Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Крылова Людмила Вячеславовна
Должность: Проректор по учебно-методической работе
Дата подписания: 15.11.2026 16:31:39
Уникальный программный ключ:
b066544bae1e449cd8bfce592f7224a67ba271b2

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ ЭКОНОМИКИ И ТОРГОВЛИ ИМЕНИ МИХАИЛА ТУГАН-БАРАНОВСКОГО»

КАФЕДРА ХОЛОДИЛЬНОЙ И ТОРГОВОЙ ТЕХНИКИ ИМЕНИ ОСОКИНА В.В.

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебно-методической работе
_____ Л.В. Крылова
(подпись)
«28» 11 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б.1.О.30 ТЕХНИЧЕСКАЯ ТЕРМОДИНАМИКА

(название учебной дисциплины)

Укрупненная группа направлений подготовки 13.00.00 «Электро- и теплоэнергетика»
Программа высшего образования – программа бакалавриата
Направление подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение
Профиль: Холодильные машины и установки
Институт пищевых производств
Курс, форма обучения:
очная форма обучения 1 курс
заочная форма обучения 3 курс

Рабочая программа адаптирована для лиц
с ограниченными возможностями
здоровья и инвалидов (при наличии таких лиц)

Донецк
2024

Рабочая программа учебной дисциплины «Техническая термодинамика» для обучающихся по направлению подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение,
Профилю: Холодильные машины и установки,
разработанная в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ФГБОУ ВО «ДОННУЭТ»:
- в 2024 г. - для очной формы обучения;
- в 2024 г. - для заочной формы обучения;

Разработчик: Карнаух В.В., профессор кафедры ХТТ, доктор технических наук, доцент

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры холодильной и торговой техники имени Осокина В.В.

Протокол от "19" февраля 2024 года № 24
Заведующий кафедрой холодильной и торговой техники имени Осокина В.В.

_____ К.А.Ржесик
(подпись) (фамилия и инициалы)

СОГЛАСОВАНО:
Директор института пищевых производств
_____ Д.К.Кулешов
(подпись) (фамилия и инициалы)

ОДОБРЕНО

Учебно-методическим советом ДОННУЭТ

Протокол от «28» февраля 2024 года № 7

Председатель _____ Л.В.Крылова
(подпись) (инициалы, фамилия)

© Карнаух В.В., 2024 год
© ФГБОУ ВО «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского», 2024 год

1. ОПИСАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

<table>
<tr><td rowspan="2">Наименование показателя</td><td rowspan="2">Наименование укрупненной группы направлений подготовки, направление подготовки, профиль, программа высшего образования</td><td colspan="2">Характеристика учебной дисциплины</td></tr>
<tr><td>очная форма обучения</td><td>заочная/ очно-заочная форма обучения</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Количество зачетных единиц – 5</td><td>Укрупненная группа направлений подготовки
13.00.00 Электро-и теплоэнергетика
(код, название)</td><td colspan="2" rowspan="2">обязательная
(обязательная, вариативная)</td></tr>
<tr><td>Направление подготовки
13.03.03 Энергетическое машиностроение
(код, название)</td></tr>
<tr><td>Модулей – 2</td><td rowspan="6">Профиль
Холодильные машины и установки
(название)</td><td colspan="2">Год подготовки</td></tr>
<tr><td>Смысловых модулей – 4</td><td>1-й</td><td>3 -й</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Общее количество

часов – 180</td><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td>2-й</td><td>5-й</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лекции</td></tr>
<tr><td>36 час.</td><td>12 час.</td></tr>
<tr><td rowspan="12">Количество часов в неделю для очной формы обучения: 3

аудиторных – 4;
самостоятельной работы обучающегося – 5,5</td><td rowspan="12">Программа высшего образования – программа бакалавриата</td><td colspan="2">Практические, семинарские занятия</td></tr>
<tr><td>_-__час.</td><td>_-__час.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лабораторные занятия</td></tr>
<tr><td>36 час.</td><td>14 час.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Самостоятельная работа</td></tr>
<tr><td>99,8 час.</td><td>138,8 час.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Индивидуальные задания*:</td></tr>
<tr><td>8,2
Курсовой проект,
4 ТМК</td><td>15,2
Курсовой проект,
4 ТМК</td></tr>
<tr><td colspan="2">Форма промежуточной аттестации:</td></tr>
<tr><td>экзамен</td><td>экзамен</td></tr>
</table>

Соотношение количества часов аудиторных занятий и самостоятельной работы составляет:

для очной формы обучения – 72:99,8

для заочной формы обучения – 26:138,8

2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель учебной дисциплины: Формирование знаний о физико-химической сущности процессов и использование основных законов термодинамики в комплексной производственно-технологической деятельности; формирование знаний о закономерностях взаимного преобразования различных видов энергии в процессах, происходящих в макроскопических системах и сопровождающихся тепловыми эффектами; формирование знаний необходимых для расчета и грамотной эксплуатации технологического(теплового и холодильного) оборудования пищевых производств; решение вопросов оптимизации работы теплоэнергетических установок и защиты окружающей среды**.**

Задачи учебной дисциплины:

обеспечение базовой теплотехнической подготовки, включающей освоение основных законов термодинамики и методов их применения для анализа и расчета процессов, используемых в тепловых машинах и других теплотехнических установках; получение навыков работы с литературными и электронными базами справочных данных; освоение методов расчета термодинамических процессов в разнообразных теплоэнергетических и низкотемпературных установках; освоение методов термодинамического анализа и оценки эффективности процессов и циклов теплосиловых, теплонасосных и холодильных установок.

3. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Учебная дисциплина Б.1.О 30 Техническая термодинамика относится к обязательной части ООП ВО.

Имеется логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с дисциплинами «Высшая математика», «Физика», «Химия».

Знания, полученные при изучении дисциплины «Техническая термодинамика», будут использовании в таких курсах как **«**Тепломассообмен**»,** «Кондиционирование воздуха», **«**Теплоиспользующие холодильные машины и тепловые насосы», «Системы холодоснабжения предприятий торговли», «Холодильные машины, установки и криогенная техника», «Монтаж, эксплуатация, диагностика и ремонт холодильных установок», «Холодильное технологическое оборудование», «Альтернативная энергетика», «Холодильная технология» и при выполнении тепловых расчетов в выпускной квалификационной работе (бакалаврской работе).

4. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения изучения учебной дисциплины у обучающегося должны быть сформированы **компетенции** и **индикаторы их достижения**:

Код и наименование компетенции	*Код и наименование индикатора достижения компетенции*
ОПК-4. Способен применять в расчетах теоретические основы рабочих процессов в энергетических машинах и установках	ОПК-4.1 Демонстрирует понимание основных законов термодинамики. ОПК-4.2 Выполняет расчеты основных показателей термодинамических циклов и проводит анализ их эффективности. ОПК-4.3 Демонстрирует понимание основных законов движения жидкости и газа. ОПК-4.4 Определяет параметры потоков рабочих сред. ОПК-4.5 Демонстрирует понимание основных законов и способов переноса теплоты и массы. ОПК-4.6 Проводит исследования и расчет процессов тепломассообмена в соответствии с заданной методикой.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

Знать:

основные параметры состояния рабочих тел, единицы их измерения, приборы для определения этих параметров;

основные теоретические положения взаимного преобразования теплоты и работы в тепловых машинах; основные термодинамические характеристики рабочих тел, используемых в тепловых и холодильных машинах;

количественные и качественные методы термодинамического анализа процессов и циклов тепловых двигателей и аппаратов с целью повышения тепловой экономичности, уменьшения капитальных затрат, уменьшения или сведения к минимуму отрицательного воздействия на окружающую среду в процессе эксплуатации этого оборудования.

Уметь:

выполнять необходимые расчеты для грамотной эксплуатации технологического (теплового и холодильного) оборудования пищевых производств;

подбирать и эффективно эксплуатировать теплотехническое оборудование; проводить необходимые термодинамические расчеты; осуществлять выбор оптимальных вариантов при решении практических задач, связанных с совершенствованием и работой разнообразного теплотехнического оборудования;

делать технико-экономическую оценку эффективности принимаемых решений в области теплоснабжения;

решать вопросы оптимизации работы теплоэнергетических установок и защиты окружающей среды.

Владеть:

навыками теплотехнического анализа всех термодинамических процессов: изобарном, изохорном, изотермном, адиабатном и политропном процессах; методами расчета термодинамических процессов реальных газов и паров владеть инженерными методами рационального использования энергетических ресурсов.

5. ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Смысловой модуль 1. Основные понятия технической термодинамики. Законы термодинамики

Тема 1. Основные и калорические параметры состояния идеального газа.

Тема 2. Газовые смеси.

Тема 3. Теплоемкость идеальных газов и их смесей.

Тема 4. Первый закон термодинамики.

Тема 5. Второй закон термодинамики.

Тема 6. Дифференциальные уравнения термодинамики.

Тема 7. Анализ термодинамических процессов.

Смысловой модуль 2. Термодинамика реальных рабочих тел и потока.

Тема 8. Реальные газы. Уравнение состояния реальных газов.

Тема 9. Термодинамические процессы реальных газов и водяного пара.

Тема 10. Уравнение первого закона термодинамики для потока.

Тема 11. Влажный воздух. Психрометрика.

Смысловой модуль 3. Основы теории циклов тепловых машин.

Тема 12. Классификация тепловых машин.

Тема 13. Идеальный и реальный циклы теплосиловых установок.

Тема 14. Циклы газотурбинных установок.

Тема 15. Циклы паросиловых установок.

Смысловой модуль 4. Обратные циклы. Эксергетический анализ термодинамических циклов.

Тема 16. Циклы холодильных машин.

Тема 17. Циклы тепловых насосов.

Тема 18. Эксергия- мера качества энергоресурсов.

