

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»
(ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



УТВЕРЖДАЮ
Проректор по УР
А.В. Бурмистров

« 8 » декабря 2017 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Б1.В.ОД.14 «Интенсификация теплообменного оборудования»

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Профили подготовки «Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств»; «Оборудование нефтегазопереработки»

Квалификация выпускника БАКАЛАВР

Форма обучения ОЧНАЯ

Институт, факультет «Химического и нефтяного машиностроения», механический
Кафедра-разработчик рабочей программы «Машины и аппараты химических производств»

Курс 3, семестр 6/5*

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	12	0,33
Практические занятия	-	
Семинарские занятия	-	
Лабораторные занятия	24	0,67
Самостоятельная работа	36	1,0
Форма аттестации	зачет	
Всего	72	2,0

* - для набора 2015, 2016, 2017 годов

Казань 2017 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования № 1170 от 20.10.2015 года, по направлению 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» для профилей «Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств», «Оборудование нефтегазопереработки» на основании учебного плана набора обучающихся 2014, 2015, 2016, 2017 годов.

Типовая программа по дисциплине отсутствует.

Разработчик программы:
доцент кафедры МАХП

С.В. Рачковский

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры МАХП протокол от 09.11 2017 г. № 9.

Зав. кафедрой МАХП

С.И. Поникаров

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии механического факультета, к которому относится кафедра-разработчик ФОС от 07.12.2017 г. № 9.

Председатель комиссии, доцент

А.В. Гаврилов _____

Начальник УМЦ, доцент

____Л.А. Китаева

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Интенсификация тепломассообменного оборудования» являются

а) *формирование знаний* о том, что любой технологический процесс можно рассматривать как совокупность переносных явлений, базирующихся на фундаментальных законах сохранения импульса, массы и внутренней энергии;

б) *формирование навыков* по разработке нового высокопроизводительного и экономичного технологического оборудования;

в) *обучение способам* решения практические задач по совершенствованию существующего оборудования на основе фундаментальных понятий о процессах переноса, протекающих в аппаратах;

г) *раскрытие сущности процессов, происходящих* в технологическом оборудовании.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.В.ОД.14 «Интенсификация тепломассообменного оборудования» относится к *вариативной* части ООП и формирует у бакалавров по профилям подготовки «Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств», «Оборудование нефтегазопереработки» набор специальных знаний и компетенций, необходимых для выполнения *научно-исследовательской, производственно-технологической и проектно-конструкторской* видов деятельности.

Для успешного освоения дисциплины «Интенсификация тепломассообменного оборудования» бакалавр по профилям подготовки «Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств», «Оборудование нефтегазопереработки» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

а) *математика (Б1.Б.5);*

б) *физика (Б1.Б.6);*

в) *химия (Б1.Б.7);*

г) *информационные технологии (Б1.Б.9);*

д) *общая химическая технология (Б1.В.ОД.7);*

е) *механика жидкости и газа (Б1.Б.18);*

ж) *термодинамика (Б1.Б.22).*

Дисциплина «Интенсификация тепломассообменного оборудования» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:

а) *современные методы расчета механики сплошных сред(Б1.В.ДВ.5.1);*

б) *основы технологии машиностроения (Б1.Б.20);*

в) машины и аппараты нефтегазопереработки (Б1.В.ОД.13);

г) математическое моделирование химико-технологических процессов (Б1.В.ДВ.5.2).

Знания, полученные при изучении дисциплины «Интенсификация тепломассообменного оборудования» могут быть использованы при прохождении производственных практик (*производственной, преддипломной*) и выполнении выпускной квалификационной работы по профилям подготовки «Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств», «Оборудование нефтегазопереработки».

3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В соответствии с целями и задачами профессиональной деятельности, указанными в ФГОС ВО по направлению подготовки бакалавра 15.03.02 «Технологические машины и оборудование», профили «Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств» и «Оборудование нефтегазопереработки» должен обладать следующими компетенциями:

Общекультурными:

ОК-1 - способностью использовать основы философских знаний для формирования мировоззренческой позиции;

ОК-7- способностью к самоорганизации и самообразованию;

Профессиональными:

ПК-1 - способностью к систематическому изучению научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по соответствующему профилю подготовки;

ПК-2 - умением моделировать технические объекты и технологические процессы с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, готовностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов;

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1) Знать:

а) что любой технологический процесс можно рассматривать как совокупность переносных явлений, базирующихся на фундаментальных законах сохранения импульса, массы и внутренней энергии;

б) любое техническое решение должно максимально объективно вписываться в физическое явление процесса, не вступая в противоречие с его природой, ибо только в этом случае можно говорить об оптимальном технико-экономическом решении инженерной задачи.

