МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный технический университет»

Химико-технологический факультет

УТВЕРЖДЕНО
Химико-технологический факультет

Декан Шишкин Е.В.
г.

Теплотехника

рабочая программа дисциплины (модуля, практики)

Закреплена за кафедрой **Теплотехника и гидравлика**

Учебный план Направление 18.03.01 Химическая технология

Профиль **Химическая технология полимеров**

Квалификация **бакалавр**

Срок обучения **4 года**

Форма обучения **очная**

Общая трудоемкость **4 ЗЕТ**

Виды контроля в семестрах: экзамены 4

Семестр(Курс.Номер семестра на курсе)	**4(2.2)**		Итого	
	УП	ПП	УП	ПП
Лекции	32	32	32	32
Практические	16	16	16	16
Лабораторные	16	16	16	16
Итого ауд.	64	64	64	64
Контактная работа	64.35	64.35	64.35	64.35
Сам. работа	44	44	44	44
Часы на контроль	35.65	35.65	35.65	35.65
Практическая подготовка	0	0	0	0
Итого трудоемкость в часах	144	144	0	0

ЛИСТ ОДОБРЕНИЯ, СОГЛАСОВАНИЯ И АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Разработчик(и) программы:

профессор Федянов Евгений Алексеевич дтн

Рецензент(ы):
(при наличии)

Рабочая программа дисциплины (модуля, практики)
Теплотехника

разработана в соответствии с ФГОС ВО:
Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 18.03.01 Химическая технология (приказ Минобрнауки России от 07.08.2020 г. № 922)

составлена на основании учебного плана:
Направление 18.03.01 Химическая технология

Профиль: Химическая технология полимеров

утвержденного учёным советом вуза от 26.05.2021 протокол № 10.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры
Теплотехника и гидравлика

номер протокола 2021 г.
Зав. кафедрой Салыкин Евгений Александрович

СОГЛАСОВАНО:
Химико-технологический факультет
Председатель НМС факультета: Шишкин Е.В.

Протокол заседания НМС от
г. №

Рабочая программа дисциплины (модуля, практики) актуализирована 31.08.2023

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ). ВИД, ТИП ПРАКТИКИ, СПОСОБ И ФОРМА (ФОРМЫ) ЕЕ ПРОВЕДЕНИЯ.

Основная цель изучения курса "Теплотехника" заключается в том, чтобы сформировать у студентов представление об источниках энергии и теплотехническом оборудовании химической промышленности, о возможных способах экономии энергоресурсов, о современной концепции энерготехнологии, а также в том, чтобы дать им теоретические знания и практические навыки, необходимые для термодинамического анализа энерготехнологических систем и их элементов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Цикл (раздел) ОП:	Б1.О
2.1	**Требования к предварительной подготовке обучающегося:**
2.1.1	Введение в направление "Химическая технология"
2.1.2	Математика
2.1.3	Физика
2.2	**Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:**
2.2.1	Процессы и аппараты химической технологии
2.2.2	Основы проектной деятельности
2.2.3	Введение в термодинамику полимеров
2.2.4	Общая технология полимерных и нанокомпозитных материалов

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)

УК-2: Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений

УК-2.3: Знает технологические расчеты аппаратов химической промышленности.

Результаты обучения: Знает теорию процессов изменения состояния идеальных и реальных газов, методы расчета процессов тепломассообмена

УК-2.5: Умеет осуществлять решение конкретной задачи проекта, выбирая оптимальный способ и исходя из действующих правил и условий при выполнении проектной документации и имеющихся ресурсов и ограничений.

Результаты обучения: Умеет составлять и анализировать энергетические и эксергетические балансы технологических установок

УК-2.8: Владеет навыками проектирования простейших аппаратов химической промышленности.

Результаты обучения: Знает и умеет применять основные законы термодинамики и теплообмена

ОПК-4: Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья

ОПК-4.1: Знает основы теории переноса импульса, тепла и массы; принципы физического моделирования химико-технологических процессов; основные уравнения движения жидкостей; основы теории теплопередачи; основы теории массопередачи в системах со свободной и неподвижной границей раздела фаз; типовые процессы химической технологии, соответствующие аппараты и методы их расчета.

Результаты обучения: Знает теорию и методы расчета процессов тепломассообмена

ОПК-4.3: Умеет рассчитывать основные характеристики химического процесса, выбирать рациональную схему производства заданного продукта, оценивать техноло-гическую эффективность производства.