6. СТРУКТУРА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Название смысловых модулей и тем	Количество часов											
	очная форма обучения						заочная форма обучения					
	всего	в том числе					всего	в том числе				
		л[1]	п[2]	лаб[3]	инд[4]	СР[5]		л	п	лаб	инд	СР
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1.												
Смысловой модуль 1. Основные понятия технической термодинамики. Законы термодинамики												
Тема 1. Основные и калорические параметры состояния идеального газа.	**5**	2	-	2	-	1	6,2	0,2	-	-	-	6
Тема 2. Газовые смеси.	**5**	2	-	2	-	1	6,8	0,3	-	0,5	-	6
Тема 3. Теплоемкость идеальных газов и их смесей.	**5**	2	-	2	-	1	6,8	0,3	-	0,5	-	6
Тема 4. Первый закон термодинамики.	**2**	1	-	-	-	1	6,2	0,2	-	-	-	6
Тема 5. Второй закон термодинамики.	**4**	1	-	2	-	1	6,2	0,2	-	-	-	6
Тема 6. Дифференциальные уравнения термодинамики.	**3**	2	-	-	-	1	6,3	0,3	-	-	-	6
Тема 7. Анализ термодинамических процессов.	**5**	2	-	2	-	1	8,5	0,5	-	2	-	6
Итого по смысловому модулю 1	**29**	**12**	**-**	**10**	**-**	**7**	**47**	**2**	-	**3**	-	**42**
Смысловой модуль 2. Термодинамика реальных рабочих тел и потока.												
Тема 8. Реальные газы. Уравнение состояния реальных газов.	**5**	2	-	2	-	1	7	0,5	-	0,5	-	6

Тема 9. Термодинамические процессы реальных газов и водяного пара.	**10**	4	-	4	-	2	10,3	0,5	-	0,5	-	9,3
Тема 10. Уравнение первого закона термодинамики для потока.	**6**	2	-	2	-	2	7	1,0	-	-	-	6
Тема 11. Влажный воздух. Психрометрика.	**6**	2	-	2	-	2	11	1,0	-	2	-	8
Итого по смысловому модулю 2	**27**	**10**		**10**		**7**	**35,3**	**3**	**-**	**3**	**-**	**29,3**
Смысловой модуль 3. Основы теории циклов тепловых машин.												
Тема 12. Классификация тепловых машин.	**3**	2	-	-	**-**	1	6,5	0,5	-	-	-	6
Тема 13. Идеальный и реальный циклы теплосиловых установок.	**8**	2	-	4	**-**	2	8,5	0,5	-	2	-	6
Тема 14. Циклы газотурбинных установок.	**6**	2	-	2	**-**	2	6,5	0,5	-	-	-	6
Тема 15. Циклы паросиловых установок.	**6**	2	-	2	**-**	2	8,5	0,5	-	2	-	6
Итого по смысловому модулю 3	**23**	**8**	**-**	**8**	**-**	**7**	**30**	**2**	**-**	**4**	**-**	**24**
Смысловой модуль 4. Обратные циклы. Эксергетический анализ термодинамических циклов												
Тема 16. Циклы холодильных машин.	**5**	2		2		1	8	1	-	1	-	6
Тема 17. Циклы тепловых насосов.	**7**	2		4		1	9	1	-	1	-	7
Тема 18. Эксергия - мера качества энергоресурсов	**5,2**	2		2		1,2	7,8	1	-	-	-	6,8
Итого по смысловому модулю 4	**17,2**	**6**		**8**		**3,2**	**24,8**	**3**	-	**2**	-	**19,8**
Всего часов:	**96,2**	**36**		**36**		**24,2**	**137,1**	**10**	**-**	**12**	**-**	**115,1**
Модуль 2												
Выполнение курсового проекта	**27**	-	**-**	**-**	**-**	27	**27**	**-**	**-**	**-**	**-**	**27**
Всего часов	**27**	-	**-**	**-**	**-**	**27**	**27**	**-**	**-**	**-**	**-**	**27**

Всего по смысловым модулям	**123,2**	**36**	**-**	**36**	**-**	**51,2**	**164,1**	**10**	**-**	**12**	**-**	**142,1**
Катт					**3,8**						**3,5**	
СРэк						**48,6**						
ИК					**2**						**2**	
КЭ					**2**						**2**	
Каттэк					**0,4**						**0,4**	
Контроль											**8**	
Всего часов	**180**	**36**	**-**	**36**	**8,2**	**99,8**	**180**	**10**	**-**	**12**	**15,9**	**142,1**

Примечания: 1. л – лекции;
2. п – практические (семинарские) занятия;
3. лаб – лабораторные занятия;
4. инд – индивидуальные задания;
5. СР – самостоятельная работа.

