

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижнекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине *Б1.О.30 Интенсификация тепломассообменных процессов*  
Направление подготовки *15.03.02 «Технологические машины и оборудование»*  
Профиль *Оборудование нефтегазопереработки*  
Квалификация выпускника *бакалавр*  
Форма обучения *заочная*  
Факультет *механический*  
Кафедра-разработчик рабочей программы *Машины и аппараты химических производств*

Форма обучения	Заочная	
	часы	зач. ед.
Лекции	4	0,11
Лабораторные работы	4	0,11
Практические занятия	2	0,06
Контроль самостоятельной работы	4	0,11
Самостоятельная работа	90	2,5
Форма аттестации – зачет с оценкой (часы на контроль)	4	0,11
Всего	108	3

Нижнекамск 2022 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (№ 728 от 09.08.2021) по направлению 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» на основании учебного плана набора обучающихся 2022 года.

Разработчик программы:

доцент каф. МАХП  
(должность)

  
(подпись)

А.Н. Даутова  
(И.О. Фамилия)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры МАХП, протокол от 12.04.2022 г. № 8

Зав. кафедрой

  
(подпись)

И.Н. Мадышев  
(Ф.И.О.)

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины Б1.О.30 «Интенсификация тепломассообменных процессов» являются:

- а) овладение знаниями в области теории и практики повышения интенсивности тепло- и массообменных процессов с химии и нефтехимии;
- б) освоение методов оптимизации тепломассообменных процессов;
- в) знакомство с современными промышленными технологиями интенсификации тепломассообменных процессов.

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина Б1.0.30 «Интенсификация тепломассообменных процессов» относится к числу дисциплин по выбору вариативной части ОП и формирует у бакалавров по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» набор знаний, умений, навыков и компетенций, необходимых для выполнения научно-исследовательской, организационно-управленческой и проектной видов деятельности.

Для успешного освоения дисциплины Б1.0.30 «Интенсификация тепломассообменных процессов» бакалавр по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» должен освоить материал предшествующих дисциплин;

- а) Б 1.0.12 Математика;
- б) Б1.В.04 Процессы и агрегаты в нефтегазопереработке;
- в) Б1.О.28 Общая химическая технология;
- г) Б1.0.16 Информационные технологии (информатика).

Дисциплина Б1.0.30 «Интенсификация тепломассообменных процессов» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин;

- а) Б1.В.ДВ.03.01 Системный анализ процессов нефтегазопереработки;
- б) Б1.В.ДВ.03.02 Современные методы расчета технологических систем нефтегазопереработки;
- в) Б1.О.33 Инновационные технологии и техника в нефтехимическом аппаратостроении.

Знания, полученные при изучении дисциплины Б1.О.30 «Интенсификация тепломассообменных процессов» могут быть использованы при прохождении преддипломной практики и выполнении выпускных квалификационных работ по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование».

## **3. Компетенции и индикаторы достижения компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины**

ОПК-2 Способен использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности

ОПК-2.1 Знает математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности

ОПК-2.2 Умеет использовать математические, физические, физико-химические, химические методы для решения задач профессиональной деятельности

ОПК-2.3 Владеет математическими, физическими, физико-химическими, химическими методами для решения задач профессиональной деятельности

***В результате освоения дисциплины обучающийся должен:***

1) Знать:

- а) основы теории и практики повышения интенсивности тепло- и массообменных процессов в химии и нефтехимии;
- б) основные законы протекания тепло- и массообменных процессов химической технологии (основополагающие законы тепло- и массопереноса).

2) Уметь:

- а) выбирать наилучшие условия проведения тепло- и массообменных процессов;
- б) решать типовые задачи интенсификации тепломассообменных процессов.

3) Владеть:

- а) навыками для расчета тепломассообменных процессов на основе критерия их интенсивности;
- б) техникой и оборудованием для проведения исследований тепломассообменных процессов с целью определения их интенсивности.

#### ***4. Структура и содержание дисциплины Б1.0.30 «Интенсификация тепломассообменных процессов».***

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов

№ п/ п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)					Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	КСР	СРС	
1	Теоретические основы интенсификации тепломассообменных процессов	6	2	-	-	0,5	16	
2	Интенсификация теплообменных процессов	7	2,5	3	2	3	58	Контрольная работа, лабораторная работа, практическая работа
3	Интенсификация массообменных процессов	7	0,5	1	-	0,5	16	Практическая работа
	Итого		4	4	2	4	90	
	Форма аттестации							Зачет с оценкой (4 часа)

