

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.»

Кафедра «Тепловая и атомная энергетика» имени А.И. Андрющенко

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

по дисциплине

«Б.1.1.15 Техническая термодинамика»

направления подготовки

13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»

Профиль 4 «Энергообеспечение предприятий»

форма обучения – очная

курс – 2

семестр – 3, 4

зачетных единиц – 7 (4,3)

часов в неделю – 4, 3

всего часов – 252 (144, 108)

в том числе:

лекции – 46 (28, 18)

коллоквиумы – 8 (8, 0)

практические занятия – 54 (18, 36)

лабораторные занятия – 18 (18, 0)

самостоятельная работа – 126 (72, 54)

зачет – 3 семестр

экзамен – 4 семестр

РГР – 4 семестр

курсовая работа – нет

курсовой проект – нет

1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины состоит в изучении студентами законов сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты, калорических и переносных свойств веществ применительно к рабочим телам тепловых машин и теплоносителям, термодинамических процессов и циклов преобразования энергии, протекающих в теплотехнических установках.

Основными задачами изучения дисциплины являются: овладение студентами основами термодинамического анализа рабочих процессов в тепловых машинах, определение параметров их работы, тепловой эффективности, проведение термодинамического анализа циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД.

2. Место дисциплины в структуре ООП ВО

Дисциплина «Техническая термодинамика» входит в базовую часть блока 1 цикла подготовки бакалавра по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника».

Логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с другими дисциплинами и частями ООП выражается в следующем.

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: математика (общий курс); физика (общая); химия (общая).

Знания, полученные по освоению дисциплины, необходимы при изучении дисциплин профессионального цикла и при выполнении бакалаврской выпускной квалификационной работы.

3. Требования к результатам освоения дисциплины

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

– способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовность 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 (ОПК-2);

– способность к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата (ПК-4).

Студент должен знать: законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты,

калорические и переносные свойства веществ применительно к рабочим телам тепловых машин и теплоносителям, термодинамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в теплотехнических установках.

Студент должен уметь: проводить термодинамический анализ циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД.

Студент должен владеть: основами термодинамического анализа рабочих процессов в тепловых машинах, определения параметров их работы, тепловой эффективности.

4. Распределение трудоемкости (час.) дисциплины по темам и видам занятий

№ Модуля	№ Недели	№ Темы	Наименование темы	Часы/ Из них в интерактивной форме					
				Всего	Лек-ции	Коллок-виумы	Лабораторные	Практические	СРС
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3 семестр									
1	1-3	1	Основные понятия и определения. Основные законы термодинамики	14	4	2	–	4	4
	4,5	2	Идеальный газ. Смесь идеальных газов. Термодинамические процессы идеальных газов	20	4	–	–	4	12
	6,7	3	Термодинамические функции. Дифференциальные уравнения термодинамики.	10	4	–	–	–	6
	8	4	Эксергия	8	2	–	–	2	4
2	9-11	5	Термодинамические свойства реальных газов и паров. Основные термодинамические процессы реальных газов и паров	40	4	2	10	4	20
	12	6	Влажный воздух	16	2	–	4	2	8
	13-15	7	Процессы смешения газов и паров. Истечение и дросселирование газов и	24	4	2	4	2	12

			паров						
	16-18	8	Основы химической термодинамики. Основы термодинамики горения топлив	12	4	2	–	–	6
Всего в 3 семестре				144	28	8	18	18	72
4 семестр									
1	1,2	1	Понятие термодинамического цикла. Показатели эффективности прямых циклов	8	2	–	–	–	6
	3-6	2	Циклы и схемы ПТУ. Пути повышения эффективности циклов ПТУ	28	4	–	–	12	12
	7,8	3	Циклы и схемы ГТУ	12	2	–	–	4	6
2	9, 10	4	Циклы и схемы комбинированных ТЭУ	12	2	–	–	4	6
	11, 12	5	Циклы и схемы АЭС	12	2	–	–	4	6
	13, 14	6	Циклы поршневых ДВС	12	2	–	–	4	6
	15-18	7	Обратные циклы ТЭУ. Показатели эффективности обратных циклов. Циклы и схемы ХМ и ТНУ	24	4	–	–	8	12
Всего в 4 семестре				108	18	0	0	36	54
Всего				252	46	8	18	54	126

5. Содержание лекционного курса

№ темы	Всего часов	№ лекции	Тема лекции. Вопросы, обрабатываемые на лекции	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
3 семестр				
1	6	1	Основные понятия и определения технической термодинамики. Основные параметры состояния. Термодинамический процесс. Термодинамическая система. Теплота и работа. Теплоемкость.	15.1; 15.2; 15.6; 15.9, 15.10
		2	Виды энергии. Работа расширения и техническая работа. Первый закон термодинамики. Уравнения первого закона термодинамики для идеальных и реальных процессов.	15.1; 15.2; 15.6; 15.9, 15.10
		3	Второй закон термодинамики. Обратимые и необратимые процессы. Энтропия. Объединенное уравнение первого и второго закона термодинамики. Ts – диаграмма.	15.1; 15.2; 15.6; 15.9, 15.10
2	4	4	Термодинамические свойства идеальных газов.	15.1; 15.2; 15.6;

