

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛГОРОДСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им. В.Г.ШУХОВА»
(БГТУ им. В.Г. Шухова)

УТВЕРЖДАЮ
Директор института

А.В.Белоусов
«15» декабря 2015 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
дисциплины

ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

направление подготовки:

13.03.01 - Теплоэнергетика и теплотехника

Квалификация

бакалавр

Форма обучения

очная

Институт: Энергетический

Кафедра: Энергетики теплотехнологии

Белгород – 2015

Рабочая программа составлена на основании требований:

- Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 01 октября 2015 г., № 1081.
- плана учебного процесса БГТУ им. В.Г. Шухова, введенного в действие в 2015 году.

Составитель: ст. преп.  (Б.М. Гришко)

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры **энергетики теплотехнологии**

« 16 » ноября 201 5 г., протокол № 3

Заведующий кафедрой: канд. техн. наук, профессор  (В.П. Кожевников)

Рабочая программа одобрена методической комиссией энергетического института

« 19 » ноября 201 5 г., протокол № 3

Председатель: канд. техн. наук, доцент  (А.Н. Семернин)

1. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Формируемые компетенции			Требования к результатам обучения
№	Код компетенции	Компетенция	
Общепрофессиональные			
1	ОПК-2	Способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	В результате освоения дисциплины обучающийся должен Знать: основные термодинамические процессы и термодинамические циклы применяемые в теплоэнергетике. Уметь: проводить анализ совершенства термодинамических циклов Владеть: навыками определения совершенства реальных процессов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Содержание дисциплины основывается и является логическим продолжением следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Химия
2	Физика

Содержание дисциплины служит основой для изучения следующих дисциплин:

№	Наименование дисциплины (модуля)
1	Тепломеханическое оборудование промышленных предприятий
2	Термовлажностные и низкотемпературные теплотехнологические процессы и установки
3	Экологическая безопасность теплотехнологии
4	Энерготехнологическая обработка газов
5	Паротеплогенерирующие установки промышленных предприятий
6	Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки
7	Источники и системы энергоснабжения предприятий

3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зач. единиц, 288 часов.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестр № 3
Общая трудоемкость дисциплины, час	288	288
Контактная работа (аудиторные занятия), в т.ч.:	119	119
лекции	34	34
лабораторные	34	34
практические	51	51
Самостоятельная работа студентов, в том числе:	169	169
Курсовой проект	-	-
Курсовая работа	-	-
Расчетно-графическое задание	18	18
Индивидуальное домашнее задание	9	9
<i>Другие виды самостоятельной работы</i>	106	106
Форма промежуточная аттестация (зачет, экзамен)	экзамен 36	экзамен 36

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1 Наименование тем, их содержание и объем

Курс 2 Семестр 3

№ п/п	Наименование раздела (краткое содержание)	Объем на тематический раздел по видам учебной нагрузки, час			
		Лекции	Практические занятия	Лабораторные з анятия	Самостоятельная работа
1. Предмет и метод термодинамики					
	Техническая термодинамика как теоретическая база специальных теплотехнических дисциплин. Параметры состояния Термодинамическая система и окружающая среда. Термодинамическое равновесие. Равновесные и неравновесные процессы. Основные термодинамические процессы Термические уравнения состояния. Теплоемкость при постоянных объеме и давлении. Уравнение Майера. Теплоемкость газовой смеси	2	6	10	16
2. Первый закон термодинамики					
	Первый закон термодинамики как закон сохранения и превращения энергии. Теплота и работа - формы передачи энергии. Внутренняя энергия. Энтальпия. Работа, связанная с изменением объема. Работа перемещения. Техническая работа. Уравнение первого закона термодинамики. Формулировки первого закона термодинамики. Уравнение первого закона термодинамики для стационарного потока массы	3	10	4	16
3. Второй закон термодинамики					
	Формулировки второго закона термодинамики Обратимые и необратимые процессы. Термодинамические циклы (прямые и обратные, обратимые и необратимые). Прямой цикл Карно и его термический КПД. Обратный цикл Карно и его холодильный коэффициент. Аналитическое выражение второго закона термодинамики. Возрастание энтропии изолированной системы. Уравнение Гюи-Стодола. Понятие эксергии. Объединенное уравнение первого и второго законов термодинамики	4	6	4	12
4. Термодинамика реального газа					
	Отличительные особенности термодинамической поверхности состояния реальных газов. Основные уравнения состояния реальные газов. Фазовые переходы. Правило фаз Гиббса. Тройная и критические точки. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Водяной пар. Таблицы термодинамических свойств	8	6	4	15

