Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Крылова Людмила Вячеславовна
Должность: Проректор по учебно-методической работе
Дата подписания: 15.11.2026 19:04:31
Уникальный программный ключ:
b066544bae1e449cd8bfce392f7224a676a271b2

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 » 02 2024 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ Б1.О.07 СПЕЦИАЛЬНЫЕ ГЛАВЫ ТЕРМОДИНАМИКИ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СИСТЕМ

(название учебной дисциплины)

Укрупненная группа направлений подготовки 13.00.00 Электро-и теплоэнергетика
Программа высшего образования – программа магистратуры
Направление подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение
Магистерская программа: Холодильные машины и установки
Институт пищевых производств
Курс, форма обучения:
очная форма обучения, 1 курс
заочная форма обучения, 1 курс

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

Донецк
2024

Рабочая программа учебной дисциплины «Специальные главы термодинамики низкотемпературных систем» для обучающихся по направлению подготовки/специальности 13.04.03 Энергетическое машиностроение, профилю/магистерской программе Холодильные машины и установки, разработанная в соответствии с учебным планом, утвержденным Ученым советом ДОННУЭТ:
- в 2024 г. - для очной формы обучения;
- в 2024г. - 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 – 3,0</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
13.04.03 Энергетическое машиностроение
(код, название)</td></tr>
<tr><td>Модулей – 1</td><td rowspan="4">Профиль
Холодильные машины и установки
(название)</td><td colspan="2">Год подготовки</td></tr>
<tr><td>Смысловых модулей – 3</td><td>1 -й</td><td>1 -й</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Общее количество

часов – 108</td><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td>1 -й</td><td>1 -й</td></tr>
<tr><td rowspan="14">Количество часов в неделю для очной формы обучения:
аудиторных – 2
самостоятельной работы обучающегося – 4,4</td><td rowspan="14">Программа высшего образования – программа магистратуры</td><td colspan="2">Лекции</td></tr>
<tr><td>18 час.</td><td>14 час.</td></tr>
<tr><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>18 час.</td><td>8 час.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Самостоятельная работа</td></tr>
<tr><td>68,7 час</td><td>74,1 час.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Индивидуальные задания*:</td></tr>
<tr><td>3,3 часа</td><td>11,9 часа</td></tr>
<tr><td>ЗТМК, реферат</td><td>реферат, контрольная работа</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 – 36:68,7

для заочной формы обучения – 22:74,1

2. ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель учебной дисциплины: формирование знаний о способах получения низких температур, о свойствах вещества в области низких и сверхнизких температур и принципах построения низкотемпературных технических установок; создание у магистранта теоретической базы для изучения специальных профильных дисциплин, а также формирование навыков проведения анализа процессов преобразования энергии, имеющих место в низкотемпературных установках.

Задачи учебной дисциплины:

получение знаний о методиках анализа различных процессов преобразования энергии;
получение навыков по анализу и расчету термодинамических процессов и циклов низкотемпературных систем.

3. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Учебная дисциплина Б1.О.07 «Специальные главы термодинамики низкотемпературных систем» относится к обязательной части ООП ВО.

(шифр, название учебной дисциплины в соответствии с учебным планом)

Имеется логическая и содержательно-методическая взаимосвязь с дисциплинами «Высшая математика», «Физика», «Химия», «Технической термодинамике», «Холодильные машины, установки и криогенная техника».

Знания, полученные при изучении «Специальных глав термодинамики низкотемпературных систем», будут использовании в таких дисциплинах, как: «Повышение энергетической эффективности парокомпрессионных холодильных машин», «Моделирование рабочих процессов холодильного оборудования», «Методология создания прогрессивного холодильного технологического оборудования»; при подготовке выпускной квалификационной работы.

4. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОУЧЕНИЯ ПО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ), СООТНЕСЕННЫХ С ПАЛНИРУЕМЫМИ 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*
ПК-1. Способен использовать методы решения задач оптимизации параметров различных систем.	ИД-1$_{ПК-1}$ Способен проводить работы по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований. ИД-2$_{ПК-1}$ Способен разрабатывать мероприятия по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов. ИД-3$_{ПК-1}$ Способен изыскивать способы утилизации отходов производства

уметь:

самостоятельно разбираться в методиках расчета и применять их для решения поставленной задачи; осуществлять поиск и анализировать научно-техническую информацию; анализировать информацию о новых технологиях получения низких температур, способах их описания.