### 5. Содержание лекционных занятий по темам

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Интенсификация тепломассообменных процессов в химической технологии. Введение.	1	Основные методы интенсификации тепломассообменных процессов в технологических аппаратах	Основные направления интенсификации тепломассообменных процессов в технологических аппаратах. Способы интенсификации тепломассообменных процессов.	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3
2	Эффективность методов интенсификации конвективного теплообмена в каналах.	0,5	Пристенные закручиватели потока в каналах	Интенсификация теплообмена спиральными выступами канавками. Механизмы интенсификации теплообмена. Использование интенсификаторов теплообмена в форме пристенных спиральных закручивателей в каналах теплообменных аппаратов.	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3
3	Конструктивные способы интенсификации теплообмена	0,5	Основные конструктивные способы интенсификации теплообмена.	Интенсификация закруткой потока теплоносителя. Теплообмен в каналах типа конфузور-диффузор. Развитые (оребрённые) поверхности теплообмена.	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3
4	Интенсификации теплообмена при ламинарном течении в каналах с дискретной шероховатостью	0,5	Основные зависимости интенсификации теплообмена при ламинарном течении в каналах с дискретной шероховатостью	Дискретно-шероховатые поверхности теплообмена. Каналы с винтовой накаткой. Каналы со спирально-винтовыми проволочными вставками. Каналы с поперечной дискретной шероховатостью.	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3
5	Интенсификации теплообмена при турбулентном течении в дискретно-шероховатых каналах	0,5	Применение различных дискретно-шероховатых интенсификаторов при турбулентном течении теплоносителя.	Каналы со сплошной шероховатостью стенки. Каналы с поперечными кольцевыми выступами. Сферические углубления на поверхности теплообмена.	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3
6	Интенсификация теплообмена при кипении	0,5	Общие сведения об интенсификации теплообмена при кипении	Зарождение и рост пузырьков на поверхности нагрева. Теплоотдача при пузырьковом кипении. Теплоотдача при пленочном кипении. Кипение при вынужденной конвекции в трубах.	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3
7	Интенсификация массообменных процессов при ректификации смесей	0,5	Основные способы интенсификация массообменных процессов при	Способы интенсификации массообменных процессов. Влияние структуры потоков на работу колонных массообменных аппаратов. Повышение производительности и эффективности	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3

			ректификации смесей.	массообменных процессов. Некоторые правила разделения многокомпонентных смесей. Мембранные процессы. Влияние химических реакций на процессы абсорбции. Перспективы развития технологий для разделения веществ.	
--	--	--	----------------------	--	--

### 6. Содержание практических занятий

Целью проведения практических занятий состоит в получении практических навыков и формировании умений применять на практике полученные теоретические знания в области решения прикладных инженерных задач химической технологии.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Наименование практической работы	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Эффективность методов интенсификации конвективного теплообмена в каналах	1	Расчет и сравнение различных методов интенсификации конвективного теплообмена в каналах	Расчет процессов теплообмена в кожухотрубных теплообменных аппаратах и выбор теплообменного аппарата из стандартного ряда. Сравнение выбранных конструкций по площади поверхности теплообмена, коэффициенту теплопередачи и гидравлическому сопротивлению	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3
2	Конструктивные способы интенсификации теплообмена	1	Расчет теплогидродинамической эффективности ленточных завихрителей	Расчет теплогидродинамической эффективности ленточных завихрителей	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3
3	Интенсификации теплообмена при ламинарном течении в каналах с дискретной шероховатостью	1	Расчет теплогидродинамической эффективности дискретно-шероховатых поверхностей теплообмена.	Расчет теплогидродинамической эффективности дискретно-шероховатых поверхностей теплообмена.	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3
4	Дискретно-шероховатые каналы при турбулентном течении теплоносителя	1	Расчет интенсификации теплообмена в дискретно-шероховатых каналах при турбулентном течении теплоносителя	Определение коэффициента теплоотдачи от стенки к нагреваемой жидкости и гидравлического сопротивления трубы потоку. Построение графиков зависимости коэффициента теплоотдачи и гидравлического	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3

				сопротивления от скорости.	
--	--	--	--	----------------------------	--

### **7. Содержание лабораторных занятий**

Цель проведения лабораторных занятий состоит в формировании у обучающихся умений и навыков решения практических задач, связанных с интенсификацией тепло- и массообменных процессов в химическом и нефтехимическом производствах, расчетами технологического оборудования, проектирования отдельных его элементов с применением методов интенсификации.