			Уравнения состояния идеальных газов. Смеси идеальных газов. Закон Дальтона.	15.9, 15.10
		5	Основные термодинамические процессы идеальных газов. Их расчет и графическое представление в $p-v$ и T_s – диаграммах.	15.1; 15.2; 15.6; 15.9, 15.10
3	4	6	Термодинамические функции. Удельный термодинамический потенциал. Закон Нернста–Планка. Дифференциальные уравнения термодинамики. Уравнения Максвелла.	15.1; 15.2; 15.6; 15.9, 15.10, 15.13
		7	Дифференциальные уравнения 1 закона термодинамики. Частные производные калорических величин.	15.1; 15.2; 15.6; 15.9, 15.10, 15.13
4	2	8	Эксергия и ее виды. Эксергетические потенциалы. Потери эксергии. Эксергетический баланс и эксергетические показатели. Графическое изображение эксергии и ее потерь в T_s – диаграмме.	15.1; 15.2; 15.6; 15.9, 15.10, 15.14
5	6	9	Термодинамические свойства реальных газов. Уравнения состояния реальных газов. Ван-дер-Ваальский газ.	15.1; 15.2; 15.6; 15.9, 15.10
		10	Термодинамические свойства паров и жидкостей. Фазовые переходы. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса. Таблицы термодинамических свойств воды и водяного пара. Диаграммы воды и водяного пара – T_s , h_s .	15.1; 15.2; 15.4; 15.5; 15.6; 15.9, 15.10; 15.12
		11	Термодинамические процессы реальных газов и паров. Их расчет и графическое представление в T_s и h_s – диаграммах.	15.1; 15.2; 15.4; 15.5; 15.6; 15.9, 15.10; 15.12
6	2	12	Влажный воздух. Основные определения. Расчет параметров влажного воздуха. h_d – диаграмма влажного воздуха и расчет основных процессов во влажном воздухе.	15.1; 15.2; 15.6; 15.9, 15.10
7	6	13	Процессы смешения газов и паров: смешение в заданном объеме; смешение путем наполнения объема; смешение в потоке. Расчет температуры и приращения энтропии для различных способов смешения.	15.1; 15.2; 15.6; 15.9, 15.10
		14	Общие уравнения истечения газов и паров. Сопло и диффузор. Расчет скорости истечения. Температура адиабатного торможения. Истечение идеального газа. Расчет критических параметров истечения. Уравнения профиля канала. Общие условия перехода к сверхзвуковой скорости. Истечение реальных газов и паров.	15.1; 15.2; 15.6; 15.9, 15.10
		15	Дросселирование газов и паров. Сущность процесса. Эффект Джоуля-Томсона. Особенности дросселирования жидкостей. Расчет процесса дросселирования водяного пара по h_s – диаграмме.	15.1; 15.2; 15.6; 15.9, 15.10
8	6	16	Термохимические процессы. Основные законы. Классификация химических реакций. Законы Гесса и Кирхгофа. Теплота и работа реакций.	15.1; 15.2; 15.6; 15.9, 15.10
		17	Направление и скорость реакции. Константы	15.1; 15.2; 15.6;

			равновесия. Диссоциация. Химический потенциал и химическое сродство.	15.8; 15.9, 15.10
		18	Основы термодинамики горения топлив. Реакции горения топлив. Расчет эксергии топлива.	15.1; 15.2; 15.6; 15.8; 15.9, 15.10
4 семестр				
1	2	1	Понятие термодинамического цикла. Прямые и обратные циклы. Обратимые и необратимые циклы. Идеальные, теоретические и реальные циклы. Эквивалентный цикл Карно. Показатели термодинамической эффективности прямых одноцелевых и теплофикационных циклов.	15.1; 15.2; 15.7; 15.9, 15.10
2	4	2	Циклы паровых ТЭУ. Типы ПТУ. Термодинамические основы теплофикации. Особенности теплофикационных ПТУ.	15.1; 15.2; 15.7; 15.9, 15.10
		3	Пути повышения эффективности циклов ПТУ. Способы карнотизации. Регенеративные циклы ПТУ. Промежуточный перегрев пара в циклах ПТУ.	15.1; 15.2; 15.7; 15.9, 15.10
3	2	4	Циклы и схемы ГТУ. Способы повышения эффективности циклов ГТУ. Регенерация в циклах ГТУ. Работа сжатия в компрессоре и пути ее уменьшения.	15.1; 15.2; 15.7; 15.9, 15.10
4	2	5	Комбинированные циклы ТЭУ. Общие принципы и задачи комбинирования циклов ТЭУ. Циклы парогазовых установок (ПГУ со смешением рабочих тел, ПГУ с КУ).	15.1; 15.2; 15.7; 15.9, 15.10
5	2	6	Циклы и схемы атомных электростанций. Особенности циклов АЭС и их показатели эффективности. Циклы и схемы АЭС с ВВЭР, БН.	15.1; 15.7; 15.9, 15.10
6	2	7	Теоретические циклы поршневых ДВС. Расчет показателей циклов ДВС. Сравнение циклов ДВС.	15.1; 15.7; 15.9, 15.10
7	4	8	Разновидности обратных термодинамических циклов. Показатели эффективности цикла термотрансформаторов. Циклы и схемы газовых ХМ и ТНУ.	15.1; 15.7; 15.9, 15.10
		9	Циклы и схемы пароконденсаторных ХМ и ТНУ. Абсорбционные ХМ.	15.1; 15.7; 15.9, 15.10

6. Содержание коллоквиумов

№ темы	Всего часов	№ коллоквиума	Тема коллоквиума. Вопросы, отрабатываемые на коллоквиуме	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
3 семестр				
1	2	1	Основные понятия и определения технической термодинамики. Основные параметры состояния. Термодинамические процесс. Термодинамическая система. Теплота и работа.	15.1; 15.2; 15.6; 15.8; 15.9, 15.10
5	2	2	Термодинамические свойства реальных газов и	15.1; 15.2; 15.6;

			паров. Уравнения состояния реальных газов и паров.	15.9, 15.10; 15.15; 15.19; 15.20; 15.21
7	2	3	Процессы смешения газов и паров. Расчет температуры и приращения энтропии для различных способов смешения.	15.1; 15.2; 15.6; 15.9, 15.10; 15.15; 15.19; 15.20; 15.21
8	2	4	Основы химической термодинамики. Термохимические процессы. Теплота и работа реакций.	15.1; 15.2; 15.6; 15.9, 15.10; 15.15; 15.19; 15.20; 15.21

7. Перечень практических занятий

№ темы	Всего часов	№ занятия	Тема практического занятия. Задания, вопросы, отрабатываемые на практическом занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4	5
3 семестр				
1	4	1	Основные параметры состояния. Теплоемкость.	15.3
		2	Первый и второй законы термодинамики.	15.3
2	4	3	Свойства идеальных газов. Смесь идеальных газов.	15.3
		4	Термодинамические процессы идеальных газов.	15.3
4	2	5	Эксергия. Эксергетические показатели.	15.3; 15.14
5	4	6	Свойства реальных газов, паров и жидкостей. Водяной пар.	15.3; 15.4; 15,5; 15.12
		7	Термодинамические процессы водяного пара и воды.	15.3; 15.4; 15,5; 15.12
6	2	8	Влажный воздух.	15.3
7	2	9	Процессы смешения газов. Истечение газов и паров. Дросселирование.	15.3
4 семестр				
2	12	1	Процессы в основных элементах ПТУ.	15.3; 15.4; 15,5
		2	Паротурбинные установки. Расчет цикла Ренкина .	15.3; 15.4; 15,5
		3	Влияние начальных и конечных параметров цикла Ренкина на его эффективность.	15.3; 15.4; 15,5
		4	Регенеративные циклы ПТУ.	15.3; 15.4; 15,5
		5	Промежуточный перегрев пара в ПТУ.	15.3; 15.4; 15,5
		6	Теплофикационные ПТУ.	15.3; 15.4; 15,5
3	4	7	Газотурбинные установки. Расчет цикла Брайтона.	15.3; 15.12
		8	Регенеративные циклы ГТУ. Сложные циклы ГТУ.	15.3; 15.12
4	4	9	Парогазовые установки. Циклы ПГУ с ВПГ.	15.3; 15.4; 15,5; 15.12
		10	Парогазовые установки. Циклы ПГУ с КУ.	15.3; 15.4; 15,5; 15.12
5	4	11	Атомные электрические станции. Циклы АЭС с ВВЭР.	15.3; 15.4; 15,5
		12	Циклы АЭС с РБМК и ВТГР.	15.3; 15.4; 15,5
6	4	13	Поршневые ДВС. Расчет показателей циклов ДВС.	15.3; 15.12

