

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Физика и техника низких температур

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Холодильные машины и установки**

**Москва
2023**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Ястребов А.К.
	Идентификатор	R0e5b2163-YastrebovAK-2523fea7

(подпись)

А.К.

Ястребов

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Крюков А.П.
	Идентификатор	R9b81f956-KryukovAP-8dacf4ed

(подпись)

А.П. Крюков

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пузина Ю.Ю.
	Идентификатор	Re86e9a56-Puzina-4d2acad1

(подпись)

Ю.Ю.

Пузина

(расшифровка
подписи)

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен анализировать и моделировать физические процессы в элементах энергетического оборудования

ИД-1 Имеет практические навыки применения измерительных приборов и техники эксперимента, навыки постобработки экспериментальных данных и способен провести анализ погрешностей определяемых величин

2. ПК-2 Способен проводить расчетно-теоретические и экспериментальные исследования теплогидравлических процессов в конструкциях низкотемпературных установках

ИД-1 Владеет основными методами и подходами, применяемыми при анализе работы низкотемпературных систем

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Защита задания

1. Защита лабораторной работы № 1 и № 2. Приготовление и хроматографический контроль состава многокомпонентного хладагента (Лабораторная работа)
2. Защита лабораторной работы № 3 и № 4. Калориметрические испытания хладагентов (Лабораторная работа)
3. Защита лабораторной работы № 5. Испытания бытовых холодильных приборов на измерительном комплексе (Лабораторная работа)
4. Защита лабораторной работы № 6. Низкотемпературная установка для сверхбыстрого замораживания, работающая на смесевом хладагенте (Лабораторная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Компрессорные холодильные машины (Коллоквиум)

БРС дисциплины

1 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	6	8	10	12	16
Основы теории холодильных компрессоров						
Основы теории холодильных компрессоров				+		
Бытовые холодильные приборы (БХП)						

Бытовые холодильные приборы (БХП)					+
Промышленные холодильные установки					
Промышленные холодильные установки				+	
Конструктивные особенности низкотемпературных установок					
Конструктивные особенности низкотемпературных установок	+				
Особенности применения смесевых хладагентов в низкотемпературной технике					
Особенности применения смесевых хладагентов в низкотемпературной технике		+			
Вес КМ:	20	20	20	20	20

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-1 _{ПК-1} Имеет практические навыки применения измерительных приборов и техники эксперимента, навыки постобработки экспериментальных данных и способен провести анализ погрешностей определяемых величин	Знать: основные конструктивные элементы и методику формирования рабочих тел современных низкотемпературных установок, методы диагностики неисправностей холодильных агрегатов Уметь: расчитывать холодопроизводительность низкотемпературной установки, эффективность и потери эксергии анализировать конструкцию низкотемпературной установки и входящих в нее элементов с точки зрения энергетической и термодинамической эффективности	Компрессорные холодильные машины (Коллоквиум) Защита лабораторной работы № 3 и № 4. Калориметрические испытания хладагентов (Лабораторная работа) Защита лабораторной работы № 6. Низкотемпературная установка для сверхбыстрого замораживания, работающая на смесевом хладагенте (Лабораторная работа)
ПК-2	ИД-1 _{ПК-2} Владеет	Уметь:	Защита лабораторной работы № 1 и № 2. Приготовление и

	основными методами и подходами, применяемыми при анализе работы низкотемпературных систем	анализировать состав многокомпонентной рабочей смеси; подбирать холодильное оборудование для обеспечения необходимой обработки пищевых продуктов;	хроматографический контроль состава многокомпонентного хладагента (Лабораторная работа) Защита лабораторной работы № 5. Испытания бытовых холодильных приборов на измерительном комплексе (Лабораторная работа)
--	---	---	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Компрессорные холодильные машины

Формы реализации: Устная форма

Тип контрольного мероприятия: Коллоквиум

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Слепой выбор задания, время на подготовку ответа, ответ

Краткое содержание задания:

Дать ответ на вопрос из списка

Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные конструктивные элементы и методику формирования рабочих тел современных низкотемпературных установок, методы диагностики неисправностей холодильных агрегатов	1. Обратный цикл Карно. Работа цикла. Холодопроизводительность, холодильный коэффициент. 2. Цикл паровой холодильной машины с детандером в области влажного пара. Работа цикла. Холодопроизводительность, холодильный коэффициент. Эксергетический КПД. 3. Цикл паровой холодильной машины с дросселем в области влажного пара. Работа цикла. Холодопроизводительность, холодильный коэффициент. Эксергетический КПД. 4. Цикл паровой холодильной машины с регенеративным теплообменником. Работа цикла. Холодопроизводительность, холодильный коэффициент. Эксергетический КПД. 5. Циклы многоступенчатой холодильной машины. 6. Классификация компрессоров по принципу действия. 7. Классификация компрессоров по конструкции. 8. Идеальный компрессор. Индикаторная диаграмма рабочего процесса компрессора. Процессы сжатия. Работа сжатия. 9. Реальный компрессор. Индикаторная диаграмма рабочего процесса. Работа сжатия. Производительность и коэффициент подачи. 10. Многоступенчатый компрессор. Рабочий процесс в координатах p-V и T-s. Основные соотношения для степени сжатия на ступенях компрессора, работы сжатия и теплоты, отводимой в промежуточных теплообменниках. 11. Поршневой компрессор. Принцип действия. Преимущества и недостатки. 12. Винтовой компрессор. Принцип действия. Преимущества и недостатки. 13. Пластинчато-роторный компрессор. Принцип действия. Преимущества и недостатки.
--	---

