

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»)



Заместитель директора по УР
 Н.И. Никифорова
 _____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине *Б1.О.32 Интенсификация тепломассообменных процессов*
 Направление подготовки *18.03.02 Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии*

Профиль подготовки *Машины и аппараты химических производств*

Квалификация выпускника *бакалавр*

Форма обучения *очная, очно-заочная*

Факультет *механический*

Кафедра-разработчик рабочей программы *Машины и аппараты химических производств*


Форма обучения	Очная		Очно-заочная	
	часы	зач. ед.	часы	зач. ед.
Лекции	18	0,5	9	0,25
Лабораторные работы	18	0,5	9	0,25
Практические занятия	18	0,5	9	0,25
Контроль самостоятельной работы	36	1,0	45	1,25
Самостоятельная работа	54	1,5	72	2,0
Форма аттестации – зачет с оценкой (часы на контроль)	-	-	-	-
Всего	144	4	144	4

Нижнекамск 2023 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (№ 923 от 07.08.2020) по направлению 18.03.02 «Энерго- и
(номер, дата утверждения) (шифр)
ресурсосберегающие процессы в химической технологии, биотехнологии
(наименование направления)
и нефтехимии» на основании учебного плана набора обучающихся 2023 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 19.04.2023 г. № 8.

Зав. кафедрой


(подпись)

И.Н. Мадышев
(Ф.И.О.)

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины Б1.О.32 «Интенсификация тепломассообменных процессов» являются:

- а) овладение знаниями в области теории и практики повышения интенсивности тепло- и массообменных процессов в 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.О.32 «Интенсификация тепломассообменных процессов» относится к числу дисциплин по выбору вариативной части ОП и формирует у бакалавров по направлению подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, биотехнологии и нефтехимии» набор знаний, умений, навыков и компетенций, необходимых для выполнения научно-исследовательской, организационно-управленческой и проектной видов деятельности.

Для успешного освоения дисциплины Б1.О.32 «Интенсификация тепломассообменных процессов» бакалавр по направлению подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, биотехнологии и нефтехимии» должен освоить материал предшествующих дисциплин;

- а) Б 1.0.12 Математика;
- б) Б1.В.04 Основные процессы и аппараты химических технологий;
- в) Б1.В.03 Общая химическая технология;
- г) Б1.0.16 Информационные технологии (информатика).

Дисциплина Б1.О.32 «Интенсификация тепломассообменных процессов» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин;

- а) Б1.В.18 Системный анализ химико-технологических процессов;
- б) Б1.В.05 Проектирование современного технологического оборудования химических и нефтехимических производств;
- в) Б1.В.17 Инновационные технологии и техника в химическом аппаратостроении.

Знания, полученные при изучении дисциплины Б1.О.32 «Интенсификация тепломассообменных процессов» могут быть использованы при прохождении преддипломной практики и выполнении выпускных квалификационных работ по направлению подготовки 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, биотехнологии и нефтехимии».

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:

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).

Уметь:

а) выбирать наилучшие условия проведения тепло- и массообменных процессов;

б) решать типовые задачи интенсификации тепломассообменных процессов.

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.О.32 «Интенсификация тепломассообменных процессов».

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр (о/о-з)	Виды учебной работы (в часах о/о-з)					Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	КСР	СРС	
1	Теоретические основы интенсификации тепломассообменных процессов	5/8	2/1	2/1	2/1	6/7	9/12	Лабораторная работа, практическая работа
2	Интенсификация теплообменных процессов	5/8	13/6	14/7	14/7	24/31	36/48	Лабораторная работа, практическая работа
3	Интенсификация массообменных процессов	5/8	3/2	2/1	2/1	6/7	9/12	Лабораторная работа, практическая работа
	Итого		18/9	18/9	18/9	36/45	54/72	
	Форма аттестации							Зачет с оценкой

5. Содержание лекционных занятий по темам
(очная/очно-заочная формы обучения)

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы (о/о-з)	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Интенсификация тепломассообменных процессов в химической технологии. Введение.	2/1	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.	3/2	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	3/1	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	3/1	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	2/1	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	2/1	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	3/2	Основные способы интенсификация	Способы интенсификации массообменных процессов. Влияние структуры потоков на работу	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3

	ректификации смесей		массообменных процессов при ректификации смесей.	колонных массообменных аппаратов. Повышение производительности и эффективности 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 (очная/очно-заочная формы обучения)

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 (о/о-з)	Наименование практической работы	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Эффективность методов интенсификации конвективного теплообмена в каналах	5/3	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	4/2	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	4/1	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	5/3	Расчет интенсификации теплообмена в дискретно-шероховатых каналах при	Определение коэффициента теплоотдачи от стенки к нагреваемой жидкости и	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3

	течении теплоносителя		турбулентном течении теплоносителя	гидравлического сопротивления трубы потоку. Построение графиков зависимости коэффициента теплоотдачи и гидравлического 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.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы (о/о-з)	Наименование лабораторного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Эффективность методов интенсификации конвективного теплообмена в каналах.	5/3	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	4/2	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	4/1	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	5/3	Расчет интенсификации теплообмена в дискретно-шероховатых каналах при турбулентном течении	Определение коэффициента теплоотдачи от стенки к нагреваемой жидкости и гидравлического	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3

	теплоносителя		теплоносителя	сопротивления трубы потоку. Построение графиков зависимости коэффициента теплоотдачи и гидравлического сопротивления от скорости.	
--	---------------	--	---------------	---	--

8. Самостоятельная работа бакалавра (очная/очно-заочная формы обучения)

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы (о/о-з)	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	Основные направления интенсификации тепломассообменных процессов в технологических аппаратах. Способы интенсификации тепломассообменных процессов.	9/12	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.	9/12	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 (оребренные) поверхности теплообмена. Интенсификация теплообмена при многократном диспергировании жидкости. Интенсификация теплообмена при пленочном течении.	9/12	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.	9/12	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.	9/12	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.	9/12	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 (о/о-з)	Форма КСР	Формируемые компетенции
1	Основные направления интенсификации тепломассообменных процессов в технологических аппаратах.	6/7	сдача зачета	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3
2	Основные методы интенсификации конвективного теплообмена в каналах. Сравнительная эффективность методов интенсификации теплообмена.	6/8	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.	6/8	Проведение практического занятия, сдача зачета	ОПК-2.1 ОПК-2.2 ОПК-2.3
4	Дискретно-шероховатые поверхности теплообмена.	6/8	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.	6/7	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.	6/7	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.32 «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.

<i>Оценочные средства</i>	<i>Кол-во (о/о-з)</i>	<i>Min, баллов</i>	<i>Max, баллов</i>
<i>Лабораторная работа</i>	<i>4/4</i>	<i>18</i>	<i>30</i>
<i>Практическая работа</i>	<i>4/4</i>	<i>18</i>	<i>30</i>
<i>Зачет</i>	<i>1/1</i>	<i>24</i>	<i>40</i>
<i>Итого</i>		<i>60</i>	<i>100</i>

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.32 «Интенсификация тепломассообменных процессов» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу.

Основные источники информации	Кол-во экз.
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. - http://www.iprbookshop.ru	ЭБС «IPRbooks» Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru
Примеры и задачи по тепломассообмену. [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.С. Логинов [и др.]. — Электрон. дан. — СПб, 2017. — 256 с. http://www.iprbookshop.ru	ЭБС «IPRbooks» Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru

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.32 «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 массообменник (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 (очная/очно-заочная формы обучения)

Количество занятий, проводимых в интерактивной форме, согласно учебному плану составляет 12/8 (о/о-з) часов.

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);