	воды и водяного пара. Диаграммы водяного пара. Основные термодинамические процессы водяного пара. Расчет процессов изменения состояния реальных газов по таблицам и диаграммам				
5. Термодинамика стационарного потока массы					
	Основные уравнения процессов течения. Истечение из суживающихся сопел. Вычисление массового расхода, скорости потока и скорости звука. Критическое отношение давлений. Зависимость скорости потока и расхода газа от отношения давлений при истечении из суживающегося и комбинированного сопел. Переход через скорость звука. Сопло Лавая. Адиабатное течение с трением. Использование комбинированных сопел для получения сверхзвуковых скоростей. Температура адиабатного торможения. Дросселирование газов и паров. Изменение параметров в процессе дросселирования. Дифференциальный дроссельный эффект. Кривая инверсии. Практическое использование процесса дросселирования	4	6	8	18
6. Термодинамика газовых и парогазовых смесей					
	Газовые смеси. Способы задания газовой смеси. Смеси идеальных газов. Методика расчета термодинамических свойств смесей идеальных газов. Энтропия смешения. Процессы сжатия в компрессоре. Парогазовые смеси. Влажный воздух. Абсолютная и относительная влажность. Влагосодержание. Расчет плотности влажного воздуха. Температура точки росы. I-x – диаграмма влажного воздуха для стандартного давления. Термодинамические процессы с влажным воздухом (охлаждение и нагрев, смешение, сушка нагретым воздухом и др.)	3	4	4	11
7. Тепловой и эксергетический балансы паротурбинной установки					
	Тепловой и эксергетический балансы паротурбинной установки, работающей по циклу Ренкина	2	4		6
8. Термодинамика газовых и паровых циклов					
	Циклы паротурбинных установок. Теоретический и действительный циклы ПТУ. Влияние начальных и конечных параметров пара на КПД, удельные расхода пара, тепла и топлива. Промежуточный перегрев пара и причины его применения. Теоретический и действительный циклы с вторичным перегревом пара. Термодинамические основы теплофикации. Теплофикационные циклы. Циклы паровых холодильных установок.	6	6		12
	ВСЕГО	34	51	34	106

4.2. Содержание практических (семинарских) занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема практического (семинарского) занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр №3				
1	Предмет и метод термодинамики	Параметры состояния тела	2	2
2	Предмет и метод термодинамики	Идеальные газы и основные газовые законы	6	6
3	Термодинамика газовых и парогазовых смесей	Газовые смеси	4	4
4	Предмет и метод термодинамики	Теплоемкость газов	2	2
5	Первый закон термодинамики	Первый закон термодинамики	2	2
6	Второй закон термодинамики	Второй закон термодинамики. Определение максимально полезной работы	4	4
7	Второй закон термодинамики	Круговые процессы	2	2
8	Термодинамика реального газа	Водяной пар	6	6
9	Термодинамика стационарного потока массы	Истечение газов и паров	2	2
10	Термодинамика стационарного потока массы	Дросселирование газов и паров	2	2
11	Термодинамика газовых и паровых циклов	Циклы паросиловых установок	6	6
12	Термодинамика газовых и паровых циклов	Эксергетический анализ циклов	4	4
13	Термодинамика газовых и паровых циклов	Циклы холодильных установок	2	2
14	Термодинамика газовых и парогазовых смесей	Влажный воздух	3	3
ИТОГО:			51	51
			ВСЕГО:	102