		14	Сравнение циклов ДВС.	15.3; 15.12
7	8	15	Газовые холодильные машины и ТНУ.	15.3
		16	Парокомпрессорные холодильные машины.	15.3
		17	Парокомпрессорные теплонасосные установки.	15.3
		18	Абсорбционные холодильные машины.	15.3

8. Перечень лабораторных работ

№ темы	Всего часов	Наименование лабораторной работы. Задания, вопросы, отрабатываемые на лабораторном занятии	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
3 семестр			
5	4	Определение изобарной теплоемкости воздуха при атмосферном давлении.	15.17; 15.11
	6	Определение теплоты парообразования водяного пара методом конденсации.	15.17; 15.11; 15.4
6	4	Определение параметров влажного воздуха.	15.17; 15.11; 15.4
7	4	Исследование процесса адиабатного истечения водяного пара через суживающееся сопло.	15.17; 15.11; 15.4

9. Задания для самостоятельной работы студентов

№ темы	Всего Часов	Задания, вопросы, для самостоятельного изучения (задания)	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
3 семестр			
1	4	Обзор развития технической термодинамики.	15.1; 15.2; 15.6; 15.9, 15.10
2	12	Расчет основных термодинамических процессов с идеальными газами.	15.1; 15.2; 15.6; 15.9, 15.10
3	6	Дифференциальные уравнения термодинамики. Частные производные теплоемкостей реальных газов.	15.1; 15.2; 15.6; 15.9, 15.10, 15.13
4	4	Эксергетические диаграммы. Графическое изображение эксергии и ее потерь.	15.1; 15.2; 15.6; 15.9, 15.10, 15.14
5	20	Термодинамическое подобие. Таблицы термодинамических свойств реальных газов и паров. Особенности расчета смесей реальных газов и паров. Расчет основных термодинамических процессов с реальными газами и парами с помощью диаграмм и таблиц.	15.1; 15.2; 15.4; 15.5; 15.6; 15.9, 15.10; 15.12
6	8	Расчет основных процессов с влажным воздухом в установках систем вентиляции и кондиционирования, компрессорных установках.	15.1; 15.2; 15.6; 15.9, 15.10
7	12	Особые случаи течения газов и паров. Течение в длинных трубах. Линии Фанно и Релея. Вихревая трубка Ранка.	15.1; 15.2; 15.6; 15.9, 15.10
8	6	Термодинамический анализ процесса горения. Расчет температуры горения. Эксергетический КПД процесса.	15.1; 15.2; 15.6; 15.8; 15.9, 15.10

4 семестр			
1	6	Анализ показателей термодинамической эффективности циклов.	15.1; 15.2; 15.7; 15.8; 15.9, 15.10
2	12	Паротурбинные установки. Расчет регенеративных циклов ПТУ с подогревателями различных типов. Расчет циклов ПТУ с промежуточным перегревом пара.	15.1; 15.2; 15.7; 15.9, 15.10
3	6	Сложные циклы ГТУ. Циклы ГТУ работающие по «замкнутому процессу».	15.1; 15.2; 15.7; 15.9, 15.10
4	6	Теплофикационные парогазовые установки. Циклы паропаровых установок.	15.1; 15.2; 15.7; 15.9, 15.10
5	6	Комбинированные циклы АЭС. Циклы и схемы атомных ПТУ и атомных ТЭЦ.	15.1; 15.7; 15.9, 15.10
6	6	Комбинированные установки на базе ДВС. Цикл Стирлинга (цикл двигателя внешнего сгорания).	15.1; 15.7; 15.9, 15.10
7	12	Установки по сжижению и замораживанию газов.	15.1; 15.7; 15.9, 15.10

10. Расчетно-графическая работа

№ темы	Всего Часов	Темы, задания для расчетно-графической работы	Учебно-методическое обеспечение
1	2	3	4
4 семестр			
2	10	Рассчитать цикл паротурбинной установки (ПТУ) без регенерации при заданных параметрах. Определить термический, абсолютный внутренний КПД цикла, а также эффективный и электрический КПД всей установки без регенерации. Рассчитать цикл ПТУ с регенерацией (по заданной схеме). Определить термический, внутренний, эффективный и электрический КПД установки с регенерацией. Полученные значения для установок с регенерацией и без регенерации сравнить и сделать выводы. С соблюдением масштаба выполнить построение цикла ПТУ (цикла Ренкина) в T_s – диаграмме и процесса расширения пара в турбине в h_s – диаграмме.	15.16; 15.4; 15.5; 15.15; 15.19; 15.20; 15.21
3	10	Рассчитать цикл газотурбинной установки (ГТУ), работающей по циклу Брайтона с подводом теплоты при постоянном давлении без регенерации, при заданных параметрах. Определить термический и абсолютный внутренний КПД цикла. Построить графические зависимости характеристик цикла и КПД от степени повышения давления. Из полученных графиков оценить оптимальные степени повышения давления из условия максимального абсолютного внутреннего КПД и максимальной удельной работы цикла. С соблюдением масштаба выполнить построение цикла ГТУ (цикла Брайтона) в p_v – и T_s – диаграммах при оптимальной степени повышения давления по КПД.	15.16; 15.4; 15.5; 15.15; 15.19; 15.20; 15.21
4	10	Рассчитать цикл парогазовой установки (ПГУ) бинарного	15.16; 15.4; 15.5;

	типа при заданных параметрах. Определить термический и абсолютный внутренний КПД ПГУ, а также отдельно циклов ГТУ и ПТУ. С соблюдением масштаба выполнить построение цикла ПГУ в Ts – диаграмме.	15.15; 15.19; 15.20; 15.21
--	--	-------------------------------

11. Курсовая работа

Не предусмотрена учебным планом.

12. Курсовой проект

Не предусмотрен учебным планом.

13. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

В процессе освоения образовательной программы у обучающегося в ходе изучения дисциплины Б.1.1.15 «Техническая термодинамика» должны сформироваться профессиональные компетенции ОПК-2, ПК-4.

Под компетенцией **ОПК-2** понимается способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовность 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.

