

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Пекаревский Борис Владимирович
Должность: Проректор по учебной и методической работе
Дата подписания: 16.11.2023 17:11:04
Уникальный программный ключ:
3b89716a1076b80b2c167df0f27c09d01782ba84



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования
«Санкт-Петербургский государственный технологический институт
(технический университет)»

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной и методической работе
_____ Б.В.Пекаревский
« 18 » марта 2019 г.

Рабочая программа дисциплины
ТЕРМОДИНАМИКА И ТЕПЛОПЕРЕДАЧА

Направление подготовки

15.03.03 Прикладная механика

Направленность программы

Динамика и прочность машин и аппаратуры

Квалификация

Бакалавр

Форма обучения

очная

Факультет **механический**
Кафедра **процессов и аппаратов**

Санкт-Петербург
2019

СОДЕРЖАНИЕ

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы	04
2. Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы	04
3. Объем дисциплины	05
4. Содержание дисциплины	
4.1. Разделы дисциплины и виды занятий	05
4.2. Занятия лекционного типа	06
4.3. Занятия семинарского типа	07
4.3.1. Семинары, практические занятия	07
4.4. Самостоятельная работа	07
4.4.1. Темы контрольных работ	08
4.4.2. Примеры вариантов индивидуальных заданий	08
5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине	08
6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	09
7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины	10
8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины	10
9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины	10
10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине	
10.1. Информационные технологии	10
10.2. Программное обеспечение	10
10.3. Базы данных и информационные справочные системы	10
11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине	10
12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья	10
Приложения: 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации	12

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения образовательной программы бакалавриата обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

<i>Коды компетенции</i>	Результаты освоения ООП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ПК-1	способность выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	Знать: –теоретические основы энергетической сущности технологических процессов; –основные виды машин и аппаратов, базирующихся на энергетических преобразованиях и энергоемких процессах химической технологии; –основы промышленного получения тепловой, механической и электрической энергии. Уметь: –производить расчеты термодинамических процессов с газами и парами, в том числе в машинах и аппаратах химических производств. Владеть: методами термодинамического анализа процессов, протекающих в аппаратах и машинах, выбирать оптимальные условия проведения процессов, отвечающих минимумам энергозатрат и потерь энергии.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина относится к обязательным дисциплинам вариативной части (Б1.В.18) и изучается на 2 курсе в 4 семестре.

В методическом плане дисциплина опирается на элементы компетенций, сформированные при изучении дисциплин «Математика», «Физика».

Полученные в процессе изучения дисциплины знания, умения и навыки могут быть использованы при изучении дисциплины «Процессы и аппараты», проектно-конструкторской, производственно-технологической, научно-исследовательской работе бакалавра и при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. Объем дисциплины.

Вид учебной работы	Всего, академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины (зачетных единиц/ академических часов)	3/ 108
Контактная работа с преподавателем:	78
занятия лекционного типа	36
занятия семинарского типа, в т.ч.	36
семинары, практические занятия	36
лабораторные работы	-
КСР	6
Самостоятельная работа	30
Форма текущего контроля (Кр)	Инд. зад., Кр.
Форма промежуточной аттестации (зачет)	

4. Содержание дисциплины.

4.1. Разделы дисциплины и виды занятий.

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Занятия лекционного типа, академ. часы	Занятия семинарского типа, академ. часы		Самостоятельная работа, академ. часы	Формируемые компетенции
			Семинары и/или практические занятия	Лабораторные работы		
1.	Основные законы термодинамики. Основы термодинамического анализа.	7	4	<input type="checkbox"/>	6	ПК-1
2.	Процессы идеального газа.	5	6	<input type="checkbox"/>	6	ПК-1
3.	Реальные газы.	6	6	<input type="checkbox"/>	6	ПК-1

4.	Компрессия газов.	6	6	<input type="checkbox"/>	6	ПК-1
5.	Холодильные установки.	6	8	<input type="checkbox"/>	6	ПК-1
6	Тепловые двигатели. Промышленное получение энергии.	6	6	<input type="checkbox"/>		ПК-1