применять первый закон термодинамики в обобщённой форме для анализа термодинамических процессов и циклов; применять характеристические функции и их свойства для анализа термодинамических процессов и свойств термодинамических систем; применять уравнение эксергетического баланса для анализа эффективности работы холодильных установок.

владеть:

навыками дискуссии по профессиональной тематике; терминологией в области методов описания конденсированных систем и процессов переноса тепла; навыками по эксергетическому анализу низкотемпературных процессов и холодильных циклов; навыками применения полученной информации при расчете процессов в низкотемпературных установках.

5. ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Смысловой модуль 1. Первый закон термодинамики в обобщенной форме

Тема 1. Типы термодинамических систем: термомеханическая, термоэлектрическая, термомагнитная.

Тема 2. Уравнение первого закона термодинамики для закрытых и открытых термодинамических систем, включая низкотемпературные холодильные системы.

Тема 3. Теорема и обобщённый цикл Карно. Особенности термодинамических процессов, протекающих в холодильных системах.

Смысловой модуль 2. Характеристические функции и их свойства. Дифференциальные уравнения термодинамики.

Тема 4.. Уравнение Максвелла для термодинамических систем различных типов.

Тема 5. Дифференциальные уравнения характеристических функций.

Тема 6. Общие способы получения сверхнизких температур. Теорема Нернста. Назначение криогенных и низкотемпературных машин.

Смысловой модуль 3. Эксергетический метод термодинамического анализа

Тема 7. Понятие эксергии, анергия. Эксергия замкнутой системы. Эксергетические диаграммы

Тема 8. Уравнение эксергетического баланса. Эксергетический КПД.

Тема 9. Эксергетический метод анализа холодильных установок.

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
Смысловой модуль 1. Первый закон термодинамики в обобщенной форме												
Типы термодинамических систем: термомеханическая, термоэлектрическая, термомагнитная.	**8**	2	-	2	-	4	9	1	-	-	-	8
Уравнение первого закона термодинамики для закрытых и открытых термодинамических систем, включая низкотемпературные	**8**	2	-	2	-	4	11	1	-	2	-	8

холодильные системы.												
Теорема и обобщённый цикл Карно. Особенности термодинамических процессов, протекающих в холодильных системах.	**8**	2	-	2	-	4	12	2		2		8
Итого по смысловому модулю 1	**24**	**6**	**-**	**6**	**-**	**12**	**32**	**4**	**-**	**4**	**-**	**24**
Смысловой модуль 2. Характеристические функции и их свойства. Дифференциальные уравнения термодинамики												
Уравнение Максвелла для термодинамических систем различных типов.	**9**	2	-	2	-	5	10	1	-	-	-	9
Дифференциальные уравнения характеристических функций.	**9**	2	-	2	-	5	11	2	-	-	-	9
Общие способы получения сверхнизких температур. Теорема Нернста. Назначение криогенных и низкотемпературных машин.	**9**	2	-	2	-	5	12	1	-	2	-	9
Итого по смысловому модулю 2	**27**	**6**	**-**	**6**	**-**	**15**	**33**	**4**	**-**	**2**	**-**	**27**
Смысловой модуль 3. Эксергетический метод термодинамического анализа												
Понятие эксергии, анергия. Эксергия замкнутой системы. Эксергетические диаграммы	**9,4**	2	-	2	-	5,4	11	2	-	-	-	9
Уравнение эксергетического баланса. Определение эксергетического КПД.	**9,4**	2	-	2	-	5,4	11	2	-	-	-	9
Эксергетический метод анализа холодильных установок.	**8,9**	2	-	2	-	4,9	9,1	2	-	2	-	5,1

Итого по смысловому модулю 3	**27,7**	**6**	**-**	**6**	**-**	**15,7**	**33,1**	**6**	**-**	**4**	**-**	**23,1**
Всего по смысловым модулям	**78,7**	**18**	**-**	**18**	**-**	**42,7**	**96,1**	**14**	**-**	**8**	**-**	**74,1**
Катт					**0,9**						**1,5**	
СРэк						**26**						
ИК												
КЭ					**2**						**2**	
Каттэк					**0,4**						**0,4**	
Контроль											**8**	
Всего часов	**108**	**18**	**-**	**18**	**3,3**	**68,7**	**108**	**14**		**8**	**11,9**	**74,1**