Под компетенцией **ПК-4** понимается способность к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата.

Для формирования данных компетенций необходимы базовые знания, фундаментальных разделов математики, физики, химии.

Карта компетенций дисциплины Б.1.1.15 «Техническая термодинамика»					
Компетенции		Перечень компонентов	Технологии формирования	Форма оценочного средства	Ступени уровней освоения компетенции
Индекс	Формулировка				
ОПК-2	способность демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин, готовность выявлять	Знать: законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты;	Лекции, Лабораторные занятия, Практические занятия, Расчетно-графичес	Устный ответ, Тесты, Зачет, Экзамен	Пороговый (удовлетворительный) Знает: основные законы термодинамики; термодинамические свойства веществ; термодинамические процессы; основные термодинамические

	<p>естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности; применять для их разрешения основные законы естествознания, методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования</p>	<p>термодинамические свойства веществ применительно к рабочим телам тепловых машин и теплоносителям; термодинамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в теплотехнических установках. Уметь: проводить термодинамический анализ циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД. Владеть: основами термодинамического анализа рабочих процессов в тепловых машинах, определения параметров их работы, тепловой эффективности.</p>	<p>кая работа, Самостоятельная работа</p>	<p>циклы и принципы работы ТЭУ. Умеет: проводить расчеты различных термодинамических процессов с различными веществами; рассчитать термодинамические циклы ТЭУ и определить их эффективность. Владеет: основами термодинамических расчетов процессов с применением различных веществ; основами расчета термодинамических циклов ТЭУ и определением их термодинамической эффективности.</p> <p style="text-align: center;">Продвинутый (хорошо)</p> <p>Знает: математический аппарат дифференциальных уравнений термодинамики; понятие эксергии и эксергетического метода; показатели термодинамической эффективности одноцелевых и многоцелевых циклов ТЭУ. Умеет: применять математический аппарат дифференциальных уравнений термодинамики; рассчитывать показатели термодинамической эффективности одноцелевых и многоцелевых циклов ТЭУ. Владеет:</p>
--	--	--	---	--

				<p>основами применения математического аппарата дифференциальных уравнений термодинамики с целью анализа эффективности термодинамических процессов и циклов ТЭУ; методикой расчета показателей термодинамической эффективности одноцелевых и многоцелевых циклов ТЭУ.</p> <p style="text-align: center;">Высокий (отлично)</p> <p>Знает: законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты; термодинамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в теплотехнических установках; методы анализа эффективности различных ТЭУ и методики оптимизации их рабочих характеристик с целью повышения их эффективности.</p> <p>Умеет: проводить термодинамический анализ циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и максимизации КПД.</p> <p>Владеет: основами термодинамического анализа рабочих процессов в тепловых машинах, определения</p>
--	--	--	--	---

					параметров их работы, тепловой эффективности.
ПК-4	способность к проведению экспериментов по заданной методике, обработке и анализу полученных результатов с привлечением соответствующего математического аппарата	<p>Знать: методы экспериментального определения термодинамических свойств веществ; методы математического анализа и обработки результатов экспериментов.</p> <p>Уметь: проводить эксперименты по заданной методике; анализировать результаты экспериментов с привлечением соответствующего математического аппарата.</p> <p>Владеть: методами экспериментального определения термодинамических свойств веществ; методами математического анализа и обработки результатов экспериментов.</p>	Лекции Лабораторные занятия, Самостоятельная работа	Устный ответ, Зачет	<p>Пороговый (удовлетворительный) Знает: термодинамические свойства веществ; термодинамические процессы с реальными веществами. Умеет: определять термодинамические свойства веществ; рассчитывать термодинамические процессы с реальными веществами. Владеет: методами расчета термодинамических свойств веществ; методами расчета термодинамических процессов с реальными веществами.</p> <p>Продвинутый (хорошо) Знает: основы математического аппарата для анализа данных эксперимента; методики проведения экспериментов. Умеет: применять основы математического аппарата для анализа экспериментальных данных; применять методики проведения экспериментов и обработки данных. Владеет: основами математического аппарата для анализа экспериментальных данных; методиками проведения экспериментов и</p>

					<p>обработки данных.</p> <p>Высокий (отлично)</p> <p>Знает: методы экспериментального определения термодинамических свойств веществ; методы математического анализа и обработки результатов экспериментов.</p> <p>Умеет: проводить эксперименты по заданной методике; анализировать результаты экспериментов с привлечением соответствующего математического аппарата.</p> <p>Владеет: методами экспериментального определения термодинамических свойств веществ; методами математического анализа и обработки результатов экспериментов.</p>
--	--	--	--	--	--

Для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины Б.1.1.15 «Техническая термодинамика», проводятся промежуточные аттестации в виде модулей.

Вопросы для зачета

3 семестр

1. Предмет и основные определения технической термодинамики.
2. Термодинамическая система. Основные параметры состояния.
3. Виды энергии и их особенности.
4. Работа расширения и техническая работа. Графическое и аналитическое определение.
5. Первый закон термодинамики. Равновесные и неравновесные процессы. Единое дифференциальное уравнение 1 закона термодинамики.
6. Теплоемкость. Классификации теплоемкости. Факторы, влияющие на теплоемкость.