4.2. Занятия лекционного типа.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Инновационная форма
1	Термодинамика, как наука об энергии, ее свойствах и превращениях, как научная основа анализа и проектирования энергетических и химико-технологических процессов. Основные способы передачи энергии. Параметры состояния системы (рабочего тела). Уравнение состояния. Диаграммы состояния. Термодинамический процесс, равновесность, обратимость. Понятие истинной и средней теплоемкостей. Уравнение Майера. Первый закон термодинамики для закрытых и открытых систем. Второй закон термодинамики. Примеры. Основы термодинамического анализа. Метод циклов. Метод характеристических функций. Эксергетический метод анализа.	6	Слайд-презентация
2	Политропный процесс. Уравнения процесса. Расчет термодинамических величин. Расчет энтропии и ее изменения в политропном процессе. Частные процессы идеального газа.	4	
3	Фазовые превращения первого и второго рода. Диаграммы состояния $p - T$, $p - v$, $T - s$, $i - s$ для реальных газов. Критическая точка. Тройная точка. Аномальные свойства воды. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Интегральные формы уравнения. Уравнение Ван-дер-Ваальса, метастабильные состояния. Определение параметров состояния. Расчет частных процессов и их изображение на диаграммах состояния.	8	Слайд-презентация
4	Цикл идеального компрессора одноступенчатого и многоступенчатого. Расчет мощности и отводимой теплоты. Особенности реального компрессора и их учет.	6	Слайд-презентация
5	Принципы получения низких температур. Парокомпрессионная холодильная установка. Требования к хладагентам.	6	
6	Промышленное получение энергии. Цикл Ренкина.	6	Слайд-презентация

4.3. Занятия семинарского типа.

4.3.1. Семинары, практические занятия.

№ раздела дисциплины	Наименование темы и краткое содержание занятия	Объем, акад. часы	Иновационная форма
2	Процессы идеального газа. Уравнение состояния. Уравнения процессов. Частные виды процессов. Определение параметров состояния. Расчет энергетических характеристик процесса (теплоты, работы). Расчет энтропии и ее изменения в процессах идеального газа.	3	Слайд-презентация
2	Термодинамический анализ политропного процесса по диаграммам состояния. Влияние величины показателя политропы на характер процесса и значения термодинамических величин.	3	
1	Расчет эксергии и ее изменения в процессах идеального газа. Эксергетический КПД.	2	
1	Цикл Карно.	2	Слайд-презентация
4	Цикл идеального одноступенчатого компрессора. Анализ процесса сжатия газа в компрессоре.	2	Слайд-презентация
4	Многоступенчатое сжатие. Выбор числа ступеней.	2	
3	Определение параметров реальных газов по диаграммам состояния.	2	Слайд-презентация
3	Расчет процессов реального газа по диаграмме $i - s$.	4	Слайд-презентация
5	Воздушная холодильная установка	2	Слайд-презентация
5	Парокомпрессионная холодильная установка. Расчет холодопроизводительности, затрат мощности, расхода хладагента, эффективности работы. Виды циклов, изображение на диаграммах состояний $T - s$ и $p - i$.	6	Слайд-презентация
6	Тепловые двигатели (цикл Отто, цикл Дизеля, цикл газовой турбины).	6	
1-6	Контрольная работа.	2	

4.4. Самостоятельная работа обучающихся.

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Термодинамика газового потока	5	Устный опрос

№ раздела дисциплины	Перечень вопросов для самостоятельного изучения	Объем, акад. часы	Форма контроля
2	Влажный воздух	3	Устный опрос
5	Абсорбционная холодильная установка	10	Устный опрос
2-5	Решение индивидуальных задач	12	Проверка письменных работ

4.4.1. Темы контрольных работ

Расчет термодинамических величин политропного процесса.

Расчет одноступенчатых и многоступенчатых компрессоров.