Результаты обучения: Владеет методами анализа энергетической эффективности технологических систем

ОПК-4.5: Владеет методами расчета и анализа процессов в химических реакторах, определения технологических показателей процесса; методами выбора химических реакторов.

Результаты обучения: Владеет методами расчета процессов изменения состояния газов и паров, процессов тепломассообмена

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Форма контроля
1	**Раздел 1. Обучение**			
1.1	Введение. /Тема/	4	0	
1.1.1	Значение теплоэнергетики для химических производств. Проблема экономии энергоресурсов. Понятие об энерготехнологии. /Лек/	4	0.25	Ко, Эк
1.1.2	Самостоятельная работа студентов /Ср/	4	2	Эк
1.2	Источники энергии для химических производств. /Тема/	4	0	

1.2.1	Виды топлив. Твердые, жидкие и газообразные топлива, их состав и теплотехнические характеристики. Термохимический расчет процесса горения. /Лек/	4	1.25	Ко, Эк
1.2.2	Определение состава и количества продуктов сгорания /Пр/	4	2	Ко
1.2.3	Самостоятельная работа студентов /Ср/	4	3	Эк
1.3	Основные понятия и определения технической термодинамики. /Тема/	4	0	
1.3.1	Термодинамическая система как объект термодинамического анализа. Классификация систем. Параметры и уравнения состояния. Равновесные и неравновесные состояния. Формы энергетического взаимодействия системы с окружающей средой, внутренняя энергия системы. Понятие термодинамического процесса, его равновесности и обратимости. Представление процессов в pv- и Ts-диаграммах. /Лек/	4	3.5	Ко, Эк
1.3.2	Определение конечной температуры процесса (температуры горения) /Пр/	4	2	Ко
1.3.3	Самостоятельная работа студентов /Ср/	4	3	Эк
1.4	Теплотехнические расчеты с использованием теплоемкости. /Тема/	4	0	
1.4.1	Зависимость теплоемкости газов от температуры, средняя теплоемкость. Выражение количества теплоты через теплоемкость. Использование табличных данных о теплоемкости в инженерных расчетах. Теплоемкости газовых смесей. /Лек/	4	1	Ко, Эк
1.4.2	Определение теплоты, отведенной (подведенной) в изобарном процессе в заданном интервале изменения температуры /Пр/	4	2	Ко
1.4.3	Самостоятельная работа студентов /Ср/	4	3	Эк
1.5	Первый закон термодинамики. /Тема/	4	0	
1.5.1	Существо, формулировки и математическое выражение первого закона термодинамики. Работа проталкивания и понятие энтальпии, запись первого закона термодинамики с использованием энтальпии. Выражение первого закона термодинамики для круговых процессов (циклов). Приложение первого закона для анализа термодинамических процессов. /Лек/	4	2	Ко, Эк
1.5.2	Самостоятельная работа студентов /Ср/	4	2	Эк
1.6	Реальные газы. /Тема/	4	0	
1.6.1	Понятие реального газа в термодинамике. Уравнения состояния для реальных газов. Водяной пар как пример реального газа. Получение водяного пара при постоянном давлении. Свойства водяного пара и диаграмма его состояний. Определение параметров водяного пара. Адиабатный и изобарный процессы изменения состояния. /Лек/	4	1.5	Ко, Эк
1.6.2	Построение кривой насыщения и определение теплоты парообразования /Лаб/	4	3	Ко
1.6.3	Расчет процессов изменения состояния водяного пара /Пр/	4	2	Ко
1.6.4	Самостоятельная работа студентов /Ср/	4	3	Эк
1.7	Компримирование газов и паров. /Тема/	4	0	
1.7.1	Способы получения сжатых газов. Основные типы машин, применяемых для получения сжатых газов. Термодинамические основы работы поршневого компрессора. Принцип работы ступени центробежного компрессора. Многоступенчатые компрессоры. /Лек/	4	1.5	Ко, Эк
1.7.2	Исследование термодинамических процессов в поршневом компрессоре /Лаб/	4	2	Ко
1.7.3	Расчет мощности и объемного КПД одноступенчатого компрессора /Пр/	4	2	Ко
1.7.4	Самостоятельная работа студентов /Ср/	4	3	Эк
1.8	Влажный воздух. /Тема/	4	0	
1.8.1	Понятие влажного воздуха, его характеристики. Hd-диаграмма состояния влажного воздуха. Основные процессы изменения состояния влажного воздуха. Тепловая обработка влажного воздуха при кондиционировании. /Лек/	4	1	Ко, Эк
1.8.2	Исследование термодинамических процессов влажного воздуха /Лаб/	4	3	Ко
1.8.3	Самостоятельная работа студентов /Ср/	4	2	Эк
1.9	Основы термодинамики газовых потоков. /Тема/	4	0	
1.9.1	Уравнение сохранения энергии для потока. Определение скорости и расхода газа при адиабатном истечении. Кризис течения. Получение сверхзвуковых потоков газа. Дросселирование газов и паров. /Лек/	4	2	Ко, Эк

