

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Бугульминский филиал федерального государственного бюджетного  
образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический университет»  
(БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине **Б1.В.05 «Теплообмен»**

Направление подготовки **15.03.02 «Технологические машины и оборудование»**

Профиль подготовки **«Оборудование нефтегазопереработки»**

Квалификация выпускника **бакалавр**

Форма обучения **очная/заочная**

Кафедра - разработчик рабочей программы **Технологические машины и оборудование**

Курс, семестр очная форма **3 курс, 5 семестр**  
Курс, семестр заочная форма **3 курс, 5 семестр**

	Часы (очная форма обучения)	Зачетные единицы	Часы (заочная форма обучения)	Зачетные единицы
Лекции	18	0,5	6	0,2
Практические занятия	-	-	-	-
Семинарские занятия	-	-	-	-
Лабораторные занятия	27	0,75	8	0,2
Самостоятельная работа	99	2,75	126	3,5
Форма аттестации	зачет с оценкой	-	зачет с оценкой -4	0,1
Всего	144	4	144	4

Бугульма, 2020 г.

Рабочая программа составлена с учетом требований Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (приказ Министерства образования и науки Российской Федерации №1170 от 20 октября 2015г.) по направлению 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» для профиля «Оборудование нефтегазопереработки», на основании учебного плана набора обучающихся 2020 года.

Разработчик программы:

Зав. кафедрой

И.А. Мутугуллина

И.А. Мутугуллина

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры технологические машины и оборудование протокол от 01.09.2020 г. № 1

Зав. кафедрой, доцент

И.А. Мутугуллина

И.А. Мутугуллина

### УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии филиала, реализующего подготовку образовательной программы от 01.09 2020 г. № 2

Председатель комиссии, доцент

Ф.К. Ахмедзянова

Ф.К. Ахмедзянова

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Теплообмен» являются:

а) формирование знаний о закономерностях основных способов переноса тепла в различных средах: теплопроводности, конвективном теплообмене, теплообмене излучением;

б) подготовка специалистов, умеющих использовать полученные знания при выполнении расчетов переноса тепла в различных условиях;

в) подготовка специалистов, способных рассчитывать теплообменные аппараты различных типов с учетом максимальной эффективности протекающих в них процессов, обеспечивающих экономию энергоносителей и материалов за счет интенсификации и оптимизации процессов.

## **2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Теплообмен» относится к вариативной части ООП и формирует у бакалавров по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» набор знаний, умений, навыков и компетенций.

Для успешного освоения дисциплины «Теплообмен» бакалавр по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» должен освоить материал предшествующих дисциплин:

а) Б1.Б.14 «Физика»,

б) Б1.Б.15 «Химия»,

в) Б1.Б.19 «Теоретическая механика»,

г) Б1.Б.26 «Гидравлика»,

д) Б1.В.02 «Термодинамика».

Дисциплина «Теплообмен» является предшествующей и необходима для успешного усвоения последующих дисциплин:

а) Б1.В.07 «Процессы и аппараты химической технологии»;

б) Б1.В.11 «Оборудование нефтегазопереработки».

Знания, полученные при изучении дисциплины «Теплообмен» могут быть использованы при прохождении Производственной практики (практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности), Преддипломной практики и выполнении, и защите выпускной квалификационной работы, включая подготовку к процедуре защиты и процедуру защиты.

## **3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины:**

1. (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;

2. (ПК-3) способностью принимать участие в работах по составлению научных отчетов по выполненному заданию и внедрять результаты исследований и разработок в области технологических машин и оборудования.

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

**1) Знать:**

а) законы теплопроводности, конвективного теплообмена, теплового излучения и уравнения теплопередачи;

б) принципы теплового расчета теплообменных аппаратов;

в) методы интенсификации теплопередачи.