2) Уметь:

а) анализировать процесс, выявляя наиболее существенные и значимые связи между самим явлением и режимно-технологическими и аппаратурно-конструктивными параметрами, характеризующими этот процесс;

б) находить способы воздействия на эти связи; предлагать методы их инженерного воплощения.

3) Владеть:

а) навыками по разработке нового высокопроизводительного и экономичного технологического оборудования;

б) методами решения практических задач по совершенствованию существующего оборудования на основе фундаментальных понятий о процессах переноса, протекающих в аппаратах.

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
				Лекция	Семинар (Практическое занятие)	Лабораторные работы	СРС	
1	Тема1 <i>Анализ структуры химико-технологической системы</i>	6/5*	1-5			4	6	Защита лабораторной работы
2	Тема 2 <i>Общие положения теории явлений переноса в процессах химической технологии</i>	6/5*	1	2			2	Тестирование
3	Тема 3 <i>Пограничные слои и переносные явления в них</i>	6/5*	3	2			6	Тестирование
4	Тема 4 <i>Интенсивность и эффективность переносных явлений теплообменного оборудования</i>	6/5*	5-12	8			4	Защита лабораторной работы Тестирование
5	Тема 4 <i>Интенсивность и эффективность переносных явлений массообменного оборудования</i>	6/5*	1,3,5,7,9,11			20	18	Защита лабораторной работы
	Форма аттестации							Зачет

	ИТОГО:		12		24	36	
--	--------	--	----	--	----	----	--

* - для набора 2015, 2016, 2017 годов

5. Содержание лекционных занятий по темам (с указанием приобретаемых компетенций)

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Тема 2 <i>Общие положения теории явлений переноса в процессах химической технологии</i>	2	Общая система уравнений переноса для многокомпонентной однофазной среды (физический смысл уравнений неразрывности, сохранения массы для компонента среды, количества движения и внутренней энергии). Общие принципы линейной неравновесной термодинамики (теорема Онзагера). Частные случаи общей системы уравнений переноса (однокомпонентная однофазная среда; вязкая несжимаемая жидкость; идеальная жидкость). Виды краевых условий для общей системы уравнений переноса. Постановка краевой задачи, как пример детерминированной модели процесса переноса. Построение моделей тепло- и массообменных процессов в многофазных системах, проблемы возникающие при этом и принимаемые допущения	Общая система уравнений переноса для многокомпонентной однофазной среды (физический смысл уравнений неразрывности, сохранения массы для компонента среды, количества движения и внутренней энергии). Общие принципы линейной неравновесной термодинамики (теорема Онзагера). Частные случаи общей системы уравнений переноса (однокомпонентная однофазная среда; вязкая несжимаемая жидкость; идеальная жидкость). Виды краевых условий для общей системы уравнений переноса. Постановка краевой задачи, как пример детерминированной модели процесса переноса. Построение моделей тепло- и массообменных процессов в многофазных системах, проблемы возникающие при этом и принимаемые допущения	ОК-1; ОК-7; ПК-1, ПК-2
2	Тема 3 <i>Пограничные слои и переносные явления в них</i>	2	Гидродинамический пограничный слой и перенос количества движения в слое. Тепловой и диффузионный пограничные слои, перенос тепла и массы в слоях. Ядро потока и переносные явления в нем.	Гидродинамический пограничный слой и перенос количества движения в слое. Тепловой и диффузионный пограничные слои, перенос тепла и массы в слоях. Ядро потока и переносные явления в нем.	ОК-1; ОК-7; ПК-1, ПК-2
3	Тема 4 <i>Интенсивность и эффективность переносных явлений</i>	8	Интенсивность и эффективность переноса тепла и массы, критерии оценки и способы повышения (пассивные и активные). Выбор схемы тока теплоносителей и влияние ее на эффективность теплопереноса в аппарате. Показатели эффективности теплообменной аппаратуры. Интенсивность и	Интенсивность и эффективность переноса тепла и массы, критерии оценки и способы повышения (пассивные и активные). Выбор схемы тока теплоносителей и влияние ее на эффективность теплопереноса в аппарате. Показатели эффективности теплообменной аппаратуры. Интенсивность и эффективность массообменного процесса, построение критерия интенсивности на	ОК-1; ОК-7; ПК-1, ПК-2