Расчет процессов реальных газов.

Расчет парокомпрессионных холодильных установок.

4.4.2. Примеры вариантов индивидуальных заданий

№ 1. Углекислый газ массой 2 кг сжимается от давления 1 бар до давления 60 бар. Начальная температура 30°C, конечная 500°C.

Определить показатель политропы, начальный и конечный объем газа, теплоту и работу процесса, изменение внутренней энергии, энтропии и эксергии, начальные и конечные значения энтропии и эксергии.

Изобразить процесс в $p - v$ и $T - s$ координатах и проанализировать его.

№ 2. В компрессоре, производительностью \dot{V}_1 , необходимо сжимать газ от атмосферного давления до давления P_K . Температура газа в каждой ступени не должна превышать t_{max} . Начальная температура газа равна t_1 . Сжатие политропное, показатель политропы равен n . Определить минимальное число ступеней компрессора, затрачиваемую мощность, температуру газа после сжатия, расход охлаждающей воды при изменении температуры воды на Δt_6 . Определить также затрачиваемую мощность и температуру газа после сжатия в одноступенчатом компрессоре и при изотермическом сжатии.

№ 3. 2,5 м³ водяного пара с влажностью 18 % и давлением 8 бар расширяется вначале изобарно до состояния с температурой 400°C, а затем адиабатно до состояния 1 бар. Определить изменение внутренней энергии пара, количество передаваемой теплоты и работу для совокупности процессов. Изобразить процессы на $i - s$, $p - v$ и $T - s$ диаграммах.

№ 4. Парокомпрессионная холодильная установка производит m_L льда с температурой t_L из воды с температурой t_B . В холодильной установке осуществляется цикл с переохлаждением конденсата на Δt_n . Давление хладагента в испарителе $p_{и}$, температура конденсации t_k , температура пара перед компрессором t_1 . Определить холодопроизводительность установки, расход хладагента, холодильный коэффициент, теоретическую мощность двигателя компрессора, теоретически максимальный холодильный коэффициент (для обратного цикла Карно). Определить также температуру и давление в узловых точках цикла. Изобразить цикл в $\lg p - i$, $T - s$ и $p - v$ координатах.

5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине.

Методические указания для обучающихся по организации самостоятельной работы по дисциплине, включая перечень тем самостоятельной работы, формы текущего контроля по дисциплине и требования к их выполнению размещены в электронной информационно-образовательной среде СПбГТИ(ТУ) на сайте: <http://media.technolog.edu.ru>

6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Своевременное выполнение обучающимся мероприятий текущего контроля позволяет превысить (достигнуть) пороговый уровень («удовлетворительно») освоения предусмотренных элементов компетенций.

Результаты дисциплины считаются достигнутыми, если для всех элементов компетенций превышен (достигнут) пороговый уровень освоения компетенции на данном этапе.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме зачета.

К сдаче зачета допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля.

Зачет предусматривает выборочную проверку освоения предусмотренных элементов компетенций и комплектуются вопросами (заданиями) двух видов: теоретический вопрос (для проверки знаний) и комплексная задача (для проверки умений и навыков).

При сдаче зачета, студент получает три вопроса из перечня вопросов, время подготовки студента к устному ответу - до 30 мин.

Пример экзаменационного билета:

БИЛЕТ К ЗАЧЕТУ № 1

1. Термодинамическая система. Взаимодействие системы с окружающей средой. Открытая, закрытая, адиабатная, изолированная, термодинамическая системы
2. Промышленное производство энергии. Цикл Ренкина. Схема установки. Расчет основных характеристик. Изображение в $T - s$ диаграмме. Влияние температуры испарения и температуры конденсации на к.п.д.
3. Задача

Фонд оценочных средств по дисциплине представлен в Приложении № 1

7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

а) основная литература:

1. Кудинов, В.А. Техническая термодинамика: учебное пособие для вузов / В.А. Кудинов, Э.М. Карташов – М.: Высш. школа, 2007. – 261 с.