	14.Спиральный компрессор. Принцип действия. Преимущества и недостатки. 15.Центробежный компрессор. Принцип действия. Преимущества и недостатки. 16.Осевой компрессор. Принцип действия. Преимущества и недостатки.
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Задание выполнено

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Задание не выполнено

КМ-2. Защита лабораторной работы № 1 и № 2. Приготовление и хроматографический контроль состава многокомпонентного хладагента

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты защищают ранее выполненные лабораторные работы

Краткое содержание задания:

Получение практических навыков приготовления смесового хладагента из чистых компонентов весовым способом, газоаналитическое определение хроматографических характеристик чистых компонентов, проведение хроматографического анализа приготовленной смеси, а также расчет погрешности состава полученной смеси от заданного.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: анализировать состав многокомпонентной рабочей смеси;	1. Порядок приготовления смесового хладагента весовым методом 2. Принцип действия газового хроматографа 3. Основные хроматографические характеристики 4. Порядок проведения хроматографического анализа смесового хладагента
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Получены ответы на вопросы

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Не получены ответы на вопросы

КМ-3. Защита лабораторной работы № 3 и № 4. Калориметрические испытания хладагентов

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты защищают ранее выполненные лабораторные работы

Краткое содержание задания:

Целью работы служит получение практических навыков калориметрических исследований герметичных холодильных компрессоров с различными хладагентами на универсальном стенде, отвечающем требованиям ГОСТ 17008-85.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: анализировать конструкцию низкотемпературной установки и входящих в нее элементов с точки зрения энергетической и термодинамической эффективности	1. Основные методы испытаний, описанных государственным стандартом 2. Принципиальная схема универсального стенда для испытаний компрессоров 3. Методика проведения испытаний 4. Каким образом реализована система автоматизация система сбора и обработки информации стенда?
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Получены ответы на вопросы

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Не получены ответы на вопросы

КМ-4. Защита лабораторной работы № 5. Испытания бытовых холодильных приборов на измерительном комплексе

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты защищают ранее выполненные лабораторные работы

Краткое содержание задания:

Целью работы служит получение практических навыков по изучению энергетических характеристик бытовых холодильных приборов при их испытании в термокамере согласно ГОСТ 16117-87 и ГОСТ 26678-85

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: подбирать холодильное оборудование для обеспечения необходимой обработки пищевых продуктов;	1. Основные элементы бытового холодильного прибора 2. Какое измерительное оборудования используется при испытании БХП? 3. Порядок проведения испытаний. 4. Основные энергетические характеристики БХП.
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Получены ответы на вопросы

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Не получены ответы на вопросы

КМ-5. Защита лабораторной работы № 6. Низкотемпературная установка для сверхбыстрого замораживания, работающая на смесевом хладагенте

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Лабораторная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 20

Процедура проведения контрольного мероприятия: Студенты защищают ранее выполненные лабораторные работы

Краткое содержание задания:

Целью работы служит получение практических навыков эксплуатации установок, работающих многокомпонентных (смесевых) хладагентах.

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: рассчитывать холодопроизводительность низкотемпературной установки, эффективность и потери эксергии	1. Основные особенности смесевых рабочих тел в сравнении с чистыми веществами. 2. Принципиальная схема установки для сверхбыстрого замораживания 3. Как изменяются параметры установки в процессе охлаждения объекта?
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Получены ответы на вопросы

Оценка: не зачтено

Описание характеристики выполнения знания: Не получены ответы на вопросы

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

1 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Схема холодильной машины с реверсивным режимом.
2. Цикл паровой холодильной машины с дросселем в области влажного пара. Работа цикла. Холодопроизводительность, холодильный коэффициент. Экзегетический КПД.
3. Для работы воздушной холодильной машины (ХМ) необходимо определить оптимальное число ступеней сжатия в компрессоре, чтобы температура воздуха не превышала 60°C . Давление воздуха на входе в компрессор 0.1 МПа и температура 5°C . Для работы ХМ давление нагнетания должно быть равно 0.8 МПа . Определить число ступеней компрессора, удовлетворяющего заданным условиям, удельную теплоту, отводимую от воздуха в цилиндрах компрессора и в промежуточных теплообменниках, а также работу компрессора. При решении задачи принять, что компрессор идеальный, процесс сжатия в нем политропный ($n = 1.25$).

