

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  
« 09. » 2018 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Б1.В.ОД.9 Теплообмен

Направление подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование  
Профиль подготовки: Вакуумная и компрессорная техника физических установок

Квалификация (степень) выпускника БАКАЛАВР

Форма обучения очная

Институт, факультет ИНХМ, МФ

Кафедра-разработчик рабочей программы ВТЭУ

Курс, семестр 3 курс, 5 семестр

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	18	0,5
Практические занятия		
Семинарские занятия		
Лабораторные занятия	36	1
Самостоятельная работа	54	1,5
Форма аттестации - зачет		
Всего	108	3

Казань, 2018 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 профиля Вакуумная и компрессорная техника физических установок на основании учебных планов набора обучающихся 2016, 2017, 2018 годов.

Разработчик программы:

профессор



В.А. Аляев

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ВТЭУ,  
протокол от 31.08.2018 г. № 1

Зав. кафедрой, проф.



В.А. Аляев

### **УТВЕРЖДЕНО**

Протокол заседания методической комиссии механического факультета  
от 3.09.2018 г. №7

Председатель комиссии, доцент



А.В. Гаврилов

Начальник УМЦ, доцент



Л.А. Китаева

## **1. Цели освоения дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Теплообмен» являются:

- а) дать основные сведения по процессам переноса тепла и массы, достаточные для проведения тепловых расчетов аппаратов химической технологии;
- б) подготовка бакалавров, владеющих навыками грамотной эксплуатации современного теплового оборудования при максимальной экономии топлива и материалов, интенсификация и оптимизация современных энерготехнологических процессов;
- в) получение студентами знаний о тепловых процессах и аппаратах, прикладных вопросах массообмена и массопередачи для выполнения расчетов при проектировании или энергетической модернизации различных тепло- и массообменных аппаратов и установок с применением методов математического и физического моделирования, с использованием современных средств вычислительной техники.

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

Дисциплина «Теплообмен» относится к обязательным дисциплинам *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) Математика
- б) Физика
- в) Термодинамика

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

- а) Управление техническими системами,
- б) Основы технологии машиностроения.

Знания, полученные при изучении дисциплины «Теплообмен» могут быть использованы при выполнении *выпускных квалификационных работ* по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование».

## **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 машинах и оборудования

**В результате освоения дисциплины обучающийся должен:**

1) Знать:

- а) основные законы и фундаментальные принципы тепло- и массообмена;

- б) методы теплового расчета при проектировании или реконструкции парогенерирующих установок;
- в) знать свойства источников энергии при их выборе для осуществления заданного теплотехнологического процесса;
- г) основные законы переноса тепла и массы;
- д) методы расчета теплообменных аппаратов.
- 2) Уметь:
- а) определять термодинамические параметры и теплофизические свойства различных газов, водяного пара и других веществ;
- б) выполнять расчеты при проектировании или энергетической модернизации различных тепло- и массообменных аппаратов и установок с применением методов математического и физического моделирования, с использованием современных средств вычислительной техники;
- в) пользоваться справочной литературой, диаграммами.
- 3) Владеть:
- а) Методами повышения эффективности использования подводимой энергии;
- б) основами расчета процессов тепломассопереноса в элементах теплотехнического и теплотехнологического оборудования

#### **4. Структура и содержание дисциплины «Теплообмен»**

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
			Лек-ция	Практ. занятие	Лаб. раб.	СРС	
1	Тема 1. Основные понятия и законы переноса теплоты.	4	1	-	-	2	Тестирование
2	Тема 2. Конвективный теплообмен. Теплоотдача.	4	1,5	-	10	3	Защита лабораторных работ, тестирование
3	Тема 3 Основные положения теории конвективного переноса теплоты.	4	1,5	-	-	2	Тестирование
4	Тема 4. Теория подобия.	4	2	-	-	2	Тестирование
5	Тема 5. Теплоотдача в потоках жидкостей и газов.	4	2	-	8	7	Защита лабораторных работ, тестирование
6	Тема 6. Виды теплообмена.	4	2	-	10	2	Защита лабораторных работ, тестирование

7	Тема 7. Теплоотдача при фазовом превращении.	4	2	-	-	4	Тестирование
8	Тема 8. Применение теории подобия применительно к эксперименту.	4	2	-	-	14	Защита лабораторных работ, тестирование
9	Тема 9. Теплообмен излучением.	4	1	-	8	4	Контрольная работа
10	Тема 10. Теплообменные аппараты.	4	3	-	-	14	Тестирование по темам 1-10, защита расчетно-графической работы
	ИТОГО		18	-	36	54	Зачет

**5. Содержание лекционных занятий по темам с указанием формируемых компетенций.**

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Тема лекционного занятия	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Тема 1. Основные понятия и законы переноса теплоты.	1	Теплопередача – сложный комплексный процесс. Элементарные формы переноса теплоты: теплопроводность, конвекция и тепловое излучение.	Теплопроводность. Основной закон теплопроводности Фурье. Дифференциальное уравнение теплопроводности.	ПК-2, ПК-3
2	Тема 2. Конвективный теплообмен. Теплоотдача.	1,5	Конвективный теплообмен и теплоотдача. Закон Ньютона-Рихмана. Коэффициент теплоотдачи. Процессы теплопередачи.	Основное уравнение теплопередачи, коэффициент теплопередачи и полное термическое сопротивление. Теплопередача через плоскую стенку. Теплопередача через цилиндрическую стенку. Линейный коэффициент теплопередачи и полное линейное термическое сопротивление. Расчет площади поверхности теплообменного аппарата имеющего цилиндрическую форму.	ПК-3
3	Тема 3 Основные положения теории конвективного	1,5	Интенсификация процессов теплопередачи. Теплопередача через	Основы расчета теплообменных аппаратов. Проектный и поверочный расчеты. Средняя	ПК-2, ПК-3

	переноса теплоты.		ребристую стенку. Тепловая изоляция.	логарифмическая разность температур. Условие рационального выбора материала для тепловой изоляции. Последовательность расчета тепловой изоляции наносимой на трубопроводы.	
4	Тема 4. Теория подобия.	2	Основы теории подобия, константы и инварианты подобия. Дифференциальные уравнения конвективного теплообмена для пограничного слоя в безразмерных переменных.	Метод масштабных преобразований. Числа подобия. Три теоремы подобия. Уравнения подобия, физический смысл чисел гидродинамического и теплового подобия.	ПК-2, ПК-3
5	Тема 5. Теплоотдача в потоках жидкостей и газов.	2	Теплообмен через ребренные поверхности. Нестационарный теплообмен.	Теплопроводность плоской однослойной и многослойной стенки, однослойной и многослойной цилиндрической стенки. Конвективный теплообмен: при внешнем обтекании тел; при внутреннем течении в трубах и каналах; при свободной конвекции; при кипении.	ПК-2, ПК-3
6	Тема 6. Виды теплообмена.	2	Основные законы переноса теплоты теплопроводностью, конвективным теплообменом, тепловым излучением.	Дифференциальные уравнения переноса теплоты и массы. Теория конвективного переноса. Ламинарное и турбулентное течение.	ПК-2
7	Тема 7. Теплоотдача при фазовом превращении.	2	Теплоотдача при кипении. Механизм явления. Пленочная и капельная конденсация.	Пузырьковое и пленочное кипение. Кризисы кипения. Расчет коэффициента теплоотдачи в условиях ламинарного, ламинарно-волнового, и смешанного режимов течения пленки конденсата. Влияние на интенсивность теплоотдачи при пленочной конденсации присутствующих в паре неконденсирующихся газов, других факторов.	ПК-2, ПК-3
8	Тема 8. Применение	2	Явления переноса.	Виды процессов массопередачи.	ПК-2

	теории подобия применительно к эксперименту.			Фазовое равновесие. Линия равновесия. Поток массы компонента, вектор плотности потока массы. Концентрационная диффузия, закон Генри, закон Рауля, термо- и бародиффузия.	
9	Тема 9. Теплообмен излучением.	1	Законы теплового излучения	Законы Планка, смещение Вина, Стефана-Больцмана, Кирхгофа. Спектры излучения. Сложный теплообмен	ПК-2, ПК-3
10	Тема 10. Теплообменные аппараты.	3	Теплообменные аппараты. Теплопередача в рекуперативных и регенеративных теплообменниках.	Элементы классификации теплообменных аппаратов, основы расчета. Средний логарифмический температурный напор.	ПК-2, ПК-3

**6. Содержание семинарских, практических занятий (лабораторного практикума) –** не предусмотрено учебным планом

**7. Содержание лабораторных занятий (если предусмотрено учебным планом)**

Учебным планом предусмотрено проведение лабораторных занятий по дисциплине «Теплообмен» для студентов очной формы обучения в объеме 36 часов.

Цель проведения лабораторных занятий – усвоение лекционного материала, а также выработка студентами умений, связанных с обработкой экспериментальных данных.

№ п/п	Раздел дисциплины	Часы	Наименование лабораторной работы	Краткое содержание	Формируемые компетенции
1	Тема 2. Конвективный теплообмен. Теплоотдача.	10	Исследование теплоотдачи при вынужденном поперечном омывании воздухом нагретой одиночной трубы	Конвективный теплообмен. Теплоотдача. Тепловой поток. 3 теоремы подобия. Пограничный слой. Получение на основе экспериментальных данных уравнения подобия.	ПК-2
2	Тема 5. Теплоотдача в потоках жидкостей и газов.	8	Исследование теплоотдачи при свободном движении воздуха около нагретой горизонтальной трубы	Конвективный теплообмен. Теплоотдача. Тепловой поток. 3 теоремы подобия. Пограничный слой. Получение на основе экспериментальных данных уравнения подобия.	ПК-2, ПК-3
3	Тема 6. Виды теплообмена.	10	Исследование процесса теплоотдачи при кипении воды в большом объеме при атмосферном давлении	Измерение коэффициентов теплоотдачи при пузырьковом кипении воды. Получение на основе экспериментальных данных уравнения подобия.	ПК-3
4	Тема 9. Теплообмен	8	Определение степени черноты	Тепловое излучение. Законы излучения. Поглощательная,	ПК-2, ПК-3

	излучением.		металлов	отражательная и пропускательная способность тел.	
--	-------------	--	----------	--	--

Лабораторные занятия проводятся в помещениях учебных и научных лабораторий кафедры «Теоретические основы теплотехники» с использованием лабораторных и исследовательских экспериментальных установок и стендов.

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

№ п/п	Темы, выносимые на самостоятельную работу	Часы	Форма СРС	Формируемые компетенции
1	Изучение теоретического (лекционного) материала в течение семестра	12	Изучение теоретического (лекционного) материала в течение семестра	ПК-2, ПК-3
2	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчетов	12	Подготовка к лабораторным работам, оформление отчетов	ПК-2, ПК-3
3	Выполнение расчетной работы на тему: «Расчет теплообменного аппарата и тепловой изоляции»	30	Выполнение расчетной работы на тему: «Расчет теплообменного аппарата и тепловой изоляции»	ПК-2, ПК-3

#### **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 описано в положении о рейтинговой системе.

При изучении указанной дисциплины предусматривается:

- проведение тестирования, сдача лабораторных работ, контрольных задач и расчетно-графической работы. За эти виды работ студент может получить количество баллов – от 36 до 60 (см. таблицу). В результате максимальный текущий рейтинг составит 60 баллов. За экзамен студент может получить максимальное количество баллов – 40. В итоге максимальный рейтинг за изучение дисциплины составляет 100 баллов.

Оценочные средства	Кол-во	Min, баллов	Max, баллов
Лабораторная работа	4	32	52
Тестирование	1	3	5
Расчетно-графическая работа	1	16	26
Контрольная работа	1	9	17
Итого:		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 (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 «Теплообмен»

### 11.1 Основная литература

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

Основные источники информации	Кол-во экз.
1. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача [Учебники]: учеб. пособие для неэнергет. спец. вузов / В.В. Нащокин. — 4-е изд., стереотип. — М.: Аз-book, 2008. — 470 с. : ил., табл.	988 экз. в УНИЦ КНИТУ
2. Дьяконов В.Г. Основы теплопередачи и массообмена [Учебники]: учеб. пособие / В.Г. Дьяконов, О.А. Лоншаков ; Казанский нац. исслед. технол. ун-т. — Казань : Изд-во КНИТУ, 2015. — 242, [2] с. : ил.	157 экз. в УНИЦ КНИТУ
3. Амирханов Д.Г. Техническая термодинамика [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Казанский нац. исслед. технол. ун-т; Д.Г. Амирханов, Р.Д. Амирханов. — Казань: КНИТУ, 2014. — 264 с.: ил.	Электронная библиотека УНИЦ КНИТУ <a href="http://ft.kstu.ru/ft/Amirchanov-tekhnicheskaya.pdf">http://ft.kstu.ru/ft/Amirchanov-tekhnicheskaya.pdf</a> Доступ с IP адресов КНИТУ

### 11.2 Дополнительная литература

В качестве дополнительных источников информации рекомендуется использовать следующую литературу:

Дополнительные источники информации	Кол-во экз.
1. Курбангалеев М.С. Техническая термодинамика [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным работам / М.С. Курбангалеев, А.А. Мухамадиев, И.Х. Хайруллин ; Казан. нац. исслед. технол. ун-т. — Казань : Изд-во КНИТУ, 2014. — 60 с. : ил.	Электронная библиотека УНИЦ КНИТУ <a href="http://ft.kstu.ru/ft/Kurbangaleev-tekhnicheskaya_termodinamika_MU.pdf">http://ft.kstu.ru/ft/Kurbangaleev-tekhnicheskaya_termodinamika_MU.pdf</a> Доступ с IP адресов КНИТУ
2. Нарышкин Д. Г. Химическая термодинамика с Mathcad. Расчетные задачи : Учебное пособие. — 1. — Москва ; Москва : Издательский Центр РИОР : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2016. — 199 с.	ЭБС «znanium.com» <a href="http://znanium.com/go.php?id=503896">http://znanium.com/go.php?id=503896</a> Доступ из любой точки интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ
3. Гинзбург В.Л. Сборник задач по общему курсу физики. Книга II. Термодинамика и молекулярная физика / Гинзбург В.Л. ; Левин Л.М. ; Сивухин Д.В. ; Яковлев И.А. — Moscow : Физматлит, 2006. — Сборник задач по общему курсу физики. Книга II. Термодинамика и молекулярная физика [Электронный ресурс] / Гинзбург В.Л., Левин Л.М., Сивухин Д. В., Яковлев И.А.; Под ред. Д. В. Сивухина. - 5-е изд., стер. - М. : ФИЗМАТЛИТ, 2006.	ЭБС «Консультант студента» <a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922106031.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922106031.html</a> Доступ из любой точки интернета после регистрации с IP-адресов КНИТУ

### 11.3 Электронные источники информации

При изучении дисциплины «Теплообмен» в качестве электронных источников информации, рекомендуется использовать следующие источники:

1. Научная Электронная Библиотека (НЭБ) - Режим доступа:<http://elibrary.ru>
2. ЭБС «Юрайт» - Режим доступа:<http://www.biblio-online.ru>
3. ЭБС «РУКОНТ» - Режим доступа:<http://rucont.ru>
4. ЭБС «IPRbooks» - Режим доступа:<http://www.iprbookshop.ru>
5. ЭБС «Лань» - Режим доступа: <http://e.lanbook.com/books/>
6. ЭБС «КнигаФонд» - Режим доступа:[www.knigafund.ru](http://www.knigafund.ru)
7. ЭБС «БиблиоТех» - Режим доступа:<https://kstu.bibliotech.ru>

Согласовано:  
Зав.сектором ОКУФ



*Усолова И.И.*

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

На кафедре теоретических основ теплотехники в учебном процессе при выполнении лабораторных работ и практических занятий используется современная вычислительная техника. Компьютерный класс укомплектован необходимым количеством персональных компьютеров PC AT и программным обеспечением. В качестве материально-технического обеспечения дисциплины используются мультимедийные средства; наборы слайдов и кинофильмов; демонстрационные приборы; при необходимости – средства мониторинга и т.д.

### **1. Лекционные занятия:**

- a. комплект электронных презентаций, слайдов, видеофильмов

### **2. Лабораторные работы:**

- a. лаборатория А-37 оснащена лабораторным оборудованием для проведения работ: исследование теплоотдачи при вынужденном поперечном омывании воздухом нагретой одиночной трубы, определение степени черноты металлов, исследование теплоотдачи при пузырьковом кипении воды, исследование теплоотдачи при свободной конвекции.
- b. Лаборатория В-323 (Компьютерный класс) оснащена 11 компьютерами,
- c. шаблоны расчетов и отчетов по лабораторным работам представлены в электронном виде,

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

Занятия, проводимые в интерактивной форме обучения, составляют 12 часов. Лекционные занятия проводятся при помощи проектора в виде презентаций и слайдов.