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

Номер п/п	Название темы	Количество	
		очная форма	заочная форма
Смысловой модуль 1. Первый закон термодинамики в обобщенной форме			
1	Типы термодинамических систем: термомеханическая, термоэлектрическая, термомагнитная. Термодинамические процессы.	2	-
2	Уравнение первого закона термодинамики для закрытых и открытых термодинамических систем, включая низкотемпературные холодильные системы.	2	2
3	Теорема и обобщённый цикл Карно. Особенности термодинамических процессов, протекающих в холодильных системах.	2	2
Смысловой модуль 2. Характеристические функции и их свойства. Дифференциальные уравнения термодинамики			

4.	Уравнение Максвелла для термодинамических систем различных типов.	2	-
5.	Дифференциальные уравнения характеристических функций.	2	-
6.	Общие способы получения сверхнизких температур. Теорема Нернста. Назначение криогенных и низкотемпературных машин.	2	2
Смысловой модуль III. Эксергетический метод термодинамического анализа			
7.	Понятие эксергии, анергия. Эксергия замкнутой системы. Эксергетические диаграммы	2	-
8.	Уравнение эксергетического баланса. Определение эксергетического КПД.	2	-
9.	Эксергетический метод анализа холодильных установок.	2	2
	Всего:	**18**	**10**

9. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Номер п/п	Название темы	Количество	
		очная форма	заочная форма
Смысловой модуль 1. Первый закон термодинамики в обобщенной форме			
1	Типы термодинамических систем: термомеханическая, термоэлектрическая, термомагнитная. Термодинамические процессы.	4	8
2	Уравнение первого закона термодинамики для закрытых и открытых термодинамических систем, включая низкотемпературные холодильные системы.	4	8
3	Теорема и обобщённый цикл Карно. Особенности термодинамических процессов, протекающих в холодильных системах.	4	8
Смысловой модуль 2. Характеристические функции и их свойства. Дифференциальные уравнения термодинамики			
4.	Уравнение Максвелла для термодинамических систем различных типов.	5	9
5.	Дифференциальные уравнения характеристических функций.	5	9
6.	Общие способы получения сверхнизких температур. Теорема Нернста. Назначение криогенных и низкотемпературных машин.	5	9

Смысловой модуль 3. Эксергетический метод термодинамического анализа			
7.	Понятие эксергии, анергия. Эксергия замкнутой системы. Эксергетические диаграммы	5,4	9
8.	Уравнение эксергетического баланса. Определение эксергетического КПД.	5,4	9
9.	Эксергетический метод анализа холодильных установок.	4,9	5,1
	Всего:	**42,7**	**74,1**

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

Темы рефератов

1. Третий закон термодинамики. Формулировка и основное содержание.
2. Постулат Клаузиуса и его распространение.
3. Термодинамический анализ каскадной холодильной установки.
4. Схема и цикл работы (в *p-v* и *T-s* координатах) воздушной холодильной машины.
5. Схема и цикл работы (*p-v* и *T-s* координатах) среднетемпературной паровой холодильной машины.
6. Схема и цикл работы (*p-v* и *T-s* координатах) низкотемпературной паровой холодильной машины.
7. Уравнения, описывающие процессы дросселирования газов и паров.
8. Назначение криогенных и низкотемпературных машин.
9. Принципиальные конструктивные схемы рекуперативных криогенных теплообменников. Виды теплообменных поверхностей. Конструктивные особенности.
10. Особенности теплообмена при криогенных температурах. Изменение термодинамических свойств криоагентов.
11. Перспективы применения СПГ (сжиженный природный газ) в России.
12. Методика эксергетического анализа холодильной установки. Пример.
13. Методика эксергетического анализа теплового насоса. Пример.
14. Принципы построения низкотемпературных технических установок.
15. Инновационные направления развития низкотемпературных систем.
16. Свойства веществ в области низких и сверхнизких температур.
17. Схемы криогенных установок. Характеристика основных узлов.
18. Современные рабочие вещества низкотемпературной техники. Критерии выбора.
19. Современные программные продукты для расчета и подбора низкотемпературного оборудования. Примеры.
20. Этапы жизненного цикла низкотемпературной установки.

Контрольная работа

Задача 1.

В сосуде объемом V л заключен воздух при давлении p бар и температуре 20°С. Параметры среды: p_0 = 1 бар, t_0 = 20°С. Определить максимальную полезную работу $l_{пол}$, которую может произвести сжатый воздух, находящийся в сосуде. Исходные данные принять из таблицы.

№ варианта	объем сосуда, V, л	давление в сосуде, p, бар	температура воздуха в сосуде, °С	давление среды, p, бар	температура среды, °С
1	300	50	20	1	20
2	250	48	18		22
3	280	45	15		22
4	240	45	17		20
5	310	52	20		24
6	300	50	20		22
7	280	48	18		20
8	290	45	15		22
9	310	50	17		24
0	300	48	20		20

Задача 2.

Выполнить термодинамический и эксергетический анализы воздушной холодильной установки с холодопроизводительностью $Q_{\text{х}}$, МДж/ч. Давление воздуха, поступающего в холодильную камеру, $p_1 = 1$ бар, температура $t_4 = -20$ °С. Температура воздуха перед компрессором t_1, °С. В теплообменнике воздух охлаждается до температуры $t_3 = 25$ °С (рис.1). В холодильной камере поддерживается температура °C, температура окружающей среды $t_{\text{ср}}$°C. Воздух считать идеальным газом с постоянной теплоемкостью, определяемой по классической теории. Исходные данные принять из таблицы.

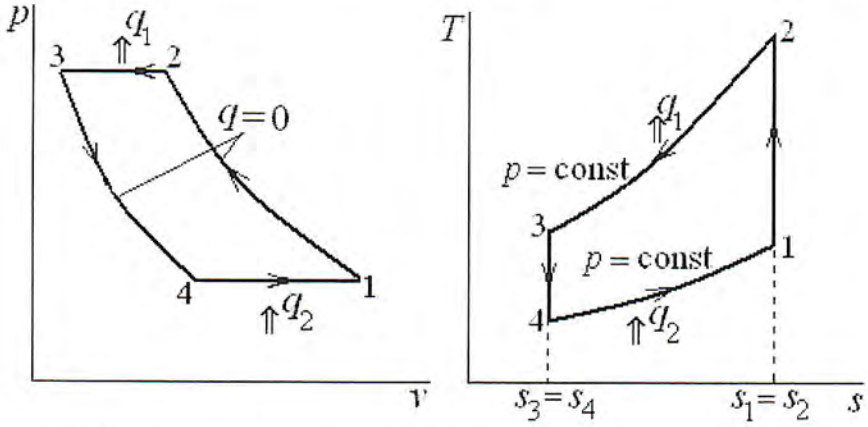


Рис. 1. Диаграммы воздушной холодильной установки к задаче 2

Таблица – Исходные данные

№ варианта	холодопроизводительностью $Q_{\text{х}}$, МДж/ч	температура воздуха перед компрессором t_1, °С	температура окружающей среды, $t_{\text{ср}}$°C	температура среды в холодильной камере, °С
1	100	-5	24	-2
2	150	-4		-4
3	180	0		-4
4	140	-7		-5
5	110	-5		-1
6	100	-7		0
7	160	-4		-2
8	150	-6		-3
9	110	-1		-4
0	100	-5		-2

Задача 3

Выполнить эксергетический анализ теоретического цикла парокомпрессионной холодильной машины.

№ варианта	Холодильный агент	Требуемая холодопроизводительность на расчетном режиме, $Q_{\text{о}}$, кВт	Средняя температура воздуха в охлаждаемом помещении, °С	Температура конденсации $t_{\text{КД}}$, °С	Температуру наружного воздуха (окружающей среды) $t_{\text{ос}}$.
1	R152	10		45	-20

2	R134a	8	$t_{возд} = -5$	50	-15
3	R600a	15		48	-10
4	R123	12		50	-5
5	R152	10		45	0
6	R142b	8		40	-5
7	R600a	17		35	-10
8	R134a	10		42	-15
9	R600a	15		55	-20
0	R142b	17		40	-10

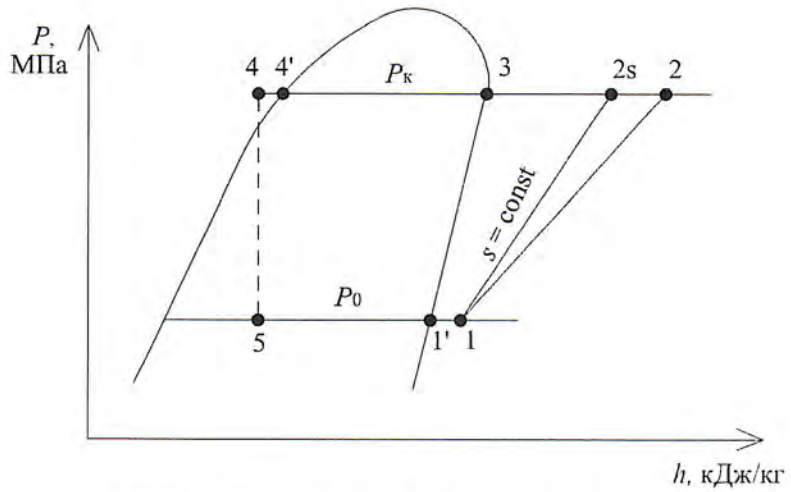


Рис. 2. Цикл парокомпрессионной холодильной машины к задаче 3

Рекомендации к задаче: Значение температуры кипения хладагента в испарителе: $t_o = t_{возд} - 10$, °С; параметры окружающей среды («мертвой точки») $t_{ос}$ = 20 °С, $p_{ос} = p_{атм}$ = 760 мм рт.ст.; перегрев пара в испарителе $\Delta T_{пп} = T_1 - T_1' = 20$ К; переохлаждение холодильного агента в конденсаторе $\Delta T_{по} = T_4 - T_{4/} = 13$ К.

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

Система оценивания по учебной дисциплине по очной и заочной формам обучения*

Форма контроля	**Макс. количество баллов**	
	За одну работу	**Всего**
Текущий контроль:		
- дискуссия, устный опрос, собеседование (по каждой теме дисциплины)	1	5
- реферат (по темам, изучаемым в дисциплине)	5	5
- тестирование (по каждому модулю)	5	15
- разноуровневые задачи и задания (по каждой теме дисциплины)	5	15
- контрольная работа (для заочной формы)**	15	15**
Промежуточная аттестация		40
Итоговая аттестация	экзамен	60
Итого за семестр	100	

* в соответствии с утвержденными оценочными материалами по учебной дисциплине

Перечень вопросов к экзамену:

1. Какие существуют способы получения низких температур ?
2. Что такое термодинамическая система? Виды термодинамических систем.
3. В чём проявляется взаимодействие термодинамической системы с окружающей средой?
4. Чем определяется тип термодинамической системы?
5. Что такое термомеханическая система?
6. Что такое термоэлектрическая система?
7. Что такое открытая система?
8. Что такое обратимые и необратимые процессы? Примеры.
9. Уравнение Максвелла.
10. Какие параметры состояния определяют термомагнитную систему?
11. Как выглядит в общем виде уравнение состояния термоэлектрической системы?
12. Формулировки первого закона термодинамики и его применение.
13. Формулировки второго закона термодинамики и его применение.
14. Энтропия. Принципы существования и возрастания энтропии.
15. Постулат Клаузиуса и его анализ.
16. Как выглядит цикл Карно термоэлектрической системы в её основных диаграммах?
17. Что такое характеристическая функция?
18. Как характеристическая функция связана с работой системы?
19. Что такое внутренняя энергия и свободная энергия рабочего вещества?
20. Характеристика фазовых диаграмм холодильных агентов.
21. Особенности параметров состояния холодильных агентов при температуре ниже нуля. Критерии выбора холодильных агентов.
22. Формулировки третьего закона термодинамики (теорема Нернста-Планка).
23. Назначение криогенных и низкотемпературных машин.
24. Сравнение циклов газовых и паровых низкотемпературных установок.
25. Особенности термодинамических циклов на природных хладагентах, например, на аммиаке.
26. Особенности термодинамических циклов на природных хладагентах, например, на диоксиде углерода.
27. Что такое эксергия и анергия? Какова связь эксергии и анергии?
28. Как записывается выражение для эксергии замкнутой термодинамической системы?
29. Как записывается выражение для эксергии потока теплоты?
30. Как записывается выражение для эксергии потока вещества?
31. Как выглядит уравнение эксергетического баланса системы и ее элементов на примере базовой холодильной установки? Физический смысл эксергетического КПД.
32. Виды потерь эксергии.
33. Методика эксергетического анализа холодильной установки. Пример.
34. Методика эксергетического анализа теплового насоса. Пример.
35. Назначение эксергетических диаграмм.

