

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Новомосковский институт (филиал)
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего
образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева»

И.о. директора НИ (ф) РХТУ имени Д.И. Менделеева



Рабочая программа дисциплины

Техническая термодинамика

Уровень высшего образования Бакалавриат

Направление подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование»

Направленность (профиль) подготовки «Машины и аппараты химических производств»

Квалификация выпускника Бакалавр

(бакалавр, магистр, дипломированный специалист)

Форма обучения заочная

(очная, очно-заочная и др.)

Год начала подготовки 2017

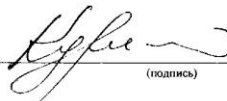
г. Новомосковск – 2017г.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование» (уровень бакалавриата), утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 20 октября 2015 г. № 1170.

Разработчик (ки):

НИ РХТУ
(место работы)

ст. преп.


(подпись)

/Курило Н.А./

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Промышленная теплоэнергетика

Протокол № 1 от 31.08 2017

Зав.кафедрой,

к.т.н, доцент


(подпись)

/Золотарева В.Е./

Эксперт:

НИ РХТУ
(место работы)

Зав.кафедрой ОХП, д.т.н., профессор
(занимаемая должность)



/Сафонов Б.П./

Рабочая программа согласована с деканом факультета Заочного и очно-заочного обучения

Декан факультета, к.т.н., доцент

(подпись)



/Стекольников А.Ю./

«31» 08 2017г

Рабочая программа согласована с учебно-методическим управлением НИ РХТУ

Руководитель, д.х.н., профессор

(подпись)



/Кизим Н.Ф./

«31» 08 2017г

1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Нормативные документы, используемые при разработке основной образовательной программы

Нормативную правовую базу разработки рабочей программы дисциплины составляют:

Федеральный закон от 29 декабря 2012 года № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» (с учетом дополнений и изменений);

«Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования — программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры», утвержденный приказом Министерства образования и науки РФ от 05.04.2017 N 301;

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования (ФГОС ВО) (ФГОС-3+) по направлению подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12.03.2015 г. N 200 (Зарегистрировано в Минюсте России 27.03.2015 г. N 36578) (далее – стандарт);

Нормативно-методические документы Минобрнауки России;

Устав ФГБОУ ВО РХТУ им. Д.И. Менделеева;

Положение о Новомосковском институте (филиале) РХТУ им. Д.И. Менделеева.

Локальные акты Новомосковского института (филиала) РХТУ им. Д.И. Менделеева (далее Институт).

Область применения программы

Дисциплина реализуется в рамках дисциплин вариативной части блока 1 основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 15.03.02 Технологические машины и оборудование, направленность (профиль) Машины и аппараты химических производств, соответствующей требованиям ФГОС ВО 15.03.02 Технологические машины и оборудование (уровень бакалавриата), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 20.10.2015 г. № 1170 (Зарегистрировано в Минюсте России 12.11.2015 г. № 39697).

2. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов знаний и умений о фундаментальных законах осуществления тепловых процессов, термодинамических методах анализа замкнутых и разомкнутых теплотехнических процессов разного назначения и выработки практических навыков определения термодинамических характеристик процессов с одно- и двухфазными рабочими телами и теплоносителями.

Задачи преподавания дисциплины:

- освоение методик расчета термодинамических процессов;
- получение знаний об основных термодинамических диаграммах, расчетах процессов с использованием диаграмм и таблиц теплофизических свойств веществ;
- теоретическое обоснование различных теплоэнергетических установок;
- освоение методов повышения эффективности различных устройств и установок.

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина реализуется в рамках вариативной части Блока 1 ОПОП. Является дисциплиной по выбору.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин «Математика», «Физика», «Химия» и др.

4. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ ДОСТИЖЕНИЕ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Содержание компетенции (результаты освоения ООП)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1	- способность к приобретению с большой степенью самостоятельности новых знаний с использованием современных образовательных и информационных технологий	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. Уметь: - проводить термодинамический анализ циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и увеличения к.п.д., используя при этом современные информационные технологии. Владеть: - навыками термодинамического анализа рабочих процессов в тепловых машинах, определения параметров их работы и показателей тепловой эффективности; - навыками применения основных методов, способов и средств получения, хранения, переработки информации и привлечения для обработки и анализа полученных результатов соответствующего физико-математического

ПК-15	– умение выбирать основные и вспомогательные материалы, способы реализации технологических процессов, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении технологических машин	аппарата. Знать: – основные свойства теплоносителей и хладагентов, их преимущества и недостатки, основные термодинамические процессы, возможность их практической реализации в заданной технологической установке. Уметь: – обобщать, анализировать и воспринимать информацию, ставить перед собой цель и выбирать пути ее достижения; – самостоятельно проводить анализ и принимать решения в рамках своей профессиональной компетенции по применению прогрессивных методов эксплуатации технологического оборудования. Владеть: – навыками выбора оптимальных параметров теплоносителей, оптимальных способов реализации термодинамических процессов, прогрессивными методами эксплуатации теплотехнологического оборудования и методами увеличения показателей эффективности тепловых машин.
-------	--	---

5. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет **288** часа или **8** зачетных единиц (з.е). 1 з.е. равна 36 академическим часам или 27 астрономическим часам (п.16 Положения «Порядок организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета в Новомосковском институте (филиале) ФГБОУ ВО «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

Вид учебной работы	Всего ак. час.	Семестр
		Ак. час
		5
Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	14	14
Контактная работа аудиторная	14	14
В том числе:		
Лекции	6	6
Практические занятия (ПЗ)	8	8
Лабораторные работы (ЛР)		
<i>Экзамен</i>		
Самостоятельная работа (всего)	90	90
Контактная самостоятельная работа (групповые консультации и индивидуальная работа обучающихся с педагогическим работником)	0,9	0,9
Другие виды самостоятельной работы:		
Курсовая работа		
Проработка лекционного материала	28	28
Подготовка к лабораторным занятиям		
Подготовка к практическим занятиям	10	10
Выполнение контрольных работ	51,1	51,1
Вид аттестации: <i>зачет</i>		
Контроль: подготовка к зачету	4	4
Общая трудоемкость	ак. час.	108
	з.е.	3

5.2. Разделы (модули) дисциплины, виды занятий и формируемые компетенции

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Лекции и час.	Практ. занятия час.	Лаб. занятия час.	Экзам. конс.	Контроль час	СРС час.	Всего час.	Код формируемой компетенции
1.	Предмет и метод термодинамики	0,5		-				0,5	ОПК-1, ПК-15
2.	Идеальный газ	1	1	-			10	12	ОПК-1, ПК-15

3.	Первый закон термодинамики	0,5	1	-		10	11,5	ОПК-1, ПК-15
4.	Второй закон термодинамики	1	1	-		10	12	ОПК-1, ПК-15
5.	Равновесие в термодинамической системе	0,5	1			10	11,5	ОПК-1, ПК-15
6.	Сжатие газов и паров	0,5	1			10	11,5	ОПК-1, ПК-15
7.	Термодинамика процессов истечения	0,5	1			10	11,5	ОПК-1, ПК-15
8.	Термодинамика паросиловых циклов	0,5				10	10,5	ОПК-1, ПК-15
9.	Термодинамика газовых циклов	0,5	1			10	11,5	ОПК-1, ПК-15
10.	Циклы холодильных установок и теплонасосных установок	0,5	1			10	11,5	ОПК-1, ПК-15
	Вид аттестации: зачет							ОПК-1, ПК-15
	Контроль: подготовка к зачету				4		4	ОПК-1, ПК-15
	Всего	6	8	-	4	90	108	

5.3. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	Предмет и метод термодинамики	Параметры состояния. Уравнение состояния. Термодинамическая система и окружающая среда. Термодинамические диаграммы.
2.	Идеальный газ	Понятие идеального газа. Законы и уравнение идеального газа. Понятие теплоемкости.
3.	Первый закон термодинамики	Понятие работы. Работа изменения объема. Внутренняя энергия и энтальпия, как функции состояния. Теплота процесса. Теплота и работа – формы передачи энергии. Внутренняя энергия и энтальпия, теплоемкость идеального газа. Основные термодинамические процессы. Уравнение первого закона термодинамики.
4.	Второй закон термодинамики	Понятие термодинамических циклов. Термодинамический к.п.д. прямого цикла. Обратимые и необратимые процессы. Цикл Карно и его термический к.п.д. Изменение энтропии в необратимых процессах. Уравнение второго закона термодинамики. Работоспособность изолированной системы. Эксергия теплоты. Формулировки второго закона термодинамики.
5.	Равновесие в термодинамической системе	Понятие фаз. Энергия Гиббса. Химический потенциал. Основные условия термодинамического равновесия. Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы. Уравнение Клапейрона -Клаузиуса. Опыт Эндрюса, критические параметры. Свойства двухфазных систем. T-s и h-s диаграммы воды и водяного пара. Расчет термодинамических процессов для воды и водяного пара по термодинамическим таблицам, T-s и h-s диаграммам.
6.	Сжатие газов и паров	Идеальный одноступенчатый компрессор. Работа на привод компрессора в различных процессах. Реальный одноступенчатый компрессор. Многоступенчатый компрессор.
7.	Термодинамика процессов истечения	Первый закон термодинамики для потока массы. Уравнение неразрывности и сплошности потока. Уравнение Бернулли. Скорость звука. Истечение через суживающееся сопло. Сопло Лавала. Адиабатное истечение с трением. Адиабатное дросселирование. Эффект Джоуля-Томсона, кривая инверсии.
8.	Термодинамика паросиловых циклов	Классификация термодинамических циклов. Принципиальная схема паротурбинной установки (ПТУ). Термический и внутренний к.п.д. Влияние начальных и конечных параметров турбоагрегата на к.п.д. Теплофикационный цикл ПТУ.
9.	Термодинамика газовых циклов	Цикл простейшей газотурбинной установки, ее к.п.д. Цикл ГТУ с многоступенчатым сжатием и многоступенчатым подводом теплоты. Регенеративный цикл ГТУ. Теплофикационные ГТУ. Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Идеальные циклы ДВС с изобарным, изохорным и комбинированным подводом теплоты, их сравнение по среднеинтегральным температурам и по среднему давлению.
10.	Циклы холодильных установок и теплонасосных установок	Обратные термодинамические циклы, оценка их эффективности. Цикл парокомпрессионной холодильной установки. Требования к теплофизическим свойствам хладагентов. Определение холодопроизводительности и холодильного коэффициента. Цикл абсорбционной холодильной установки. Цикл теплонасосной установки. Определение отопительного коэффициента.