1.9.2	Исследование процесса истечения воздуха через суживающееся сопло /Лаб/	4	4	Ко
1.9.3	Самостоятельная работа студентов /Ср/	4	2	Эк
1.10	Второй закон термодинамики и работоспособность термодинамических систем. /Тема/	4	0	
1.10.1	Существо и формулировки второго закона термодинамики. Особенности взаимного преобразования теплоты и работы. Необратимость реальных процессов и возрастание энтропии. Понятие работоспособности системы и ее потери вследствие необратимости, закон Гюи-Стодолы. Понятие эксергии и ее виды. /Лек/	4	3	Ко, Эк
1.10.2	Самостоятельная работа студентов /Ср/	4	2	Эк
1.11	Термодинамические основы работы тепловых машин. /Тема/	4	0	
1.11.1	Условия непрерывного преобразования теплоты в работу и передачи теплоты от холодных тел горячим. Прямые и обратные циклы, термический КПД и холодильный коэффициент, отопительный коэффициент. /Лек/	4	0.5	Ко, Эк
1.11.2	Исследование теплоотдачи при вынужденном поперечном обтекании трубы потоком воздуха /Лаб/	4	4	Ко
1.11.3	Самостоятельная работа студентов /Ср/	4	2	Эк
1.12	Прямые циклы, используемые в ЭХТС. /Тема/	4	0	
1.12.1	Схема и цикл простейшей ПСУ; термический КПД цикла и пути его повышения. Схема и цикл ГТУ; факторы, влияющие на его эффективность. Парогазовый цикл. Устройство и принцип действия паровых и газовых турбин. /Лек/	4	2	Ко, Эк
1.12.2	Способы повышения КПД цикла ПСУ /Пр/	4	2	Ко
1.12.3	Самостоятельная работа студентов /Ср/	4	3	Эк
1.13	Обратные циклы, применяемые в химической технологии. /Тема/	4	0	
1.13.1	Схема и цикл воздушной холодильной установки, ее холодильный коэффициент. Парокомпрессионные, абсорбционные и пароэжекторные холодильные установки. Теплотрансформаторы и тепловые насосы. Использование низкотемпературных вторичных источников теплоты для получения холода. /Лек/	4	1.5	Ко, Эк
1.13.2	Энергетический анализ эффективности цикла парокомпрессионной холодильной машины /Пр/	4	2	Ко
1.13.3	Самостоятельная работа студентов /Ср/	4	3	Эк
1.14	Использование вторичных источников энергии. /Тема/	4	0	
1.14.1	Виды вторичных источников энергии. Способы утилизации энергии топливных и тепловых вторичных энергоресурсов. Использование газовых турбин в системах утилизации энергии. /Лек/	4	1	Ко, Эк
1.14.2	Самостоятельная работа студентов /Ср/	4	2	Эк
1.15	Современные методы термодинамического анализа. /Тема/	4	0	
1.15.1	Энергетический метод: его существо, преимущества и недостатки, система КПД. Энтропийный и эксергетический методы: существо методов, их преимущества и недостатки, количественные характеристики эффективности, определение КПД сложных технологических систем. /Лек/	4	3.5	Ко, Эк
1.15.2	Эксергетический анализ цикла парокомпрессионной холодильной машины /Пр/	4	2	Ко
1.15.3	Самостоятельная работа студентов /Ср/	4	3	Эк
1.16	Элементы теории теплообмена. /Тема/	4	0	
1.16.1	Основные понятия теории теплообмена. Способы переноса теплоты в пространстве. Основные закономерности теплопроводности, конвективной теплоотдачи, теплопередачи. /Лек/	4	4	Ко, Эк
1.16.2	Самостоятельная работа студентов /Ср/	4	2	Эк
1.17	Котельные агрегаты химической промышленности. /Тема/	4	0	
1.17.1	Классификация котельных агрегатов. Парогенераторы, работающие на воде. Парогенераторы и теплогенераторы на высокотемпературных теплоносителях. Котлы-утилизаторы. Тепловой баланс и КПД котельных агрегатов. /Лек/	4	1.5	Ко, Эк
1.17.2	Самостоятельная работа студентов /Ср/	4	2	Эк
1.18	Печи химической промышленности. /Тема/	4	0	