<b>№ п/п</b>	<b>Раздел дисциплины</b>	<b>Часы</b>	<b>Наименование лабораторного занятия</b>	<b>Краткое содержание</b>	<b>Формируемые компетенции</b>
1	Эффективность методов интенсификации конвективного теплообмена в каналах.	2	Расчет и сравнение различных методов интенсификации конвективного теплообмена в каналах.	Расчет процессов теплообмена в кожухотрубных теплообменных аппаратах и выбор теплообменного аппарата из стандартного ряда. Сравнение выбранных конструкций по площади поверхности теплообмена, коэффициенту теплопередачи и гидравлическому сопротивлению.	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3

### **8. Самостоятельная работа бакалавра**

<b>№ п/п</b>	<b>Темы, выносимые на самостоятельную работу</b>	<b>Часы</b>	<b>Форма СРС</b>	<b>Формируемые компетенции</b>
1	Основные направления интенсификации тепломассообменных процессов в технологических аппаратах. Способы интенсификации тепломассообменных процессов.	16	Подготовка к сдаче зачета	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3
2	Основные методы интенсификации конвективного теплообмена в каналах. Сравнительная эффективность методов интенсификации теплообмена. Оценка способа интенсификации теплообмена с помощью коэффициента теплоэнергетической эффективности.	15	Подготовка к практическому занятию, подготовка к сдаче зачета	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3
3	Интенсификация закруткой потока теплоносителя. Теплообмен в каналах типа конфузور-диффузор. Развитые (оребрённые) поверхности теплообмена. Интенсификация теплообмена при многократном диспергировании жидкости. Интенсификация теплообмена при пленочном течении.	15	Подготовка к практическому занятию, подготовка к сдаче зачета	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3

4	Дискретно-шероховатые поверхности теплообмена. Каналы с винтовой накаткой. Каналы со спирально-винтовыми проволоочными вставками. Каналы с поперечной дискретной шероховатостью.	13	Подготовка к практическому занятию, подготовка к сдаче зачета	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3
5	Каналы со сплошной шероховатостью стенки. Каналы с поперечными кольцевыми выступами. Каналы со спиральными выступами и пружинными вставками. Кольцевые и спиральные канавки на поверхности теплообмена. Сферические углубления на поверхности теплообмена.	13	Подготовка к практическому занятию, подготовка к сдаче зачета	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3
6	Способы интенсификации массообменных процессов. Влияние структуры потоков на работу колонных массообменных аппаратов. Повышение производительности и эффективности массообменных процессов. Мембранные процессы. Влияние химических реакций на процессы абсорбции. Перспективы развития технологий для разделения веществ.	16	Подготовка к сдаче зачета	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3

### 8.1 Контроль самостоятельной работы

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма КСР	Формируемые компетенции
1	Основные направления интенсификации тепломассообменных процессов в технологических аппаратах.	0,5	сдача зачета	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3
2	Основные методы интенсификации конвективного теплообмена в каналах. Сравнительная эффективность методов интенсификации теплообмена.	1	Проведение практического занятия, сдача зачета	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3
3	Интенсификация закруткой потока теплоносителя. Теплообмен в каналах типа конфузور-диффузор. Интенсификация теплообмена при пленочном течении.	1	Проведение практического занятия, сдача зачета	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3
4	Дискретно-шероховатые поверхности теплообмена.	0,5	Проведение практического занятия, сдача зачета	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3
5	Каналы со сплошной шероховатостью стенки. Каналы с поперечными кольцевыми выступами. Каналы со спиральными выступами и пружинными вставками. Кольцевые и спиральные канавки на поверхности теплообмена. Сферические углубления на поверхности теплообмена.	0,5	Проведение практического занятия, сдача зачета	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3
6	Способы интенсификации массообменных процессов. Влияние структуры потоков на работу колонных массообменных аппаратов. Влияние химических реакций на процессы абсорбции. Перспективы развития технологий для разделения веществ.	0,5	Сдача зачета	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3



### **9.Использование рейтинговой системы оценки знаний**

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины Б1.О.30 «Интенсификация тепломассообменных процессов» используется рейтинговая система. Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля.

Учебным планом предусмотрен промежуточный контроль в форме зачета с оценкой (дифференцированного зачета). Зачет выставляется в том случае, если текущий рейтинг по дисциплине составит значение, равное или большее, чем 60 единиц. Текущий рейтинг формируется на основе оценки текущей учебной работы студента по дисциплине и складывается из выполнения практических и лабораторных работ. Положительным результатом считается результат, численное значение которого находится в диапазоне от 60 до 100 единиц.

<b>Оценочные средства</b>	<b>Кол-во</b>	<b>Min, баллов</b>	<b>Max, баллов</b>
<b>Лабораторная работа</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>12</b>
<b>Практическая работа</b>	<b>4</b>	<b>28</b>	<b>48</b>
<b>Зачет</b>	<b>1</b>	<b>24</b>	<b>40</b>
<b>Итого</b>		<b>60</b>	<b>100</b>

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

Оценочные средства для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации обучающихся и итоговой (государственной 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 Б1.О.30 «Интенсификация тепломассообменных процессов» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу.

<b>Основные источники информации</b>	<b>Кол-во экз.</b>
Поникаров, И.И. Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки. [Электронный ресурс] : учеб. / И.И. Поникаров, М.Г. Гайнуллин.- Электрон. дан. — СПб, 2017. — 604 с. - <a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a>	ЭБС «IPRbooks» Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a>
Примеры и задачи по тепломассообмену. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.С. Логинов [и др.]. — Электрон. дан. — СПб, 2017. — 256 с. <a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a>	ЭБС «IPRbooks» Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru">http://www.iprbookshop.ru</a>

#### **11.2 Дополнительная литература**

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Кол-во экз.
Сабанаев, И.А. Оптимизация химико-технологических процессов методом моделирования: метод. указания к лабораторной работе по дисциплине "Моделирование энерго- и ресурсосберегающих процессов в хим. технологии, нефтехимии и биотехнологии": учебно-методическое пособие / И.А. Сабанаев, Ф.М. Алмакаева.- Нижнекамск: НХТИ, 2013.- 48 с.	41 экз. на кафедре

### ***11.3 Электронные источники информации***

При изучении дисциплины Б1.О.30 «Интенсификация тепломассообменных процессов» используются электронные источники информации:

1. ЭБС «IPRbooks» - Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>
2. Федеральный портал «Российское образование» - Режим доступа: <http://www.edu.ru/>
3. Федеральный центр информационно- образовательных ресурсов - Режим доступа: <http://fcior.edu.ru/>
4. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» - Режим доступа: <http://window.edu.ru/>
5. Крупнейший российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования, содержащий рефераты и полные тексты более 14 млн научных статей и публикаций - Режим доступа: <http://elibrary.ru/>

### ***11.4 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы.***

1. Актуализированная бесплатная база государственных стандартов, полностью соответствующая каталогу ФГУП «Стандартинформ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://docplan.ru/listO.htm>. свободный.
2. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации. Государственные стандарты [электронный ресурс]. - Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/gost>. свободный.

**Согласовано:**

Зав. отделом  
по библиотечному  
обслуживанию



Тарасова В.Я.

### ***12. Материально-техническое обеспечение дисциплины.***

Учебные аудитории для проведения учебных занятий оснащены оборудованием:

1. Стенд № 1. “Вихревой массообменный аппарат” – 1 шт.,
2. Стенд №2. “Насадочная колонна” – 1 шт.,
3. Стенд № 3. “Противоточные контактные массообменные устройства” – 1 шт.,

4. Макет «Монтаж колонны двумя кранами» – 1 шт.,
5. Стенд № 4. «Прямоточные контактные массообменные устройства» – 1 шт.,
6. Стенд № 5. «Исследование гидродинамики одиночных капель» – 1 шт.,
7. Стенд № 6. «Реактор с мешалкой» – 1 шт.,
8. Стенд № 7. «Ротационный массообменный аппарат (центробежный)» – 1 шт.,
9. Стенд № 8. «Температурные напряжения в кожухотрубчатых теплообменниках» – 1 шт.,
10. Стенд № 9. «Кожухотрубчатый теплообменник» – 1 шт.,
11. Стенд № 10. «Уплотнительные устройства вращающихся валов» – 1 шт.,
12. Стенд № 11. «Центровка насосных установок» – 1 шт.;
13. Секция клапанной тарелки типа ТКП – 1 шт.,
14. Секция колпачковой тарелки типа ТСК – 1 шт.,
15. Стенд № 12. «Монтаж колонны выжимным способом» – 1 шт.,
16. Стенд № 13. «Монтаж колонны порталным краном» – 1 шт.;
17. Стенд № 14. «Монтаж колонны двумя кранами» – 1 шт.;
18. Макет ректификационной колонны – 1 шт.

техническими средствами обучения:

1. Оверхэд-проектор,
2. Рулонный настенный экран.

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечены доступом в электронную информационную среду НХТИ. Допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.

Лицензированное программное обеспечение и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины «Методы интенсификации тепломассообмена»:

1. Windows XP
2. Microsoft Office 2007
3. Антивирус Касперского

### ***13. Образовательные технологии***

Количество занятий, проводимых в интерактивной форме, согласно учебному плану составляет 2 часа.

Основные интерактивные формы проведения учебных занятий:

- творческие задания;
- дискуссия;
- изучение и закрепление нового материала на интерактивной лекции (лекция-беседа, лекция - дискуссия, лекция с разбором конкретных ситуаций);