

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

Рабочая программа дисциплины
ХОЛОДИЛЬНЫЕ МАШИНЫ И УСТАНОВКИ


Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	1 семестр - 5;
Часов (всего) по учебному плану:	180 часов
Лекции	1 семестр - 32 часа;
Практические занятия	1 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	1 семестр - 16 часов;
Консультации	1 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	1 семестр - 97,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Коллоквиум Лабораторная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	1 семестр - 0,5 часа;

Москва 2022

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

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)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение современной холодильной техники; новых озонобезопасных хладагентов и холодильных масел; теории современных холодильных компрессоров; методики проектирования промышленных холодильников; современной автоматизации холодильных установок.

Задачи дисциплины

- Развитие способности проведения термодинамического анализа энергетической эффективности низкотемпературных установок и оптимизации параметров парокомпрессионных холодильных циклов.;

- Освоение расчетов элементов конструкции низкотемпературных установок, работ с современными каталогами холодильного оборудования и проведения запуска сложных низкотемпературных установок.;

- Получение практических навыков самостоятельного анализа работы и диагностики нерасчетных режимов холодильных установок.;

- Получение практических навыков обоснования конкретных технических решений при последующем конструировании элементов современных холодильных установках..

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** по дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1 Способен анализировать и моделировать физические процессы в элементах энергетического оборудования	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: - рассчитывать холодопроизводительность низкотемпературной установки, эффективность и потери эксергии; - анализировать конструкцию низкотемпературной установки и входящих в нее элементов с точки зрения энергетической и термодинамической эффективности.
ПК-2 Способен проводить расчетно-теоретические и экспериментальные исследования теплогидравлических процессов в конструкциях низкотемпературных установках	ИД-1 _{ПК-2} Владеет основными методами и подходами, применяемыми при анализе работы низкотемпературных систем	уметь: - анализировать состав многокомпонентной рабочей смеси;; - подбирать холодильное оборудование для обеспечения необходимой обработки пищевых продуктов.;

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Физика и техника низких температур (далее – ОПОП), направления подготовки 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основные конструктивные элементы и методику формирования рабочих тел современных низкотемпературных установок, методы диагностики неисправностей холодильных агрегатов

- уметь рассчитывать холодопроизводительность низкотемпературной установки, эффективность и потери эксергии

- уметь анализировать конструкцию низкотемпературной установки и входящих в нее элементов с точки зрения энергетической и термодинамической эффективности

- уметь подбирать холодильное оборудование для обеспечения необходимой обработки пищевых продуктов;

- уметь анализировать состав многокомпонентной рабочей смеси;

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при выполнении выпускной квалификационной работы.

3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

3.1 Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 часов.

№ п/п	Разделы/темы дисциплины/формы промежуточной аттестации	Всего часов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы										Содержание самостоятельной работы/ методические указания
				Контактная работа							СР			
				Лек	Лаб	Пр	Консультация		ИКР		ПА	Работа в семестре	Подготовка к аттестации /контроль	
КПР	ГК	ИККП	ТК											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	Основы теории холодильных компрессоров	32	1	8	4	8	-	-	-	-	-	12	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 210-335
1.1	Основы теории холодильных компрессоров	32		8	4	8	-	-	-	-	-	12	-	
2	Бытовые холодильные приборы (БХП)	32		8	4	8	-	-	-	-	-	12	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 5-18
2.1	Бытовые холодильные приборы (БХП)	32		8	4	8	-	-	-	-	-	12	-	
3	Промышленные холодильные установки	20		4	-	4	-	-	-	-	-	12	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 117-210
3.1	Промышленные холодильные установки	20		4	-	4	-	-	-	-	-	12	-	
4	Конструктивные особенности низкотемпературных установок	30		6	4	6	-	-	-	-	-	14	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 13-41
4.1	Конструктивные особенности низкотемпературных установок	30		6	4	6	-	-	-	-	-	14	-	
5	Особенности применения смесевых хладагентов в низкотемпературной	30		6	4	6	-	-	-	-	-	14	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 24-95 [2], 24-41