4.3. Содержание лабораторных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема лабораторного занятия	К-во часов	К-во часов СРС
семестр №3				
1	Термодинамика газовых и парогазовых смесей	Исследование работы нагнетательной установки	4	4
2	Термодинамика стационарного потока массы	Исследование истечения газа из дозвукового сопла	4	4
3	Термодинамика стационарного потока массы	Экспериментальное определение температуры адиабатного торможения	4	4
4	Предмет и метод термодинамики	Экспериментальное определение тепло-	4	4

	модинамики	емкости воздуха		
5	Предмет и метод термодинамики	Экспериментальное определение теплоемкости жидкости	4	4
6	Термодинамика газовых и парогазовых смесей	Исследование процессов во влажном воздухе	4	4
7	Термодинамика газовых и паровых циклов	Экспериментальное построение цикла холодильной установки	4	4
8	Термодинамика реального газа	Определение теплоты парообразования жидкости	4	4
9	Предмет и метод термодинамики	Определение удельных объемов жидкостей, газов и паров	2	2
ИТОГО:			34	34
			ВСЕГО:	68

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Перечень контрольных вопросов (типовых заданий)

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание вопросов (типовых заданий)
1	Предмет и метод термодинамики	– Равновесное и неравновесное состояние термодинамической системы. – Термодинамические параметры состояния тела. – Термодинамическая система и окружающая среда. – Понятие о термодинамическом процессе. – Термические уравнения состояния. – Теплоёмкость идеальных газов. Уравнение Майера.
2	Первый закон термодинамики	– Первый закон термодинамики. Формулировки первого закона. – Внутренняя энергия тела. – Теплота и работа- формы передачи энергии. – Аналитическое выражение первого закона термодинамики
3	Второй закон термодинамики	– Обратимые и необратимые термодинамические процессы. – Аналитическое выражение второго закона термодинамики и его формулировки. – Прямой цикл Карно и его термический КПД. – Обратный цикл Карно и его холодильный коэффициент. – Возрастание энтропии изолированной системы. – Понятие эксергии. Эксергетический КПД. – Объединенное уравнение первого и второго законов термодинамики – Уравнение Гюи-Стодолы.
4	Термодинамика реального газа	– Основные уравнения состояния реальные газов. – Фазовые переходы. Правило фаз Гиббса. – Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. – Диаграммы водяного пара. – Основные термодинамические процессы водяного пара.
5	Термодинамика стационарного потока массы	– Основные уравнения процессов течения. – Истечение из суживающихся сопел. – Переход через скорость звука. Сопло Лаваля. – Адиабатные течение с трением.

		– Использование комбинированных сопел для получения сверхзвуковых скоростей. – Дросселирование газов и паров. – Дифференциальный дроссельный эффект. Кривая инверсии.
6	Термодинамика газовых и парогазовых смесей	– Способы задания газовой смеси. – Методика расчета термодинамических свойств смесей идеальных газов. – Парогазовые смеси. Влажный воздух. – Параметры влажного воздуха. – Расчет плотности влажного воздуха. – Термодинамические процессы с влажным воздухом (охлаждение и нагрев, смешение, сушка нагретым воздухом и др.)
7	Тепловой и эксергетический балансы паротурбинной установки	– Понятие эксергии. – Потеря эксергии в необратимых процессах.
8	Термодинамика газовых и паровых циклов	– Циклы паротурбинных установок. – Влияние начальных и конечных параметров пара на термический КПД цикла – Промежуточный перегрев пара и причины его применения. – Термодинамические основы теплофикации. – Теплофикационные циклы. – Циклы паровых холодильных установок.

5.2. Перечень тем курсовых проектов, курсовых работ, их краткое содержание и объем.

– учебным планом не предусмотрены

5.3. Перечень индивидуальных домашних заданий, расчетно-графических заданий.

Учебным планом предусмотрено индивидуальное домашнее задание и расчетно-графическое задание.

Тема индивидуального домашнего задания:

Расчет состояния рабочего тела в характерных точках изменения состояния в результате протекания термодинамических процессов.

Цель индивидуального домашнего задания: изучение студентами методик и приобретение навыков в проведении расчетов различных термодинамических процессов по типовым методикам.

Тема расчетно-графической работы:

Анализ цикла Ренкина с учетом необратимых потерь.

