



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
В.Р. Храмыш  
26.01.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ***

Направление подготовки (специальность)  
13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Цифровой инжиниринг объектов промышленной теплоэнергетики и энергетики  
теплотехнологий

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	2
Семестр	3

Магнитогорск  
2022 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 146)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

18.01.2022, протокол № 4

Зав. кафедрой

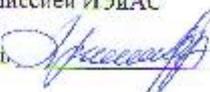


В.И. Пеннеренко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС

26.01.2022 г. протокол № 5

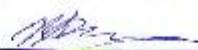
Председатель



В.Р. Хранин

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры ТиЭС, канд. техн. наук



Ю.К. Демина

Рецензент:

зам. начальника ЦЭСТ ПАО "ММК",

канд. техн. наук



В.Н. Михайловский

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целями освоения дисциплины (модуля) Низкотемпературные энергетические установки являются: формирование у студентов представлений о системах и комплексах низкотемпературных технологий, низкотемпературных технологиях, тепловых насосах, вспомогательном теплотехническом оборудовании комплексов низкотемпературных технологий, технологических жидкостях, газах и парах, как теплоносителях и рабочих телах, развитие у студентов когнитивных, деятельностных и личностных качеств, термодинамическим основам процессов трансформации теплоты, оценкам эффективности работы теплотехнических установок по производству холода, формирование у студентов умений теплотехнических расчетов и анализа процессов, совершаемых в установках низкотемпературной техники, основам криогеники.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Низкотемпературные энергетические установки входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Высокоэффективные энергетические установки

Производственная - технологическая практика

Диагноз энергетической эффективности теплотехнологий

Синтез энергетически эффективных тепловых схем

Теплотехнические принципы организации теплообмена

Перспективы развития теплоэнергетики и теплотехнологий

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Математическое моделирование объектов и систем теплоэнергетики

Производственная - научно-исследовательская работа

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Низкотемпературные энергетические установки» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-6	Способен к анализу вариантов экономии энергии за счет теплоты уходящих газов от термического оборудования с учетом составления температурных графиков технологических операций термической обработки
ПК-6.1	Разрабатывает и анализирует варианты экономии тепла за счет тепла уходящих газов от термического оборудования, за счет замены футеровочных и теплоизоляционных материалов на современные высокоэффективные материалы

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 24,85 акад. часов;
- аудиторная – 22 акад. часов;
- внеаудиторная – 2,85 акад. часов;
- самостоятельная работа – 47,45 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. час

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Раздел 1. Термодинамические основы работы низкотемпературных энергетических установок.								
1.1 Назначение, область использования и классификация низкотемпературных энергетических установок.	3	1			4	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1. Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Конспект лекций.	ПК-6.1

1.2 Холодильные циклы.		1			4	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1. Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическими материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Конспект лекций.	ПК-6.1
Итого по разделу		2			8			
2. Раздел 2. Парожидкостные компрессионные низкотемпературные энергетические установки.								
2.1 Энергетические и эксергетические балансы парожидкостных низкотемпературных энергетических установок.	3	1		2	4	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1. Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическими материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Конспект лекций.	ПК-6.1
2.2 Применение парожидкостных низкотемпературных энергетических установок в промышленности.		1		2/2И	4	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1. Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическими материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Конспект лекций.	ПК-6.1
Итого по разделу		2		4/2И	8			
3. Раздел 3. Абсорбционные низкотемпературные энергетические установки.								

3.1 Энергетические и эксергетические балансы абсорбционных низкотемпературных энергетических установок.	3	1		2	4	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1. Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Конспект лекций.	ПК-6.1
3.2 Применение абсорбционных низкотемпературных энергетических установок. в промышленности.		1		2/2И	4	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1. Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Конспект лекций.	ПК-6.1
Итого по разделу		2		4/2И	8			
4. Раздел 4. Ожижение и низкотемпературная ректификация воздуха.								
4.1 Криогенные циклы ожижения воздуха.	3	1		1	4	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1. Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Конспект лекций.	ПК-6.1

4.2	Схемы воздухоразделительных установок.		1		2/2И	4	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующи х вопросов из прил. 1. Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографичес ким материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями ).	Конспект лекций.	ПК-6.1
Итого по разделу			2		3/2И	8			
5. Раздел 5. Низкотемпературные энергетические установки основанные на использовании электрических и магнитных полей.									
5.1	Термоэлектрические и термомагнитоэлектрические низкотемпературные энергетические установки.		1			4	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующи х вопросов из прил. 1. Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографичес ким материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями ).	Конспект лекций.	ПК-6.1
		3							
5.2	Магнитокалорические и электрокалорические низкотемпературные энергетические установки.		1			4	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующи х вопросов из прил. 1. Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографичес ким материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями ).	Конспект лекций.	ПК-6.1
Итого по разделу			2			8			