	технике												
5.1	Особенности применения смесевых хладагентов в низкотемпературной технике	30	6	4	6	-	-	-	-	-	14	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	180.0	32	16	32	-	2	-	-	0.5	64	33.5	
	Итого за семестр	180.0	32	16	32	2	-	-	-	0.5	97.5		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПр – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ГК- групповые консультации по разделам дисциплины; СР – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа; ТК – текущий контроль; ПА – промежуточная аттестация

3.2 Краткое содержание разделов

1. Основы теории холодильных компрессоров

1.1. Основы теории холодильных компрессоров

Основные определения. Деление компрессоров по принципу действия; по конструкции; по системам смазки; по давлению; по системам охлаждения. Индикаторная диаграмма. Энергетический баланс идеализированного компрессора. Изотермический компрессор. Адиабатный компрессор. Влияние давления всасывания и нагнетания на работу компрессора. Действительный (реальный) компрессор. Упрощение индикаторной диаграммы по гидравлическим сопротивлениям в клапанах. Коэффициент подачи реального поршневого компрессора. КПД поршневых компрессоров. Многоступенчатый компрессор. Способы регулирования производительности поршневых компрессоров. Основы математического моделирования поршневых компрессоров..

2. Бытовые холодильные приборы (БХП)

2.1. Бытовые холодильные приборы (БХП)

Деление БХП по способу получения холода, по конструкции, по степени комфортности, по способу установки, по потреблению электроэнергии. Процессы, происходящие в БХП. Коэффициент рабочего времени. Монтажная схема однокамерного холодильника. Конструкция двухкамерного холодильника. Обнаружение неисправностей. Последовательность ремонта БХП..

3. Промышленные холодильные установки

3.1. Промышленные холодильные установки

Классификация Холодильников. Вместимость промышленных холодильников. Типы строения холодильников. Классификация камер холодильников. Характеристики камер холодильников. Проектирование промышленных холодильников. Защитные средства автоматизации. Системы регулирования. Распределители потоков хладагента. Принципиальная схема автоматизации малых холодильных машин. Техническое обслуживание. Текущий ремонт. Консервирование оборудования. Организация технического ухода. Правила безопасности.

4. Конструктивные особенности низкотемпературных установок

4.1. Конструктивные особенности низкотемпературных установок

Состав хладоагрегатов. Блок повышения давления. Ресивер. Регенеративный теплообменник. Расширительное устройство. Испаритель. Холодильная камера. Конденсаторы; вентиляторы; ресиверы; фильтры и осушители; маслоотделители; вентили..

5. Особенности применения смесевых хладагентов в низкотемпературной технике

5.1. Особенности применения смесевых хладагентов в низкотемпературной технике

Диаграммы Т- q регенеративного теплообменника. Согласование эюр холодопроизводительности с эпюрой тепловой нагрузки. Определение интервалов интенсивного фазового перехода отдельных компонентов смеси. Диаграммы $q_0 - t_e$..

3.3. Темы практических занятий

1. Основы теории холодильных компрессоров;
2. Особенности применения смесевых хладагентов в низкотемпературной технике;

3. Конструктивные особенности низкотемпературных установок;
4. Промышленные холодильные установки;
5. Бытовые холодильные приборы;
6. Основы теории холодильных машин.

3.4. Темы лабораторных работ

1. Лабораторная работа № 6. НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ СВЕРХБЫСТРОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ, РАБОТАЮЩАЯ НА СМЕСЕВОМ ХЛАДАГЕНТЕ;
2. Лабораторная работа № 5. ИСПЫТАНИЯ БЫТОВЫХ ХОЛОДИЛЬНЫХ ПРИБОРОВ НА ИЗМЕРИТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ;
3. Лабораторные работы № 1 и № 2. ПРИГОТОВЛЕНИЕ И ХРОМАТОГРАФИЧЕСКИЙ КОНТРОЛЬ СОСТАВА МНОГОКОМПОНЕНТНОГО ХЛАДАГЕНТА;
4. Лабораторные работы № 3 и № 4. КАЛОРИМЕТРИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ ХЛАДАГЕНТОВ.