5.4. Тематический план практических занятий

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость час.	Формы текущего контроля	Код формируемой компетенции
1.	2	Параметры состояния. Законы и уравнение состояния идеального газа.	1	ПВКР	ОПК-1, ПК-15

2.	3	Основные термодинамические процессы. Работа, теплота, изменение внутренней энергии.	1	ПВКР	ОПК-1, ПК-15
3.	4	Второй закон термодинамики. Изменение энтропии. Эксергия.	1	ПВКР	ОПК-1, ПК-15
4.	5	Вода и водяной пар. Расчет термодинамических процессов в водяном паре.	1	ПВКР	ОПК-1, ПК-15
5.	5	Сжатие в компрессоре. Расчет одноступенчатого и многоступенчатого компрессоров.	1	ПВКР	ОПК-1, ПК-15
6.	6	Истечение через суживающееся сопло. Сопло Лавала. Дросселирование.	1	ПВКР	ОПК-1, ПК-15
7.	7	Расчет цикла простейшей газотурбинной установки	1	ПВКР	ОПК-1, ПК-15
8.	8	Цикл парокомпрессионной холодильной установки	1	ПВКР	ОПК-1, ПК-15

5.5. Тематический план лабораторных работ

№ п/п	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных занятий	Трудоемкость час.	Форма контроля	Код формируемой компетенции
		<i>Не предусмотрены</i>			

5.6. Тематика курсовых проектов (работ), расчетно-графических работ, рефератов и других видов СРС

Самостоятельная работа	Тематика курсовых проектов (работ), расчетно-графических работ, рефератов и др.	Код формируемой компетенции
Курсовой проект (работа)	<i>Не предусмотрен</i>	
Расчетно-графические задания	<i>Не предусмотрены</i>	
Реферат	<i>Не предусмотрен</i>	
Подготовка к практическим занятиям	<i>Определена тематикой практических занятий</i>	ОПК-1, ПК-15
Подготовка к лабораторным работам	<i>Не предусмотрены</i>	
Подготовка презентации и доклада по теме реферата.	<i>Не предусмотрен</i>	
Подготовка к контрольным работам	<i>КР1 (разделы 1-10)</i>	ОПК-1, ПК-15

5.7. Внеаудиторная СРС

Внеаудиторная СРС направлена на поиск информации в ЭОС и ее использовании при выполнении контрольной работы, закрепляющей приобретенные знания и умения для формирования навыков.

Перечень заданий контрольной работы приведен в Приложении 1.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Текущий контроль успеваемости, обеспечивающий оценивание хода освоения дисциплины

Для оценивания результатов обучения в виде знаний текущий контроль организуется в формах:

- краткого опроса обучающихся (фронтальная беседа) по важнейшим вопросам пройденной темы с целью установления связи нового материала с ранее изученным;
- выполнения контрольной работы по пройденному материалу;

Для оценивания результатов обучения в виде умений и навыков (владений) текущий контроль организуется в формах проверки выполнения контрольных работ, предусмотренных учебным планом.

Отдельно на сессии оцениваются личностные качества студента (аккуратность, исполнительность, инициативность) – работа у доски, своевременная защита отчетов к лабораторным работам.

Критерии для оценивания устного опроса:

Оценка «отлично» выставляется в случае, если студент свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

Оценка «хорошо» выставляется в случае, если студент оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их в стандартных ситуациях, но допускает незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

Оценка «удовлетворительно» выставляется в случае, если студент допускает существенные ошибки, проявляет отсутствие знаний, умений, по отдельным темам (не более 33%), испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется в случае, если студент демонстрирует полное отсутствие или явную недостаточность (менее 33%) знаний, умений в соответствии с планируемыми результатами обучения.

Промежуточная аттестация обучающихся

Промежуточная аттестация обучающихся – оценивание окончательных результатов обучения по дисциплине. Промежуточная аттестация осуществляется в форме зачета (5 семестр).

Результаты промежуточной аттестации каждого обучающегося по дисциплине фиксируются в электронной информационно-образовательной среде Института в соответствии с требованиями Положения об электронной

информационно-образовательной среде Новомосковского института (филиала) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

6.1 Система оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок
Описание показателей и критериев оценивания сформированности части компетенции по дисциплине

Перечень компетенций	Этапы формирования компетенций	Показатели оценивания	Критерии оценивания
- способность к приобретению с большой степенью самостоятельности новых знаний с использованием современных образовательных и информационных технологий (ОПК-1); – умение выбирать основные и вспомогательные материалы, способы реализации технологических процессов, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении технологических машин (ПК-15).	Формирование знаний	Сформированность знаний (полнота, глубина, осознанность)	Знать: - законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты, calorические и переносные свойства веществ применительно к рабочим телам тепловых машин и теплоносителям, термодинамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в теплотехнических установках; – основные свойства теплоносителей и хладагентов, их преимущества и недостатки, основные термодинамические процессы, возможность их практической реализации в заданной технологической установке.
	Формирование умений	Сформированность умений (прочность, последовательность, правильность, результативность, рефлексивность)	Уметь: - проводить термодинамический анализ циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и увеличения к.п.д., используя при этом современные информационные технологии; - обобщать, анализировать и воспринимать информацию, ставить перед собой цель и выбирать пути ее достижения; - самостоятельно проводить анализ и принимать решения в рамках своей профессиональной компетенции по применению прогрессивных методов эксплуатации технологического оборудования.
	Формирование навыков и (или) опыта деятельности	Сформированность навыков и (или) опыта деятельности (качественность, скорость, автоматизм, редуцированность действий)	Владеть: - навыками термодинамического анализа рабочих процессов в тепловых машинах, определения параметров их работы и показателей тепловой эффективности; - навыками применения основных методов, способов и средств получения, хранения, переработки информации и привлечения для обработки и анализа полученных результатов соответствующего физико-математического аппарата; - навыками выбора оптимальных параметров теплоносителей, оптимальных способов реализации термодинамических процессов, прогрессивными методами эксплуатации теплотехнологического оборудования и методами увеличения показателей эффективности тепловых машин.

6.2. Цель контроля, вид контроля и условия достижения цели контроля

Цель контроля	Постановка задания	Вид контроля	Условие достижения цели контроля
Выявление уровня знаний, умений, овладения навыками	Вопросы ставятся в соответствии с алгоритмом действий, лежащих в основе знаний, умения, овладения навыками	Текущий Оценивание окончательных результатов изучения дисциплины	Цель контроля может быть достигнута только в ходе выполнения обучающимися соответствующих заданий, контрольных задач или упражнений.

Пример задания для оценки уровня сформированности части компетенции по дисциплине

Рассчитать параметры рабочего тела в характерных точках цикла пароконденсационной холодильной установки, определить холодильный коэффициент и мощность холодильной установки (ПК-15).

6.3. Шкала оценки и критерии уровня сформированности компетенций по дисциплине при текущей аттестации

Компетенция	Показатели текущего контроля	Уровень формирования компетенции		
		высокий	пороговый	не освоена

1	2	3	4	5
- способность к приобретению с большой степенью самостоятельности новых знаний с использованием современных образовательных и информационных технологий (ОПК-1); – умение выбирать основные и вспомогательные материалы, способы реализации технологических процессов, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении технологических машин (ПК-15).	Работа на практических занятиях	Активная, с оценкой отлично, хорошо	С оценкой удовлетворительно	Не участвовал
	Выполнение контрольных работ	Отлично, хорошо	Удовлетворительно	Не выполнены в полном объеме
	Уровень использования дополнительной литературы	Без помощи преподавателя	По указанию преподавателя	С помощью преподавателя

Критерии оценивания

Оценка «отлично» выставляется в случае, если студент демонстрирует полное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям, оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

Оценка «хорошо» выставляется в случае, если студент демонстрирует частичное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

Оценка «удовлетворительно» выставляется в случае, если студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателям: в ходе контрольных мероприятий студент показывает владение менее 50% приведенных показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется в случае, если студент демонстрирует полное отсутствие или явную недостаточность (менее 33%) знаний, умений, навыков в соответствии с планируемыми результатами обучения.

6.4. Шкала оценивания уровня сформированности компетенций при промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

Контроль результатов обучения по дисциплине проводится в форме устных ответов. Перечень вопросов доводится до сведения обучающегося накануне контроля.