7. ТЕМЫ СЕМИНАРСКИХ И ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Название темы	Количество часов	
		очная форма	заочная форма
1	Курсом не предусмотрены		
2			
….			
Всего:			

8. ТЕМЫ ЛАБОРАТОРНЫХ ЗАНЯТИЙ

№ п/п	Название темы	Количество часов	
		очная форма	заочная форма
1	Основные и калорические параметры состояния идеального газа.	2	-
2	Газовые смеси.	2	0,5
3	Теплоемкость идеальных газов и их смесей.	2	0,5
4	Первый закон термодинамики.	-	-
5	Второй закон термодинамики.	2	-
6	Дифференциальные уравнения термодинамики	-	-
7	Анализ термодинамических процессов	2	2
8	Реальные газы. Уравнение состояния реальных газов.	2	0,5
9	Термодинамические процессы реальных газов и водяного пара.	4	0,5
10	Уравнение первого закона термодинамики для потока.	2	-
11	Влажный воздух. Психрометрика	2	2
12	Классификация тепловых машин	-	-
13	Идеальный и реальный циклы теплосиловых	4	2

	установок		
14	Циклы газотурбинных установок	2	-
15	Циклы паросиловых установок.	2	2
16	Построение и расчет циклов паровой компрессионной холодильной машины на *lgP-h* диаграммах	2	1
17	Циклы тепловых насосов.	4	1
18	Эксергия - мера качества энергоресурсов	2	-
Всего:		**36**	**12**

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

номер п/п	**Название темы**	**Количество часов**	
		Очная форма обучения	**Заочная форма**
Смысловой модуль I. Основные понятия технической термодинамики. Законы термодинамики			
1	Основные и калорические параметры состояния идеального газа.	1	6
2	Газовые смеси.	1	6
3	Теплоемкость идеальных газов и их смесей.	1	6
4	Первый закон термодинамики.	1	6
5	Второй закон термодинамики.	1	6
6	Дифференциальные уравнения т/д.	1	6
7	Анализ термодинамических процессов	1	6
Смысловой модуль II. Термодинамика реальных рабочих тел и потока			
8	Реальные газы. Уравнение состояния реальных газов.	1	6
9	Термодинамические процессы реальных газов и водяного пара.	2	9,3
10	Уравнение первого закона термодинамики для потока.	2	6
11	Влажный воздух. Психрометрика	2	8
Смысловой модуль III. Основы теории циклов тепловых машин			
12	Тепловые машины	1	6
13	Идеальный и реальный циклы теплосиловых установок	2	6
14	Циклы газотурбинных установок	2	6
15	Циклы паросиловых установок.	2	6
Смысловой модуль IV. Обратные циклы. Эксергетический анализ термодинамических циклов			
16	Циклы холодильных машин.	1	6
17	Циклы тепловых насосов.	1	7

18	Эксергия - мера качества энергоресурсов	1,2	6,8
	Всего	**24,2**	**115,1**
	Курсовой проект	**27**	**27**
	Всего	**51,2**	**142,1**

10. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

В ходе реализации учебной дисциплины используются следующие дополнительные методы обучения, текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся в зависимости от их индивидуальных особенностей:

1) для слабовидящих:
   - лекции оформляются в виде электронного документа;
   - письменные задания оформляются увеличенным шрифтом или заменяются устным ответом;
2) для глухих и слабослышащих:
   - лекции оформляются в виде электронного документа;
   - письменные задания выполняются на компьютере в письменной форме;
   - зачёт проводятся в письменной форме на компьютере; возможно проведение в форме тестирования с использованием Moodle.
3) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
   - лекции оформляются в виде электронного документа;
   - письменные задания заменяются устным ответом;
   - зачёт проводятся в устной форме.

При необходимости предусматривается увеличение времени для подготовки ответа.

Процедура проведения промежуточной аттестации для обучающихся устанавливается с учётом их индивидуальных психофизических особенностей. Промежуточная аттестация может проводиться в несколько этапов.

При проведении процедуры оценивания результатов обучения предусматривается использование технических средств, необходимых в связи с индивидуальными особенностями обучающихся. Эти средства могут быть предоставлены университетом, или могут использоваться собственные технические средства.

Проведение процедуры оценивания результатов обучения допускается с использованием дистанционных образовательных технологий.

Обеспечивается доступ к информационным и библиографическим ресурсам в сети Интернет для каждого обучающегося в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

1) для слепых и слабовидящих:
   - в печатной форме увеличенным шрифтом;
   - в форме электронного документа;
   - в форме аудиофайла.
2) для глухих и слабослышащих:
   - в печатной форме;
   - в форме электронного документа.
3) для обучающихся с нарушениями опорно-двигательного аппарата:
   - в печатной форме;
   - в форме электронного документа;
   - в форме аудиофайла.

11. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ

Тематика курсового проекта:

1. Расчет термодинамического цикла паросиловой установки.
2. Расчет термодинамического цикла тепловых машин.