## 2) Уметь:

- а) рассчитывать тепловые потоки, передаваемые за счет теплопроводности через одно- и многослойные плоские и цилиндрические стенки;
- б) рассчитывать тепловые потоки, передаваемые за счет конвективного теплообмена при свободном и вынужденном движении среды;
- в) вычислять тепловые потоки, передаваемые излучением между твердыми телами;
- г) рассчитывать потери тепла через изоляцию;
- д) рассчитывать теплообменные аппараты различных типов;
- е) вычислять тепловые потоки, передаваемые излучением между газами и твердыми телами;
- ж) пользоваться справочными материалами.

## 3) Владеть:

- а) термодинамическими методами повышения эффективности использования подводимой энергии;
- б) принципами оптимизации энерготехнологических схем: принцип «многоступенчатости», принципами, связанными с входом и выходом энергоносителей, принципами регенерации и интеграции;
- в) принципами расчета теплообменной аппаратуры.

## 4. Структура и содержание дисциплины «Теплообмен»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа.

Таблица 1а

Объем дисциплины (модуля) для очной формы обучения

№ п /п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	
1	Теплопроводность	5	4		9	20	Лабораторная работа, тестирование
2	Конвективный теплообмен	5	4		9	20	Лабораторная работа, расчетная работа
3	Теплообмен излучением.	5	4			19	Тестирование
4	Теплопередача	5	4			20	Тестирование
5	Тепловой расчет теплообменных аппаратов	5	2		9	20	Лабораторная работа, расчетная работа, Итоговое тестирование
<b>ИТОГО</b>			<b>18</b>	<b>-</b>	<b>27</b>	<b>99</b>	
Форма аттестации				Зачет с оценкой			

## Объем дисциплины (модуля) для заочной формы обучения

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	СРС	
1	Теплопроводность	5	2		2	25	Лабораторная работа, тестирование
2	Конвективный теплообмен	5	1		3	25	Лабораторная работа, расчетная работа
3	Теплообмен излучением.	5	1			25	Тестирование
4	Теплопередача	5	1			25	Тестирование
5	Тепловой расчет теплообменных аппаратов	5	1		3	26	Лабораторная работа, расчетная работа, Итоговое тестирование
<b>ИТОГО</b>			<b>6</b>	<b>-</b>	<b>8</b>	<b>126</b>	
Форма аттестации					Зачет с оценкой (4 ч.)		

5. Содержание лекционных занятий по темам (таблица 2 а – очная форма, таблица 2 б – заочная форма) с указанием формируемых компетенций

Таблица 2 а

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Теплопроводность	4	Введение  Теплопроводность	Роль процессов переноса теплоты и массы. Понятия о теплопроводности, конвективном теплообмене, теплообмене излучением.  Основные понятия: температурное поле, температурный градиент, тепловой поток, плотность теплового потока. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное	ПК-2, ПК-3

				уравнение теплопроводности. Условия однозначности: геометрические, физические, временные и граничные условия I, II и III рода. Стационарная теплопроводность: через одно- и многослойную плоские и цилиндрические стенки.	
2	Конвективный теплообмен	4	Конвективный теплообмен.	Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Основы теории подобия и моделирования. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Уравнения подобия.	<i>ПК-2, ПК-3</i>
3	Теплообмен излучением.	4	Теплообмен излучением	Основные законы черного излучения. Расчет переноса тепла излучением между телами в прозрачной среде. Особенности излучения газов. Свойства экранов.	<i>ПК-2, ПК-3</i>
4	Теплопередача	4	Теплопередача	Основные уравнения теплопередачи. Коэффициент теплопередачи. Теплопередача через одно- и многослойную плоские стенки Интенсификация процессов теплопередачи	<i>ПК-2, ПК-3</i>
5	Тепловой расчет теплообменных аппаратов	2	Теплообменные аппараты	Классификация. Основные уравнения теплового расчета теплообменных аппаратов. Средняя разность температур между теплоносителями.	<i>ПК-2, ПК-3</i>

Таблица 2 б

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Теплопроводность	2	Введение	Роль процессов переноса теплоты и массы. Понятия о теплопроводности, конвективном теплообмене, теплообмене излучением.	<i>ПК-2, ПК-3</i>

			Теплопроводность	Основные понятия: температурное поле, температурный градиент, тепловой поток, плотность теплового потока. Закон Фурье. Коэффициент теплопроводности. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Условия однозначности: геометрические, физические, временные и граничные условия I, II и III рода. Стационарная теплопроводность: через одно- и многослойную плоские и цилиндрические стенки.	
2	Конвективный теплообмен	1	Конвективный теплообмен.	Уравнение Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Основы теории подобия и моделирования. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена. Уравнения подобия.	ПК-2, ПК-3
3	Теплообмен излучением.	1	Теплообмен излучением	Основные законы черного излучения. Расчет переноса тепла излучением между телами в прозрачной среде. Особенности излучения газов. Свойства экранов.	ПК-2, ПК-3
4	Теплопередача	1	Теплопередача	Основные уравнения теплопередачи. Коэффициент теплопередачи. Теплопередача через одно- и многослойную плоские стенки. Интенсификация процессов теплопередачи	ПК-2, ПК-3
5	Тепловой расчет теплообменных аппаратов	1	Теплообменные аппараты	Классификация. Основные уравнения теплового расчета теплообменных аппаратов. Средняя разность температур между теплоносителями.	ПК-2, ПК-3

#### 6. Содержание практических занятий

Не предусмотрены учебным планом

7. Содержание лабораторных занятий (таблица 3 а – очная форма, таблица 3 б – заочная форма)

Цель проведения лабораторных занятий – приобретение опыта прикладных исследований в области основных видов теплообмена и теплопередачи.

Таблица 3 а

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Теплопроводность	9	Определение удельной теплоемкости воздуха	Для определения удельной теплоемкости воздуха при постоянном давлении. В работе измеряется электрическая мощность, подводимая к нагревателю проточной части калориметра, температура воздуха на входе и выходе калориметра, объемный расход воздуха.	ПК-2, ПК-3
2	Конвективный теплообмен	9	Теплопередача через ребренную стенку	Установка состоит из двухсекционного теплообменника типа «труба в трубе», трубопроводов для подвода и отвода горячей и холодной воды, запорной арматуры и контрольно-измерительных приборов.	ПК-2, ПК-3
3	Тепловой расчет теплообменных аппаратов	9	Изучение теплообмена в теплообменнике типа «труба в трубе»	В теплообменнике предусматривается прямоточное движение теплоносителей. На входе в аппарат и выходе из него установлены температурные датчики, соединённые с цифровыми приборами, размещёнными на панели стенда	ПК-2, ПК-3

Таблица 3 б

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Теплопроводность	2	Определение удельной теплоемкости воздуха	Для определения удельной теплоемкости воздуха при постоянном давлении. В работе измеряется электрическая мощность, подводимая к нагревателю проточной части калориметра,	ПК-2, ПК-3



				температура воздуха на входе и выходе калориметра, объемный расход воздуха.	
2	Конвективный теплообмен	3	Теплопередача через оребренную стенку	Установка состоит из двухсекционного теплообменника типа «труба в трубе», трубопроводов для подвода и отвода горячей и холодной воды, запорной арматуры и контрольно-измерительных приборов.	ПК-2, ПК-3
3	Тепловой расчет теплообменных аппаратов		Изучение теплообмена в теплообменнике типа «труба в трубе»	В теплообменнике предусматривается прямоточное движение теплоносителей. На входе в аппарат и выходе из него установлены температурные датчики, соединённые с цифровыми приборами, размещёнными на панели стенда	ПК-2, ПК-3

Лабораторные работы проводятся в помещении учебной лаборатории 213 кафедры ТМО с использованием специального оборудования.

8. Самостоятельная работа бакалавра (таблица 4 а – очная форма, таблица 4 б – заочная форма)

Таблица 4 а

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	Теплопроводность	7	Проработка материала, подготовка к лабораторной работе, оформление отчета, подготовка к тестированию.	ПК-2, ПК-3
2	Конвективный теплообмен	7	Проработка материала, подготовка к лабораторной работе, оформление отчета, подготовка к расчетной работе	ПК-2, ПК-3
3	Теплообмен излучением.	7	Проработка материала, изучение литературы, подготовка к	ПК-2, ПК-3

			<i>тестированию</i>	
4	Теплопередача	20	<i>Проработка материала, изучение литературы, подготовка к тестированию</i>	<i>ПК-2, ПК-3</i>
5	Тепловой расчет теплообменных аппаратов	20	<i>Проработка материала, подготовка к лабораторной работе, оформление отчета, подготовка к расчетной работе, подготовка к итоговому тестированию</i>	<i>ПК-2, ПК-3</i>

Таблица 4 б

<b>№ п/п</b>	<b>Темы, выносимые на самостоятельную работу</b>	<b>Ча сы</b>	<b>Форма СРС</b>	<b>Формируемые компетенции</b>
1	Теплопроводность	25	<i>Проработка материала, подготовка к лабораторной работе, оформление отчета, подготовка к тестированию.</i>	<i>ПК-2, ПК-3</i>
2	Конвективный теплообмен	25	<i>Проработка материала, подготовка к лабораторной работе, оформление отчета, подготовка к расчетной работе</i>	<i>ПК-2, ПК-3</i>
3	Теплообмен излучением.	25	<i>Проработка материала, изучение литературы, подготовка к тестированию</i>	<i>ПК-2, ПК-3</i>
4	Теплопередача	25	<i>Проработка материала, изучение литературы, подготовка к тестированию</i>	<i>ПК-2, ПК-3</i>
5	Тепловой расчет теплообменных аппаратов	26	<i>Проработка материала, подготовка к лабораторной работе, оформление отчета, подготовка к расчетной работе, подготовка к итоговому тестированию</i>	<i>ПК-2, ПК-3</i>

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

При оценке результатов деятельности студентов в рамках дисциплины «Теплообмен» используется рейтинговая система. Рейтинговая оценка формируется на основании текущего и промежуточного контроля. Максимальное и минимальное количество баллов по различным видам учебной работы определяются их сложностью. 5-ый семестр завершается проставлением зачета с оценкой соответствующего ей числа баллов до зачета (36÷60), на зачете (24÷40), общее число баллов (60÷73-удовл., 74÷86- хор., 87÷100-отл).

При изучении дисциплины предусматривается зачет, выполнение и защита лабораторных работ, опрос (собеседование). За эти контрольные точки студент может получить минимальное и максимальное количество баллов (см. таблицу).

<i>Оценочные средства</i>	<i>Кол-во</i>	<i>Min, баллов</i>	<i>Max, баллов</i>
<i>Лабораторная работа</i>	<i>3</i>	<i>15</i>	<i>24</i>
<i>Расчетная работа</i>	<i>2</i>	<i>10</i>	<i>16</i>
<i>Тестирование</i>	<i>3</i>	<i>11</i>	<i>20</i>
<i>Зачет-итоговое тестирование</i>	<i>1</i>	<i>24</i>	<i>40</i>
<i>Итого:</i>		<i>60</i>	<i>100</i>

## **10. Информационно-методическое обеспечение дисциплины**

### **10.1 Основная литература**

При изучении дисциплины «Теплообмен» в качестве основных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу.

<b>Основные источники информации</b>	<b>Кол-во экз.</b>
1. Кудинов, В. А. Техническая термодинамика и теплопередача : учебник для вузов / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов, Е. В. Стефанюк. — 4-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 454 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-06669-2.	ЭБС Юрайт URL: <a href="https://urait.ru/bcode/449806">https://urait.ru/bcode/449806</a> Доступ с любой точки Интернет после регистрации с IP-адресов БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
2. Ерофеев, В. Л. Теплотехника в 2 т. Том 1. Термодинамика и теория теплообмена : учебник для вузов / В. Л. Ерофеев, А. С. Пряжин, П. Д. Семенов ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряжина. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 308 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-01738-0.	ЭБС Юрайт URL: <a href="https://urait.ru/bcode/448239">https://urait.ru/bcode/448239</a> Доступ с любой точки Интернет после регистрации с IP-адресов БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»

### **10.2 Дополнительная литература**

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

<b>Дополнительные источники информации</b>	<b>Кол-во экз.</b>
1. Теплотехника. Практикум : учебное пособие для вузов / В. Л. Ерофеев [и др.] ; под редакцией В. Л. Ерофеева, А. С. Пряжина. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 395 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-6992-4.	ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/450867">https://urait.ru/bcode/450867</a> Доступ с любой точки Интернет после регистрации с IP-адресов БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»
2. Карташов, Э. М. Теория тепломассопереноса: решение задач для многослойных конструкций : учебное пособие для бакалавриата, специалитета и магистратуры / Э. М. Карташов, В. А. Кудинов, В. В. Калашников ; под общей редакцией Э. М. Карташова. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2019. — 435 с. — (Бакалавр. Специалист. Магистр). — ISBN 978-5-534-06882-5.	ЭБС Юрайт [сайт]. — URL: <a href="https://urait.ru/bcode/441869">https://urait.ru/bcode/441869</a> Доступ с любой точки Интернет после регистрации с IP-адресов БФ ФГБОУ ВО «КНИТУ»

### **10.3 Электронные источники информации**

При изучении дисциплины «Теплообмен» использование электронных источников информации:

1. ЭБС «ZNANIUM.COM» - режим доступа: <http://znanium.com/>
2. ЭБС «Консультант студента» - режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/>
3. ЭБС «Университетская библиотека online» - режим доступа: <http://biblioclub.ru/>
4. Электронный ресурс «Физическая энциклопедия». Форма доступа - [http://femto.com.ua/articles/part\\_2/4051.html](http://femto.com.ua/articles/part_2/4051.html)

5. Электронный ресурс «Энергетика». Форма доступа - <http://forca.ru/>

Согласовано:  
Библиотекарь

А.Г. Латыпова

### 11. *Оценочные средства для определения результатов 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.

### 12. *Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)*

Для реализации учебного процесса по дисциплине «Теплообмен» требуется следующее материально-техническое обеспечение:

Наименование раздела (темы) дисциплины	Наименование учебной лаборатории, аудитории, класса	Перечень лабораторного оборудования, специализированной мебели и технических средств обучения
1-5	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа (К, 104)	- мультимедийный проектор; - персональный компьютер; - настенный экран; - акустические колонки; - учебные столы, стулья; - доска передвижная; - стол преподавателя.
	Лаборатория термодинамики и теплообмена (К, 213)	- учебно – наглядные пособия; - установка для изучения термодинамических процессов во влажном воздухе, установка для определения удельной теплоемкости воздуха, установка для определения отклонения теплоемкости воздуха.
	Помещение для самостоятельной работы (К, 214)	- персональный компьютер; - стол компьютерный; - учебные столы, стулья.

### 13. *Образовательные технологии*

1. Лекции. Наряду с традиционными видами лекционных занятий, также используются лекция-визуализация (с использованием различных форм наглядности: презентации по дисциплине, мультимедиа, рисунки, фото, схемы и таблицы); лекция-консультация (осуществляемая в формате «вопросы – ответы»).

2. Лабораторные занятия.

3. При организации самостоятельной работы используются следующие образовательные технологии: самообучение (индивидуальная и групповая самостоятельная работа – изучение базовой и дополнительной литературы, подготовка к практическим занятиям).