По результатам ответов выставляются оценки:

- «зачтено»;
- «не зачтено».

Компетенция	Показатели оценки и результаты освоения РП	Уровень освоения компетенции	
		освоена	не освоена
		оценка «зачтено»	оценка «не зачтено»
	1. Уровень усвоения материала, предусмотренного программой. 2. Уровень выполнения заданий, предусмотренных программой. 3. Уровень изложения (культура речи, аргументированность, уверенность). 4. Уровень использования справочной литературы. 5. Уровень раскрытия причинно-следственных связей. 6. Ответы на вопросы: полнота, аргументированность, убежденность. 7. Ответственное отношение к работе, стремление к достижению высоких результатов, готовность к дискуссии.	Демонстрирует полное или по существу понимание проблемы. Требования, предъявляемые к заданию, выполнены полностью или в основном.	Демонстрирует небольшое понимание проблемы. Многие требования, предъявляемые к заданию не выполнены
- способность к приобретению с большой степенью самостоятельности новых знаний с использованием современных образовательных и информационных технологий (ОПК-1); – умение выбирать основные и	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; – основные свойства теплоносителей и хладагентов, их преимущества и недостатки, основные термодинамические процессы, возможность их	Полные ответы или ответы по существу на все теоретические вопросы. Полное или частичное решение предложенных практических заданий	Ответы менее чем на половину теоретических вопросов. Решение практических заданий не предложено

<p>вспомогательные материалы, способы реализации технологических процессов, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении технологических машин (ПК-15).</p>	<p>практической реализации в заданной технологической установке.</p> <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить термодинамический анализ циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и увеличения к.п.д., используя при этом современные информационные технологии; - обобщать, анализировать и воспринимать информацию, ставить перед собой цель и выбирать пути ее достижения; - самостоятельно проводить анализ и принимать решения в рамках своей профессиональной компетенции по применению прогрессивных методов эксплуатации технологического оборудования. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками термодинамического анализа рабочих процессов в тепловых машинах, определения параметров их работы и показателей тепловой эффективности; - навыками применения основных методов, способов и средств получения, хранения, переработки информации и привлечения для обработки и анализа полученных результатов соответствующего физико-математического аппарата; - навыками выбора оптимальных параметров теплоносителей, оптимальных способов реализации термодинамических процессов, прогрессивными методами эксплуатации теплотехнологического оборудования и методами увеличения показателей эффективности тепловых машин. 		
---	---	--	--

6.5. Оценочные материалы для текущего контроля

6.5.1 Задания к контрольным работам

Примеры задач контрольной работы:

Задача 1 (раздел 2, 3)

Считая теплоемкость идеального газа зависящей от температуры, определить: параметры газа в начальном и конечном состояниях, изменение внутренней энергии, теплоту, участвующую в процессе, и работу расширения. Исходные данные, необходимые для решения задачи, выбрать из табл. 1.

Задача 2 (разделы 5, 7)

Водяной пар, имея начальные параметры $p_1=5 \text{ МПа}$ и $x_1=0,9$, нагревается при постоянном давлении до температуры t_2 , затем дросселируется до давления p_3 . При давлении p_3 пар попадает в сопло Лавалья, где расширяется до давления $p_4=5 \text{ кПа}$. Определить, используя h,s -диаграмму водяного пара: количество теплоты, подведенной к пару в процессе 1-2; изменение внутренней энергии, а также конечную температуру t_3 в процессе дросселирования 2-3; конечные параметры и скорость на выходе из сопла Лавалья, а также расход пара в процессе изэнтропного истечения 3-4, если известна площадь минимального сечения сопла $f_{\text{мин}}$. Все процессы показать в h,s -диаграмме. Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из табл. 2.

Задача 3 (разделы 2, 3, 9)

Для теоретического цикла ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении определить параметры рабочего тела (воздуха) в характерных точках цикла, подведенную и отведенную теплоту, работу и термический КПД цикла, если начальное давление $p_1=0,1 \text{ МПа}$, начальная температура $t_1=27^\circ\text{C}$, степень повышения давления в компрессоре Π , температура газа перед турбиной t_3 . Определить теоретическую мощность ГТУ при заданном расходе воздуха G . Дать схему и цикл установки в p,v - и T,s - диаграммах. Данные для решения задачи выбрать из табл. 3.

Задача 4 (раздел 10)

Пар фреона-12 при температуре t_1 поступает в компрессор, где адиабатно сжимается до давления, при котором его температура становится равной t_2 , а сухость пара $x_2=1$. Из компрессора фреон поступает в конденсатор, где при постоянном давлении обращается в жидкость, после чего адиабатно расширяется в дросселе до температуры $t_4=t_1$. Определить холодильный коэффициент установки, массовый расход фреона, а также теоретическую мощность привода компрессора, если холодопроизводительность установки Q . Изобразите схему установки и ее цикл в T,s - и h,s - диаграммах. Данные для решения задачи выбрать из табл. 4.

Форма промежуточной аттестации - зачет, форма билета:

Утверждаю

Зав. кафедрой

подпись (Ф.И.О)

Министерство образования и науки РФ
Российский химико-технологический университет
имени Д.И. Менделеева
Новомосковский институт (филиал)
Направление подготовки бакалавров
15.03.02 Технологические машины и оборудование
Направленность Машины и аппараты химических производств

Кафедра Промышленная теплоэнергетика
Техническая термодинамика
Билет № 1

- 1.
- 2.
- 3.

.....
Лектор, к.т.н., доцент _____ (Фамилия И.О)

Примеры вопросов для зачета

БИЛЕТ № 12

1. Понятие идеального и реального газа. Основные законы идеального газа.
2. Что такое работа, как она вычисляется для различных процессов и как изображается графически?
3. Задача.

БИЛЕТ № 16

1. Теплоёмкость. Изобарная, изохорная теплоёмкости. Уравнение Майера.
2. Дайте формулировку и аналитическое выражение I закона термодинамики. Когда тепло, работа и изменение внутренней энергии считаются положительными, а когда отрицательными?
3. Задача.

Полный перечень вопросов приведен в приложении 4

Критерии оценивания и шкала оценок по заданиям билета

Оценка «отлично» выставляется в случае, если студент отвечает на все задания билета, свободно оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

Оценка «хорошо» выставляется в случае, если студент оперирует приобретенными знаниями, умениями, применяет их в стандартных ситуациях, но допускает незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

Оценка «удовлетворительно» выставляется в случае, если студент допускает существенные ошибки, проявляет отсутствие знаний, умений, по отдельным темам (не более 33%), испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется в случае, если студент демонстрирует полное отсутствие или явную недостаточность (менее 33%) знаний, умений в соответствии с планируемыми результатами обучения.

Вопросы для устного опроса

Тема 1. Предмет и метод термодинамики

- 1 Термодинамические параметры состояния.
- 2 Что называется уравнением состояния?
- 3 Дайте определение открытой и закрытой термодинамической системы.

Тема 2. Идеальный газ

- 1 Дайте определение идеального газа.
- 2 Уравнение состояния идеального газа.
- 3 Дайте определение теплоемкости.

Тема 3. Первый закон термодинамики

- 1 Понятие работы.
- 2 Внутренняя энергия и энтальпия, как функции состояния.
3. Уравнение первого закона термодинамики.

Тема 4. Второй закон термодинамики

- 1 Обратимые и необратимые процессы.
- 2 Изменение энтропии в необратимых процессах.
- 3 Уравнение второго закона термодинамики.

Тема 5. Равновесие в термодинамической системе

- 1 Основные условия термодинамического равновесия.
- 2 Уравнение Клапейрона -Клаузиуса.
- 3 Энергия Гиббса. Химический потенциал.

Тема 6. Сжатие газов и паров

- 1 Каким может быть процесс сжатия в компрессоре?
- 2 Работа на привод компрессора в различных процессах.
- 3 Когда применяют многоступенчатый компрессор?

Тема 7. Термодинамика процессов истечения

- 1 Уравнение неразрывности и сплошности потока.

- 2 Истечение через суживающееся сопло.
- 3 Адиабатное дросселирование.

Тема 8. Термодинамика паросиловых циклов

- 1 Цикл Карно.
- 2 Принципиальная схема паротурбинной установки (ПТУ).
- 3 Термический и внутренний к.п.д.

Тема 9. Термодинамика газовых циклов

- 1 Схема простейшей ГТУ.
- 2 Идеальный цикл ДВС с изобарным подводом теплоты.
- 3 К.п.д. газотурбинной установки с изобарным подводом теплоты.

Тема 10. Циклы холодильных установок и теплонасосных установок

- 1 Обратные термодинамические циклы, оценка их эффективности.
- 2 Цикл парокомпрессионной холодильной установки.
- 3 Определение холодопроизводительности и холодильного коэффициента.

7. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Организация образовательного процесса регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. Язык обучения (преподавания) — русский. Для всех видов аудиторных занятий «час» устанавливается продолжительностью 45 минут. Зачетная единица составляет 36 академических часов. Через каждые 45 мин контактной работы делается перерыв продолжительностью 5 мин, а после двух часов контактной работы делается перерыв продолжительностью 10 мин.

Сетевая форма реализации программы дисциплины не используется.

Обучающийся имеет право на зачет результатов обучения по дисциплине, если она освоена им при получении среднего профессионального образования и (или) высшего образования, а также дополнительного образования (при наличии) (далее - зачет результатов обучения). Зачтенные результаты обучения учитываются в качестве результатов промежуточной аттестации. Зачет результатов обучения осуществляется в порядке и формах, установленных локальным актом НИ РХТУ – Порядок и формы зачета результатов обучения по отдельным дисциплинам (модулям) и практикам, освоенным обучающимся, при реализации образовательных программ высшего образования - программам бакалавриата, программам специалитета в Новомосковском институте (филиале) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева».

7.1. Образовательные технологии

Учебный процесс при преподавании дисциплины основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и семинарскими (практическими) занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в информационной образовательной среде. При проведении учебных занятий обеспечивается развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств в том числе с учетом региональных особенностей профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей).

7.2. Лекции

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов содержания дисциплины.

На первой лекции лектор обязан предупредить студентов, применительно к какому базовому учебнику (учебникам, учебным пособиям) будет прочитан курс.

Лекционный курс обеспечивает более глубокое понимание учебных вопросов при значительно меньшей затрате времени, чем это требуется среднестатистическому студенту на самостоятельное изучение материала.

7.3. Занятия семинарского типа

Семинарские (практические) занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, направлены на отработку навыков, проводятся в целях закрепления курса и охватывают все основные разделы дисциплины.

Основной формой проведения семинаров и практических занятий является обсуждение наиболее проблемных и сложных вопросов по отдельным темам, а также решение задач и разбор примеров и ситуаций при контактной работе. В обязанности преподавателя входят: оказание методической помощи и консультирование студентов по соответствующим темам курса, ответы на вопросы, управление процессом решения задач.

Активность на практических занятиях оценивается по следующим критериям:

- ответы на вопросы, предлагаемые преподавателем;
- участие в дискуссиях;
- выполнение заданий (решение задач);

Доклады и оппонирование докладов проверяют степень владения теоретическим материалом, а также корректность и строгость рассуждений.

Оценивание практических заданий входит в оценку.

7.4. Самостоятельная работа студента

Для успешного усвоения дисциплины необходимо не только посещать аудиторские занятия, но и вести активную самостоятельную работу. При самостоятельной проработке курса обучающиеся должны:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- изучить рекомендованную основную и дополнительную литературу, составлять тезисы, аннотации и конспекты наиболее важных моментов;
- самостоятельно выполнить индивидуальное задание (раздел 5.8);
- использовать для самопроверки материала оценочные средства.

Индивидуальное задание оценивается по следующим критериям:

- правильность выполнения задания;
- аккуратность в оформлении работы;
- использование специальной литературы;
- своевременная сдача выполненного задания (указывается преподавателем).

7.5. Методические рекомендации для преподавателей

Основные принципы обучения

1. Цель обучения – развить мышление, выработать мировоззрение; познакомить с идеями и методами науки; научить применять принципы и законы для решения простых и нестандартных задач.

2. Обучение должно органически сочетаться с воспитанием. Нужно развивать в студентах волевые качества и трудолюбие. Ненавязчиво, к месту прививать элементы культуры поведения. В частности, преподаватель должен личным примером воспитывать в студентах пунктуальность и уважение к чужому времени.

3. Обучение должно быть не пассивным (сообщим студентам некоторый объем информации, расскажем, как решаются те или иные задачи), а активным. Нужно строить обучение так, чтобы в овладении материалом основную роль играла память логическая, а не формальная. Запоминание должно достигаться через глубокое понимание.

4. Одно из важнейших условий успешного обучения – умение организовать работу студентов.

5. Отношение преподавателя к студентам должно носить характер доброжелательной требовательности. Для стимулирования работы студентов нужно использовать поощрение, одобрение, похвалу, но не порицание (порицание может применяться лишь как исключение). Преподаватель должен быть для студентов доступным.

6. Необходим регулярный контроль работы студентов. Правильно поставленный, он помогает им организовать систематические занятия, а преподавателю достичь высоких результатов в обучении.

7. Важнейшей задачей преподавателей, ведущих занятия по дисциплине, является выработка у студентов осознания необходимости и полезности знания дисциплины как теоретической и практической основы для изучения профильных дисциплин.

8. С целью более эффективного усвоения студентами материала данной дисциплины рекомендуется при проведении лекционных, практических и лабораторных занятий использовать современные технические средства обучения, а именно презентации лекций, наглядные пособия в виде структурных схем,

9. Для более глубокого изучения предмета и подготовки ряда вопросов (тем) для самостоятельного изучения по разделам дисциплины преподаватель предоставляет студентам необходимую информацию о использовании учебно-методического обеспечения: учебниках, учебных пособиях, сборниках примеров и задач и описание лабораторных работ, наличии Интернет-ресурсов.

При текущем контроле рекомендуется использовать контрольные работы.

10. Цель лекции – формирование у студентов ориентировочной основы для последующего усвоения материала методом самостоятельной работы. Содержание лекции должно отвечать следующим дидактическим требованиям:

- изложение материала от простого к сложному, от известного к неизвестному;
- логичность, четкость и ясность в изложении материала;
- возможность проблемного изложения, дискуссии, диалога с целью активизации деятельности студентов;
- опора смысловой части лекции на подлинные факты, события, явления, статистические данные;
- тесная связь теоретических положений и выводов с практикой и будущей профессиональной деятельностью студентов.

Преподаватель, читающий лекционные курсы, должен знать существующие в педагогической практике варианты лекций, их дидактические и воспитывающие возможности, а также их место в структуре процесса обучения.

11. При проведении аттестации студентов важно всегда помнить, что систематичность, объективность, аргументированность – главные принципы, на которых основаны контроль и оценка знаний студентов. Знание критериев оценки знаний обязательно для преподавателя и студента.

7.6. Методические указания для студентов

По подготовке к лекционным занятиям

Изучение дисциплины требует систематического и последовательного накопления теоретических знаний, следовательно, пропуски отдельных тем не позволяют глубоко освоить предмет. Студентам необходимо:

1. перед каждой лекцией просматривать рабочую программу дисциплины;
2. перед следующей лекцией необходимо просмотреть по конспекту материал предыдущей.

При затруднениях в восприятии материала следует обратиться к основным литературным источникам. Если разобраться в материале не удалось, необходимо обратиться к лектору или к преподавателю на практических занятиях.

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Тема 1. Предмет и метод термодинамики

Вопросы для самопроверки:

- 1 Термодинамические параметры состояния.
- 2 Что называется уравнением состояния?
- 3 Дайте определение открытой и закрытой термодинамической системы.

Задания для самостоятельной работы:

Самостоятельное изучение соответствующих разделов основной и дополнительной литературы

Тема 2. Идеальный газ

- 1 Дайте определение идеального газа.
- 2 Уравнение состояния идеального газа.
- 3 Дайте определение теплоемкости.

Задания для самостоятельной работы:

Самостоятельное изучение соответствующих разделов основной и дополнительной литературы

Тема 3. Первый закон термодинамики

- 1 Понятие работы.
- 2 Внутренняя энергия и энтальпия, как функции состояния.
4. Уравнение первого закона термодинамики.

Тема 4. Второй закон термодинамики

- 1 Обратимые и необратимые процессы.
- 2 Изменение энтропии в необратимых процессах.
- 3 Уравнение второго закона термодинамики.

Тема 5. Равновесие в термодинамической системе

- 1 Основные условия термодинамического равновесия.
- 2 Уравнение Клапейрона -Клаузиуса.
- 3 Энергия Гиббса. Химический потенциал.

Тема 6. Сжатие газов и паров

- 1 Каким может быть процесс сжатия в компрессоре?
- 2 Работа на привод компрессора в различных процессах.
- 3 Когда применяют многоступенчатый компрессор?

Тема 7. Термодинамика процессов истечения

- 1 Уравнение неразрывности и сплошности потока.
- 2 Истечение через суживающееся сопло.
- 3 Адиабатное дросселирование.

Тема 8. Термодинамика паросиловых циклов

- 1 Цикл Карно.
- 2 Принципиальная схема паротурбинной установки (ПТУ).
- 3 Термический и внутренний к.п.д.

Тема 9. Термодинамика газовых циклов

- 1 Схема простейшей ГТУ.
- 2 Идеальный цикл ДВС с изобарным подводом теплоты.
- 3 К.п.д. газотурбинной установки с изобарным подводом теплоты.

Тема 10. Циклы холодильных установок и теплонасосных установок

- 1 Обратные термодинамические циклы, оценка их эффективности.
- 2 Цикл парокомпрессионной холодильной установки.
- 3 Определение холодопроизводительности и холодильного коэффициента.

По самостоятельному выполнению контрольного задания

Усвоение материала дисциплины во многом зависит от осмысленного выполнения контрольного задания.

При решении задач целесообразно руководствоваться следующими правилами.

1. Прежде всего, нужно хорошо вникнуть в условие задачи.
2. Подобрать необходимый способ решения задачи.

Решение задач принесет наибольшую пользу только в том случае, если обучающийся решает задачи самостоятельно. Решить задачу без помощи, без подсказки часто бывает нелегко и не всегда удается. Но даже не увенчавшиеся успехом попытки найти решение, если они предпринимались достаточно настойчиво, приносят ощутимую пользу, так как развивают мышление и укрепляют волю. Решение задач ни в коем случае не следует откладывать на последний вечер перед занятиями, как, к сожалению, нередко поступают студенты. В этом случае более сложные и притом наиболее содержательные и полезные задачи заведомо не могут быть решены. В рекомендуемых учебниках и сборниках задач, в разделе, в котором помещены задачи для решения, имеются примеры (рассмотренные

задачи). Поэтому толчком к решению данной задачи может послужить ознакомление с несколькими решенными задачами.