7. Второй закон термодинамики. Обратимые и необратимые процессы.
8. Энтропия. Расчет изменения энтропии для идеальных и реальных веществ.
9. Объединенное уравнение первого и второго законов термодинамики.
10. Идеальные газы. Уравнения состояния идеальных газов. Внутренняя энергия, энтальпия и теплоемкости идеальных газов.
11. Смеси идеальных газов. Закон Дальтона. Определение состава смеси.
12. Расчет основных параметров смеси идеальных газов (T , p , u , h , s). Энтропия смешения.
13. Изохорный термодинамический процесс идеальных газов.
14. Изобарный термодинамический процесс идеальных газов.
15. Изотермный термодинамический процесс идеальных газов.
16. Адиабатный термодинамический процесс идеальных газов.
17. Политропный термодинамический процесс идеальных газов.
18. Термодинамические функции. Удельный термодинамический потенциал. Закон Нернста-Планка.
19. Дифференциальные уравнения термодинамики. Уравнения Максвелла.
20. Дифференциальные уравнения 1 закона термодинамики.
21. Частные производные калорических величин.
22. Дифференциальные уравнения теплоемкостей реальных газов.
23. Эксергия, ее виды. Эксергетические потенциалы. Потери эксергии.
24. Эксергетический баланс и эксергетические показатели.
25. Графическое изображение эксергии и ее потерь в Ts – диаграмме.
26. Термодинамические свойства реальных газов. Уравнения состояния реальных газов. Коэффициент сжимаемости. Линия и температура Бойля.
27. Ван-дер-Ваальский газ. p_v – диаграмма Ван-дер-Ваальского газа.
28. Термодинамические свойства паров и жидкостей. p_v и Ts – диаграммы.
29. Фазовые переходы. Условия равновесия фаз. Уравнение Клапейрона-Клаузиуса.
30. Сухой насыщенный, влажный и перегретый пар. Параметры влажного пара.
31. Изобарный термодинамический процесс реальных газов и паров.
32. Изохорный термодинамический процесс реальных газов и паров.
33. Изотермный термодинамический процесс реальных газов и паров.
34. Адиабатный термодинамический процесс расширения реальных газов и паров.
35. Адиабатный термодинамический процесс сжатия реальных газов и паров.
36. Влажный воздух. Основные понятия и определения.
37. Закон Дальтона для влажного воздуха. Расчет параметров влажного воздуха.
38. h_d – диаграмма влажного воздуха. Процессы нагрева и охлаждения влажного воздуха. Процесс сушки.
39. Смешение газов и паров в заданном объеме.
40. Смешение газов путем наполнения объема одного газа потоком другого.
41. Смешение газов и паров в потоке. Эжектор.
42. Общие уравнения истечения газов и паров. Сопло и диффузор. Число Маха.
43. Расчет скорости потока на выходе из сопла. Температура адиабатного торможения.
44. Адиабатное истечение идеального газа. Максимальный расход газа и его критическая скорость.
45. Уравнения профиля канала. Сопло Лавалья.
46. Истечение реальных газов и паров.
47. Особые случаи течения газов и паров. Течение в длинных трубах. Линии Фанно и Релея. Вихревая трубка Ранка.
48. Дросселирование газов и паров. Сущность процесса. Изображение процесса дросселирования в h_s –диаграмме.
49. Эффект Джоуля-Томсона. Коэффициент адиабатного дросселирования. Температура инверсии. Кривая инверсии.

50. Особенности дросселирования жидкостей. Расчет процесса дросселирования водяного пара по h_s – диаграмме.
51. Термохимические процессы. Основные определения. Работа и теплота реакции.
52. Законы Гесса и Кирхгофа. Уравнение максимальной работы.
53. Условия химического равновесия. Направление и скорость реакций. Константы равновесия.
54. Диссоциация. Химический потенциал и химическое сродство.
55. Основы термодинамики горения топлив. Реакции горения топлив. Расчет эксергии топлива.
56. Термодинамический анализ процесса горения. Расчет температуры горения. Эксергетический КПД процесса.

Вопросы для экзамена

4 семестр

1. Понятие термодинамического цикла. Прямые и обратные циклы. Обратимые и необратимые циклы.
2. Классификация термодинамических циклов. Идеальные, теоретические и реальные циклы. Показатели их эффективности.
3. Среднетермодинамическая температура. Эквивалентный цикл Карно.
4. Показатели термодинамической эффективности одноцелевых циклов и установок и взаимосвязь между ними.
5. Показатели термодинамической эффективности теплофикационных циклов и установок.
6. Типы паротурбинных установок. Цикл Ренкина.
7. Конденсационные и теплофикационные ПТУ. Термодинамический эффект от теплофикации.
8. Пути повышения эффективности циклов ПТУ конденсационного типа. Способы карнотизации циклов.
9. Влияние начальных и конечных параметров цикла Ренкина на его эффективность.
10. Регенеративные циклы ПТУ. Оптимальная и предельная температуры регенеративного подогрева питательной воды.
11. Циклы с промежуточным перегревом пара. Оптимальное давление промежуточного перегрева пара.
12. Особенности циклов теплофикационных ПТУ (ТЭЦ).
13. Простейший цикл и схема ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении (цикл Брайтона). Оптимальная степень повышения давления.
14. Простейший регенеративный цикл ГТУ. Степень регенерации.
15. Работа сжатия в компрессоре ГТУ и пути ее уменьшения. Многоступенчатое сжатие.
16. Сложные циклы ГТУ.
17. Циклы ГТУ работающие по «замкнутому процессу».
18. Общие принципы комбинирования циклов. Бинарные и составные циклы.
19. Парогазовая установка с впрыском в ГТУ пара (со смешением рабочих тел).
20. Парогазовая установка со сбросом отработавших газов ГТУ в котел-утилизатор.
21. Парогазовая установка с высоконапорным парогенератором.
22. Теплофикационные парогазовые установки.
23. Циклы паропаровых установок.
24. Особенности выбора циклов АЭС. Особенности атомных реакторов. Критерии оценки совершенства АЭС.
25. Схема и цикл АЭС с реакторами типа ВВЭР.
26. Схема и цикл АЭС с реакторами типа РБМК.

27. Схема и цикл АЭС с реакторами типа БН.
28. Схема и цикл АЭС с реакторами типа ВТГР.
29. Комбинированные циклы АЭС. Циклы и схемы атомных ПТУ и атомных ТЭЦ.
30. Циклы поршневых ДВС. Двигатель Отто. Показатели цикла.
31. Циклы поршневых ДВС. Двигатель Дизеля. Показатели цикла.
32. Циклы поршневых ДВС. Двигатель Тринклера. Показатели цикла.
33. Сравнение циклов ДВС. Комбинированные установки на базе ДВС.
34. Цикл Стирлинга (цикл двигателя внешнего сгорания).
35. Общие принципы трансформации теплоты. Разновидности обратных термодинамических циклов. Показатели эффективности.
36. Схемы и циклы газовых (воздушных) холодильных машин и тепловых насосов.
37. Схемы и циклы парокompрессорных холодильных машин и тепловых насосов.
38. Принцип работы, схема и цикл абсорбционной холодильной установки.
39. Установки по сжижению и замораживанию газов.