б) дополнительная литература:

1. Техническая термодинамика: учебное пособие / Л.И. Лавров [и др.]. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009. – 116 с.

2. Лавров, Л.И. Расчет энтропии и ее изменений в процессах идеального газа с анализом по диаграммам P-V, T-S: учебное пособие / Л.И. Лавров Е.А. Томильцев – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009. – 16 с.
3. Лавров, Л.И. Процессы идеального газа и расчеты основных энергетических величин: учебное пособие / Л.И. Лавров, Е.А. Томильцев – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2009. – 25 с.
4. Лавров, Л.И. Термодинамические циклы: учебное пособие / Л.И. Лавров, А.А. Копейкина, Е.А. Морос – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2010. – 36 с.
5. Лавров, Л.И. Эксергия и эксергетический КПД: учебное пособие / Л.И. Лавров, А.А. Копейкина – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2010. – 16 с.
6. Лавров, Л.И. Определение и расчеты параметров и процессов реальных газов с фазовыми переходами: учебное пособие /Л.И. Лавров, Е.А. Томильцев. – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2013. – 33 с.

в) вспомогательная литература:

7. Лавров, Л.И. Холодильные парокомпрессионные установки: учебное пособие / Л.И. Лавров, А.В. Марков – СПб.: СПбГТИ(ТУ), 2004. – 24 с.

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины.

учебный план, РПД и учебно-методические материалы:
<http://media.technolog.edu.ru>

электронно-библиотечные системы:

«Электронный читальный зал – БиблиоТех» <https://technolog.bibliotech.ru/>;

«Лань (Профессия)» <https://e.lanbook.com/books/>.

9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

Все виды занятий по дисциплине «Термодинамика и теплопередача» проводятся в соответствии с требованиями следующих СТП:

СТП СПбГТИ 040-02. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Лекция. Общие требования;

СТО СПбГТИ 018-2014. КС УКДВ. Виды учебных занятий. Семинары и практические занятия. Общие требования к организации и проведению.

СТП СПбГТИ 048-2009. КС УКВД. Виды учебных занятий. Самостоятельная планируемая работа студентов. Общие требования к организации и проведению.

Планирование времени, необходимого на изучение данной дисциплины, лучше всего осуществлять на весь семестр, предусматривая при этом регулярное повторение пройденного материала.

Основными условиями правильной организации учебного процесса для студентов является:

- плановость в организации учебной работы;
- серьезное отношение к изучению материала;
- постоянный самоконтроль.

На занятия студент должен приходить, имея багаж знаний и вопросов по уже изученному материалу.

10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

10.1. Информационные технологии.

В учебном процессе по данной дисциплине предусмотрено использование информационных технологий:

- взаимодействие с обучающимися посредством электронной информационно-образовательной среды.

10.2. Программное обеспечение.

- Microsoft Office 2013 sp1 (Microsoft Word, Microsoft Excel);
- Mathcad 14.

10.3. базы данных и информационные справочные системы.

Справочно-поисковая система «Консультант-Плюс».

<http://www.spcpa.ru/> - Интерактивный учебник по высшей математике.

<http://www.allmath.ru/> - Математический портал.

<http://www.exponenta.ru/> - Образовательный математический сайт.

11. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине.

Для ведения лекционных занятий используется аудитория на 15 посадочных мест.
Для ведения практических занятий используется аудитория на 15 посадочных мест.

12. Особенности освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья.

Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями учебные процесс осуществляется в соответствии с Положением об организации учебного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья СПбГТИ(ТУ), утвержденным ректором 28.08.2014г.

Приложение № 1
к рабочей программе
дисциплины

Фонд оценочных средств
для проведения промежуточной аттестации по
дисциплине «Термодинамика и теплопередача»

1. Перечень компетенций и этапов их формирования.

Компетенции		
Индекс	Формулировка	Этап формирования
ПК-1	способность выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	промежуточный

2. Показатели и критерии оценивания компетенций на различных этапах их формирования, шкала оценивания.