По работе с литературой

В рабочей программе дисциплины представлен список основной и дополнительной литературы – это учебники, учебно-методические пособия или указания. Дополнительная литература – учебники, монографии, сборники научных трудов, журнальные и газетные статьи, различные справочники, энциклопедии, Интернет-ресурсы.

Любая форма самостоятельной работы студента (подготовка к семинарскому занятию, докладу и т.п.) начинается с изучения соответствующей литературы как в библиотеке / электронно-библиотечной системе, так и дома. Изучение указанных источников расширяет границы понимания предмета дисциплины.

7.7. Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Профессорско-преподавательский состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

Предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производится с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования).

Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств, а именно:

- в печатной или электронной форме (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- в печатной форме или электронной форме с увеличенным шрифтом и контрастностью (для лиц с нарушениями слуха, речи, зрения);
- методом чтения ассистентом задания вслух (для лиц с нарушениями зрения).

Лабораторные работы выполняются методом вычислительного эксперимента.

Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания, а именно:

- письменно на бумаге или набором ответов на компьютере (для лиц с нарушениями слуха, речи);
- выбором ответа из возможных вариантов при тестировании с использованием услуг ассистента (для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата);
- устно (для лиц с нарушениями зрения, опорно-двигательного аппарата).

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Нащокин В.В. Техническая термодинамика и теплопередача: Учеб. пособие/ В.В. Нащокин. - 4-е изд., стереотип. – М., 2008. – 469 с.
2. Сборник задач по технической термодинамике: Учеб. пособие для вузов/ Т.Н. Андрианова, Б.В. Дзампов, В.Н. Зубарев, С.А. Ремизов. – М.: Изд. Дом МЭИ, 2006 – 354 с.

Дополнительная литература:

1. Кириллин В.А. Техническая термодинамика: учебник для вузов / Кириллин В.А., Сычев В.В., Шейндлин А.Е.– М.: Изд. Дом МЭИ, 2008. – 494 с.
2. Александров А.А., Григорьев Б.А. Таблицы теплофизических свойств воды и водяного пара: Справочник. – М.: Издательство МЭИ, 2006. -168 с.

8.2. Информационные и информационно-образовательные ресурсы

При освоении дисциплины студенты должны использовать информационные и информационно-образовательные ресурсы следующих порталов и сайтов:

1. <http://www.rosteplo.ru/>
2. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: бесплатная электронная библиотека. Режим доступа: <http://window.edu.ru/>
3. Библиотека НИ РХТУ им. Д.И. Менделеева / Официальный сайт НИ РХТУ им. Д.И. Менделеева. Режим доступа: <http://www.nirhtu.ru/administration/library.html>
4. Электронно-библиотечная система «Лань». Режим доступа: <https://e.lanbook.com/>
5. Кафедра «Промышленная теплоэнергетика» / Официальный сайт НИ РХТУ им. Д.И. Менделеева. Режим доступа: <http://www.nirhtu.ru/faculties/energy-mechanic/pte.html>

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы обучающихся, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспеченные доступом в электронную информационно-образовательную среду Института, помещения для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования.

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Приспособленность помещений для использования инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья		
Лекционная аудитория 303 (корпус 1)	Комплекты учебной мебели, меловая доска , наглядные пособия, комплекты плакатов к лабораторным работам.	приспособлено		
Аудитория для проведения занятий семинарского типа (лабораторные и практические). 303 (корпус 1)	Комплекты учебной мебели, меловая доска , наглядные пособия, комплекты плакатов к лабораторным работам.	приспособлено		
Аудитории для групповых и индивидуальных консультаций обучающихся, текущего контроля и промежуточной аттестации 303 (корпус 1)	Комплекты учебной мебели, меловая доска , наглядные пособия, комплекты плакатов к лабораторным работам.	приспособлено		
Помещение для самостоятельной работы студентов 306 (корпус 1)	Комплекты учебной мебели, меловая доска, персональные компьютеры с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспеченные доступом в электронную информационно-образовательную среду, комплект мультимедийного оборудования.	приспособлено		
	Оборудование:			
	№		Наименование оборудования	Количество
	1		Персональный компьютер	12
	2		Жидкокристаллический монитор	11
	3		МФУ	2
4	Проектор	1		
5	Проекционный экран	1		

Технические средства обучения, служащие для предоставления учебной информации большой аудитории

ПК: процессор N3050 с тактовой частотой 1.6 ГГц, оперативной памятью 2 Гб, SSD 60Гб, с возможностью просмотра видеоматериалов и презентаций, с неограниченным доступом в Интернет, к ЭБС, электронным образовательным и информационным ресурсам, базе данных электронного каталога Института, системе управления учебными курсами Moodle, учебно-методическим материалам.

Проектор, экран

Программное обеспечение

1. Операционная система (MS Windows XP распространяется под лицензией [The Novomoskovsk university \(the branch\) - EMDEPT - DreamSpark Premium http://e5.onthehub.com/WebStore/Welcome.aspx?vsro=8&ws=9f5a10ad-c98b-e011-969d-0030487d8897](http://e5.onthehub.com/WebStore/Welcome.aspx?vsro=8&ws=9f5a10ad-c98b-e011-969d-0030487d8897). Номер учетной записи e5: 100039214

2. Текстовый редактор (LibreOffice Writer) распространяется под лицензией LGPLv3

3. Табличный процессор (LibreOffice Calc) распространяется под лицензией LGPLv3

4. Редактор презентаций (LibreOffice Impress) распространяется под лицензией LGPLv3

Печатные и электронные образовательные и информационные ресурсы:

Информационно-методические материалы: учебные пособия по дисциплине; раздаточный материал к разделам лекционного курса;

Электронные образовательные ресурсы: учебно-методические разработки в электронном виде; справочные материалы в печатном и электронном виде; кафедральная библиотека электронных изданий

Учебно-наглядные пособия:

Комплекты плакатов к лабораторным работам; наглядные пособия для практических занятий.

АННОТАЦИЯ
рабочей программы дисциплины
Техническая термодинамика

1. Общая трудоемкость (з.е./ час): 3 / 108. Контактная работа аудиторная 14 час., из них: лекционные 6 час, практические 8 час. Самостоятельная работа студента 90 час. Форма промежуточного контроля: зачет. Дисциплина изучается на 3 курсе в 5 семестре.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина реализуется в рамках вариативной части Блока 1 ОПОП. Является дисциплиной по выбору.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин «Математика», «Физика», «Химия» и др.

3. Цель и задачи изучения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование у студентов знаний и умений о фундаментальных законах осуществления тепловых процессов, термодинамических методах анализа замкнутых и разомкнутых теплотехнических процессов разного назначения и выработки практических навыков определения термодинамических характеристик процессов с одно- и двухфазными рабочими телами и теплоносителями.

Задачи преподавания дисциплины:

- освоение методик расчета термодинамических процессов;
- получение знаний об основных термодинамических диаграммах, расчетах процессов с использованием диаграмм и таблиц теплофизических свойств веществ;
- теоретическое обоснование различных теплоэнергетических установок;
- освоение методов повышения эффективности различных устройств и установок.

4. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1.	Предмет и метод термодинамики	Параметры состояния. Уравнение состояния. Термодинамическая система и окружающая среда. Термодинамические диаграммы.
2.	Идеальный газ	Понятие идеального газа. Законы и уравнение идеального газа. Понятие теплоемкости.
3.	Первый закон термодинамики	Понятие работы. Работа изменения объема. Внутренняя энергия и энтальпия, как функции состояния. Теплота процесса. Теплота и работа – формы передачи энергии. Внутренняя энергия и энтальпия, теплоемкость идеального газа. Основные термодинамические процессы. Уравнение первого закона термодинамики.
4	Второй закон термодинамики	Понятие термодинамических циклов. Термодинамический к.п.д. прямого цикла. Обратимые и необратимые процессы. Цикл Карно и его термический к.п.д. Изменение энтропии в необратимых процессах. Уравнение второго закона термодинамики. Работоспособность изолированной системы. Эксергия теплоты. Формулировки второго закона термодинамики.
5	Равновесие в термодинамической системе	Понятие фаз. Энергия Гиббса. Химический потенциал. Основные условия термодинамического равновесия. Правило фаз Гиббса. Фазовые переходы. Уравнение Клапейрона -Клаузиуса. Опыт Эндрюса, критические параметры. Свойства двухфазных систем. T-s и h-s диаграммы воды и водяного пара. Расчет термодинамических процессов для воды и водяного пара по термодинамическим таблицам, T-s и h-s диаграммам.
6	Сжатие газов и паров	Идеальный одноступенчатый компрессор. Работа на привод компрессора в различных процессах. Реальный одноступенчатый компрессор. Многоступенчатый компрессор.
7	Термодинамика процессов истечения	Первый закон термодинамики для потока массы. Уравнение неразрывности и сплошности потока. Уравнение Бернулли. Скорость звука. Истечение через суживающееся сопло. Сопло Лаваля. Адиабатное истечение с трением. Адиабатное дросселирование. Эффект Джоуля-Томсона, кривая инверсии.
8	Термодинамика паросиловых циклов	Классификация термодинамических циклов. Принципиальная схема паротурбинной установки (ПТУ). Термический и внутренний к.п.д. Влияние начальных и конечных параметров турбоагрегата на к.п.д. Теплофикационный цикл ПТУ.
9	Термодинамика газовых циклов	Цикл простейшей газотурбинной установки, ее к.п.д. Цикл ГТУ с многоступенчатым сжатием и многоступенчатым подводом теплоты. Регенеративный цикл ГТУ. Теплофикационные ГТУ. Циклы двигателей внутреннего сгорания (ДВС). Идеальные циклы ДВС с изобарным, изохорным и комбинированным подводом теплоты, их сравнение по среднеинтегральным температурам и по среднему давлению.
10	Циклы холодильных установок и теплонасосных установок	Обратные термодинамические циклы, оценка их эффективности. Цикл парокомпрессионной холодильной установки. Требования к теплофизическим свойствам хладагентов. Определение холодопроизводительности и холодильного коэффициента. Цикл абсорбционной холодильной установки. Цикл теплонасосной установки. Определение отопительного коэффициента.

5. Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения образовательной программы

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Содержание компетенции (результаты освоения ООП)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
ОПК-1	- способность к приобретению с большой степенью самостоятельности новых знаний с использованием современных образовательных и информационных технологий	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - законы сохранения и превращения энергии применительно к системам передачи и трансформации теплоты, calorические и переносные свойства веществ применительно к рабочим телам тепловых машин и теплоносителям, термодинамические процессы и циклы преобразования энергии, протекающие в теплотехнических установках. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - проводить термодинамический анализ циклов тепловых машин с целью оптимизации их рабочих характеристик и увеличения к.п.д., используя при этом современные информационные технологии. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками термодинамического анализа рабочих процессов в тепловых машинах, определения параметров их работы и показателей тепловой эффективности; - навыками применения основных методов, способов и средств получения, хранения, переработки информации и привлечения для обработки и анализа полученных результатов соответствующего физико-математического аппарата.
ПК-15	– умение выбирать основные и вспомогательные материалы, способы реализации технологических процессов, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении технологических машин	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные свойства теплоносителей и хладагентов, их преимущества и недостатки, основные термодинамические процессы, возможность их практической реализации в заданной технологической установке. <p>Уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> - обобщать, анализировать и воспринимать информацию, ставить перед собой цель и выбирать пути ее достижения; - самостоятельно проводить анализ и принимать решения в рамках своей профессиональной компетенции по применению прогрессивных методов эксплуатации технологического оборудования. <p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> - навыками выбора оптимальных параметров теплоносителей, оптимальных способов реализации термодинамических процессов, прогрессивными методами эксплуатации теплотехнологического оборудования и методами увеличения показателей эффективности тепловых машин.

Разработчик

Старший преподаватель кафедры ПТЭ НИ РХТУ _____ (Курило Н.А.)

Перечень контрольных заданий

Задача 1

Считая теплоемкость идеального газа зависящей от температуры, определить: параметры газа в начальном и конечном состояниях, изменение внутренней энергии, теплоту, участвующую в процессе, и работу расширения. Исходные данные, необходимые для решения задачи, выбрать из табл. 1.

Последняя цифра шифра	Процесс	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	Предпоследняя цифра шифра	Газ	$P_1, \text{МПа}$	$m, \text{кг}$
0	Изохорный	2400	400	0	O ₂	1	2
1	Изобарный	2200	300	1	N ₂	4	5
2	Адиабатный	2000	300	2	H ₂	2	10
3	Изохорный	1800	500	3	N ₂	3	4
4	Изобарный	1600	400	4	CO	5	6
5	Адиабатный	1700	100	5	CO ₂	6	8
6	Изохорный	1900	200	6	N ₂	8	3
7	Изобарный	2100	500	7	H ₂	10	12
8	Адиабатный	2300	300	8	O ₂	12	7
9	Изобарный	1500	100	9	CO	7	9

Задача 2

Водяной пар, имея начальные параметры $p_1=5 \text{ МПа}$ и $x_1=0,9$, нагревается при постоянном давлении до температуры t_2 , затем дросселируется до давления p_3 . При давлении p_3 пар попадает в сопло Лаваля, где расширяется до давления $p_4=5 \text{ кПа}$. Определить, используя h,s -диаграмму водяного пара: количество теплоты, подведенной к пару в процессе 1-2; изменение внутренней энергии, а также конечную температуру t_3 в процессе дросселирования 2-3; конечные параметры и скорость на выходе из сопла Лаваля, а также расход пара в процессе изэнтропного истечения 3-4, если известна площадь минимального сечения сопла f_{min} . Все процессы показать в h,s -диаграмме. Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из табл. 2.

Последняя цифра шифра	$t_2, ^\circ\text{C}$	Предпоследняя цифра шифра	$P_3, \text{МПа}$	$f_{min}, \text{см}^2$	Последняя цифра шифра	$t_2, ^\circ\text{C}$	Предпоследняя цифра шифра	$P_3, \text{МПа}$	$f_{min}, \text{см}^2$
0	300	0	1,4	10	5	460	5	0,9	60
1	330	1	1,3	20	6	500	6	0,8	70
2	370	2	1,2	30	7	570	7	0,7	80
3	400	3	1,1	40	8	550	8	0,6	90
4	420	4	1,0	50	9	600	9	0,5	100

Задача 3

Для теоретического цикла ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении определить параметры рабочего тела (воздуха) в характерных точках цикла, подведенную и отведенную теплоту, работу и термический КПД цикла, если начальное давление $p_1=0,1 \text{ МПа}$, начальная температура $t_1=27^\circ\text{C}$, степень повышения давления в компрессоре Π , температура газа перед турбиной t_3 . Определить теоретическую мощность ГТУ при заданном расходе воздуха G . Дать схему и цикл установки в p,v - и T,s - диаграммах. Данные для решения задачи выбрать из табл. 3.

Последняя цифра шифра	$\pi = \frac{p_2}{p_1}$	Предпоследняя цифра шифра	$t_3, ^\circ\text{C}$	$G, \text{кг/с}$	Последняя цифра шифра	$\pi = \frac{p_2}{p_1}$	Предпоследняя цифра шифра	$t_3, ^\circ\text{C}$	$G, \text{кг/с}$
0	6	0	700	35	5	7,5	5	725	60
1	6,5	1	725	25	6	7	6	750	70
2	7	2	750	30	7	6,5	7	775	80
3	7,5	3	775	40	8	6	8	800	90
4	8	4	700	50	9	7	9	825	100

Задача 4

Пар фреона-12 при температуре t_1 поступает в компрессор, где адиабатно сжимается до давления, при котором его температура становится равной t_2 , а сухость пара $x_2=1$. Из компрессора фреон поступает в конденсатор, где при постоянном давлении обращается в жидкость, после чего адиабатно расширяется в дросселе до температуры $t_4=t_1$. Определить холодильный коэффициент установки, массовый расход фреона, а также теоретическую мощность привода компрессора, если холодопроизводительность установки Q . Изобразите схему установки и ее цикл в T,s - и h,s -диаграммах. Данные для решения задачи выбрать из табл. 4.

Последняя цифра шифра	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	Предпоследняя цифра шифра	$Q, \text{кВт}$	Последняя цифра шифра	$t_1, ^\circ\text{C}$	$t_2, ^\circ\text{C}$	Предпоследняя цифра шифра	$Q, \text{кВт}$
0	-15	10	0	270	5	-20	30	5	260
1	-10	10	1	240	6	-15	15	6	190
2	-15	25	2	130	7	-10	15	7	170
3	-20	20	3	280	8	-15	20	8	200
4	-20	15	4	300	9	-20	25	9	150

Вопросы и задачи к промежуточной аттестации (зачет)

Контрольные вопросы:

1. Понятие идеального и реального газа. Основные законы идеального газа.
2. Уравнение адиабаты Пуассона. Чему равен показатель адиабаты?
3. Что такое параметр состояния? Что такое рабочее тело, почему в качестве рабочего тела используют тела в газообразном состоянии?
4. Политропный процесс – как обобщающий термодинамические процессы, теплоемкость политропного процесса.
5. Уравнение состояния идеального газа. Характеристическая газовая постоянная, газовая постоянная смеси газов.
6. Изобарный процесс, соотношения между параметрами в изобарном процессе, теплота, работа и изменение энтропии.
7. Смеси газов. Состав смеси. Кажущаяся молекулярная масса смеси. Газовая постоянная смеси.
8. Адиабатный процесс. Соотношение между параметрами, вычисление теплоты, работы, изменения энтропии в адиабатном процессе.
9. Закон Дальтона. Парциальное давление. Парциальный объем.
10. Политропный процесс, соотношение между параметрами, вычисление теплоты, работы, изменения энтропии в политропном процессе.
11. Что такое работа, как она вычисляется для различных процессов и как изображается графически?
12. Теплоемкость. Истинная и средняя теплоемкости. Связь между ними. Теплоемкость смеси газов.
13. Что такое внутренняя энергия, как она вычисляется для различных процессов?
14. Дайте формулировку и аналитическое выражение I закона термодинамики. Когда тепло, работа и изменение внутренней энергии считаются положительными, а когда отрицательными?
15. Какой цикл называется прямым и какой обратным, чем оценивается эффективность циклов? Для чего служат тепловые машины, работающие по прямому и обратному циклам?
16. Энтальпия. Как она вычисляется в различных процессах? Энтальпия смеси газов.
17. Изотермический процесс изменения состояния водяного пара.
18. Теплоемкость. Изобарная, изохорная теплоемкости. Уравнение Майёра.
19. Изобарный процесс изменения состояния водяного пара.
20. Энтропия. Физический смысл энтропии. Вычисление энтропии в различных процессах.
21. Изохорный процесс, соотношение между параметрами в изохорном процессе, вычисление теплоты. Работы и изменение энтропии.
22. Почему энтропия является параметром состояния? Чему равен интеграл Клаузиуса для обратимых и необратимых циклов?
23. Теплоемкость. Удельная теплоемкость. Массовая, молярная, объемная теплоемкости. Связь между ними.
24. Изохорный и адиабатный процессы изменения состояния водяного пара.
25. $h-S$ - диаграмма воды и водяного пара, основные процессы в этой диаграмме.
26. $T-S$ -диаграмма воды и водяного пара, основные процессы в этой диаграмме.
27. Как изменяется степень сухости влажного водяного пара в изобарном и изохорном процессах?
28. Почему при наличии двух источников тепла единственным возможным обратимым циклом является цикл Карно? Каким образом при помощи аналитического выражения 2-го закона термодинамики можно определить знак тепла в процессах?
29. Изотермический процесс, соотношение между параметрами в изотермическом процессе, вычисление теплоты, изменения энтропии.
30. Сжатие газов в реальном компрессоре. Почему невозможно сжимать газ до высоких давлений в одноступенчатом компрессоре?
31. Сжатие газов в многоступенчатом компрессоре.
32. Уравнение I закона термодинамики для потока
33. Уравнение неразрывности и сплошности потока. Скорость звука.
34. Основные процессы течения. Уравнение Бернулли.
35. Истечение газов через суживающиеся сопла. Критическое отношение давлений.
36. Истечение газов через сопло Лавала.
37. Адиабатное истечение газов с учетом трения.
38. Основные соотношения для адиабатного дросселирования.
39. Интегральный и дифференциальный дроссель-эффект.
40. Классификация термодинамических циклов. Какими параметрами характеризуются прямые и обратные циклы?
41. Сравнение эффективности обратимых прямых циклов?
42. Сравнение эффективности необратимых прямых циклов?
43. Схема установки простейшего цикла Ренкина, его термический к.п.д.
44. Влияние начальных и конечных параметров пара в турбоустановке на термический и внутренний к.п.д. цикла Ренкина.
45. Цикл Ренкина с промежуточным перегревом пара.
46. Цикл Ренкина с регенеративным подогревом питательной воды.
47. Схема и термодинамические диаграммы простейшей ГТУ с подводом теплоты при постоянном давлении. Термический к.п.д.
48. Схема ГТУ с многоступенчатым сжатием и многоступенчатым подводом теплоты.
49. Сравнение эффективности ПТУ и ГТУ. Эффективность парогазовых установок.
50. Цикл ДВС с подводом теплоты при постоянном давлении.
51. Цикл ДВС с подводом теплоты при постоянном объеме.
52. Цикл ДВС со смешанным подводом теплоты.
53. Сравнение эффективности циклов ДВС.
54. Цикл пароконденсационной холодильной установки.

Контрольные задачи:

1. 1 кг сухого насыщенного пара расширяется без теплообмена с окружающей средой от температуры $t_1 = 180^\circ\text{C}$ до температуры $t_2 = 150^\circ\text{C}$. Определить состояние и параметры пара в конце расширения, а также изменение энтальпии и работу расширения. Изобразить процесс в $T-S$ и $h-S$ -диаграммах.
2. 4 кг водяного пара, имеющие начальное абсолютное давление $P_1 = 0,9$ МПа, расширяются при постоянной температуре от объема $V_1 = 0,2$ м³ до $V_2 = 0,4$ м³. Определить работу расширения и количество подведенного тепла. Изобразить процесс в $T-S$ и $h-S$ -диаграммах.

3. Для сушки используют воздух при $t_1 = 20^\circ\text{C}$ и $\varphi_1 = 60\%$. В калорифере его подогревают до $t_2 = 90^\circ\text{C}$ и направляют в сушилку, откуда выходит при $t_3 = 40^\circ\text{C}$. Определить конечное влагосодержание и расход тепла в калорифере.
4. В закрытом сосуде содержится 1 м^3 сухого насыщенного пара при давлении 1 МПа. Определить давление, степень сухости пара и количество отданного тепла, если он охладился до температуры 60°C .
5. В паровом котле находится 8250 кг. влажного пара, имеющего степень сухости $x=0,0015$ при давлении 0,4 МПа. Сколько времени необходимо для поднятия давления до 1 МПа при закрытых вентилях, если пару сообщается 18 МДж/мин.?
6. Энтальпия влажного пара при давлении $p_1=1,4$ МПа составляет 2720 кДж/кг. Как изменится состояние пара при подводе к 1 кг пара 80 кДж тепла при постоянном давлении?
7. 10 м^3 воздуха, находящегося в начальном состоянии при н.у., сжимают до конечной температуры 400°C . Сжатие производится: 1) изохорно, 2) изобарно, 3) адиабатно и 4) политропно с показателем политропы $n=2,2$. Определить изменение энтропии в каждом из процессов.
8. Баллон с воздухом объёмом 40 л имеет избыточное давление $P_1=13,9$ МПа при температуре $t_1 = -23^\circ\text{C}$. Определить избыточное давление воздуха в баллоне p_2 после того, как его температура стала $t_2 = 27^\circ\text{C}$, а также количество воздуха, которое необходимо выпустить, чтобы при $t_3 = t_2 = 27^\circ\text{C}$ давление упало снова до P_1 .
9. Определить численные значения постоянных "а" и "в" в уравнении состояния Ван-дер-Ваальса для водяного пара, если известны его критические параметры: $t_{кр.} = 374,1^\circ\text{C}$, $P_{кр.} = 22,12\text{ МПа}$.
10. 1 кг CO_2 расширяется при постоянной температуре $t = 100^\circ\text{C}$, при этом удельный объём газа увеличивается с $v_1 = 0,5\text{ м}^3/\text{кг}$ до $2,5\text{ м}^3/\text{кг}$. Определить работу расширения, считая CO_2 идеальным газом и реальным, подчиняющимся уравнению Ван-дер-Ваальса для углекислоты $a = 191\text{ н м}^4/\text{кг}^2$ и $b = 0,984\text{ } 10^{-3}\text{ м}^3/\text{кг}$.
11. В сосуде объёмом 300 л заключён воздух при давлении $P_1=5$ МПа и температуре $t_1=20^\circ\text{C}$. Параметры среды $P_0=0,1$ МПа, $t_0=20^\circ\text{C}$. Определить максимальную полезную работу, которую может произвести воздух, находящийся в сосуде?
12. Объёмный состав сухих продуктов сгорания следующий: $\text{CO}_2=12,3\%$, $\text{O}_2=7,2\%$, $\text{N}_2=80,75\%$. Найти кажущуюся молекулярную массу и газовую постоянную, а также уд. объём продуктов сгорания при $V=750\text{ мм. рт. ст.}$ и $t=800^\circ\text{C}$.
13. Определить газовую постоянную и плотность смеси, а также парциальные давления отдельных компонентов, если смесь состоит из 14% CO_2 , 73% N_2 , 6% O_2 и 7% H_2O по объёму. Абсолютное давление смеси равно $P=0,2$ МПа, а температура $t=300^\circ\text{C}$.
14. В компрессор газотурбинной установки входит воздух при $P_1=0,1$ МПа и $t_1=20^\circ\text{C}$. Воздух сжимается адиабатно до $P_2=3,0$ МПа. Определить температуру в конце сжатия.
15. В закрытом сосуде объёмом 6 м^3 находится сернистый ангидрид при давлении $P_1=0,2$ МПа и температуре $t_1=27^\circ\text{C}$. Газ нагревается пока давление не станет равным 0,9 МПа. Определить параметры газа в конце процесса и количество подведённой теплоты. Считать газ идеальным.
16. Определить эксергию 100 кДж теплоты при температуре 700°C . Температура среды 0°C .
17. В цилиндре диаметром $d=80\text{ мм}$ содержится 1 л воздуха при избыточном давлении $P=0,2$ МПа и температуре $t_1=27^\circ\text{C}$. Атмосферное давление $P_0=750\text{ мм. рт. ст.}$ До какой температуры следует нагреть воздух в цилиндре, чтобы движущийся без трения поршень поднялся на 60 мм при постоянном давлении в цилиндре?
18. В обратимом цикле Карно отводится 400 кДж/кг тепла, а его термический к.п.д. равен 0,4. Определить подведённое тепло и работу цикла.
19. Давление водяных паров в воздухе комнаты равно 2 кПа. Сколько содержится водяного пара в комнате? Площадь комнаты 25 м^2 , высота 3 м, температура воздуха 25°C .
20. В резервуаре находится 100 кг влажного пара при степени сухости $x=0,8$ и температуре $t_1=250^\circ\text{C}$. Определить объём резервуара.
21. В идеальном цикле паросиловой установки с промежуточным перегревом пара на выходе из цилиндра высокого давления турбины давление пара $P_{пр} = 0,8$ МПа и степень сухости $X_{пр} = 0,98$. Вторичный перегрев пара проводится до такой температуры, что после расширения пара в цилиндре низкого давления до давления $P_2 = 0,004$ МПа его степень сухости $X_2=0,93$. Определить количество тепла, сообщаемое пару во вторичном пароперегревателе.
22. Определить термический к.п.д. цикла паросиловой установки с регенеративным отбором при давлении 0,3 МПа, если в турбину поступает пар с параметрами $P = 6$ МПа и $t = 450^\circ\text{C}$, давление в конденсаторе $P_2 = 0,004$ МПа.
23. Давление водяных паров в воздухе в аудитории равно 2 кПа. Сколько водяного пара содержится в аудитории? Площадь аудитории 50 м^2 , высота 3 м, температура воздуха 17°C .
24. Парокомпрессионная холодильная установка с редукционным вентилем работает на фреоне-12 в интервале температур от -15°C до 15°C . Пар хладагента выходит из компрессора сухим насыщенным. Определить холодопроизводительность установки, холодильный коэффициент и работу, затраченную в установке.
25. Сравнить термический к.п.д. циклов Ренкина, осуществленных при начальных и конечных давлениях $P_1=2$ МПа и $P_2=0,02$ МПа, если в одном случае пар влажный со степенью сухости 0,9, в другом – пар сухой насыщенный, а в третьем – перегретый с температурой 300°C .
26. Определить теоретическую мощность привода одноступенчатого компрессора при адиабатном сжатии воздуха, если его производительность $15\text{ м}^3/\text{с}$, начальное давление 0,1 МПа. Какова его производительность в час.
27. 2 кг метана изохорно сжимаются от $p_1=0,1$ МПа до 5 МПа. Начальная температура метана 27°C . Определить теплоту, изменение энтальпии и энтропии процесса. Считать метан идеальным газом.
28. Определить состояние пара за турбиной и рассчитать внутренний к.п.д. паротурбинной установки, если начальные параметры пара $p_1=13\text{ МПа}$ и $t_1=550^\circ\text{C}$, давление в конденсаторе $p_2=4\text{ кПа}$, внутренние относительные к.п.д. и питательного насоса равны соответственно 0,85 и 0,9.
29. Определить теоретическую мощность привода одноступенчатого компрессора при изотермическом сжатии воздуха, если его производительность при начальных параметрах $p_1=0,1\text{ МПа}$ и $t_1=27^\circ\text{C}$ составляет $V_1=0,1\text{ м}^3/\text{с}$, конечное давление 0,7 МПа. определить также расход охлаждающей воды, если ее температура повышается в рубашке компрессора на 20°C .
30. Определить внутренний относительный к.п.д. турбины, если внутренние потери вследствие необратимости процесса расширения пара в турбине 140 кДж/кг. Параметры пара перед турбиной $p_1=10\text{ МПа}$, $t_1=500^\circ\text{C}$, давление в конденсаторе 4 кПа.
31. Через суживающееся сопло подается воздух с параметрами $p_1=6\text{ МПа}$, $t_1=200^\circ\text{C}$. Определить скорость истечения, удельный объём и температуру на выходе из сопла, если давление из сопла равно 4 МПа. Потери на трение теплообменном со стенками сопла и скоростью на входе в сопло пренебречь.
32. Сравнить теоретический расход энергии на сжатие 1 кг воздуха в одноступенчатом и двухступенчатом компрессорах при адиабатном сжатии, если начальные параметры $p_1=0,1\text{ МПа}$ и $t_1=18^\circ\text{C}$, а конечное давление 5 МПа.
33. Отработавший в части высокого давления турбины пар давлением 1,5 МПа направляется в промпрегреватель. До какой температуры необходимо перегреть пар, чтобы при дальнейшем изотропном расширении в г.н.д. пар при конечном давлении $p_2=4\text{ кПа}$ имел бы сухость 90%?