1.18.1	Виды печей, применяющихся в химической промышленности. Тепловой баланс печи. /Лек/	4	1	Ко, Эк
1.18.2	Самостоятельная работа студентов /Ср/	4	2	Эк
2	**Раздел 2. Промежуточная аттестация**			
2.1	в том числе: /Тема/	4	0	
2.1.1	Экзамен /Экзамен/	4	35.65	Эк
2.1.2	Контактная работа /КоРа/	4	0.35	Эк

Примечание. Формы контроля: Эк – экзамен, К- контрольная работа, Ко- контрольный опрос, Сз- семестровое задание, З-зачет, ОП-отчет по практике.

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Оценочные средства планируемых результатов обучения представлены в виде фондов оценочных средств (ФОС), разработанных в соответствии с локальным нормативным актом университета. ФОС может быть представлен в Приложении к рабочей программе.

1. Перечень компетенций, формируемых в результате освоения дисциплины:
УК-2: Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений. Контролируемые разделы дисциплины - темы 14 - 15.
ОПК-4: Способен обеспечивать проведение технологического процесса, использовать технические средства для контроля параметров технологического процесса, свойств сырья и готовой продукции, осуществлять изменение параметров технологического процесса при изменении свойств сырья. Контролируемые разделы дисциплины - темы 1 - 13, 16-18.

2. Показатели и критерии оценивания компетенций
УК-2.5: контролируемые разделы - темы 1, 2, 15; оценочные средства – контрольный опрос, семестровая контрольная работа, экзамен.
УК-2.8: контролируемые разделы - темы 12..14, 16..18; оценочные средства – экзамен.
УК-2.3: контролируемые разделы - темы 2..4 ..9; оценочные средства – контрольный опрос, экзамен.
ОПК-4.1: контролируемые разделы - темы 2 .. 9, 11, 16 .. 18; оценочные средства – контрольный опрос, семестровая контрольная работа, экзамен.
ОПК-4.3: контролируемые разделы - темы 2 .. 9, 11, 16 .. 18; оценочные средства – контрольный опрос, тестовая задача, семестровая контрольная работа, экзамен.
ОПК-4.5: контролируемые разделы - темы 1,2, 10, 11, 15, 16; оценочные средства – контрольный опрос, тестовая задача, семестровая контрольная работа, экзамен.

3. Описание шкал оценивания
3.1. Оценочное средство - собеседование (письменный опрос):
13 - 15 баллов: контрольный опрос выполнен на высоком уровне (ответы на 80-100% правильные);
10 - 12 баллов: контрольный опрос выполнен на среднем уровне (ответы на 70-79 % правильные);
7 - 9 баллов: контрольный опрос выполнен на низком уровне (ответы на 50 -69 % правильные);
0 баллов: контрольный опрос выполнена на неудовлетворительном уровне (ответы правильные менее, чем на 50 %).

3.2. Оценочное средство - семестровая контрольная работа:
14-15 баллов: семестровая контрольная работа выполнена в полном объеме, все расчеты произведены верно, нет замечаний по оформлению работы;
10–13 баллов: семестровая контрольная работа выполнена в полном объеме, все расчеты произведены верно, но есть замечания по оформлению работы;
10-11 баллов: семестровая контрольная работа выполнена на удовлетворительном уровне;
0 баллов: семестровая контрольная работа выполнена на неудовлетворительном уровне.

3.3. Оценочное средство - тестовая задача:
9 – 10 баллов: задача решена полностью с необходимыми пояснениями;
7 – 8 баллов: задача решена верно, однако пояснения отсутствуют;
5 – 6 баллов: алгоритм решения правильный, однако вычисления выполнены с ошибками или не доведены до конца;
0 баллов: правильные ответы составляют менее 50 %.

4. Примеры оценочных средств
4.1. Пример вопросов для оценочного средства "Письменный опрос"
1. Какие свойства реальных газов не учитываются в модели идеального газа?
2. Как записывается уравнение Ван-дер-Ваальса? Чем это уравнение отличается от уравнения состояния идеального газа?
3. Что такое критическая точка вещества?
4. При каких условиях можно путем изотермического сжатия перевести вещество из газообразного состояния в жидкое?
5. Какой пар называется насыщенным?
6. Как выглядит изображение процесса парообразования при p=const в pv- и Ts-координатах?
7. Чем отличаются сухой пар от влажного? Что понимается под степенью сухости?

8. Что такое теплота парообразования?
9. Как записывается уравнение Клайперона-Клаузиуса?
10. Как определяются параметры состояния пара при инженерных расчетах?
11. Как определить удельный объем, энтальпию, энтропию и внутреннюю энергию влажного водяного пара с помощью таблиц?
12. Какие экспериментальные методы применяются для определения параметров насыщения?

4.2. Пример типового задания по оценочному средству «семестровая контрольная работа» в Приложении.
Исходные данные и все необходимые требования к выполнению семестровой контрольной работы изложены в методических указаниях, размещенных на сайте университета.

4.3. Примеры оценочного средства "Тестовая задача"
1. В теплообменник подается сухой насыщенный пар с давлением 5 бар. Определить состояние пара на выходе, если в теплообменнике от каждого его килограмма отводится 120 кДж теплоты.
2. Сколько теплоты можно отвести от газовой смеси, состоящей по объему из 87% азота и 13% диоксида углерода, в котле -утилизаторе, если температура смеси на входе в котел 830 °С, а по условиям последующего технологического процесса после котла-утилизатора температура смеси не должна быть менее 340 °С.
3. Сухой насыщенный пар с температурой 190 °С поступает в теплообменный аппарат. В теплообменнике от каждого килограмма пара отводится 300 кДж теплоты. Определите состояние пара на выходе.
4. Определите, как изменится эксергия потока перегретого пара с давлением 15 бар, если при этом давлении он охлаждается от 350 °С.
5. Сколько пара с давлением 0,6 МПа и температурой 310 °С необходимо подавать в турбину каждую секунду, чтобы расширяясь до давления 0,2 бара, он производил бы работу, равную 6 МДж. КПД турбины составляет 0,72.
6. Сухой насыщенный пар с давлением 20 бар пропускается через дроссельное устройство, в котором его давление понижается до 2 бар. Определить потери эксергии в процессе, если температура окружающей среды составляет 10 °С.

Нормативный срок выполнения семестровой контрольной работы – 4 недели с момента получения задания. Контрольный срок сдачи семестровой контрольной работы – вторая неделя мая.
Защита семестровой контрольной работы проводится устно в виде собеседования.
Примерный перечень вопросов для самоподготовки к защите семестровой контрольной работы:
1. Назовите известные методы термодинамического анализа эффективности технологических систем.
2. Понятие вторичных энергоресурсов и их виды.
3. Какова цель термохимического расчета процесса сгорания?
4. Каким образом задают состав органических топлив?
5. Почему сера является нежелательным компонентом топлива?
6. Какую величину называют коэффициентом избытка воздуха?
7. Какие компоненты включают в себе продукты сгорания органического топлива?
8. Как вычислить теплоемкость газовой смеси произвольного состава?
9. В чем существо энергетического метода термодинамического анализа?
10. Какая форма записи первого закона термодинамики предпочтительнее для открытых термодинамических систем?
11. В чем заключается физический смысл понятия энтальпии?
12. В чем условность понятия потерь энергии при составлении энергетического баланса?
13. Как при инженерных расчетах определяют параметры водяного пара?
14. В каком состоянии водяной пар называют насыщенным?
15. Что понимают под степенью сухости насыщенного водяного пара?
16. В каком состоянии водяной пар называют перегретым?