Процедура проведения

Слепой выбор билета, время на подготовку ответа, ответ

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-1} Имеет практические навыки применения измерительных приборов и техники эксперимента, навыки постобработки экспериментальных данных и способен провести анализ погрешностей определяемых величин

Вопросы, задания

- 1.1. Цикл паровой холодильной машины с дросселем в области влажного пара. Работа цикла. Холодопроизводительность, холодильный коэффициент. Эксергетический КПД.
2. Поршневой компрессор. Принцип действия. Преимущества и недостатки.
3. Воздушная холодильная установка имеет холодопроизводительность $Q = 750\text{ кВт}$. Давление всасывания в адиабатном компрессоре равно 0.2 МПа , а температура воздуха равна 12°C . После сжатия воздух имеет температуру 75°C , затем он охлаждается в теплообменнике до температуры 18°C и попадает в детандер. Определить холодильный коэффициент и эксергетический КПД установки и расход воздуха. Воздух – идеальный газ, показатель адиабаты равен 1.4 .
- 2.1. Цикл паровой холодильной машины с регенеративным теплообменником. Работа цикла. Холодопроизводительность, холодильный коэффициент. Эксергетический КПД.
2. Поршневой компрессор. Принцип действия. Преимущества и недостатки.
3. Воздушная холодильная установка оснащена охлаждаемым компрессором. На входе в компрессор воздух имеет давление 0.12 МПа и температуру -5°C . Степень сжатия в

компрессоре равна 3, а температура воздуха на входе в детандер равна 23 °С. Определить холодильный коэффициент, эксергетический КПД установки и удельную теплоту, отводимую от компрессора. Воздух – идеальный газ с показателем адиабаты равным 1.4, сжатие в компрессоре политропное с показателем политропы 1.25.

3.1. Цикл многоступенчатой холодильной машины

2. Классификация компрессоров по принципу действия.

3. Воздушная холодильная установка оснащена охлаждаемым компрессором. На входе в компрессор воздух имеет давление 0.12 МПа и температуру -18 °С. Степень сжатия в компрессоре равна 2.5, а температура воздуха на входе в детандер равна 19 °С.

Определить холодильный коэффициент, эксергетический КПД установки и удельную теплоту, отводимую от компрессора. Воздух – идеальный газ с показателем адиабаты равным 1.4, сжатие в компрессоре политропное с показателем политропы 1.25.

4.1. Реальный компрессор. Индикаторная диаграмма рабочего процесса. Работа сжатия. Производительность и коэффициент подачи.

2. Схемы холодильных машин с различными схемами охлаждения объекта.

3. Воздушная холодильная установка оснащена охлаждаемым компрессором. На входе в компрессор воздух имеет давление 0.25 МПа и температуру -5 °С. Степень сжатия в компрессоре равна 4, а температура воздуха на входе в детандер равна 21 °С. Определить холодильный коэффициент, эксергетический КПД установки и удельную теплоту, отводимую от компрессора. Воздух – идеальный газ с показателем адиабаты равным 1.4, сжатие в компрессоре политропное с показателем политропы 1.25.

5.1. Преимущества и недостатки применения многокомпонентных рабочих тел в холодильных установках. Классификация МРТ.

2. Пластинчато-роторный компрессор. Принцип действия. Преимущества и недостатки.

3. Паровая холодильная машина с регенеративным теплообменником работает на этане. Температура хладагента в испарителе равна 184,3 К, а в конденсаторе – 255,1 К.

Обратный поток в регенеративном теплообменнике: на входе хладагент находится в состоянии насыщения, а на выходе – перегретый пар, перегрев составляет 14,9 К.

Прямой поток: на входе насыщенная жидкость, на выходе – переохлажденная жидкость. Определить холодильный коэффициент установки, эксергетический КПД установки и тепловую нагрузку на конденсатор.

Материалы для проверки остаточных знаний

1. От чего зависит холодильный коэффициент обратного цикла Карно?

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: от температуры окружающей среды и температуры охлаждаемого объекта

2. Холодопроизводительность – это?

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: количество теплоты отводимое от охлаждаемого объекта

3. У какой холодильной машины выше холодопроизводительность с дросселем или детандером? (при прочих равных)

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: с детандером

4. Чему равен коэффициент подачи идеального компрессора

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: 1

5. К какому типу относится спиральный компрессор?

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: это компрессор объемного действия

2. Компетенция/Индикатор: ИД-1_{ПК-2} Владеет основными методами и подходами, применяемыми при анализе работы низкотемпературных систем

Вопросы, задания

1.1. Схема холодильной машины с реверсивным режимом.