34. В процессе адиабатного сжатия 1кг воздуха его температура изменяется от 15°C до 700°C. Определить работу, затрачиваемую на сжатие воздуха. Считать воздух идеальным газом.
35. Определить скорость истечения, конечные параметры и массовый расход CO₂ через суживающееся сопло с диаметром выходного отверстия 8мм. Начальные параметры $p_1=8\text{МПа}$, $t_1=27^\circ\text{C}$, давление среды в которую происходит истечение $p_2=0.1\text{МПа}$. Потерями теплообмена со стенками сопла и начальной скоростью потока пренебречь.
36. Определить скорость истечения воздуха через сопло Лаваля, если начальные параметры воздуха $p_1=0.8\text{МПа}$ и $t_1=700^\circ\text{C}$, а давление среды на выходе из сопла $p_2=0.1\text{МПа}$. скоростной коэффициент сопла равен 0.98. скоростью на входе в сопло пренебречь.
37. Воздух, имеющий 30°C и влагосодержание 20г/кг нагревается до температуры 50°C. Определить относительную влажность холодного и подогретого воздуха.
38. Закрытый бак объемом 500 м³ заполнен водой на 80% при температуре 60°C . определить массу воды и равновесного пара. Чему равна степень сухости двухфазной системы?
39. В подогревателе воздуха с параметрами $\phi_1=80\%$ и $t_1=20^\circ\text{C}$ температура воздуха $t_2=50^\circ\text{C}$. Определить количество теплоты для нагрева воздуха.
40. Растворимость кислорода в воде при температуре 25°C составляет 20мг/л. определить объем кислорода в 1л воды.
41. В питательном насосе ПТУ вода сжимается до давления 12.7МПа.определить мощность насоса при производительности парогенератора 100кг/с. Начальные параметры воды: температура 28°C, состояние – кипящая вода. Считать воду несжимаемой средой.
42. Водяной пар с $p_1=50\text{бар}$ и $t_1=420\text{МПа}$ адиабатно дросселируется до $p_2=30\text{бар}$. Определить температуру пара после дросселирования.
43. Сравнить термический расход энергии на сжатие 1кг воздуха в одноступенчатом компрессоре при изотермическом, политропном ($n=1.2$)и адиабатном сжатии, если начальные параметры $p_1=0.1\text{МПа}$ и $t_1=15^\circ\text{C}$, конечное давление 0.6МПа.
44. Параметры пара перед турбиной в цикле Ренкина $p_1=100\text{бар}$ и $t_1= 540^\circ\text{C}$, после турбины $p_2=4\text{кПа}$. Определить термический кпд с учетом работы насоса или если этой работой можно пренебречь.
45. Сравнить термический кпд цикла Ренкина и регенеративного цикла с двумя отборами пара при 2МПа и 0.2МПа, при долях отбора первого – 0.1, второго 0.2. начальные параметры пара в обоих случаях $p_1=20\text{МПа}$ и $t_1=540^\circ\text{C}$, конечное давление $p_2=4\text{кПа}$.
46. Параметры пара перед теплофикационной турбиной $p_1=20\text{МПа}$ и $t_1=540^\circ\text{C}$, давление в конденсаторе $p_2=4\text{кПа}$. При давлении 0.3МПа часть пара отбирается для целей теплоснабжения, от потребителя тепла возвращается конденсат с температурой 60°C. Определить теоретическую мощность турбины, если расход пара на нее 100кг/с, отпуск тепла потребителям 80МВт.
47. Воздух с начальными параметрами $p_1=1\text{МПа}$ и $t_1=200^\circ\text{C}$ вытекает из сопла Лаваля в атмосферу $p_2=0.1\text{МПа}$.расход воздуха 6кг/с. Определить диаметр выходного сечения сопла, если его скоростной коэффициент равен 0,95. Скоростью воздуха в сопло пренебречь.
48. Определить термический кпд цикла Ренкина с регенеративным отбором при давлении 0.3МПа, если в турбину поступает пар с $p_1=6\text{МПа}$ и температурой $t_1=450^\circ\text{C}$, давление в конденсаторе $p_2=4\text{кПа}$. Определить относительное количество пара, поступающего на регенератор.
49. Определить термический кпд и конечную влажность пара для идеального цикла ПТУ с промежуточным перегревом пара, если в турбину поступает пар с параметрами $p_1=13\text{МПа}$ и $t_1=450^\circ\text{C}$, параметры промперегрева $p_{пр}=2\text{МПа}$, $t_{пр}=450^\circ\text{C}$, давление в конденсаторе $p_2=4\text{кПа}$.
50. Для идеального цикла поршневого ДВС с изохорным подводом тепла определить параметры рабочего тела в характерных точках цикла, термический кпд, работу цикла, если начальные параметры рабочего тела $p_1=0.1\text{МПа}$ и $t_1=29^\circ\text{C}$, степень сжатия равна 6. Количество подведенного тепла 1000кДж/кг. Рабочее тело - воздух, считая его идеальным газом.

**ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ В РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ
на 2018-2019 учебный год**

В рабочую программу дисциплины Техническая термодинамика (направление подготовки 15.03.02) вносятся следующие изменения:

1. Изменено название министерства:
старое: Министерство образования и науки Российской Федерации
новое: Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
2. Основная и дополнительная учебная литература, необходимая для освоения дисциплины представлена в приложении к ОПОП и на сайте института <http://moodle.nirhtu.ru/course/>
3. Перечень лицензионного программного обеспечения

3.1. Операционная система MS Windows 7 бессрочные права и бессрочная лицензия по подписке Microsoft Imagine Premium, идентификатор подписки: a936248f-3805-4с6а-а64f-8с344976ef6d, идентификатор подписчика: ICM-164914

3.2. СУБД MS Access 2003 бессрочные права и бессрочная лицензия по подписке Microsoft Imagine Premium, идентификатор подписки: a936248f-3805-4с6а-а64f-8с344976ef6d, идентификатор подписчика: ICM-164914

Дополнения и изменения в рабочей программе рассмотрены и одобрены на заседании кафедры

« 12 » 09 _____ 2018 г, протокол № 2

Руководитель ОПОП  /Сафонов Б.П./