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			Текущий контроль	Экзамен	Все виды учебной деятельности
Т1	Т2	Т3	Т4	Т5	Т6	Т7	Т8	Т9			
4	4	4	4	4	5	5	5	5			
12			13			15			40	60	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. Специальные главы термодинамики низкотемпературных систем : учебное пособие / В. В. Карнаух, П. А. Трубаев, Б. Ю. Байда. – Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2025. – 108 с. : ил., табл. ISBN 978-5-9729-2336-6

3. 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.
4. 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 с. — ISBN 978-5-7882-1664-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/63486.html
5. Расщепкин, А. Н. Теплообменные аппараты низкотемпературной техники : учебное пособие / А. Н. Расщепкин, В. А. Ермолаев. — Кемерово : Кемеровский технологический институт пищевой промышленности, 2012. — 169 с. — ISBN 978-5-89289-729-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/14393.html

Дополнительная литература:

1. Специальные главы термодинамики низкотемпературных систем : методические рекомендации для самостоятельной работы обучающихся по направлению подготовки 13.04.03 Энергетическое машиностроение : (магистерская программа Холодильные машины и установки), очной и заочной форм обучения / Карнаух В.В., Байда Б.Ю., Коновал А.С. ; Министерство образования и науки Донецкой Народной Республики ; Донецкий национальный университет экономики и торговли имени Михаила Туган-Барановского. – Донецк : ДонНУЭТ, 2021. – 30 с.

2. Карнаух, В. В. Специальные главы термодинамики низкотемпературных систем [Электронный ресурс] : конспект лекций для студентов направления 13.04.03 Энергетическое машиностроение (магистерская программа: Холодильные машины и установки), очной и заочной форм обучения / В. В. Карнаух; М-во образования и науки ДНР, ГО ВПО "Донец. нац. ун-т экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского", Каф. холод. и торг. техники имени Осокина В.В. - Донецк : ДонНУЭТ, 2020. - Локал. компьютер сеть НБ ДонНУЭТ.

3. Карнаух, В. В. Специальные главы термодинамики низкотемпературных систем [Текст] : метод. указания к выполнению лабораторных работ для студентов направления подготоки 14.04.03 Энергетическое машиностроение (магистерская программа: Холодильные машины и установки) очной и заочной форм обучения / В. В. Карнаух ; М-во образования и науки ДНР, ГО ВПО "Донец. нац. ун-т экономики и торговли им. Михаила Туган-Барановского", Каф. холод. и торг. техники имени Осокина В. В. - Донецк : ДонНУЭТ, 2020. - 41, [2] с. : рис., табл.

4. Трубаев, П. А. Термодинамический и эксергетический анализ в теплотехнологии : монография / П. А. Трубаев. — Москва : Инфра-Инженерия, 2019. — 228 с. — ISBN 978-5-9729-0279-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/86652.html

5. Павлова, И. Б. Методы термодинамического анализа эффективности теплоэнергетических установок : учебное пособие по курсу «Термодинамика» / И. Б. Павлова ; под редакцией В. И. Хвесюк. — Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011. — 112 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: http://www.iprbookshop.ru/31077.html

Электронные ресурсы:

1. Дистанционный курс в системе Moodle.
2. Лекция на канале YOUTUBE «Дистанционное обучение ДонНУЭТ» по теме холодильные агенты, Режим доступа: https://www.youtube.com/watch?v=VC4xrWazdpI&t=114s

3. 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://catalog.donnuet.education – 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», «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.

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 холодильной и торговой техники имени В.В. Осокина, доктор технических наук, ученое звание – доцент	Высшее, оборудование перерабатывающих и пищевых производств, инженер-механик, диплом доктора технических наук ДОК №005148	1. Сертификат о прохождении очного повышения квалификации по программе «Энергомашиностро-ение» (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 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. 5. Удостоверение № 612400044003 о повышении квалификации ДГТУ «Научно-технологическое развитие РФ в области АПК и машиностроения» с 17-19.09.2024г. ; 6. Удостоверение № 7220324004406 о повышении квалификации Тюменский гос.университет «Методика антикоррупционного просвещения и воспитания в организациях высшего образования; выписка из протокола заседания кафедры № 5 от 14.10.2024 о внедрении результатов в учебный процесс