Тестовые задания по дисциплине

3 семестр

1. В конденсаторе паровой турбины поддерживается абсолютное давление 4 кПа. Каково показание вакуумметра, если показания барометра составляют 0,1 МПа?
 - 1) 104 кПа;
 - 2) 400 кПа;
 - 3) 401 кПа;
 - 4) 96 кПа.
2. В паросборнике находится водяной пар в количестве 300 кг. Определите объем паросборника, если удельный объем пара 20,2 см³/г:
 - 1) 6060 м³;
 - 2) 6,06 м³;
 - 3) 14,85 м³;
 - 4) 0,067 м³.
3. Соотношение между изобарной и изохорной теплоемкостями имеет вид:
 - 1) $c_p + R = c_v$;
 - 2) $c_p + c_v = R$;
 - 3) $c_p / c_v = R$;
 - 4) $c_p - R = c_v$.
4. По изменению какой из приведенных ниже величин можно судить о том, подводится теплота к рабочему телу или отводится от него?
 - 1) энтальпия;
 - 2) температура;
 - 3) энтропия;
 - 4) удельный объем.
5. При течении газа (или жидкости) в условиях сплошного потока, каждый кг вещества переносит на себе дополнительную энергию проталкивания, определяемую по формуле:
 - 1) $p v$;
 - 2) $p dv$;
 - 3) $-v dp$;
 - 4) $w^2/2$.
6. Техническая работа определяется по формуле:
 - 1) $dl_{\text{тех}} = p v$;
 - 2) $dl_{\text{тех}} = -p dv$;
 - 3) $dl_{\text{тех}} = -v dp$;
 - 4) $dl_{\text{тех}} = v dp$.
7. 1,5 л воды нагреваются электрическим кипятильником мощностью 300 Вт. За какое время вода нагреется до кипения, если начальная температура воды равна 20 °С, а теплообмен с окружающей средой отсутствует? Теплоемкость воды $c_p = 4,187$ кДж/(кг·К):
 - 1) 6 мин 52 сек;
 - 2) 10 мин 00 сек;
 - 3) 17 мин 12 сек;
 - 4) 27 мин 55 сек.
8. Какое из приведенных ниже соотношений наиболее точно определяет содержание второго начала термодинамики (dq – теплота, подведенная или отведенная от внешнего источника):
 - 1) $ds = dq/T$;
 - 2) $ds \geq dq/T$;
 - 3) $ds \leq dq/T$;
 - 4) $ds > dq/T$.

9. Определить изменение энтропии в процессе испарения 1 кг воды при температуре, равной 100 °С, если известно, что теплота парообразования $r = 2257$ кДж/кг:
1) 6,05 кДж/(кг·К); 2) 22,57 кДж/(кг·К); 3) 0,044 кДж/(кг·К); 4) 0,165 кДж/(кг·К).

10. Каким способом можно достичь абсолютный нуль температур?

- 1) путем охлаждения тела; 2) путем совершения работы;
3) абсолютный нуль недостижим; 4) охладить, применяя вечный двигатель 3 рода.

11. Какое из приведенных ниже соотношений является правильным (U – внутренняя энергия; F – свободная энергия)?

- 1) $F = U - T \cdot S$; 2) $F = U + T \cdot S$; 3) $F = \Delta U + T \cdot \Delta S$; 4) $F = \Delta U - T \cdot \Delta S$

12. Определить эксергию гелия в баллоне объемом 50 л. Давление гелия 10,0 МПа, температура 20 °С. Параметры окружающей среды: $p_0 = 0,1$ МПа, $t_0 = 20$ °С. Молекулярная масса гелия 4 кг/кмоль. Считать гелий идеальным газом.

Ответ записать самостоятельно

13. Какие из приведенных ниже выражений для dz являются полными дифференциалами?

- 1) $dz = Tds$; 2) $dz = -pdv$; 3) $dz = c_v dT - pdv$; 4) $dz = c_p dT + vdp$.

14. Некоторая масса идеального газа нагревается изохорно от температуры 27°С до температуры 127°С. Давление газа при этом возросло на 0,04 МПа. Первоначальное давление газа равно:

- 1) 0,08 МПа; 2) 0,12 МПа; 3) 2,04 МПа; 4) 0,04 МПа.

15. Найдите расстояние по горизонтали Δs между изохорами $v_1 = \text{const}$ и $v_2 = \text{const}$ в Ts -диаграмме идеального газа.

- 1) $\Delta s = c_v \ln(v_1/v_2)$; 2) $\Delta s = c_v \ln(v_2/v_1)$; 3) $\Delta s = R \ln(v_2/v_1)$; 4) $\Delta s = c_p \ln(T_2/T_1)$.

16. Объемная доля кислорода в воздухе 21 %. Найти массовую долю (%) в нем азота (считать, что воздух состоит из кислорода и азота).

- 1) 83; 2) 79; 3) 77; 4) 81.

17. Определить изменение эксергии воздушного потока при дросселировании, если давление воздуха понижается от $p_1 = 1,0$ МПа до $p_2 = 0,7$ МПа. Начальная температура $t_1 = 120$ °С, температура среды $t_0 = 20$ °С. Воздух считать идеальным газом.

- 1) $\Delta e_x = 0$ кДж/кг; 2) $\Delta e_x = 120$ кДж/кг; 3) $\Delta e_x = 30,0$ кДж/кг.

18. Тепловой эффект реакции $C + \frac{1}{2}O_2 \rightleftharpoons CO$, протекающей при постоянном давлении и температуре $t = 25$ °С равен $Q_p = 110599$ кДж/кмоль. Тепловой эффект этой реакции при той же температуре и постоянном объеме Q_v равен:

- 1) 221198 кДж/кмоль; 2) 165899 кДж/кмоль; 3) 111838 кДж/кмоль.

4 семестр

1. Цикл Карно является идеальным

- 1) при наличии хотя бы одного источника теплоты постоянной температуры;
2) при наличии двух источников теплоты постоянной температуры;
3) при наличии трех источников теплоты различных температур;
4) при наличии источников теплоты переменных температур.

2. Внутренний КПД термодинамического цикла, совершаемого рабочим телом, составляет 17%. Какое количество теплоты при этом передается холодному источнику, если горячий источник передает рабочему телу 1,0 кДж теплоты?

- 1) 170 Дж; 2) 230 Дж; 3) 470 Дж; 4) 830 Дж.

3. Определить эффективный КПД цикла и электрический КПД нетто конденсационной электрической станции, если известны абсолютный внутренний КПД цикла $\eta_i=0,48$, коэффициент использования располагаемой теплоты топлива $\eta_q=0,90$, механический КПД генератора $\eta_{мг}=0,98$ и КПД собственных нужд $\eta_{сн}=0,85$.

- 1) $\eta_e=0,41$; $\eta_{э}^{нт}=0,32$; 2) $\eta_e=0,43$; $\eta_{э}^{нт}=0,36$;
3) $\eta_e=0,47$; $\eta_{э}^{нт}=0,42$; 4) $\eta_e=0,48$; $\eta_{э}^{нт}=0,43$;

4. Какие процессы образуют термодинамический цикл Ренкина (паротурбинной установки)

- 1) две изотермы и две адиабаты; 2) две изобары и две адиабаты;
3) две изобары и две изотермы; 4) одна изобара, две адиабаты и одна изотерма.

5. Какие методы повышения эффективности паротурбинных установок применяются в настоящее время

- 1) понижение начальных параметров пара перед турбиной;
2) применение регенеративного подогрева пара перед турбиной;
3) применение промежуточного перегрева пара;
4) применение многоступенчатого сжатия воды в насосе.

