

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
« 4 » 09 2018 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

По дисциплине Б1.В.ОД.8 Теплообмен

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Профиль подготовки: «Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств. Авторская программа: Машины и аппараты промышленной экологии»

Квалификация (степень) выпускника бакалавр

Форма обучения очная

Институт, факультет ИХТИ, ФЭТИБ

Кафедра-разработчик рабочей программы ТОТ

Курс, семестр 3 курс, 5 семестр

	Часы	Зачетные единицы
Лекции	18	0,5
Практические занятия		
Семинарские занятия		
Лабораторные занятия	18	0,5
Самостоятельная работа	36	1
Форма аттестации	Зачет	
Всего	72	2

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 «Технологическое оборудование химических и нефтехимических производств» на основании учебных планов набора обучающихся 2018 года.

Разработчик программы:

ассистент каф. ТОГ
(должность)


(подпись)

А.Р. Габитова
(Ф.И.О)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры ТОГ,
протокол от 28.08.2018 г. № 1

Зав. кафедрой, проф.


(подпись)

Ф.М. Гумеров
(Ф.И.О.)

СОГЛАСОВАНО

Ответственный за направление 15.03.02,
профессор



С.И. Поникаров

УТВЕРЖДЕНО

Протокол заседания методической комиссии механического факультета
от 03.09.2018 г. № 7

Председатель комиссии, доцент


(подпись)

А.В. Гаврилов

Начальник УМЦ, доцент


(подпись)

Л.А. Китаева

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Теплообмен» являются:

- а) формирование знаний о методах преобразования и использования теплоты, а также принципы действия и конструктивные особенности тепловых и холодильных машин, тепло- и парогенераторов.
- б) подготовка специалистов, владеющих навыками грамотной эксплуатации современного теплового оборудования при максимальной экономии топлива и материалов, интенсификация и оптимизация современных энерготехнологических процессов
- в) на базе термодинамики и теплопередачи с привлечением некоторых других фундаментальных дисциплин осуществляется расчет и проектирование всех тепловых двигателей – паровых и газовых турбин, реактивных и ракетных двигателей внутреннего сгорания, а также всевозможного технологического оборудования, как-то: холодильных машин, сушильных, сжижительных, энерготехнологических и других установок.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Теплообмен» относится к обязательным дисциплинам *базовой* части ОП 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

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

- а) Управление техническими системами,
- б) Процессы и аппараты пищевых производств.

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 машин и оборудования

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

1) Знать: а) закономерности основных термодинамических процессов с идеальным и реальным газами;

б) схемы и циклы тепловых машин и холодильных установок, их КПД

в) принципы оптимизации энерготехнологических схем: принцип «многоступенчатости». Принципы, связанные с входом и выходом энергоносителей. Принципы регенерации и интеграции;

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, хладагентов и других веществ;

б) пользоваться первым и вторым законами термодинамики;

в) пользоваться справочной литературой, диаграммами.

3) Владеть: а) термодинамическими 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 2 зачетные единицы, 72 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы (в часах)				Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации по разделам
			Лекция	Семинар (Практи- ческое занятие)	Лаборато- рные работы	СРС	
1	Тема 1. Основные понятия и определения термодинамики.	4	1	-	-	2	Тестирование
2	Тема 2. Первый закон термодинамики.	4	1,5	-	5	3	Защита лабораторных работ, тестирование
3	Тема 3 Основные термодинамические процессы с идеальным газом.	4	1,5	-	-	2	Тестирование
4	Тема 4. Второй закон термодинамики.	4	2	-	-	2	Тестирование
5	Тема 5. Реальные газы.	4	2	-	4	3	Защита лабораторных работ, тестирование
6	Тема 6. Виды теплообмена. Теория конвективного переноса.	4	2	-	5	2	Защита лабораторных работ, тестирование
7	Тема 7. Стационарная теплопроводность и теплопередача в твердых телах. Конвективный тепломассо-обмен.	4	2	-	-	4	Тестирование
8	Тема 8. Теория подобия для расчета процессов переноса.	4	2	-	-	7	Защита лабораторных работ, тестирование
9	Тема 9. Теплообмен излучением.	4	1	-	4	4	Контрольная работа
10	Тема 10.		3	-	-		Тестирование по

	Теплообменные аппараты.	4				7	темам 1-10, защита расчетно-графической работы
	ИТОГО		18	-	18	36	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 определения термодинамики.	1	Термодинамическая система. Основные параметры состояния. Равновесное и неравновесное состояние.	Уравнение состояния идеального газа. Термодинамические процессы: равновесные и неравновесные, обратимые и необратимые. Изображение термодинамических процессов в p - v -диаграмме	ПК-2, ПК-3
2	Тема 2. Первый закон термодинамики.	1,5	Первый закон термодинамики. Теплота и работа как формы передачи энергии. Понятие о внутренней энергии и энтальпии.	Сущность первого закона термодинамики, формулировки и аналитические выражения. Работа проталкивания. Техническая и располагаемая работа. Теплоемкость газов Массовая, объемная и молярная теплоемкости (средняя и истинная, изобарная и изохорная). Зависимость теплоемкости от температуры. Формулы для расчета теплового потока по средним теплоемкостям. Смеси рабочих тел. Способы задания состава смеси, соотношения между массовыми и объемными долями. Вычисление параметров состояния смеси, определение кажущейся молекулярной массы и газовой постоянной смеси, определение парциальных давлений компонентов.	ПК-3
3	Тема 3 Основные термодинамические процессы с идеальным газом.	1,5	Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы их анализ.	Изохорный, изобарный, изотермический и адиабатный процессы их анализ. Изображение в координатах p - v и T - S . Политропные процессы. Основные характеристики политропных процессов. Обобщающее значение политропного процесса.	ПК-2, ПК-3
4	Тема 4. Второй закон	2	Сущность второго закона термодинамики.	Прямые и обратные циклы. Термодинамические КПД и холодильный коэффициент. Циклы	ПК-2, ПК-3