Цель расчетно-графической работы: изучение студентами методик и приобретение навыков проведения тепловых расчетов и составления теплового баланса теплосиловой паротурбинной установки. Расчетно-графическая работа включает расчетно-пояснительную записку и графическую часть.

Расчетно-пояснительная записка состоит из следующих разделов:

1. Схема и описание теплотехнологической установки.
2. Расчет потерь работоспособности в каждом из элементов установки:
 - а) котлоагрегат;
 - б) паропровод;

- г) турбогенераторная установка;
- д) конденсатор;
- е) насос.

Графическая часть представляет собой изображение диаграммы тепловых потоков рассматриваемой теплосиловой установки и изображение реального цикла Ренкина в T,s - диаграмме.

5.4. Перечень контрольных работ.

– учебным планом не предусмотрены

6. ОСНОВНАЯ И ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА

6.1. Перечень основной литературы

1. Техническая термодинамика. В 2 ч. Ч. 1. Основы термодинамики: учеб. пособие / Б.М. Гришко, П.А. Трубаев. – Белгород, Изд-во БГТУ, 2009. –138 с.
2. Техническая термодинамика. В 2 ч. Ч. 2. Технические приложения термодинамики: учеб. пособие / П.А. Трубаев, Б.М. Гришко. – Белгород, Изд-во БГТУ, 2009. –122 с.
3. *Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А. Е.* Техническая термодинамика. - М.: Энергоатомиздат, 1983.-416 с.

6.2. Перечень дополнительной литературы

1. Тепловые насосы: учеб. пособие / П.А. Трубаев, Б.М. Гришко. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2010. – 143 с.
2. Рабинович О.М. Сборник задач по технической термодинамике. –М.: Машиностроение, 1973.
3. Кудинов, В. А. Техническая термодинамика : учеб. пособие / В. А. Кудинов, Э. М. Карташов. - 3-е изд., испр. - Москва : Высшая школа, 2003. - 260 с.

6.3. Перечень справочной и нормативной литературы

1. Александров, А. А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара : справочник / А. А. Александров, Б. А. Григорьев. - Москва : МЭИ, 2003. - 158 с.

6.4. Перечень интернет ресурсов

1. Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е. Техническая термодинамика: учебник для вузов - 5-е изд., перераб. и доп. Гриф МО. М.: :Издательский дом МЭИ, 2008. 416 с. Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/8121>
2. Гришко Б. М., Трубаев П. А. Техническая термодинамика : метод. указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления подготовки бакалавров 140100.62 [Электронный ресурс]. Белгород: Изд-во БГТУ им. В. Г. Шухова, 2015. 24 с. Режим доступа: <https://elib.bstu.ru/Reader/Book/2015101310393750500000651800>

3. Зеленцов, Д. В. Техническая термодинамика [Электронный ресурс] : учебное пособие / Зеленцов Д. В. - Самара : Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. - 140 с. Книга находится в базовой версии ЭБС IPRbooks
4. Амирханов Д. Г., Амирханов Р. Д. Техническая термодинамика: учебное пособие [Электронный ресурс]. Казань: Издательство КНИТУ, 2014. 264 с. Режим доступа:
http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=428258&sr=1

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Лекционные занятия – аудитория, оснащенная письменными столами, стульями, классной доской (для рисования мелом или маркером).

Практические занятия – аудитория, оснащенная письменными столами, стульями, классной доской (для рисования мелом или маркером).

Лабораторные занятия – учебная лаборатория термодинамики и энергетического комплекса промышленных предприятий (Лк 401), оборудование: установка для определения изобарной теплоемкости атмосферного воздуха; установка для определения теплоемкости жидкости; нагнетательная установка; установка для определения теплоты парообразования воды; дозвуковое сопло; холодильная установка.

ПРИЛОЖЕНИЯ

Приложение №1. Методические указания для обучающегося по освоению дисциплины

Курс «**Техническая термодинамика**» представляет собой неотъемлемую составную часть подготовки студентов по направлению подготовки «**Теплоэнергетика и теплотехника**».