2. Цикл паровой холодильной машины с дросселем в области влажного пара. Работа цикла. Холодопроизводительность, холодильный коэффициент. Эксергетический КПД.

3. Для работы воздушной холодильной машины (ХМ) необходимо определить оптимальное число ступеней сжатия в компрессоре, чтобы температура воздуха не превышала 60°C. Давление воздуха на входе в компрессор 0.1 МПа и температура 5°C. Для работы ХМ давление нагнетания должно быть равно 0.8 МПа. Определить число ступеней компрессора, удовлетворяющего заданным условиям, удельную теплоту, отводимую от воздуха в цилиндрах компрессора и в промежуточных теплообменниках, а также работу компрессора. При решении задачи принять, что компрессор идеальный, процесс сжатия в нем политропный ($n = 1.25$).

2.1. Цикл паровой холодильной машины с детандером в области влажного пара. Работа цикла. Холодопроизводительность, холодильный коэффициент. Эксергетический КПД.

2. Бытовые холодильные приборы. Классификация. Основные элементы БХП.

3. Воздушная холодильная установка имеет холодопроизводительность $Q = 350$ кВт. Давление всасывания в адиабатном компрессоре равно 0.1 МПа, а температура воздуха равна 10°C. После сжатия воздух имеет температуру 60°C, затем он охлаждается в теплообменнике до температуры 18°C и попадает в детандер. Определить холодильный коэффициент и эксергетический КПД установки и расход воздуха. Воздух – идеальный газ, показатель адиабаты равен 1.4.

3.1. Идеальный компрессор. Индикаторная диаграмма рабочего процесса компрессора. Работа сжатия.

2. Торговое холодильное оборудование. Назначение. Классификация.

3. Паровая холодильная машина с регенеративным теплообменником имеет холодопроизводительность 450 кВт. Температура хладагента (R134a) в испарителе равна 258 К, а в конденсаторе – 300 К. Обратный поток в регенеративном теплообменнике: на входе хладагент находится в состоянии насыщения, а на выходе – перегретый пар, перегрев составляет 22 К. Прямой поток: на входе насыщенная жидкость, на выходе – переохлажденная жидкость. Определить холодильный коэффициент установки, расход хладагента, эксергетический КПД установки и тепловую нагрузку на конденсатор.

4.1. Обратный цикл Карно. Работа цикла. Холодопроизводительность, холодильный коэффициент.

2. Холодильный транспорт. Виды холодильного транспорта. Классификация.

3. Паровая холодильная машина с регенеративным теплообменником работает на фреоне R23. Температура хладагента в испарителе равна $-82,3^{\circ}\text{C}$, а в конденсаторе – $-40,4^{\circ}\text{C}$. Обратный поток в регенеративном теплообменнике: на входе хладагент находится в состоянии насыщения, а на выходе – перегретый пар, перегрев составляет $22,3^{\circ}\text{C}$. Прямой поток: на входе насыщенная жидкость, на выходе – переохлажденная жидкость. Определить холодильный коэффициент установки, эксергетический КПД установки и тепловую нагрузку на конденсатор.

5.1. Обратный цикл Карно. Работа цикла. Холодопроизводительность, холодильный коэффициент.

2. Осевой компрессор. Принцип действия. Преимущества и недостатки.

3. Воздушная холодильная установка имеет холодопроизводительность $Q = 150$ кВт. Давление всасывания в адиабатном компрессоре равно $0,15$ МПа, степень сжатия воздуха в компрессоре – 2. Температура воздуха на входе в компрессор равна 0°C , а температура воздуха на входе в расширительную машину равна 20°C . Определить холодильный коэффициент и эксергетический КПД установки и расход воздуха. Воздух – идеальный газ, показатель адиабаты равен 1,4.

Материалы для проверки остаточных знаний

1.Классификация холодильных компрессоров по принципу действия

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: компрессоры объемного действия, компрессоры динамического действия

2.Коэффициент подачи компрессора – это?

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: отношение действительной объемной производительности к теоретической

3.Холодильный коэффициент – это?

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Отношение холодопроизводительности к затрачиваемой в цикле работы

4.Как изменится холодильный коэффициент обратного цикла Карно, если заменить фреон R22 на R134a?

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: Не изменится

5.Как изменится коэффициент подачи, если увеличить степень сжатия рабочего тела

Ответы:

Устный ответ

Верный ответ: уменьшится

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "продвинутого" уровня. Ответы даны верно, четко сформулированные особенности практических решений

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 60

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "базового" уровня. Большинство ответов даны верно. В части материала есть незначительные недостатки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в рамках "порогового" уровня. Основная часть задания выполнена верно. на вопросы углубленного уровня

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу