические занятия, процедуры самообучения

На достижение конкретных целей обучения направлены применяемые тактические технологии: задания, классическая лекция

## Раздел 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
<b>Основные законы и понятия массообмена</b>	<b>36</b>	ПК-1, ПК-2
Лекция. Основные законы термодинамики	2	
Практическое занятие. Абсорбция и адсорбция	2	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение 1. Классификация массообменных процессов. Основные понятия и определения. Способы выражения составов фаз. 2. Равновесие между фазами. Линия равновесия. Правило фаз. Закон Генри. Закон Рауля. 3. Материальный баланс массообменного аппарата (на примере противоточного абсорбера). Уравнение рабочей линии. Направление массопередачи и движущая сила массообменного процесса. 4. Молекулярная диффузия. Первый и второй законы Фика. Коэффициент молекулярной диффузии, его физический смысл и от каких факторов он зависит. 5. Массоотдача. Уравнение массоотдачи. Коэффициент массоотдачи. 6. Уравнение массопередачи. Коэффициент массопередачи. Понятие фазовых сопротивлений. 7. Абсорбция: физическая сущность и разновидности процесса. Закон равновесия при абсорбции. Тепловой эффект абсорбции. Материальный баланс противоточного абсорбера. 8. Классификация абсорбционных аппаратов. Конструкции поверхностных и насадочных абсорберов. 9. Классификация абсорбционных аппаратов. Конструкции насадочных и барботажных абсорберов.	32	
Иная контактная работа:	0	

#### 6 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
<b>Процессы дистилляции и ректификации</b>	<b>72</b>	ПК-1
Лекция. 2.1. Процессы перегонки и ректификации	2	
Практическое занятие. 2.2. Малотоннажные установки перегонки нефти	2	

Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение 1. Иллюстрация принципа осуществления процессов на диаграмме температура- состав. 2. Дистилляция и ректификация: назначение и физическая сущность процессов. 3. Иллюстрация принципа осуществления этих процессов на диаграмме температура- 4. Простая дистилляция. Схема установки. Материальный баланс процесса. 5. Физические основы непрерывной ректификации. Схема установки и ее принцип работы. 6. Материальный баланс верхней части колонны, уравнение линии рабочих концентраций. 7. Материальный баланс нижней части колонны, уравнение линии рабочих концентраций. 8. Изображение процесса непрерывной ректификации на У-Х диаграмме. 9. Построение рабочих линий, определение теоретического и действительного числа тарелок. 10. Подобие диффузионных процессов. 11. Критерии диффузионного подобия. 12. Обобщенное критериальное уравнение конвективного массообмена. 13. Уравнение рабочей линии противоточного абсорбера 14. Влияние удельного расхода абсорбента на габариты аппарата.	68	
Иная контактная работа: зачет	0	

### 7 семестр

Виды и темы занятий	Количество часов	Формируемые компетенции
<b>Законы теплообмена</b>	<b>108</b>	ПК-2
Практическое занятие. Расчет теплообменных аппаратов	4	
Задания для самостоятельной работы, в том числе выполнение курсового проекта/работы 1. Три способа переноса теплоты. 2. Физические основы теплопередачи, основные понятия и определения. 3. Тепловые балансы. 4. Конвективный теплообмен. 5. Закон теплоотдачи Ньютона. 6. Классификация теплообменных аппаратов. 7. Конструкция кожухотрубчатых теплообменников. 8. Современные конструкции ТОА.	104	
выполнение курсового проекта/работы	0	
Иная контактная работа: защита курсового проекта/работы	0	
Подготовка к экзамену	30	
Проведение экзамена	6	

## Раздел 5. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Изучение дисциплины рекомендуется начать с ознакомления с рабочей программой, ее структурой и содержанием разделов. Учебный материал структурирован, изучение дисциплины осуществляется в тематической последовательности.

**Занятия лекционного типа** дают систематизированные знания по дисциплине, концентрируют внимание на наиболее сложных и важных вопросах. Во время лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала; обращать внимание на формулировки и категории, раскрывающие суть проблемы, явления или процесса; зафиксировать выводы и практические рекомендации. Подготовка к **занятиям семинарского типа** включает ознакомление с планом **практического** занятия; работу с конспектом лекций, выполнение домашнего задания, работу с учебной и учебно-методической литературой, научными изданиями и электронными образовательными ресурсами, рекомендованными рабочей программой дисциплины.

Содержание **самостоятельной работы** определяется рабочей программой дисциплины, оценочными и методическими материалами, заданиями и указаниями преподавателя. Самостоятельная работа может осуществляться в аудиторной и внеаудиторной формах. Эффективным средством осуществления самостоятельной работы является электронная информационно-образовательная среда университета, которая обеспечивает доступ к образовательной программе, рабочей программе дисциплины, к электронным библиотечным системам, профессиональным базам данных и информационным справочным системам.

Изучение дисциплины включает выполнение **курсового проекта**. Периодичность проведения, формы текущего контроля успеваемости, система оценивания хода освоения дисциплин представлены в рабочей программе. Формой промежуточной аттестации по дисциплине является **зачёт, экзамен; по курсовому**

## Раздел 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Учебно-методическое обеспечение

№№ п/п	Список используемой литературы	Количество экземпляров печатных изданий, имеющих в библиотеке, или электронный адрес издания (ресурса) в сети Интернет
<b>УЧЕБНЫЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ И НАУЧНЫЕ ИЗДАНИЯ</b>		
1.	Гайле, Александр Александрович. Процессы разделения и очистки продуктов переработки нефти и газа [Текст] : учебное пособие : [по специальностям 240401 "Химическая технология органических веществ", 240403 "Химическая технология природных энергоносителей и углеродных материалов" и направлению подготовки магистров 240100.68 "Химическая технология"] / А. А. Гайле, В. Е. Сомов. Санкт-Петербург: Химиздат, 2012. - 374, [1] с. ISBN 978-5-93808-199-4. Экземпляры: всего 29.	29
2.	Вержичинская, Светлана Владимировна. Химия и технология нефти и газа [Текст] : [учебное пособие для студентов учреждений СПО] / С. В. Вержичинская, Н. Г. Дигуров, С. А. Синицин. 3-е изд., испр. и доп. МоскваМосква: ФОРУМИНФРА-М, 2014. - 415 с. ISBN 978-5-91134-893-9978-5-16-009863-0. Экземпляры: всего 27	27

	27.	
3.	Калинина, Татьяна Александровна. Химия нефти и газа [Текст] : учебно-методический комплекс : [по специальности "Проектирование, сооружение и эксплуатация нефтегазопроводов и хранилищ"] / Т. А. Калинина; Дальневост. федер. ун-т. Москва: Проспект, 2015. - 193, [1] с. ISBN 978-5-392-19189-5. Экземпляры: всего 5.	5
4.	Николаев, А. К. Трубопроводный транспорт углеводородов [Электронный ресурс] / Николаев А. К., Пшенин В. В., Зарипова Н. А. Санкт-Петербург: Лань, 2023. - 76 с. ISBN 978-5-8114-7667-1.	<a href="https://e.lanbook.com/book/332690">https://e.lanbook.com/book/332690</a>
ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ		
1.	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>
ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ		
1.	Справочно-правовая система Консультант+	<a href="http://www.consultant.ru">http://www.consultant.ru</a>
2.	Профессиональные справочные системы Техэксперт	<a href="http://www.cntd.ru">http://www.cntd.ru</a>

## 6.2. Материально-техническая база и программное обеспечение

№№ п/п	Аудитории для проведения учебных занятий, самостоятельной работы и проведения государственной итоговой аттестации	Перечень основного оборудования	Программное обеспечение
1.	203 (II)	Доска аудиторная 1000*1500 (1), Колонки SVEN 2.0 STREAM Mega R (1), Мультимедийный проектор Hitachi CP-X400 (1), Проц.блок (+Монитор 19" LG ) Aquarius Elt DF 1800 (1), Экран настенный Rollifix Premium 240*240см (1), Комплект учебной мебели (1)	Microsoft Windows Enterprise, Справочная правовая система "Консультант Плюс", Microsoft Office Standard, Агент Dr.Web, Комплект ГАРАНТ-Мастер, Microsoft Access, Microsoft Visio Professional, Microsoft Project Professional, Microsoft Visual Studio Enterprise, Комплект ПО для решения основных пользовательских задач

## Раздел 7. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ/ ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Критерии оценивания индикаторов достижения компетенций направлены на:

- усвоение теоретического материала (объем знаний, глубина усвоения), предусмотренного рабочей программой;
- умение излагать материал (четкость, грамотность изложения материала, точность и полнота воспроизведения учебного материала);
- умение применять теоретические знания при решении практических заданий.

Шкала оценивания представлена ниже.