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
Освоение раздела № 1	Знает теоретические основы энергетической сущности технологических процессов, основные виды машин и аппаратов, базирующихся на энергетических преобразованиях и энергоемких процессах	Правильные ответы на вопросы №1-6, 14-18 к зачету	ПК-1

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	химической технологии. Владеет методами термодинамического анализа процессов, протекающих в аппаратах и машинах		
Освоение раздела № 2	Умеет производить расчеты термодинамических процессов с газами	Правильные ответы на вопросы №7-13, 25-28 к зачету	ПК-1
Освоение раздела № 3	Умеет производить расчеты термодинамических процессов с парами	Правильные ответы на вопросы №19-24 к зачету	ПК-1
Освоение раздела № 4	Знает особенности реального компрессора. Умеет рассчитать мощность компрессора и расход отводимой теплоты, выбирать оптимальные условия проведения процессов, отвечающих минимумам энергозатрат. Владеет методами термодинамического анализа процессов, протекающих в компрессорах.	Правильные ответы на вопросы №29-30 к зачету	ПК-1
Освоение раздела № 5	Знает способы получения низких температур. Умеет рассчитать основные параметры работы холодильной установки, выбирать оптимальные условия проведения процесса, отвечающие минимуму энергозатрат.	Правильные ответы на вопросы №31-38 к зачету	ПК-1
Освоение раздела № 6	Знает основы промышленного получения тепловой, механической и электрической	Правильные ответы на вопросы №39-43 к	ПК-1

Показатели оценки результатов освоения дисциплины	Планируемые результаты	Критерий оценивания	Компетенции
	энергии	зачету	

Шкала оценивания соответствует СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2014. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов: промежуточная аттестация проводится в форме зачета, результат оценивания – «зачтено», «не зачтено».

3. Типовые контрольные задания для проведения промежуточной аттестации. Вопросы для оценки сформированности элементов компетенции ПК-1:

1. Термодинамическая система. Взаимодействие системы с окружающей средой. Открытая, закрытая, адиабатная, изолированная, термодинамическая системы.
2. Экстенсивные и интенсивные параметры состояния. Уравнения состояния для идеального и реального газов (уравнение Клапейрона-Менделеева и уравнение Ван-дер-Ваальса).
3. Зависимость количества передаваемой теплоты, работы закрытой и открытой систем от параметров состояния. Изображение работы и теплоты в $p - v$ и $T - s$ диаграммах.
4. Понятие истинной и средней теплоемкостей. Уравнение Майера. Расчет теплоемкостей c_p и c_v идеального газа. Зависимость теплоемкости от показателя политропы (формула и график).
5. Внутренняя энергия, энтальпия. Физический смысл. Расчет изменения внутренней энергии и энтальпии идеального газа.
6. Первый закон термодинамики (первое и второе уравнения). Физический смысл, различные формы записи.
7. Термодинамический процесс. Равновесность. Обратимость. Политропный процесс. Вывод уравнений политропного процесса.
8. Расчет термодинамических величин (работы закрытой и открытой систем, количества теплоты, изменения внутренней энергии и энтальпии) в политропном процессе.
9. Расчет энтропии и ее изменения в политропном процессе.
10. Частные процессы идеального газа. Изображение на диаграммах состояния.
11. Частные процессы идеального газа. Расчет термодинамических величин (работы закрытой и открытой систем, количества теплоты, изменения внутренней энергии и энтальпии).
12. Анализ политропного процесса по диаграммам состояния.
13. Определение показателя политропы. Расчет произвольного процесса идеального газа.
14. Прямые и обратные циклы. Определение эффективности циклов (коэффициент полезного действия, холодильный коэффициент, отопительный коэффициент). Циклы как метод термодинамического анализа.
15. Прямой цикл Карно. Основные выводы, получаемые при анализе цикла Карно.
16. Второй закон термодинамики. Физический смысл, математическое выражение. Примеры (неравновесный теплообмен).
17. Характеристические функции. Аналитические выражения, области применения.
18. Эксергия. Физический смысл. Вывод уравнения для расчета эксергии и ее изменения в термодинамическом процессе. Эксергетический к.п.д.
19. Реальный газ. Фазовые превращения первого и второго рода.