6. Раздел 6. Повышение энергетической эффективности теплоэнергетических систем за счет применения низкотемпературных энергетических установок.								
6.1	Использования вторичных энергетических ресурсов для генерации холода.	3	1		7,45	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1. Поиск дополнительной информации по заданной теме (работа с библиографическим материалами, справочниками, каталогами, словарями, энциклопедиями).	Конспект лекций.	ПК-6.1
Итого по разделу		1			7,45			
Итого за семестр		11		11/6И	47,45		экзамен	
Итого по дисциплине		11		11/6И	47,45		экзамен	

## **5 Образовательные технологии**

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины «Низкотемпературные энергетические установки» в качестве образовательных технологий используются как традиционные, так и модульно-компетентностные технологии. Передача необходимых теоретических знаний и формирование представлений по курсу происходит с применением мультимедийного оборудования. Лекционный материал закрепляется на лабораторных работах, где применяется совместная деятельность студентов в группе, направленная на решение общей задачи путём сложения результатов индивидуальной работы членов группы. Для развития и совершенствования коммуникативных способностей студентов организуются практические занятия в виде дискуссий, анализа реальных проблемных ситуаций и междисциплинарных связей из различных областей в контексте решаемой задачи. Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе написания рефератов, подготовки к дискуссиям, и тестированию.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Степанов, О. А. Основы трансформации теплоты : учебник / О. А. Степанов, С. О. Захаренко. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 128 с. — ISBN 978-5-8114-3722-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/122152> (дата обращения: 21.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Цирельман, Н. М. Техническая термодинамика : учебное пособие / Н. М. Цирельман. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 352 с. — ISBN 978-5-8114-3063-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/107965> (дата обращения: 21.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Солнцев, Ю. П. Специальные материалы в машиностроении : учебник / Ю. П. Солнцев, Е. И. Пряхин, В. Ю. Пирирайнен. — 2-е изд., испр. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 664 с. — ISBN 978-5-8114-3921-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118630> (дата обращения: 21.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Процессы и аппараты. Расчет и проектирование аппаратов для тепловых и тепломассообменных процессов : учебное пособие / А. Н. Остриков, В. Н. Василенко, Л. Н. Фролова, А. В. Терехина. — Санкт-Петербург : Лань, 2018. — 440 с. — ISBN 978-5-8114-3143-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/109507> (дата обращения: 21.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Примеры и задачи по тепломассообмену : учебное пособие / В. С. Логинов, А. В. Крайнов, В. Е. Юхнов [и др.]. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 256 с. — ISBN 978-5-8114-1132-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/112072> (дата обращения: 21.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

**в) Методические указания:**

1. Агапитов, Е. Б. Теплоэнергетика криогенных и холодильных систем промышленных предприятий. Конспект лекций : учебное пособие / Е. Б. Агапитов, А. В. Тихонов. - Магнитогорск : МГТУ, 2013. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. URL:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=910.pdf&show=dcatalogues/1/1118887/910.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Климова, Т. А. Холодильное оборудование : учебное пособие [для СПО] / Т. А. Климова ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2015. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. URL:

<https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1468.pdf&show=dcatalogues/1/1123993/1468.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:****Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно	бессрочно
MathCAD v.15 Education University	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
Linux Calculate	свободно	бессрочно
FAR Manager	свободно	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru">https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>

**9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации. Учебные аудитории для проведения практических, лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Доска, мультимедийный проектор, экран. Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы обучающихся. Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступов в электронную информационно-образовательную среду университета.

**Перечень контрольных вопросов для подготовки к аттестации**

1. Какие требования предъявляются к качеству продуктов разделения воздуха.
2. Какие графики потребления продуктов разделения воздуха вы знаете.
3. Как классифицируются трансформаторы теплоты.
4. Каскадные и регенеративные трансформаторы теплоты.
5. Общая характеристика хладагентов и криоагентов.
6. Абсорбционные трансформаторы теплоты.
7. Струйные трансформаторы теплоты.
8. Газожидкостные трансформаторы теплоты.
9. Криорефрижераторы с дроссельной системой окончательного охлаждения.
10. Криорефрижераторы с детандерной системой окончательного охлаждения.
11. Особенности систем ожижения, замораживания и низкотемпературного разделения.
12. Какова роль низкотемпературной техники в развитии экономики страны?
13. Основные потребители продуктов разделения воздуха
14. Свойства низкотемпературной изоляции.
15. Классификация криогенных установок и циклов.
16. Реальные циклы криогенных установок. Цикл Гейландта, Клода и Капицы.
17. Холодопроизводительность, потери, эффективность реальных циклов.
18. Понятие бинарной смеси. Законы разделения бинарных смесей.
19. Процессы кипения и конденсации бинарной смеси.
20. Процесс ректификации бинарной смеси.
21. Схемы ректификационных колонн для разделения бинарной смеси.
22. Блочная схема воздухоразделительной установки.
23. Классификация ВРУ.
24. Общая характеристика ВРУ, принципы построения.
25. Тенденции развития ВРУ. Энергетические показатели.
26. Технология разделения воздуха.
27. Холодопроизводительность и ее составляющие для ВРУ различных типов.
28. Регулирование производительности ВРУ.
29. Способы компенсации неравномерности потребления продуктов разделения ВРУ
30. Схемы снабжения предприятия газообразными продуктами разделения воздуха.
31. Классификация трубопроводов для транспорта продуктов разделения воздуха.
32. Проектирование трубопроводов для транспорта продуктов разделения воздуха.
33. Жидкостные криогенные системы.
34. Материалы труб, арматура.

<i>Код индикатора</i>	<i>Индикатор достижения компетенции</i>	<i>Оценочные средства</i>
<b>ПК-6 Способен к анализу вариантов экономии энергии за счет теплоты уходящих газов от термического оборудования с учетом составления температурных графиков технологических операций термической обработки</b>		
ПК-6.1	Разрабатывает и анализирует варианты экономии тепла за счет тепла уходящих газов от термического оборудования, за счет замены футеровочных и теплоизоляционных материалов на современные высокоэффективные материалы	<p>Вопросы для самостоятельной проработки:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Классификация криогенных и холодильных установок. Тепловая трансформация.</li> <li>2. Области использования тепловых трансформаторов</li> <li>3. Общий принцип охлаждения</li> <li>4. Классификация тепловых трансформаторов</li> <li>5. Циклические и нециклические процессы. Цикл Карно со стационарными процессами</li> <li>6. Каскадные и регенеративные тепловые трансформаторы</li> <li>7. Энергетический метод анализа работы тепловых трансформаторов</li> <li>8. Схема идеального парожидкостного теплотрансформатора. Удельные затраты работы.</li> <li>9. Характерные энергетические зоны в низкотемпературной области</li> <li>10. Характеристики криоагентов и хладоагентов</li> <li>11. Реальный парожидкостный тепловой трансформатор. Энергетические характеристики. Холодильный коэффициент</li> <li>12. Процесс дросселирования. Дифференциальный дроссель – эффект Джоуля – Томпсона. Инверсия.</li> <li>13. Криорефрижератор Линде. Энергетический баланс криорефрижератора.</li> <li>14. Идеальные процессы ожижения и замораживания газов</li> <li>15. Блочная схема воздухоразделительной установки</li> <li>16. Ожижитель Линде.</li> <li>17. Квазицикл Клода, Гейландта, Капицы</li> <li>18. Технико – экономическое сопоставление ожижительных циклов</li> <li>19. Бинарные смеси. Законы Рауля, Дальтона и Коновалова для бинарных смесей.</li> <li>20. Испарение бинарной смеси</li> <li>21. Дефлегмация бинарной смеси</li> <li>22. Ректификация. Устройство ректификационной колонны</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства																																																																												
		<p>23.Работа колонны двукратной ректификации воздуха  24.Компановка воздухоразделительных установок низкого давления  25.Производство инертных газов  26.Системы транспорта и распределения продуктов разделения воздуха</p> <p>Примерное практическое задание к аттестации:  1. Рассчитать схему аммиачной одноступенной компрессионной холодильной установки для следующих условий: задана холодопроизводительность <math>Q_0</math> , температура хладоносителя на входе – выходе из испарителя</p> <table border="1" data-bbox="1048 647 2013 1445"> <thead> <tr> <th data-bbox="1048 647 1115 759">В</th> <th data-bbox="1115 647 1263 759"><math>Q_0</math>, кВт</th> <th data-bbox="1263 647 1610 759">Температура хладоносителя (вход, выход в испаритель)</th> <th data-bbox="1610 647 2013 759">Температура охлаждающей воды на входе – выходе из конденсатора</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td data-bbox="1263 759 1610 799">0С</td> <td data-bbox="1610 759 2013 799">0С</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>18</td> <td data-bbox="1263 799 1610 839">(-16)-(-23)</td> <td data-bbox="1610 799 2013 839">(20)-(27)</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>25</td> <td data-bbox="1263 839 1610 879">(-15)-(-24)</td> <td data-bbox="1610 839 2013 879">(21)-(28)</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>20</td> <td data-bbox="1263 879 1610 919">(-16)-(-25)</td> <td data-bbox="1610 879 2013 919">(20)-(25)</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>19</td> <td data-bbox="1263 919 1610 959">(-17)-(-23)</td> <td data-bbox="1610 919 2013 959">(22)-(28)</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>40</td> <td data-bbox="1263 959 1610 999">(-15)-(-25)</td> <td data-bbox="1610 959 2013 999">(20)-(27)</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>55</td> <td data-bbox="1263 999 1610 1038">(-16)-(-23)</td> <td data-bbox="1610 999 2013 1038">(21)-(29)</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>60</td> <td data-bbox="1263 1038 1610 1078">(-15)-(-24)</td> <td data-bbox="1610 1038 2013 1078">(20)-(26)</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>75</td> <td data-bbox="1263 1078 1610 1118">(-16)-(-25)</td> <td data-bbox="1610 1078 2013 1118">(23)-(29)</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>80</td> <td data-bbox="1263 1118 1610 1158">(-17)-(-23)</td> <td data-bbox="1610 1118 2013 1158">(22)-(28)</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>95</td> <td data-bbox="1263 1158 1610 1198">(-15)-(-25)</td> <td data-bbox="1610 1158 2013 1198">(20)-(27)</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>90</td> <td data-bbox="1263 1198 1610 1238">(-16)-(-23)</td> <td data-bbox="1610 1198 2013 1238">(21)-(29)</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>85</td> <td data-bbox="1263 1238 1610 1278">(-15)-(-24)</td> <td data-bbox="1610 1238 2013 1278">(20)-(26)</td> </tr> <tr> <td>13</td> <td>80</td> <td data-bbox="1263 1278 1610 1318">(-16)-(-25)</td> <td data-bbox="1610 1278 2013 1318">(23)-(29)</td> </tr> <tr> <td>14</td> <td>30</td> <td data-bbox="1263 1318 1610 1358">(-17)-(-23)</td> <td data-bbox="1610 1318 2013 1358">(20)-(26)</td> </tr> <tr> <td>15</td> <td>45</td> <td data-bbox="1263 1358 1610 1398">(-15)-(-25)</td> <td data-bbox="1610 1358 2013 1398">(23)-(29)</td> </tr> <tr> <td>16</td> <td>30</td> <td data-bbox="1263 1398 1610 1437">(-15)-(-24)</td> <td data-bbox="1610 1398 2013 1437">(22)-(28)</td> </tr> <tr> <td>17</td> <td>20</td> <td data-bbox="1263 1437 1610 1477">(-16)-(-25)</td> <td data-bbox="1610 1437 2013 1477">(20)-(27)</td> </tr> </tbody> </table>	В	$Q_0$ , кВт	Температура хладоносителя (вход, выход в испаритель)	Температура охлаждающей воды на входе – выходе из конденсатора			0С	0С	1	18	(-16)-(-23)	(20)-(27)	2	25	(-15)-(-24)	(21)-(28)	3	20	(-16)-(-25)	(20)-(25)	4	19	(-17)-(-23)	(22)-(28)	5	40	(-15)-(-25)	(20)-(27)	6	55	(-16)-(-23)	(21)-(29)	7	60	(-15)-(-24)	(20)-(26)	8	75	(-16)-(-25)	(23)-(29)	9	80	(-17)-(-23)	(22)-(28)	10	95	(-15)-(-25)	(20)-(27)	11	90	(-16)-(-23)	(21)-(29)	12	85	(-15)-(-24)	(20)-(26)	13	80	(-16)-(-25)	(23)-(29)	14	30	(-17)-(-23)	(20)-(26)	15	45	(-15)-(-25)	(23)-(29)	16	30	(-15)-(-24)	(22)-(28)	17	20	(-16)-(-25)	(20)-(27)
В	$Q_0$ , кВт	Температура хладоносителя (вход, выход в испаритель)	Температура охлаждающей воды на входе – выходе из конденсатора																																																																											
		0С	0С																																																																											
1	18	(-16)-(-23)	(20)-(27)																																																																											
2	25	(-15)-(-24)	(21)-(28)																																																																											
3	20	(-16)-(-25)	(20)-(25)																																																																											
4	19	(-17)-(-23)	(22)-(28)																																																																											
5	40	(-15)-(-25)	(20)-(27)																																																																											
6	55	(-16)-(-23)	(21)-(29)																																																																											
7	60	(-15)-(-24)	(20)-(26)																																																																											
8	75	(-16)-(-25)	(23)-(29)																																																																											
9	80	(-17)-(-23)	(22)-(28)																																																																											
10	95	(-15)-(-25)	(20)-(27)																																																																											
11	90	(-16)-(-23)	(21)-(29)																																																																											
12	85	(-15)-(-24)	(20)-(26)																																																																											
13	80	(-16)-(-25)	(23)-(29)																																																																											
14	30	(-17)-(-23)	(20)-(26)																																																																											
15	45	(-15)-(-25)	(23)-(29)																																																																											
16	30	(-15)-(-24)	(22)-(28)																																																																											
17	20	(-16)-(-25)	(20)-(27)																																																																											