Темы рефератов*

1. Реальные циклы газотурбинных установок. Примеры внедрения.
2. Схема и цикл работы (в p-v и T-s координатах) турбореактивного двигателя.
3. Схемы и цикл работы (в p-v и T-s координатах) воздушной холодильной машины.
4. Схема и цикл работы (p-v и T-s координатах) паровой холодильной машины.
5. Действительные циклы поршневых двигателей внутреннего сгорания. Определение КПД двигателя.
6. Способы повышения мощности двигателей внутреннего сгорания.
7. Схема и цикл работы двигателя внешнего сгорания – двигатель Стерлинга. Область применения.
8. Схема и принцип работы установок по циклу Госвами. Области внедрения. Область применения.
9. Схема и принцип работы установок по циклу Калины. Области внедрения.
10. Схема и принцип работы установок по органическому циклу Ренкина. Перспективны внедрения.
11. Энергетические установки с МГД-генераторами.
12. Цикл термоэлектрической установки. Методика расчета и подбора. Область применения.
13. Принцип работы и назначение криогенных машин и установок.
14. Тригенерационные установки: достоинства и недостатки.
15. Когенерация: схемные решения и область применения.
16. Конструкция современных экологично безопастных двигателей. Область применения.
17. Расчёт процессов в непрямых испарительных охладителях (НВО)
18. Расчёт процессов в прямых испарительных охладителях (ПВО).
19. Уравнения, описывающие процессы дросселирования газов и паров.
20. Современные программные продукты для теплотехнических расчетов: функционал и достоинства применения.

*реферат оформляется по инициативе студента для получения дополнительных баллов.

Перечень задач для контрольной работы

Задача 1

Смесь идеальных газов имеет начальные параметры p_1, t_1, нагревается при постоянном объеме до t_2, а затем охлаждается при постоянном давлении до начальной температуры t_1.

Определить: объемный состав газовой смеси; конечное давление и объем смеси; работу (L), теплоту (Q) и изменение внутренней энергии (ΔU), энтальпии (ΔI) и энтропии (ΔS) смеси в процессах.

Изобразить процессы в ***p-v*** и ***T-s*** диаграммах.

Данные для решения задачи выбрать из таблицы 1.

Таблица 1. – Исходные данные к задаче 1.1

Предпослед-няя цифра шифра	Масса компонентов газовой смеси, кг					Давление, МПа	Послед-няяцифра шифра	Температура, °С	
	N_2	O_2	CO_2	H_2O	H_2	p_1		t_1	t_2
0	2,5	-	1,8	0,7	0,3	1	0	400	800
1	3,0	1,0	4,0	-	0,5	2	1	100	600
2	4,2	0,8	4,0	0,5	-	3	2	300	900
3	-	1,2	2,5	0,9	1,1	4	3	100	300
4	3,7	-	3,0	0,3	1,2	8	4	200	500
5	2,8	1,1	-	0,8	3,2	6	5	200	800
6	2,9	1,4	2,7	-	3,0	7	6	100	700

7	-	2,0	5,2	3,7	1,8	5	7	200	700
8	4,0	-	3,2	2,5	2,0	4	8	400	900
9	3,5	0,9	-	0,6	4,0	3	9	100	400

Указание: При решении задачи считать, что теплоемкость газов не зависит от температуры; значения принять из таблицы А.1.

Задача 3

Используя ***i-s*** – диаграмму, определить начальные термические параметры и количество теплоты, необходимое для перехода ***m*** кг сухого насыщенного пара в перегретый пар с параметрами ***p***, ***t***, если этот процесс проходит при: 1) постоянной температуре; 2) постоянном объеме; 3) постоянном давлении.

Данные, необходимые для решения задачи, выбрать из таблицы 3

Таблица 3 – Исходные данные к задаче 3

Предпоследняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Давление пара ***p***, МПа	2,0	3,0	1,8	1,0	0,55	2,5	1,0	3,0	1,4	1,5
Температура пара ***t***, ^{o}C	400	530	420	200	160	210	380	180	240	470
Последняя цифра шифра	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Масса пара, кг ***m***	20	15	30	45	17	22	16	23	21	25

Указание: Рекомендовано расчет выполнить в компьютерной программе «Диаграмма *H-S* для воды и водяного пара» или с использованием таблиц для воды и водяного пара .

При изучении дисциплины допускается решение задач с другими исходными данными в пределах изучаемых тем.

12. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Система оценивания по учебной дисциплине по очной/заочной форме обучения*

Форма контроля	**Макс. количество баллов**	
	За одну работу	**Всего**
Текущий контроль:		
- дискуссия, устный опрос, собеседование (по каждой теме дисциплины)	1	4
- лабораторная работа (по темам, изучаемым в дисциплине)	3	12
- тестирование (по каждому модулю)	4	16
- разноуровневые задачи и задания (по каждой теме дисциплины)	2	8
- текущий модульный контроль		40
Промежуточная аттестация	экзамен	60
Итого за семестр	100	

* в соответствии с утвержденными оценочными материалами по учебной дисциплине

Перечень вопросов к экзамену:

Смысловой модуль I. Основные понятия технической термодинамики. Законы термодинамики

1.Основные понятия и исходные положения технической термодинамики.

2.Термические параметры состояния рабочих тел. Единицы измерения. Уравнение состояния идеальных газов.

3.Калорические параметры состояния рабочих тел. Единицы измерения.

4.Газовые смеси. Законы газовых смесей. Молекулярная масса газовой смеси. Уравнение состояния для газовой смеси и компонентов.