Целью изучения курса является получение знаний о фундаментальных законах осуществления тепловых процессов, термодинамических методах анализа разомкнутых и замкнутых теплотехнологических процессов разного назначения, что является основополагающим для дальнейшего изучения студентами принципов построения оптимальных моделей энергетических систем промышленных предприятий с эффективным использованием топливно-энергетических ресурсов.

Задачами дисциплины являются - овладеть навыками определения термодинамического совершенства действующих и проектируемых установок.

После изучения дисциплины студент должен знать: закономерности протекания основных термодинамических процессов; теплофизические и механические свойства рабочих тел и конструкционных материалов, используемых в теплоэнергетических установках; основные термодинамические законы и возможности их практического применения; термодинамические основы процессов трансформации тепла; особенности фазовых переходов веществ и поведения этих веществ в двухфазной области; характер различных диаграмм состояния вещества и изображение в них основных термодинамических процессов; характер протекания физических процессов рабочих тел в теплосиловых установках и их расчет; поведение рабочих тел в циклах теплосиловых установок, расчет и анализ этих циклов; пути и возможности повышения эффективности теплосиловых установок; основы химической термодинамики.

После изучения дисциплины студент должен уметь: оценивать свойства рабочих тел с помощью термодинамических соотношений; пользоваться диаграммами и таблицами термодинамических свойств веществ, при проведении тепловых расчетов; представлять циклы теплосиловых установок в термодинамических диаграммах состояний; производить расчеты тепловых схем теплосиловых установок; проводить оценку тепловых потерь в различных элементах теплосиловой установки.

Занятия проводятся в виде лекций, практических и лабораторных занятий. Большое значение для изучения курса имеет самостоятельная работа студентов.

Формы контроля знаний студентов предполагают текущий и промежуточный контроль. Текущий контроль знаний проводится в форме систематических опросов, защит лабораторных работ, решений задач и проведения письменных работ. Формой промежуточного контроля является экзамен.

Самостоятельная работа является главным условием успешного освоения изучаемой учебной дисциплины и формирования высокого профессионализма будущих бакалавров – сотрудников предприятий и служб, занимающихся освоением теплотехнологических процессов, проектированием, производством и эксплуатацией энергетического и теплотехнологического оборудования.

Исходный этап изучения курса «**Техническая термодинамика**» предполагает ознакомление с *Рабочей программой*, характеризующей границы и содержание

учебного материала, который подлежит освоению.

Изучение отдельных тем курса необходимо осуществлять в соответствии с поставленными в них целями, их значимостью, основываясь на содержании и вопросах, поставленных в лекции преподавателя и приведенных в планах и заданиях к практическим и лабораторным занятиям.

Для более глубокого изучения проблем курса при выполнении расчетно-графического задания, докладов и выступлений необходимо ознакомиться с публикациями в научно-производственных, научно-популярных и производственно-технических периодических изданиях, тематика материалов, публикуемых в которых, охватывает сферы теплоэнергетики и теплотехники. Поиск и подбор таких изданий, статей, материалов и монографий осуществляется на основе библиографических указаний и предметных каталогов.

Изучение каждой темы следует завершать выполнением практических заданий, ответами на тесты, решением задач, содержащихся в соответствующих разделах учебников и методических пособий по курсу «Техническая термодинамика». Для обеспечения систематического контроля над процессом усвоения тем курса следует пользоваться перечнем контрольных вопросов для проверки знаний по дисциплине. Успешное освоение курса дисциплины возможно лишь при систематической работе, требующей глубокого осмысления и повторения пройденного материала, поэтому необходимо делать соответствующие записи по каждой теме.

Содержание разделов дисциплины.

1. Предмет и метод термодинамики. [1, С. 6–18], [3, С. 4–21]

Техническая термодинамика как теоретическая база специальных теплотехнических дисциплин. Параметры состояния Термодинамическая система и окружающая среда. Термодинамическое равновесие. Равновесные и неравновесные процессы. Основные термодинамические процессы Термические уравнения состояния. Теплоемкость при постоянных объеме и давлении. Уравнение Майера. Теплоемкость газовой смеси

Термины и понятия: метод круговых процессов, метод характеристических функций, термодинамическая система, открытая термодинамическая система, адиабатно изолированная термодинамическая система, равновесное состояние, термическое равновесное состояние, термодинамический процесс, термодинамические параметры состояния, уравнение Клапейрона, уравнение Майера, закон Бойля-Мариотта, закон Гей-Люссака, закон Шарля.

2. Первый закон термодинамики. [1, С. 31–42], [3, С. 22–36]

Первый закон термодинамики как закон сохранения и превращения энергии. Теплота и работа - формы передачи энергии. Внутренняя энергия. Энтальпия. Работа, связанная с изменением объема. Работа перемещения. Техническая работа. Уравнение первого закона термодинамики. Формулировки первого закона термодинамики. Уравнение первого закона термодинамики для стационарного потока массы

Термины и понятия: внутренняя энергия системы, формы передачи энергии, работа расширения системы, первый закон термодинамики, энтальпия.

3. Второй закон термодинамики [1, С. 60–74], [3, С. 40–79]

Формулировки второго закона термодинамики Обратимые и необратимые процессы. Термодинамические циклы (прямые и обратные, обратимые и необратимые). Прямой цикл Карно и его термический КПД. Обратный цикл Карно и его холодильный коэффициент. Аналитическое выражение второго закона термодинамики. Возрастание энтропии изолированной системы. Уравнение Гюй-Стодола. Понятие эксергии. Эксергетический КПД. Эксергетический метод расчета потерь при необратимых процессах. Объединенное уравнение первого и второго зако-

нов термодинамики

Термины и понятия: второй закон термодинамики, обратимые и необратимые процессы, термодинамические циклы, теорема Карно, энтропия, обратимые и необратимые циклы, термический КПД цикла, холодильный коэффициент, уравнение Гюи-Стодолы.

4. Термодинамика реального газа. [1, С. 75–100], [3, С. 149–165, 205–214]

Отличительные особенности термодинамической поверхности состояния реальных газов. Основные уравнения состояния реальных газов. Фазовые переходы. Правило фаз Гиббса. Тройная и критические точки. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.

Водяной пар. Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара. Диаграммы водяного пара. Основные термодинамические процессы водяного пара. Расчет процессов изменения состояния реальных газов по таблицам и диаграммам

Термины и понятия: коэффициент сжимаемости, уравнение Ван-дер-Ваальса, правило фаз Гиббса, внутреннее давление, пограничные кривые, степень сухости, насыщенный пар, перегретый пар, степень перегрева, критические параметры, теплота парообразования, степень влажности водяного пара.

5 Термодинамика стационарного потока массы [1, С. 110–122, 123–128], [3, С. 233–257]

Основные уравнения процессов течения. Истечение из суживающихся сопел. Вычисление массового расхода, скорости потока и скорости звука. Критическое отношение давлений. Зависимость скорости потока и расхода газа от отношения давлений при истечении из суживающегося и комбинированного сопел. Переход через скорость звука. Сопло Лаваля. Адиабатные течения с трением. Закон обращения воздействий. Использование комбинированных сопел для получения сверхзвуковых скоростей. Температура адиабатного торможения. Дросселирование газов и паров. Изменение параметров в процессе дросселирования. Дифференциальный дроссельный эффект. Кривая инверсии. Практическое использование процесса дросселирования.

Термины и понятия: работа проталкивания, уравнение Бернулли, суживающееся сопло, диффузор, конфузор, располагаемая работа, критическое отношение давлений, скорость звука, сопло Лаваля, число Маха, температура адиабатного торможения, дросселирование, дифференциальный дроссельный эффект, кривая инверсии.

6. Термодинамика газовых и парогазовых смесей [1, С. 18–19, 101–107], [3, С. 398–409]

Основные Газовые смеси. Способы задания газовой смеси. Смеси идеальных газов. Методика расчета термодинамических свойств смесей идеальных газов. Энтропия смешения. Процессы сжатия в компрессоре.

Парогазовые смеси. Влажный воздух. Абсолютная и относительная влажность. Влагосодержание. Расчет плотности влажного воздуха. Температура точки росы. I-x – диаграмма влажного воздуха для стандартного давления. Термодинамические процессы с влажным воздухом (охлаждение и нагрев, смешение, сушка нагретым воздухом и др.)