20. Реальный газ. Диаграммы состояния $p - T$, $p - v$, $T - s$, $i - s$. Критическая точка. Тройная точка. Пограничные кривые. Изображение частных процессов на диаграммах состояния.
21. Определение параметров состояния реального газа на пограничных кривых. Определение параметров состояния влажного и перегретого пара.
22. Вывод уравнений для расчета теплоты парообразования. Зависимость теплоты парообразования от температуры и давления. Изображение в $T - s$ координатах.
23. Уравнение Клапейрона – Клаузиуса. Вывод уравнения, физический смысл. Интегральные формы уравнения. Связь уравнения с диаграммой состояния $p - T$.
24. Реальные газы. Расчет частных процессов и их изображение на диаграммах состояния $p - v$, $T - s$, $i - s$.
25. Течение газов через конфузор. Предельная скорость течения. Учет трения.
26. Получение сверхзвуковых скоростей. Сопло Лаваля.
27. Дросселирование. Дроссель-эффект.
28. Струйные аппараты. Принцип работы. Схема аппарата. Коэффициент инжекции. Изображение в $i - s$ координатах.
29. Цикл идеального компрессора одноступенчатого и многоступенчатого. Расчет мощности и отводимой теплоты. Изображение в $p - v$ и $T - s$ диаграммах.
30. Особенности реального компрессора и их учет.
31. Методы получения низких температур. Основные параметры характеризующие работу холодильной установки. Обратный цикл Карно.
32. Воздушная холодильная установка. Схема установки. Расчет основных характеристик. Изображение в $p - v$ и $T - s$ диаграммах.
33. Парокомпрессионная холодильная установка. Схема установки. Расчет основных характеристик. Изображение в $T - s$ и $p - i$ диаграммах.
34. Парокомпрессионная холодильная установка. Схема установки. Виды циклов и их изображение в $T - s$ диаграмме. Требования к хладагентам.
35. Парокомпрессионная холодильная установка. Схема установки. Изображение холодопроизводительности и затраченной работы в $p - i$ и $T - s$ диаграммах. Влияние температуры испарения и температуры конденсации на холодильный коэффициент.
36. Абсорбционная холодильная установка. Схема установки. Принцип работы. Коэффициент использования теплоты.
37. Пароэжекторная холодильная установка.
38. Термотрансформаторы. Принцип работы. Коэффициент преобразования теплоты.
39. Промышленное производство энергии. Цикл Ренкина. Схема установки. Расчет основных характеристик. Изображение в $T - s$ диаграмме. Влияние температуры испарения и температуры конденсации на к.п.д.
40. Циклы тепловых двигателей. Основные допущения, используемые при анализе циклов. Невозможность реализации цикла с высоким к.п.д. Циклы Отто и Дизеля. Их сравнение.
41. Цикл газовой турбины. Схема установки. К.п.д. цикла. Сравнение с циклами Отто и Дизеля.
42. Первичные источники энергии. Их характеристика. Основные энергоемкие процессы.
43. Вторичные энергоресурсы (ВЭР). Классификация. Повышение потенциала ВЭР. Примеры использования ВЭР (многокорпусное выпаривание, выпаривание с тепловым насосом.)

К зачету допускаются студенты, выполнившие все формы текущего контроля. При сдаче зачета, студент получает два вопроса из перечня, приведенного выше, и задачу

Время подготовки студента к устному ответу на вопросы - до 30 мин.

Пример задачи. Изобразить в диаграммах $T - s$ и $p - i$ процесс охлаждения паровоздушной смеси.

4. Методические материалы для определения процедур оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в соответствии с требованиями СПбГУ:

СТО СПбГТИ(ТУ) 016-2015. КС УКВД. Порядок проведения зачетов и экзаменов.