5.Теплоемкость идеальных газов. Виды теплоемкостей. Связь между ними. Расчет количества тепла.

6.Зависимость теплоемкости идеальных газов от температуры. Расчет количества тепла через средние теплоемкости.

7. Формулировки и математическое выражение первого закона термодинамики.

8.Теплота и работа как функции процесса. Аналитическое выражение теплоты и работы через параметры состояния. Графическое изображение.

9.Общая схема исследования термодинамических процессов идеального газа.

10.Аналитическое исследование изохорного процесса.

11.Аналитическое исследование изобарного процесса.

12.Аналитическое исследование изотермического процесса.

13.Аналитическое исследование адиабатного процесса.

14.Аналитическое исследование политропного процесса

Смысловой модуль II. Термодинамика реальных рабочих тел и потока

15.Реальные газы. Основные понятия и определения. Термодинамические диаграммы реальных газов.

16. Термодинамические свойства веществ на линии фазовых переходов.

17. *I-s* диаграмма состояния водяного пара. Определение параметров состояния.

18.Построение процессов реальных газов и их расчет с помощью фазовых диаграмм.

19.Основные положения термодинамики потока рабочего тела (уравнение неразрывности струи, первый закон термодинамики для потока).

20. Понятие о сопловом и диффузорном течении газа или пара. Скорость истечения, секундный расход, располагаемое теплопадение при адиабатном истечении.

21.Критические параметры истечения.

22.Сопло Лаваля. Расчет процесса истечения через сопло Лаваля.

23.Расчет процесса истечения водяного пара с помощью *i-s* диаграмм.

24.Дросселирование газов и паров. Эффект Джоуля-Томсона. Сущность процесса и его практическое использование.

25.Второй закон термодинамики, его сущность и формулировки. Эффективность циклов.

26.Энтропия и термодинамическая вероятность.

27.Прямой и обратный циклы Карно. Научное значение цикла Карно.

Смысловой модуль III. Основы теории циклов тепловых машин

28.Классификация тепловых машин.

29.Теоретический цикл ДВС с изохорным подводом тепла.

30.Тепловой расчет цикла ДВС с изохорным подводом тепла. Определение КПД.

31.Теоретический цикл ДВС с изобарным подводом тепла.

32.Тепловой расчет цикла ДВС с изобарным подводом тепла. Определение КПД.

33.Теоретический цикл ДВС со смешанным подводом тепла. Тепловой расчет цикла. Определение термического КПД.

34.Принципиальная схема и теоретический цикл газотурбинной установки.

35.Тепловой расчет цикла газотурбинной установки. Термический КПД.

36.Принципиальная схема паросиловой установки, работающей по циклу Ренкина. Термический КПД цикла.

37. Схема и цикл ПСУ с промежуточным перегревом.

38. Схема и цикл ПСУ с регенерацией.

Смысловой модуль IV. Обратные циклы тепловых машин. Эксергетический анализ термодинамических циклов.

39.Принципиальная схема и цикл воздушной холодильной машины. Тепловой расчет цикла. Холодильный коэффициент.

40.Принципиальная схема и цикл паровой компрессионной холодильной машины. Тепловой расчет цикла. Холодильный коэффициент.

41.Принципиальная схема и работа абсорбционной холодильной машины. Коэффициент использования теплоты.

42.Принципиальная схема и работа пароэжекторной холодильной машины. Коэффициент использования теплоты.

43. Тепловой насос: принцип действия, термодинамический цикл без регенеративного теплообменника. Коэффициент теплотрансформации.

44.Термодинамические характеристики, характеризующие работу тепловых насосов.

45. Термодинамические требования к рабочим веществам, применяемым в холодильных и теплонасосных установках.

13. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ БАЛЛОВ, КОТОРЫЕ ПОЛУЧАЮТ ОБУЧАЮЩИЕСЯ (для экзамена)

Максимальное количество баллов за текущий контроль и самостоятельную работу																		**Максимальная сумма баллов**		
Смысловой модуль №1							**Смысловой модуль №2**				**Смысловой модуль № 3**				**Смысловой модуль № 4**			**Текущий контроль**	**Экзамен**	**Все виды учебной деятельности**
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	Т7	Т 1	Т2	Т3	Т4	Т1	Т2	Т3	Т4	Т1	Т2	Т3			
2	2	2	2	2	2	1	4	4	4	4	2	3	3	2	2	2	1			
13							**12**				**10**				**5**			**40**	**60**	**100**

Распределение баллов, которые получают студенты по зачетному модулю II (за выполнение курсового проекта)

Пояснительная записка, балл	**Графическая часть, балл**	**Защита проекта, балл**	**Максимальная сумма баллов**
до 40 баллов	до 20 баллов	до 40 баллов	100

Соответствие государственной шкалы оценивания академической успеваемости

Сумма баллов за все виды учебной деятельности	По государственной шкале	Определение
90 - 100	«Отлично» (5)	отличное выполнение с незначительным количеством неточностей
80 - 89	«Хорошо» (4)	в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 10%)
75 - 79		в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 15%)