Уровень сформированности элементов компетенции	Критерии оценивания	Шкала оценивания
Пороговый уровень	Обучающийся имеет знания основного материала, проявляет умение логично его излагать, но может допускать неточности в изложении материала, недостаточно правильные формулировки, испытывает затруднения в выполнении практических заданий.	удовлетворительно
Продвинутый уровень	Обучающийся твердо знает программный материал, излагает его грамотно и по существу, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения	хорошо
Высокий уровень	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, грамотно и логически стройно его излагает, дает исчерпывающие ответы на поставленные вопросы. В ответе тесно увязывается теория с практикой, при этом обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с монографической литературой, периодическими изданиями, правильно обосновывает принятые решения, свободно владеет разносторонними навыками, приемами выполнения практических работ	отлично

### 7.1. Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся направлена на оценивание результатов обучения по дисциплине (модулю) и проводится с использованием фондов оценочных средств.

Примеры типовых контрольных заданий из базы фонда оценочных средств по образовательной программе.

Билет 0

- 1.Классификация массообменных процессов. Основные понятия и определения.
2. Способы выражения составов фаз.
3. Конструкции насадочных и барботажных абсорберов.

Билет 01

- 1.Нарисуйте и объясните схему работы насадочного абсорбера.
- 2.Конвективный теплообмен.
3. Конструкция кожухотрубчатых теплообменников.

Билет 02

1. Физические основы непрерывной ректификации. Схема установки и ее принцип работы.
2. Простая дистилляция. Схема установки. Материальный баланс процесса.
3. Три способа переноса теплоты.

#### Билет 03

1. Конструкция ректификационной колонны.
2. Материальный баланс верхней части колонны, уравнение линии рабочих концентраций.
3. Закон теплоотдачи Ньютона.

#### Билет 04

1. Нарисуйте схему и объясните работу колпачковой тарелки.
2. Материальный баланс нижней части колонны, уравнение линии рабочих концентраций.
3. Современные конструкции ТОА.

#### Перечень вопросов для проведения промежуточной аттестации

##### Вопросы для зачета

1. Классификация массообменных процессов. Основные понятия и определения.
2. Способы выражения составов фаз.
3. Равновесие между фазами. Линия равновесия. Правило фаз.
4. Закон Генри. Закон Рауля.
5. Материальный баланс массообменного аппарата
6. Уравнение рабочей линии. Направление массопередачи и движущая сила массообменного процесса.
7. Молекулярная диффузия. Первый и второй законы Фика. Коэффициент молекулярной
8. диффузии, его физический смысл и от каких факторов он зависит.
10. Массоотдача. Уравнение массоотдачи. Коэффициент массоотдачи.
11. Уравнение массопередачи. Коэффициент массопередачи. Понятие фазовых сопротивлений.
12. Три способа переноса теплоты.
13. Физические основы теплопередачи, основные понятия и определения.
14. Тепловые балансы.
15. Конвективный теплообмен.
16. Закон теплоотдачи Ньютона.

## Вопросы для экзамена

1. Классификация массообменных процессов. Основные понятия и определения.
2. Способы выражения составов фаз.
3. Равновесие между фазами. Линия равновесия. Правило фаз.
4. Закон Генри. Закон Рауля.
5. Материальный баланс массообменного аппарата
6. Уравнение рабочей линии. Направление массопередачи и движущая сила массообменного процесса.
7. Молекулярная диффузия.
8. Первый и второй законы Фика.
9. Коэффициент молекулярной диффузии, его физический смысл и от каких факторов он зависит
10. Массоотдача. Уравнение массоотдачи. Коэффициент массоотдачи.
11. Уравнение массопередачи. Коэффициент массопередачи. Понятие фазовых сопротивлений.
12. Три способа переноса теплоты.
13. Физические основы теплопередачи, основные понятия и определения.
14. Тепловые балансы.
15. Конвективный теплообмен.
16. Закон теплоотдачи Ньютона.
17. Абсорбция: физическая сущность и разновидности процесса.
18. Закон равновесия при абсорбции. Тепловой эффект абсорбции. Материальный баланс противоточного абсорбера.
19. Классификация абсорбционных аппаратов. Конструкции поверхностных и насадочных абсорберов.
20. Классификация абсорбционных аппаратов. Конструкции насадочных и барботажных абсорберов.
21. Простая дистилляция. Схема установки. Материальный баланс процесса.
22. Физические основы непрерывной ректификации. Схема установки и ее принцип работы.
23. Материальный баланс верхней части колонны, уравнение линии рабочих концентраций.
24. Материальный баланс нижней части колонны, уравнение линии рабочих концентраций.
25. Построение рабочих линий, определение теоретического и действительного числа тарелок.
27. Классификация теплообменных аппаратов.
28. Конструкция кожухотрубчатых теплообменников.

## 29.Современные конструкции ТОО.