6. Для каких целей применяют регенерацию в циклах ПТУ

- 1) для увеличения работы расширения; 2) для увеличения КПД цикла;
3) для уменьшения работы сжатия; 4) для увеличения подводимой в цикле теплоты.

7. В чем заключается главный термодинамический эффект от теплофикации

- 1) ликвидируются термодинамически несовершенные процессы использования топлива в заменяемых котельных;
2) улучшаются процессы выработки электроэнергии на ТЭЦ;
3) снижается общий расход топлива на ТЭЦ за счет комбинированного производства электрической и тепловой энергий;
4) увеличивается электрический КПД «нетто» ТЭЦ.

8. Какие процессы образуют термодинамический цикл Брайтона (газотурбинной установки постоянного горения)

- 1) одна изобара, одна адиабата и две изотермы; 2) две изохоры и две адиабаты;
3) две изобары и две адиабаты; 4) одна изобара, две адиабаты и одна изотерма.

9. При каком процессе сжатия работа, затрачиваемая на привод компрессора, будет иметь наименьшее значение?

- 1) при адиабатном сжатии с трением; 2) при изоэнтропном сжатии;
3) при сжатии по политропе, $k > n > 1$; 4) при изотермическом сжатии.

10. Как зависит термический КПД цикла ДВС со смешанным подводом теплоты от степени сжатия?

программы). Оценивание рефератов проводится по принципу «зачтено» / «не зачтено». «Зачтено» выставляется в случае, если реферат оформлен в соответствии с критериями: правильность оформления реферата; уровень раскрытия темы реферата / проработанность темы; структурированность материала; количество использованных литературных источников.

В случае, если какой-либо из критериев не выполнен, реферат возвращается на доработку.

Расчетно-графическая работа считается успешно выполненной в случае предоставления письменного отчета (с копией на электронном носителе), оформленного в соответствии с требованиями соответствующих методических указаний, и защите работы – ответе на вопросы по теме работы. Шкала оценивания – «зачтено / не зачтено». «Зачтено» за РГР ставится в случае, если она правильно выполнена и обучающийся владеет материалом по теме занятия. «Не зачтено» ставится в случае, если работа выполнена неправильно, тогда она возвращается студенту на доработку.

В конце каждого семестра обучающийся письменно отвечает на **тестовые задания**, содержащие вопросы по изученному материалу. Оценивание тестовых заданий проводится по принципу «зачтено» / «не зачтено». В качестве критериев оценивания используется количество правильных ответов. При ответе более чем, на 50 % вопросов выставляется «зачтено», в случае меньшего количества правильных ответов ставится «не зачтено».

К **зачету** (в конце 3 семестра) или **экзамену** (в конце 4 семестра) по дисциплине обучающиеся допускаются при:

- выполнении всех лабораторных работ и их успешной защите (в 3 семестре);
- выполнении расчетно-графической работы и ее успешной защите (в 4 семестре);
- предоставлении отчетов по всем практическим занятиям и их защите;
- сдачи рефератов с учетом того, что они «зачтены» преподавателем;
- успешном написании тестовых заданий.

Зачет или экзамен сдается устно, по билетам, в которых представлено 2 вопроса из перечня «Вопросы для зачета» или «Вопросы для экзамена» соответственно. Оценивание зачета проводится по принципу «зачтено» / «не зачтено». Оценивание экзамена проводится путем выставления оценки.

«Зачтено» или «положительная» оценка на экзамене ставятся при:

- правильном, полном и логично построенном ответе;
- умении оперировать специальными терминами;
- использовании в ответе дополнительного материала;
- иллюстрировании теоретического положения практическим материалом.

Но в ответе могут иметься:

- негрубые ошибки или неточности;
- затруднения в использовании практического материала;
- не вполне законченные выводы или обобщения.

«Не зачтено» или «неудовлетворительная» оценка на экзамене ставятся при:

- схематичном неполном ответе;
- неумении оперировать специальными терминами или их незнании.

14. Образовательные технологии

Чтение лекций по данной дисциплине проводится с использованием мультимедийного оборудования.

Студентам предоставляется возможность для самоподготовки и подготовки к зачету или экзамену использовать электронный вариант конспекта лекций, подготовленный преподавателем в соответствии с планом лекций.

При работе используется диалоговая форма ведения лекций с постановкой и решением проблемных задач, обсуждением дискуссионных моментов и т.д.

При проведении лабораторных занятий проводятся экспериментальное изучение свойств веществ и различных процессов с реальными веществами.

При проведении практических занятий создаются условия для максимально самостоятельного выполнения заданий.

При организации вне аудиторной самостоятельной работы по данной дисциплине студентом осуществляется решение самостоятельных задач или написание рефератов, направленных на закрепление знаний и умений, а также выполнение расчетно-графической работы.

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки реализация компетентного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

15. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Обязательные издания.

1. Кириллин, В.А. Техническая термодинамика: учебник для вузов/
В.А. Кириллин, В.В. Сычев, А.Е. Шейндлин. – М.: Издательский дом МЭИ, 2008.

Экземпляры всего: 10

Режим доступа: <https://sstu.bibliotech.ru/Reader/Book/8121>

или <http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI5.html>

2. Александров, А.А. Термодинамические основы циклов теплоэнергетических установок. Учебное пособие для вузов/ Александров А.А. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI33.html>

3. Кудинов, В.А. Техническая термодинамика: учеб. пособие для студ. вузов/ В.А. Кудинов. – М.: Высшая школа, 2000,2001,2003,2005,2007.

Экземпляры всего: 30

2. Дополнительные издания.

4. Андрианова, Т.Н. Сборник задач по технической термодинамике: учебное пособие для студентов вузов / Т.Н. Андрианова, Б.В. Дзампов, В.Н. Зубарев, С.А. Ремезов, Н.Я. Филатов. – М.: Энергоиздат, 1981.

Экземпляры всего: 54

5. Задачник по технической термодинамике и теории теплообмена: учеб. пособие/ В.Н. Афанасьев [и др.]; под ред.: В.И. Крутова, Г.Б. Петражицкого. – СПб. : БХВ-Петербург, 1986,2011.

Экземпляры всего: 34

6. Александров, А.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара: Справочник/ А.А. Александров, Б.А. Григорьев. – М.: Издательский дом МЭИ, 2006.

Экземпляры всего: 1

7. Андрющенко, А.И. Основы технической термодинамики реальных процессов: учеб. пособие/ А.И. Андрющенко. – М.: Высшая школа, 1975.

Экземпляры всего: 154

8. Андрющенко, А.И. Основы термодинамики циклов теплоэнергетических установок: учеб. пособие для теплоэнергет. спец. вузов/ А.И. Андрющенко. – М.: Высшая школа, 1985.

Экземпляры всего: 28

9. Андрющенко А.И. Методика системных термодинамических исследований в теплоэнергетике: учеб. пособие по спецкурсу технической термодинамики для студентов и аспирантов/ А.И. Андрющенко. – Саратов: СГТУ, 1996.

Экземпляры всего: 18

10. Крутов, В.И. Техническая термодинамика: учебник для студ. машиностроит. спец. вузов/ Под ред. В.И. Крутова. – М.: Высшая школа, 1991.

Экземпляры всего: 36

11. Зубарев, В.Н. Практикум по технической термодинамике: пособие для вузов/ В.Н. Зубарев, А.А. Александров, В.С. Охотин. – М.: Энергоатомиздат, 1986.

Экземпляры всего: 25

12. Ривкин, С.Л. Термодинамические свойства воздуха и продуктов сгорания топлив: справочник/ С.Л. Ривкин. – М.: Энергоатомиздат, 1984.

Экземпляры всего: 10

13. Дубинин, А.Б. Дифференциальные уравнения термодинамики и их применение: учеб. пособие/ А.Б. Дубинин; ред. А.И. Андрющенко. – Саратов: СПИ, 1982.

Экземпляры всего: 80

14. Андрющенко, А.И. Метод эксергетического анализа термодинамических систем и комплексов: учеб. пособие/ А.И. Андрющенко, Е.А. Ларин, Л.А. Сандалова. – Саратов: СГТУ, 2008.

Экземпляры всего: 37

Режим доступа:

<https://sstu.bibliotech.ru/Reader/Book/2013040918245772188100006989>

15. Теплоэнергетика и теплотехника: в 4 кн.: справ. серия/ под общ. ред.: А.В. Клименко, В.М. Зорина. – М. : Издательский дом МЭИ, 2007.

Книга 2: Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент: справ. – 2007.

Режим доступа: <http://www.studentlibrary.ru/book/MPEI147.html>

3. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).

16. Осипов, В.Н. Техническая термодинамика. Методические указания к выполнению расчетно-графической работы для студентов по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»/ В.Н. Осипов. – СГТУ, 2017.

Режим доступа:

https://portal3.sstu.ru/Facult/EF/TE/13.03.01/TPEN_b4_b1114_4/DocLib/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=%2fFacult%2fEF%2fTE%2f13%2e03%2e01%2fTPEN_b4_b1114_4%2fDocLib%2f2%2e%20Учебно-методические%20материалы%2f2%2e5%2e%20Методические%20указания%20по%20выполнению%20РГР&FolderCTID=&View=%7b0EBA3631-35A8-451D-A388-DF46437E149B%7d

17. Осипов, В.Н. Техническая термодинамика. Методические указания к выполнению лабораторных работ 1, 2, 3 для студентов по направлению 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»/ В.Н. Осипов. – СГТУ, 2017.

Режим доступа:

https://portal3.sstu.ru/Facult/EF/TE/13.03.01/TPEN_b4_b1114_3/DocLib/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=%2fFacult%2fEF%2fTE%2f13%2e03%2e01%2fTPEN_b4_b1114_3%2fDocLib%2f2%2e%20Учебно-методические%20материалы%2f2%2e%20Методические%20указания%20по%20выполнению%20лабораторных%20работ&FolderCTID=&View=%7b1B7BС705-ED95-4DBB-8BD7-EA11B060BD60%7d

4. Периодические издания.

18. Теплоэнергетика. Теоретический и научно-практический журнал. Выходит ежемесячно ISSN 0040-3636 (2010-2015).

Режим доступа: http://elibrary.ru/title_about.asp?id=8246

5. Интернет-ресурсы.

19. «Теплотехника и теплоэнергетика» Интерактивный интернет-справочник – <http://twf.mpei.ac.ru/ТТНВ/tthb.html>

20. Сайт программы WaterSteamPro (программа расчета свойств воды, водяного пара, газов и смесей газов) – <http://www.wsp.ru/ru/>

21. Web-версия справочника «Теплофизические свойства рабочих веществ теплоэнергетики». Александров А.А., Орлов К.А., Очков В.Ф., МЭИ. – <http://twf.mpei.ru/rbtp/>.

6. Источники ИОС.

22. Техническая термодинамика
– профиль 1 (б1ТПЭН):

https://portal3.sstu.ru/Facult/EF/PT/13.03.01/b.1.1.14_1/default.aspx

https://portal3.sstu.ru/Facult/EF/PT/13.03.01/b.1.1.14_2/default.aspx

– профиль 3 (б3ТПЭН):

<https://portal3.sstu.ru/Facult/EF/TEAS/13.03.01/b.1.1.14-1/default.aspx>

<https://portal3.sstu.ru/Facult/EF/TEAS/13.03.01/b.1.1.14-2/default.aspx>

– профиль 4 (б4ТПЭН):

https://portal3.sstu.ru/Facult/EF/TE/13.03.01/TPEN_b4_b1115_3/default.aspx

https://portal3.sstu.ru/Facult/EF/TE/13.03.01/TPEN_b4_b1115_4/default.aspx

7. Профессиональные Базы Данных.

23. Портал THERMOPHYSICS.RU информационное пространство для научно, информационной и образовательной поддержки отечественных теплофизиков – <http://www.thermophysics.ru/>

8. Печатные и электронные образовательные ресурсы в формах адаптированных для студентов с ограниченными возможностями здоровья.

9. Ресурсы материально-технического и учебно-методического обеспечения, предоставляемые организациями-участниками образовательного процесса.

16. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Для осуществления образовательного процесса по дисциплине необходима лекционная аудитория общей площадью не менее 40 кв.м., оснащенная доской, экраном, компьютером и проектором.

Для лабораторных занятий необходима учебная аудитория общей площадью не менее 40 кв.м., оснащенная лабораторными стендами по технической термодинамике.

Для практических занятий необходима учебная аудитория общей площадью не менее 40 кв.м., оснащенная доской, экраном, компьютером и проектором и имеющая доступ к проводному Интернету либо к *Wi-fi*.

Для выполнения самостоятельной работы обучающиеся могут воспользоваться компьютерными классами факультета и Электронно-библиотечной системой ВУЗа.

Для оформления письменных работ, презентаций к докладу обучающимся необходимы пакеты программ Microsoft Office (Excel, Word, Power Point), Acrobat Reader, Internet Explorer или других аналогичных.

В качестве наглядных пособий используются T_s , h_s – диаграммы воды и водяного пара, а также мультимедийные презентации с изображением принципиальных тепловых схем различных теплоэнергетических установок.