	термодинамики.		Основные формулировки второго закона термодинамики. Термодинамические циклы тепловых машин.	Карно и их свойства. Аналитическое выражение второго закона термодинамики. (первый и второй интегралы Клаузиуса) Изменение энтропии в обратимых и необратимых процессах. Принцип возрастания энтропии изолированной системы Философское и статистическое толкования второго закона термодинамики. Формула Больцмана Понятие об эксергии, эксергетический баланс и эксергетический к.п.д	
5	Тема 5. Реальные газы.	2	Свойства реальных газов Опыт Эндрюса и уравнение состояния реальных газов. Способы определения коэффициента сжимаемости.	Процессы парообразования в PV и TS координатах. Водяной пар Параметры кипящей жидкости, сухого насыщенного пара, влажного насыщенного пара и перегретого пара. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Анализ процессов в реальных газах с помощью таблицы ТСВП и диаграмм h_s и l_{q-p}	ПК-2, ПК-3
6	Тема 6. Виды теплообмена. Теория конвективного переноса.	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. Стационарная теплопроводность и теплопередача в твердых телах. Конвективный теплообмен.	2	Теплообмен через обретенные 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
8	Тема 8. Теория подобия для расчета процессов переноса.	2	Критериальные уравнения. Уравнения пограничного слоя.	Теоремы подобия. Дифференциальное уравнение движения для двух подобных процессов в относительных величинах. Метод масштабных преобразований	ПК-2
9	Тема 9.	1	Законы теплового	Законы Планка, смещение Вина,	ПК-2,

	Теплообмен излучением.		излучения	Стефана-Больцмана, Кирхгофа. Спектры излучения. Сложный теплообмен	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 18 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. Первый закон термодинамики.	5	Исследование процессов с влажным воздухом	Процессы парообразования в PV и TS координатах. Водяной пар. Параметры кипящей жидкости, сухого насыщенного пара, влажного насыщенного пара и перегретого пара.	ПК-2
2	Тема 5. Реальные газы.	4	Измерение теплоемкости воздуха	Теплоемкость газов. Массовая, объемная и молярная теплоемкости (средняя и истинная, изобарная и изохорная). Зависимость теплоемкости от температуры. Формулы для расчета теплового потока по средним теплоемкостям.	ПК-2, ПК-3
3	Тема 6. Виды теплообмена. Теория конвективного переноса.	5	Исследование PV - диаграммы углекислого газа (опыт Эндрюса)	Свойства реальных газов. Опыт Эндрюса и уравнение состояния реальных газов. Способы определения коэффициента сжимаемости.	ПК-3
4	Тема 9. Теплообмен излучением.	4	Исследование кривой насыщения водяного пара	Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Анализ процессов в реальных газах с помощью таблицы ТСВП	ПК-2, ПК-3

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	10	Проработка теоретического материала	ПК-2, ПК-3
2	Подготовка к лабораторным работам оформление отчетов	10	Проработка теоретического материала, расчет лабораторных работ	ПК-2, ПК-3
3	Выполнение расчетной работы на тему: «Расчет цикла тепловых двигателей с газообразным рабочим телом»	16	Выполнение расчетно-графического задания, оформление отчета	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-графических работ. 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. Лончаков ; 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 http://ft.kstu.ru/ft/Amirchanov-tekhnicheskaya.pdf 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 http://ft.kstu.ru/ft/Kurbangaleev-tekhnicheskaya_termodinamika_MU.pdf 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» http://znanium.com/go.php?id=503896 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.	ЭБС «Консультант студента» http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN5922106031.html 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. Электронный каталог УНИЦ КНИТУ – Режим доступа: <http://ruslan.kstu.ru/>
2. Электронная библиотека УНИЦ КНИТУ – Режим доступа: <http://ft.kstu.ru/ft/>
3. ЭБС «Консультант студента» - Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru>
4. ЭБС «znanium.com» - Режим доступа: www.znanium.com

Согласовано:

Зав. сектором ОКУФ



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:

- а. комплект электронных презентаций, слайдов, видеофильмов

2. Лабораторные работы:

- а. лаборатория А-23 оснащена лабораторным оборудованием для проведения работ: исследование процессов с влажным воздухом, измерение теплоемкости воздуха, исследование PV - диаграммы углекислого газа (опыт Эндрюса), исследование кривой насыщения водяного пара.
- б. лаборатория А-35 (Компьютерный класс) оснащена 8 компьютерами,
- с. шаблоны расчетов и отчетов по лабораторным работам представлены в электронном виде,
- д. результаты расчетов оформляются на принтере.

13. Образовательные технологии

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивной форме обучения составляет 10 часов. Лекционные занятия проводятся при помощи проектора в виде презентаций и слайдов.