Промежуточные аттестации по дисциплине – экзамен в 4 семестре проводится очно в письменном виде. Билет к экзамену включает два вопроса по теории и тестовую задачу. Первый вопрос билета относится к разделу технической термодинамики, а второй – к разделу теплотехнического оборудования и использования органических топлив. Задачи относятся к разделам: "Водяной пар и его свойства", "Второй закон термодинамики и потери работоспособности термодинамических систем", "Методы термодинамического анализа". Время подготовки – 40 минут.
Перечень вопросов для оценки знаний студентов на экзамене по курсу "Теплотехника":
1. ЭХТС и их оптимизация. Вторичные энергоресурсы химических производств и способы их утилизации.
2. Общая характеристика методов термодинамического анализа ЭХТС. Преимущества и недостатки различных методов.
3. Источники теплоты в химическом производстве. Виды органических топлив, их состав и теплотехнические характеристики.
4. Определение количества воздуха, необходимого для сжигания топлива. Коэффициент избытка воздуха.
5. Определение состава, количества и температуры продуктов сгорания.
6. Понятие термодинамической системы. Параметры состояния. Термодинамический процесс. Особенности pv- и Ts-диаграмм. Круговые процессы и циклы.
7. Понятие внутренней энергии, теплоты и работы. Первый закон термодинамики.
8. Второй закон термодинамики. Понятие энтропии. Математическое выражение второго закона термодинамики для изолированных систем.
9. Общие принципы преобразования теплоты в работу. Прямые и обратные циклы. Понятие термического КПД и холодильного коэффициента.
10. Понятие теплоемкости. Массовая, объемная и мольная теплоемкости. Зависимость теплоемкости от характера процесса и от температуры. Определение количества теплоты при заданной разности температур.

11. Модель идеального газа. Процессы изменения состояния идеального газа. Определение теплоты и работы в термодинамических процессах изменения состояния идеального газа.
12. Реальные газы. Водяной пар и его диаграмма состояний. Процесс парообразования при p=const.
13. Инженерные методы расчета процессов изменения состояния водяного пара.
14. Термодинамика процессов истечения газов и паров: первый закон термодинамики для потока, располагаемая работа, преобразование энергии газового потока в работу.
15. Термодинамика процессов истечения газов и паров: определение скорости и расхода газа или пара, получение сверхзвуковых скоростей, влияние трения на процесс истечения.
16. Обратимые и необратимые процессы. Потери работоспособности вследствие необратимости. Энтропия как мера необратимости.
17. Работоспособность термодинамических систем. Понятие эксергии. Эксергия теплоты, потока вещества, химическая (нулевая) эксергия.
18. Эксергетический метод анализа. Его преимущества и недостатки.
19. Энтропийный метод анализа. Его преимущества и недостатки.
20. Энергетический метод анализа. Его преимущества и недостатки.
21. Эксергетический баланс ЭХТС, диаграмма Грассмана-Шаргута. Эксергетические показатели совершенства процессов в ЭХТС.
22. Потери эксергии вследствие необратимости. Закон Гюи-Стодолы.
23. Определение газовой постоянной и кажущейся молярной массы смеси. Вычисление теплоемкости смеси.
24. Эксергетический КПД. Использование понятия транзитной эксергии для определения эксергетического КПД. Эксергетические КПД основных теплотехнических устройств, входящих в ЭХТС.
25. Определение эксергетических КПД для сложных ЭХТС.
26. Получение сжатых газов. Типы компрессорных машин. Рабочий цикл одноступенчатого поршневого компрессора.
27. Многоступенчатое сжатие. Затраты работы на компримирование газов.
28. Устройство и цикл простейшей ПСУ. Факторы, влияющие на ее термический КПД.
29. Схема и цикл ПСУ со вторичным перегревом пара. Термический КПД цикла.
30. Схема и цикл ПСУ с промежуточным отбором пара. Влияние промежуточного отбора пара на КПД цикла.
31. Устройство и циклы ГТУ.
32. Парогазовый цикл, его преимущество перед циклом ПСУ.
33. Схема и цикл парокомпрессионной холодильной установки. Холодильный коэффициент и эксергетический КПД цикла.
34. Использование низкотемпературных источников теплоты для получения холода. Устройство и цикл пароэжекторной холодильной установки.
35. Использование низкотемпературных источников теплоты для получения холода. Устройство и цикл абсорбционной холодильной установки.
36. Тепловые насосы. Совместное получение теплоты и холода.
37. Паровые и газовые турбины: их устройство и принцип действия.
38. Котлоагрегаты химической промышленности: классификация и назначение. Тепловой баланс котельного агрегата.
39. Схема и принцип действия парового котла барабанного типа.
40. Печи химической промышленности. Тепловой баланс печи.
41. Схема и цикл парокомпрессионной холодильной установки. Холодильный коэффициент и эксергетический КПД цикла.
42.Основные понятия теории теплообмена. Способы переноса теплоты в пространстве.
43. Теплопроводность. Закон Фурье для теплопроводности.
44. Стационарная теплопроводность. Понятие термического сопротивления.
45. Теплопередача и методы ее интенсификации.
46. Конвективная теплоотдача. Факторы, влияющие на интенсивность теплоотдачи.
47. Способы расчета процесса конвективной теплоотдачи.
48. Расчет процессов теплообмена излучением.
49. Нестационарная теплопроводность. Особенности изменения температурного поля при различных соотношениях внутреннего и внешнего термических сопротивлений.
50. Типы теплообменных аппаратов и области их применения. Основные уравнения для расчета рекуператоров.

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)

6.1. Рекомендуемая литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство, год.	Электронный адрес
Л.1	Чечеткин А. В., Занемонец Н. А.	Теплотехника: учеб. для вузов	Москва: Высш. шк., 1986	
Л.2	Злотин Г. Н., Федянов Е. А.	Теплотехника: учеб. пособие	Волгоград: РПК "Политехник", 2005	
Л.3	Нащокин В. В.	Техническая термодинамика и теплопередача: учеб. пособие	М.: Высш. шк., 1980	
Л.4	Матвеев Г. А.	Теплотехника: учеб. пособие	М.: Высш. шк., 1981	
Л.5	Дзюзер В. Я.	Теплотехника и тепловая работа печей: учеб. пособие	Санкт-Петербург: Лань, 2017	https://e.lanbook.com/book/93750#authors

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет"	
Э1	Файловое хранилище ВолгГТУ
Э2	Библиотека ВолгГТУ
6.3 Перечень программного обеспечения	
6.3.1.1	1. Microsoft Windows - лицензионный программный продукт.
6.3.1.2	
6.3.1.3	2. Microsoft Office - лицензионный программный продукт.
6.3.1.4	
6.3.1.5	3. OpenOffice (Impress, Writer, Calc, Draw) - стандартная общественная лицензия ограниченного применения (GNU LGPL, Лицензирование Apache OpenOffice).
6.4 Перечень информационных справочных систем и электронных библиотечных систем (ЭБС)	
6.3.2.1	1. ГАРАНТ. Информационно-правовой портал, https://www.garant.ru.
6.3.2.2	2. Электронно-библиотечная система издательства «Лань», http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=69520.
6.3.2.3	
6.3.2.4	3. Информационно-библиотечный центр ВолгГТУ, http://library.vstu.ru/

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ) /ОБОРУДОВАНИЕ	
7.1	ГУК-107 (Лаборатория) /Учебная мебель, лабораторные установки,телевизор 46’ Panasonic/.
7.2	ГУК-400 /Учебная мебель, мульдимедийное оборудование/.
7.3	
7.4	ГУК-416 /Учебная мебель, мульдимедийное оборудование/.
7.5	1. Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации / Учебная мебель, учебная доска, интерактивная трибуна, проектор /.
7.6	
7.7	2. Аудитория для самостоятельной работы обучающихся / Учебная мебель, компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета /.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)

1. Построение кривой насыщения и определение теплоты парообразования : метод. указания / сост. В. А. Горюнов, Е. М. Иткис, Е. А. Федянов / ВолгГТУ.– Волгоград, 2017.– 12 с.

2. Исследование термодинамических процессов в поршневом компрессоре: метод. указания / сост. Ю. В. Левин, В. А. Горюнов / ВолгГТУ.– Волгоград, 2018.– 8 с.

3. Исследование термодинамических процессов влажного воздуха : метод. указания к лабораторной работе № 5 / сост. : С. Н. Шумский, Г. С. Закожурникова ; ВолгГТУ. - Волгоград : ВолгГТУ, 2018. - 12 с.

4. Исследование процесса истечения воздуха через суживающееся сопло : метод. указания к лабораторной работе / ост. : Е. М. Иткис, Е. А. Федянов ; ВолгГТУ. - Волгоград : ВолгГТУ, 2017. - 12 с.

5. Исследование теплоотдачи при вынужденном поперечном обтекании трубы потоком воздуха : метод. указания / сост. Е. А. Федянов, С. Н. Шумский / ВолгГТУ.– Волгоград, 2017. – 15 с.

6. Экспериментальное определение теплопроводности материала методом цилиндрического слоя : метод. указания к лабораторной работе / сост. : Е. А. Федянов, С. Н. Шумский ; ВолгГТУ. - Волгоград : ВолгГТУ, 2019. - 12 с.