			<p>эффективность массообменного процесса, построение критерия интенсивности на примере процесса ректификации в тарельчатой колонне. Повышение эффективности процесса переноса как оптимизационная задача. Универсальный технико-экономический критерий оптимальности</p>	<p>примере процесса ректификации в тарельчатой колонне. Повышение эффективности процесса переноса как оптимизационная задача. Универсальный технико-экономический критерий оптимальности</p>	
--	--	--	--	--	--

6. Содержание семинарских, практических занятий (лабораторного практикума) (семинарские, практические занятия по дисциплине не предусмотрены учебным планом).

7. Содержание лабораторных занятий

Цель проведения лабораторных работ: освоение лекционного материала, касающегося вопросов анализа химико-технологических систем; оценки эффективности и интенсивности работы теплообменных и массообменных аппаратов, а также выработка студентами определенных умений и навыков, связанных с решением указанных выше вопросов в условиях производства.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Тема 1 <i>Анализ структуры химико-технологической системы</i>	4	Лабораторная работа № 1 Анализ структуры химико-технологической системы и нахождение последовательности расчета ее элементов.	<i>нахождение вычислительной последовательности расчета ХТС;</i> <i>составление таблицы идентификаторов;</i> <i>построение параметрического потокового графа;</i> <i>составление матрицы смежности;</i> <i>нахождение простых контуров;</i> <i>составление матрицы контуров;</i> <i>определение разрываемых потоков;</i> <i>составление трансформированной матрицы контуров;</i> <i>нахождение ВПРХТС;</i> <i>построение ациклического параметрического потокового графа</i>	<i>ОК-1; ОК-7;</i> <i>ПК-1, ПК-2</i>
2	Тема 4 <i>Интенсивность и эффективность переносных явлений теплообменного оборудования</i>	10	Лабораторная работа № 2 Оценка эффективности работы теплообменного аппарата. Работа выполняется с использованием программных пакетов <i>Лабраб1а</i> или <i>Лабраб1б</i> для оболочки Mathcad (версии 8 и выше).	<i>для заданного технологического процесса подобрать стандартных кожухотрубный теплообменник и определить эффективность его работы</i>	<i>ОК-1; ОК-7;</i> <i>ПК-1, ПК-2</i>
3	Тема 4 <i>Интенсивность и эффективность</i>	10	Лабораторная работа № 3 Оценка интенсивности работы тарельчатых контактных уст-	<i>технологический расчет процесса ректификации;</i> <i>гидродинамический расчет</i>	<i>ОК-1; ОК-7;</i> <i>ПК-1, ПК-2</i>

<p><i>переносных явлений массообменного оборудования</i></p>		<p>роиств ректификационных процессов. Расчет технологических параметров ректификации выполняется с использованием программного пакета <i>Лабраб2</i>, работающего в оболочке <i>Mathcad</i> (версии 8 и выше). Гидродинамический расчет выполняется автоматизированно в соответствии с методикой ОСТ 26-01-1488-83 [5], реализованной в оболочке <i>Mathcad</i> (версии 8 и выше) с использованием следующих программных модулей: - <i>ситчатаяОСТ.mcd</i>; - <i>ситчатоклапаннаяОСТ.mcd</i>; - <i>клапаннаяОСТ.mcd</i>; - <i>жалюзийноклапаннаяОСТ.mcd</i>; - <i>колпачковаяОСТ.mcd</i>; - <i>решетчатаяОСТ.mcd</i>. Необходимый справочный материал содержится в файле <i>приложениеОСТ.doc</i>.</p>	<p><i>тарельчатых контактных устройств;</i> <i>расчет фактора интенсивности и выбор контактного устройства</i></p>	
--	--	--	--	--

* Лабораторные занятия проводятся в помещении компьютерного класса кафедры МАХП (ауд. А-233) с использованием вычислительных комплексов.

8. Самостоятельная работа бакалавра

Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
<p>Тема 1. Понятие ХТС (ее свойства, иерархическая структура, элементы и методы расчета). Анализ структуры ХТС – цель анализа, его последовательность. Параметрический потоковый граф, матрица смежности, матрица контуров, определение необходимого и достаточного числа разрываемых потоков, трансформированная матрица смежности, ациклический параметрический потоковый граф, переход к разомкнутой ХТС, последовательность расчета ее элементов. Рассматривается на примере блока выделения этилена установки низкотемпературного разделения пирогаза в производстве этилена ОАО «Органический синтез» г. Казань.</p>	6	Проработка теоретического материала и выполнение работы № 1	ОК-1; ОК-7; ПК-1, ПК-2
<p>Тема 2. Построение частных гидродинамических моделей на основе общей системы уравнений переноса: одно и двух параметрическая диффузионная модель; модель идеального вытеснения; модель идеального смешения; ячеечная модель (секционирование).</p>	2	Проработка теоретического материала	ОК-1; ОК-7; ПК-1, ПК-2
<p>Тема 3. Ядро потока и переносные явления в нем.</p>	6	Проработка теоретического материала	ОК-1; ОК-7; ПК-1, ПК-2
<p>Темы 4. Типовые конструкции АВО (горизонтальные, вертикальные, зигзагообразные, малопоточные); их типо-</p>	4	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчета	ОК-1; ОК-7; ПК-1, ПК-2

размеры, компоновка, исполнение трубных секций. Стандартные конструкции теплообменных аппаратов (кожухотрубные, спиральные, пластинчатые, труба в трубе).			
Тема 4. Тарельчатые контактные устройства стандартного типа (ситчатые, ситчато - клапанные, клапанные, жалюзийно-клапанные, колпачковые, решетчатые) их устройство, принцип работы, область применения, сравнительная характеристика по эффективности работы и гидравлическому сопротивлению.	8	Подготовка к лабораторным работам и оформление отчета	ОК-1; ОК-7; ПК-1, ПК-2
Тема 4. Расчет давления насыщенных паров по методу Кокса - Антуана, теплоты парообразования по методу Джиакалоне, энтальпии паровой и жидкой фаз, динамической вязкости паров, межфазного натяжения по уравнению Этвеша. Система <i>TFS.bas</i> .	10	Подготовка к лабораторной работе и оформление отчета	ОК-1; ОК-7; ПК-1, ПК-2

8.1 Выполнение курсовой работы – учебным планом не предусмотрено

9. Использование рейтинговой системы оценки знаний.

При изучении дисциплины предусматривается тестирование по темам 1-4, выполнение трех лабораторных работ.

За эти контрольные точки студент может получить минимальное и максимальное количество баллов (см. таблицу).

Оценочные средства	Кол-во	Min, баллов	Max, баллов
Защита лабораторной работы	3	36	60
Тестирование	4	24	40
Зачет		60	100

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 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 «Интенсификация тепломассообменного оборудования» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу.

Основные источники информации	Кол-во экз.
1. Харлампи, Х.Э. Общая химическая технология. Методология проектирования химико-технологических процессов [Электронный ресурс] : учеб. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 448 с.	ЭБС “Лань” https://e.lanbook.com/book/37357 Доступ из любой точки Интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ
2. Поникаров И.И., Поникаров С.И., Рачковский С.В. Расчет машин и аппаратов химических производств и нефтегазопереработки (примеры и задачи) Учеб.пос. М.: Альфа-М, 2017. 716 с.	ЭБС “Лань” https://e.lanbook.com/book/91879 Доступ из любой точки Интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ
3. Поникаров, И.И., Гайнуллин М.Г. Машины и аппараты химических производств и нефтегазопереработки: учеб. Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 604 с.	ЭБС “Лань” https://e.lanbook.com/book/91289 Доступ из любой точки Интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ

11.2 Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

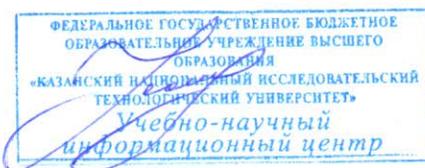
Дополнительные источники информации	Кол-во экз.
1. Гумеров, А.М. Пакет MathCad. Теория и практика. Ч.1: учебное пособие [Электронный ресурс] : учеб. пособие / А.М. Гумеров, В.А. Холоднов. — Электрон. дан. — Казань : КНИТУ, 2013. — 112 с.	ЭБС “Лань” https://e.lanbook.com/book/73355 Доступ из любой точки Интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ
2. Преображенская, Т.Н. Физические методы интенсификации химический процессов [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Т.Н. Преображенская, Х.Э. Харлампи, Д.Х. Сафин. — Электрон. дан. — Казань : КНИТУ, 2011. — 175 с.	ЭБС “Лань” https://e.lanbook.com/book/13349 Доступ из любой точки Интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ
3. Общая химическая технология. Основные концепции проектирования ХТС [Электронный ресурс] : учеб. / И.М. Кузнецова [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 384 с.	ЭБС “Лань” https://e.lanbook.com/book/45973 Доступ из любой точки Интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ

11.3 Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Интенсификация тепломассообменного оборудования» использование электронных источников информации:

1. ЭК УНИЦ КНИТУ <http://ruslan.kstu.ru>
2. ЭБ УНИЦ КНИТУ <http://ft.kstu.ru/ft/>
3. ЭБС Лань <http://e.lanbook.com/books/>
4. Программное и техническое обеспечение: системные оболочки Microsoft Word, Mathcad 2000 и выше.
5. Авторское программное обеспечение:
 - лабораторный практикум (электронная версия *Лабпрактикум.doc*);
 - технологический расчет аппаратов воздушного охлаждения (промышленной оборотной воды файл *AQBOQB.bas* и углеводородных продуктов файл *ABOQB.bas*);
 - теплофизические свойства углеводородов (файл *TFS.bas*);
 - расчет параметров ректификации файл (файл *Лабраб2.mcd*);
 - гидродинамический расчет тарельчатых контактных устройств (файлы *ситчатаяOCT.mcd*; *ситчатоклапаннаяOCT.mcd*; *клапаннаяOCT.mcd*; *жалюзийноклапаннаяOCT.mcd*; *колпачковаяOCT.mcd*; *решетчатаяOCT.mcd*);
 - приложениеOCT.doc*);
 - исследование эффективности схем тока теплоносителей (файлы *Лабраб1a.mcd*, *Лабраб1б.mcd*);

Согласовано:
Зав.сектором ОКУФ



12. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

1. Лекционные занятия:

а) комплект электронных презентаций/слайдов;

б) аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

2. Лабораторные работы: лаборатория А-233 (компьютерный класс).

3. 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

Количество часов в интерактивной форме составляет 12 часов от общего количества аудиторных часов.

В рамках изучения дисциплины «Интенсификация тепломассообменного оборудования» применяют следующие образовательные технологии:

1. технологии дифференцированного и проблемного обучения;

2. информационные технологии (работа в среде программы "MathCad", "Microsoft Word " при выполнении лабораторных работ, подготовки отчетов);

3. проводятся выступления/доклады по изучаемым темам с последующей дискуссией.

Лист переутверждения рабочей программы

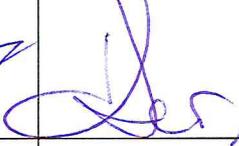
Рабочая программа по дисциплине «Интенсификация теплообменного оборудования»

По направлению 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

для профиля подготовки: «Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств» и «Оборудование нефтегазопереработки»

для набора обучающихся 2019 года, очной формы обучения

пересмотрена на заседании кафедры Машины и аппараты химических производств

№п/п	Дата переутверждения РП	Наличие изменений	Наличие изменений в списке литературы	Подпись разработчика РП Рачковский С.В.	Подпись заведующего кафедрой Поникаров С.И.	Подпись начальника УМЦ Китаева Л.А.
	(протокол заседания кафедры № 6 от 19. 06 2019 г.)	Есть*	Нет			

* Пункт Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

При изучении дисциплины «Интенсификация теплообменного оборудования» применяется современная база данных:

<https://www.elibrary.ru>.

Внесены дополнения в пункт Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля):

Лицензированное свободно распространяемое программное обеспечение, используемое в учебном процессе при освоении дисциплины «Интенсификация теплообменного оборудования»:

MS Office 2007 Russian

Mathcad Education-University Edition