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства			
		18	15	(-17)-(-23)	(21)-(29)
		19	90	(-15)-(-25)	(20)-(26)
		20	80	(-15)-(-24)	(20)-(27)
		<p>2. Пар-фреон-12 при температуре <math>t_1 = -20^{\circ}\text{C}</math> поступает в компрессор, где адиабатно сжимается до давления, при котором его температура становится равной <math>t_2 = 20^{\circ}\text{C}</math>, а степень сухости парах <math>x_1 = 1</math>. Из компрессора фреон поступает в конденсатор, где при постоянном давлении обращается в жидкость при температуре кипения, после чего адиабатно расширяется в дросселе до температуры <math>t_4 = t_1</math>. Определить холодильный коэффициент установки, массовый расход фреона, а также теоретическую мощность привода компрессора, если холодопроизводительность установки <math>Q = 280</math> кВт. Изобразите схему установки и ее цикл в TS- и hS-диаграммах. Задачу решить с помощью таблицы параметров насыщенного пара фреона-12.</p> <p>3. Воздушная холодильная машина производит лед при температуре <math>-3^{\circ}\text{C}</math> из воды с температурой <math>10^{\circ}\text{C}</math>. Всасываемый в компрессор воздух имеет температуру <math>t_1 = -10^{\circ}\text{C}</math>, давление <math>p_1 = 0,098</math> МПа и сжимается до давления <math>p_2 = 0,4</math> МПа. Затем воздух поступает в холодильник и там охлаждается до температуры <math>t_3 = 20^{\circ}\text{C}</math>. Расход воздуха равен <math>1000</math> м<sup>3</sup>/ч при нормальных условиях. Определить холодильный коэффициент установки, теоретическую мощность привода компрессора и количество льда полученного в течение часа.</p> <p>4. Аммиачная холодильная установка при температуре кипения хладагента <math>t_1 = -20^{\circ}\text{C}</math> и температуре его конденсации <math>t_2 = 25^{\circ}\text{C}</math> имеет холодопроизводительность <math>Q_0 = 200</math> кВт. Определить холодильный коэффициент установки, массовый расход хладагента, а также теоретическую мощность привода компрессора, если известно, что пар аммиака после компрессора становится сухим насыщенным. Изобразить схему установки и её цикл в T,s – диаграмме.</p> <p>5. Паровая компрессионная установка с дроссельным вентилем использует пары низкокипящих жидкостей. Компрессор всасывает влажный насыщенный пар со</p>			

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>степенью сухости <math>x_1</math> и сжимает его адиабатно. Превращая в сухой насыщенный пар при давлении, соответствующем температуре насыщения (конденсации) <math>t_2=t_3=25^\circ\text{C}</math>. Из компрессора пар хладагента поступает в конденсатор, где он превращается в жидкость, которая проходит через дроссельный вентиль, вследствие чего жидкость частично испаряется, а ее температура понижается до <math>t_1=t_4=-5^\circ\text{C}</math>. При этой температуре хладагент поступает в охлаждаемое помещение (рефрижератор) где воспринимает тепло, и испаряется, образуя влажный насыщенный пар со степенью сухости <math>x_1</math> и снова направляется в компрессор. Определить: удельную хладопроизводительность, <math>q_0</math> (кДж/кг), часовой расход хладагента, <math>G_{\text{час}}</math> (т/ч), теоретическую мощность компрессора, <math>N_T</math> (кВт); тепло, отданное в конденсаторе, <math>q</math> (кДж/кг), холодильный коэффициент, <math>\epsilon</math>; холодильный коэффициент цикла Карно в интервале температур данного цикла, <math>\epsilon_K</math>, если известны: наименование хладагента – <math>\text{NH}_3</math> (аммиак) и хладопроизводительность – <math>Q=50</math> кВт. Результаты расчета представить в таблице.</p>

#### Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.