Термины и понятия: чистое вещество, раствор, закон Дальтона массовая доля, объемная доля, парциальное давление, кажущаяся молекулярная масса, влажный воздух, влагосодержание, относительная влажность, абсолютная влажность, точка росы, температура мокрого термометра.

7. Тепловой и эксергетический балансы паротурбинной установки. [2, С. 76–92, 35–42], [3, С. 318–335]

Тепловой и эксергетический балансы паротурбинной установки, работающей по циклу Ренкина.

Термины и понятия: эксергия, эксергетические потоки, анергия, эксергетический баланс, диаграмма Сенки, диаграмма Грассмана, внешние потери эксергии, внутренние потери эксергии, эксергия механической работы, эксергия электрической энергии, термомеханическая эксергия, химическая эксергия, эксергия потоков теплоты.

8. Термодинамика газовых и паровых циклов [2, С. 34–75], [3, С. 309–318 336–349]

Циклы паротурбинных установок. Теоретический и действительный циклы ПТУ. Влияние начальных и конечных параметров пара на КПД, удельные расхода пара, тепла и топлива.

Промежуточный перегрев пара и причины его применения. Теоретический и действительный циклы с вторичным перегревом пара.

Термодинамические основы теплофикации. Теплофикационные циклы. Циклы паровых холодильных установок. Эксергетический анализ циклов

Термины и понятия: теплосиловой цикл Карно, цикл Ренкина, цикл Ренкина с перегревом пара, цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара, теплофикационные циклы, циклы паровых холодильных установок, тепловой насос.

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2016/2017 учебный год.

Протокол № 9 заседания кафедры от « 26 » 05 2016 г.

Заведующий кафедрой

Подпись ФИО

(В.П. Кожевников)

Директор института

Подпись ФИО

(А.В. Белоусов)

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

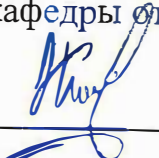
Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 20~~17~~/20¹⁸ учебный год.

Протокол № 9 заседания кафедры от «15» 05 20¹⁸ г.

Заведующий кафедрой

Подпись ФИО


(В.П. Кожевников)

Директор института


(А.В. Белоусов)

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2018/2019 учебный год.

Протокол № 12 заседания кафедры от « 14 » 05 2018 г.

Заведующий кафедрой _____ (В.П. Кожевников)

Подпись ФИО

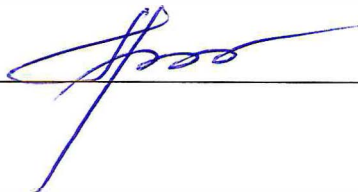
Директор института _____ (А.В. Белоусов)

8. УТВЕРЖДЕНИЕ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Рабочая программа без изменений утверждена на 2019 /20 учебный год.

Протокол № 12 заседания кафедры от «_13_» июня 2019 г.

Зам. заведующего кафедрой  Ю.В. Васильченко

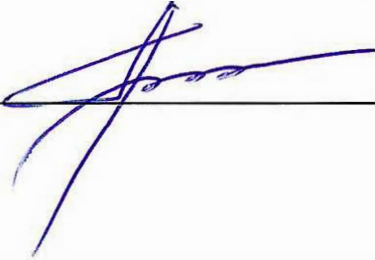
Директор института  А.В. Белоусов

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2020/2021 учебный год.

Протокол № 9 заседания кафедры от «17» июня 20 20 г.

Заведующий кафедрой  Васильченко Ю. В.

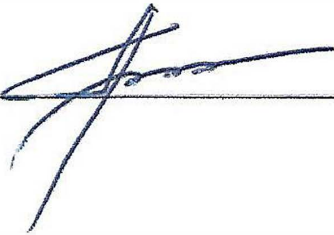
Директор института  Белоусов А.В.

Утверждение рабочей программы без изменений

Рабочая программа без изменений утверждена на 2021/2022 учебный год.

Протокол № 9 заседания кафедры от «28» мая 20 21 г.

Заведующий кафедрой  Васильченко Ю. В.

Директор института  Белоусов А.В.