3.5 Консультации

3.6 Тематика курсовых проектов/курсовых работ

Курсовой проект/ работа не предусмотрены

3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)					Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	
Знать:							
основные конструктивные элементы и методику формирования рабочих тел современных низкотемпературных установок, методы диагностики неисправностей холодильных агрегатов	ИД-1ПК-1				+		Коллоквиум/Компрессорные холодильные машины
Уметь:							
анализировать конструкцию низкотемпературной установки и входящих в нее элементов с точки зрения энергетической и термодинамической эффективности	ИД-1ПК-1	+					Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 3 и № 4. Калориметрические испытания хладагентов
расчитывать холодопроизводительность низкотемпературной установки, эффективность и потери эксергии	ИД-1ПК-1		+				Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 6. Низкотемпературная установка для сверхбыстрого замораживания, работающая на смесевом хладагенте
подбирать холодильное оборудование для обеспечения необходимой обработки пищевых продуктов;	ИД-1ПК-2			+			Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 5. Испытания бытовых холодильных приборов на измерительном комплексе
анализировать состав многокомпонентной рабочей смеси;	ИД-1ПК-2					+	Лабораторная работа/Защита лабораторной работы № 1 и № 2. Приготовление и хроматографический контроль состава многокомпонентного хладагента

4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ)

4.1. Текущий контроль успеваемости

1 семестр

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)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №1)

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

Примечание: Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Лунин, А. И. Термодинамические и теплофизические свойства современных смесевых хладагентов : методическое пособие по курсу "Холодные машины и установки" по направлению "Техническая физика" / А. И. Лунин, В. Н. Коваленко, М. А. Ромашов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2010 . – 112 с.
http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=1950;
2. Антонов А. Н., Архаров А. М., Архаров И. А.- "Машины низкотемпературной техники. Криогенные машины и инструменты", (2-е изд., испр.), Издательство: "МГТУ им. Баумана", Москва, 2015 - (533 с.)
<https://e.lanbook.com/book/106308>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Windows / Операционная система семейства Linux.

5.3 Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационно-справочные системы:

1. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
2. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	М-409/2, Аудитория каф. "НТ"	стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор
	М-422/4, Учебная лаборатория криофизики	стол, стул, мультимедийный проектор
	М-412, Учебная аудитория	стеллаж для хранения книг, стол, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	М-409/2, Аудитория каф. "НТ"	стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор
	М-422/4, Учебная лаборатория криофизики	стол, стул, мультимедийный проектор
	М-412, Учебная аудитория	стеллаж для хранения книг, стол, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	М-404, Учебная лаборатория холодильных систем	стол, стул, оборудование для экспериментов, запасные комплектующие для оборудования
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	М-409/2, Аудитория каф. "НТ"	стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор
	М-422/4, Учебная лаборатория криофизики	стол, стул, мультимедийный проектор
	М-412, Учебная аудитория	стеллаж для хранения книг, стол, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная
	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
Помещения для самостоятельной работы	М-411/1, Компьютерный класс	стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный
Помещения для консультирования	М-402, Аудитория каф. "НТ"	стеллаж для хранения книг, стул, стол письменный
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	М-407/1, Кладовая	стеллаж для хранения инвентаря, стеллаж для хранения книг, инвентарь специализированный

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Холодильные машины и установки

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

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

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
		Неделя КМ:	6	8	10	12	16
1	Основы теории холодильных компрессоров						
1.1	Основы теории холодильных компрессоров				+		
2	Бытовые холодильные приборы (БХП)						
2.1	Бытовые холодильные приборы (БХП)						+
3	Промышленные холодильные установки						
3.1	Промышленные холодильные установки					+	
4	Конструктивные особенности низкотемпературных установок						
4.1	Конструктивные особенности низкотемпературных установок		+				
5	Особенности применения смесевых хладагентов в низкотемпературной технике						
5.1	Особенности применения смесевых хладагентов в низкотемпературной технике			+			
Вес КМ, %:			20	20	20	20	20