70 - 74	«Удовлетворительно» (3)	неплохо, но со значительным количеством недостатков
60 - 69		выполнение удовлетворяет минимальные критерии
35 - 59	«Неудовлетворительно» (2)	с возможностью повторной аттестации
0 - 34		с обязательным повторным изучением дисциплины

14. РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература:

1. Техническая термодинамика [Текст] : учебник / М-во образования и науки Донец. Нар. Респ., Гос. орг. высш. проф. образования «Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского», Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования «Донецкий национальный технический университет» ; коллектив авт.: Карнаух В.В., Бирюков А.Б., Ржесик К.А., Лебедев А.Н. – Донецк : ДонНУЭТ, 2020. – 486с. ISBN 978-5-91556-928-6.
2. Теплотехника [Электронный ресурс] : учебник для вузов / А. А. Александров [и др.] ; ред. А. М. Архарова, В. Н. Афанасьева . ─ 5-е изд. ─ М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. ─ Локал. компьютер сеть НБ ДонНУЭТ.
3. Амирханов, Д. Г. Техническая термодинамика : учебное пособие / Д. Г. Амирханов, Р. Д. Амирханов ; под редакцией Е. И. Шевченко. — Казань : Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2014. — 264 c. — ISBN 978-5-7882-1664-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/63486.html

Дополнительная литература:

1. Скаков, С. В. Техническая термодинамика : курс лекций / С. В. Скаков. — Липецк : Липецкий государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2014. — 122 c. — ISBN 978-5-88247-698-3. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/55663.html
2. Стоянов, Н. И. Теоретические основы теплотехники (техническая термодинамика и тепломассообмен) : учебное пособие / Н. И. Стоянов, С. С. Смирнов, А. В. Смирнова. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2014. — 226 c. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/63139.html

Учебно-методические издания:

1. Техническая термодинамика: методические рекомендации к выполнению **лабораторных** работ для студентов укрупненной группы 13.00.00 Электро- и теплоэнергетика направления подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение (профиль – Холодильные машины и установки), образовательного уровня – бакалавриат, очной и заочной форм обучения / Карнаух В.В., Пьянкова Ю.В., Коновал А.С.; ГО ВПО «Донец.нац. ун-т. экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского», каф. холод. и торг. техникиим. Осокина В.В. – Донецк: [ДонНУЭТ], 2020. – 93 с.
2. Теплотехника. Техническая термодинамика: метод. указ. для **самост. изуч**. дисциплины для студ. напр. подг. 13.03.03 Энергетическое машиностроение (Профили: Холодильные машины и установки, Энергоэффективность и энергосбережение на промышленном предприятии, Технологии проектирования энергетических систем холодильной и криогенной техники, Автоматические системы энергетических установок), 15.03.02 Технологические машины и оборудование (Профиль: Оборудование перерабатывающих и пищевых производств) очной и заочной форм обучения / В.В.Карнаух, Д.А. Угланов, Ю.В. Пьянкова, А.С. Коновал – Донецк: ДОННУЭТ, 2022. – 95 с.

3. Теплотехника: метод. указ. **к самост. изуч**. темы «Реальные газы. водяной пар» для обуч.направл подг.: 13.03.03 Энергетическое машиностроение, 15.03.02 Технологические машины и оборудование, 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания, 19.03.03 Продукты питания животного происхождения, 19.03.02 Продукты питания из растительного сырья, 21.05.04 Горное дело очн. и заоч. форм обучения / В.В. Карнаух, А.Н. Лебедев; Донец. нац. ун-т экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского, каф. холодил.и торг. техники. Донец. нац. техн. ун-т, каф. пром. теплоэнерг. – Донецк: ДонНУЭТ-ДонНТУ, 2023. – 36 с.

Электронные ресурсы:

1. Техническая термодинамика [электр.ресурс]: **консп.лекц**. для студ. напр. подг. 13.03.03 Энергетическое машиностроение (профиль Холодильные машины и установки), 15.03.02 Технологические машины и оборудование (профиль Оборудование перерабатывающих и пищевых и производств), 19.03.04 Технология продукции и организация общественного питания, образовательного уровня – бакалавриат, очной и заочной форм обучения/ В.В.Карнаух, – Донецк: ГО ВПО «ДонНУЭТ», 2019. – 121 с.
2. Техническая термодинамика: методические рекомендации для выполнения **курсового** проекта на тему «Расчет термодинамического цикла паросиловой установки» для обучающихся направления подготовки 13.03.03 Энергетическое машиностроение (Профиль: Холодильные машины и установки), очной и заочной форм обучения / В.В. Карнаух, Ю.В. Пьянкова; Министерство образования и науки Российской Федерации, Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского, Кафедра холодильной и торговой техники имени Осокина В.В. – Донецк : ДОННУЭТ, 2024.– 40 с. – Текст : электронный.
3. Дистанционный курс в системе Moodle. Режим доступа- https://distant.donnuet.education/course/view.php?id=1192
4. Лекция на канале YOUTUBE «Дистанционное обучение ДонНУЭТ» по теме влажного воздуха, ссылка: https://www.youtube.com/watch?v=ouPU6W5MBi0&t=47s
5. Лекция на канале YOUTUBE «Дистанционное обучение ДонНУЭТ» по теме холодильные агенты, Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=VC4xrWazdpI&t=114s
6. Лекция на канале YOUTUBE «Дистанционное обучение ДонНУЭТ» по теме «Фазовые диаграммы реальных газов» Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=ZyZvM5nQknA&t=102s

15. ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ

1. IPRbooks: Электронно-библиотечная система [Электронный ресурс] : [«АЙ Пи Эр Медиа»] / [ООО «Ай Пи Эр Медиа»]. – Электрон. текстовые, табл. и граф. дан. – Саратов, [2018]. – Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru. – Загл. с экрана.
2. Elibrary.ru [Электронный ресурс] : науч. электрон. б-ка / ООО Науч. электрон. б-ка. – Электрон. текстовые. и табл. дан. – [Москва] : ООО Науч. электрон. б-ка., 2000- .– Режим доступа : https://elibrary.ru. – Загл. с экрана.
3. Научная электронная библиотека «КиберЛенинка» [Электронный ресурс] / [ООО «Итеос» ; Е. Кисляк, Д. Семячкин, М. Сергеев]. – Электрон. текстовые дан. – [Москва : ООО «Итеос», 2012-]. – Режим доступа : http://cyberleninka.ru. – Загл. с экрана.
4. Национальная Электронная Библиотека.
5. Book on lime : Электронно-библиотечная система [Электронный ресурс] : ООО «Книжный дом университета». – Электрон. текстовые дан. – Москва, 2017. – Режим доступа : https://bookonlime.ru.– Загл. с экрана.

6. Университетская библиотека ONLINE : Электронно-библиотечная система [Электронный ресурс] : ООО «Директ-Медиа». – Электрон. текстовые дан. – [Москва], 2001. – Режим доступа : https://biblioclub.ru**.** – Загл. с экрана.
7. Электронный каталог Научной библиотеки Донецкого национального университета экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского [Электронный ресурс] / НБ ДонНУЭТ. – Электрон. дан. – [Донецк, 1999-]. – Режим доступа: http:// http://library.donnuet.ru/ Загл. с экрана.

16. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

В качестве материально-технического обеспечения дисциплины могут быть использованы мультимедийные средства (проекторы, ноутбуки);

Лекции-презентации, представленные в компьютерной программе Power Point: «Теплоемкость идеальных газов», «Реальные газы», «Теплопроводность», «Классификация теплообменных аппаратов», «Теплоотдача» «Фазовые диаграммы холодильных агентов» Компьютеризированные мини-фильмы на тему «Классификация и принцип работы ДВС», «Работа теплового насоса», «Принцип работы холодильника», «Принцип работы солнечных коллекторов», демонстрируемые на плазменной панели.

Лабораторные стенды: «Определение коэффициента теплопроводности методом трубы», «Исследование процесса теплоотдачи при свободном движении воздуха», «Исследования процесса излучения», «Исследование изохорного процесса» и другие. Комплект диаграмм *I-s, ı-d, t-d*.

Модель двигателя внутреннего сгорания.

Модель автономного кондиционера. Действующая модель сплит-системы.

17. КАДРОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Фамилия, имя, отчества	Условия привлечения (по основному месту работы, на условиях внутреннего/ внешнего совместительства; на условиях договора гражданско-правового характера (далее – договор ГПХ)	Должность, ученая степень, ученое звание	Уровень образования, наименование специальности, направления подготовки, наименование присвоенной квалификации	Сведения о дополнительном профессиональном образовании*
Карнаух Виктория Викторовна	По основному месту работы	Должность-профессор кафедры	Высшее, оборудование перерабатывающих и пищевых производств,	1. Сертификат о прохождении очного повышения квалификации по программе «Энергомашиностроение» (объем 36 час.) в институте двигателей и энергетических установок ФГАОУВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П.Королева», г. Самара) с 18 по 29 апреля

		холодильной и торговой техники имени В.В. Осокина, доктор технических наук, ученое звание – доцент	инженер-механик, диплом доктора технических наук ДОК №005148	2022г. 2. Свидетельство о повышении квалификации № 771802829972 от 27.05.2022г. «Работа в электронной информационно-образовательной среде» ФГБОУВО «Российский экономический университет имени Г.В.Плеханова», г. Москва; 3. Свидетельство о повышении квалификации № 771802829900 от 27.05.2022г. «Цифровая трансформация управления» ФГБОУВО «Российский экономический университет имени Г.В.Плеханова», г. Москва. 4. Удостоверение о повышении квалификации № 612400031805 от 09.06.2023г. «Организационно-методические аспекты разработки и реализации программ высшего образования по направлениям подготовки физико-технические науки и технологии» ФГБОУВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону.