

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
КРИОВАКУУМНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СВЕРХПРОВОДЯЩИХ СИСТЕМ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.09.04.01
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	3 семестр - 16 часов;
Практические занятия	3 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	3 семестр - 75,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	3 семестр - 0,3 часа;

Москва 2025

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

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

Ю.Ю. Пузина

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

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

А.П. Крюков

Заведующий выпускающей
кафедрой

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

Ю.Ю. Пузина

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: теоретическое изучение криогенных и вакуумных систем термоядерных реакторов и экспериментальных установок.

Задачи дисциплины

- изучение методики разработки криовакуумных систем различного назначения на примере известных объектов;;
- изучение методов анализа и расчетов параметров для криовакуумного обеспечения сверхпроводящих систем;;
- освоение основ технологии эксплуатации криовакуумных систем термоядерных реакторов и экспериментальных установок..

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-4 _{ПК-1} Знаком с особенностями технологических процессов, протекающих в элементах энергетического оборудования специального назначения.	знать: - методы расчета основных показателей криовакуумных систем. уметь: - разработать принципиальную схему и выполнять расчет параметров криовакуумной системы.
ПК-2 Способен проводить расчетно-теоретические и экспериментальные исследования теплогидравлических процессов в конструкциях низкотемпературных установках	ИД-2 _{ПК-2} Знает особенности процессов в криовакуумных системах низкотемпературных установок, способен определять режимные параметры процессов	знать: - структуру и состав криовакуумных систем термоядерных экспериментальных установок;. уметь: - выполнять расчет теплогидравлических характеристик криогенных гелиевых установок.

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 структуру и состав криовакуумных систем термоядерных экспериментальных установок;
- знать методы расчета основных показателей криовакуумных систем
- уметь выполнять расчет теплогидравлических характеристик криогенных гелиевых установок
- уметь разработать принципиальную схему и выполнять расчет параметров криовакуумной системы

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 3 зачетных единицы, 108 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	Кривовакуумные системы (КВС) экспериментальных термоядерных установок (ЭТУ)	22	3	4	-	4	-	-	-	-	-	14	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 112-250
1.1	Кривовакуумные системы (КВС) экспериментальных термоядерных установок (ЭТУ)	22		4	-	4	-	-	-	-	-	14	-	
2	Общие принципы построения схем криогенных гелиевых установок	22		4	-	4	-	-	-	-	-	14	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 15-65
2.1	Общие принципы построения схем криогенных гелиевых установок	22		4	-	4	-	-	-	-	-	14	-	
3	Кривовакуумные насосы	22		4	-	4	-	-	-	-	-	14	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 100-159
3.1	Кривовакуумные насосы	22		4	-	4	-	-	-	-	-	14	-	
4	Эксплуатация систем криогенного обеспечения больших токамаков и реакторов, режимы работы	24		4	-	4	-	-	-	-	-	16	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 112-250

4.1	Эксплуатация систем криогенного обеспечения больших токамаков и реакторов, режимы работы	24		4	-	4	-	-	-	-	-	16	-	
	Зачет с оценкой	18.0		-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	17.7	
	Всего за семестр	108.0		16	-	16	-	-	-	0.3	58	-	17.7	
	Итого за семестр	108.0		16	-	16	-	-	-	0.3	-	-	75.7	

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. Криовакуумные системы (КВС) экспериментальных термоядерных установок (ЭТУ)

1.1. Криовакуумные системы (КВС) экспериментальных термоядерных установок (ЭТУ)

Структура, состав, параметры, физические основы криовакуумных систем больших токамаков и реакторов, характеристика систем, режимы работы..

2. Общие принципы построения схем криогенных гелиевых установок

2.1. Общие принципы построения схем криогенных гелиевых установок

Принципиальные и технологические схемы установки. Системы хранения газообразного гелия. Система обеспечения жидким азотом. Криоблок установки, теплообменные аппараты, расширительные устройства, сборник жидкого гелия. Трубопроводы..

3. Криовакуумные насосы

3.1. Криовакуумные насосы

Принцип работы. Методика расчета, принципиальные схемы и особенности конструкции. Определение времени откачки до заданного давления. Зависимость быстроты действия от давления. Примеры криовакуумных насосов сверхпроводящих систем..

4. Эксплуатация систем криогенного обеспечения больших токамаков и реакторов, режимы работы

4.1. Эксплуатация систем криогенного обеспечения больших токамаков и реакторов, режимы работы

Нестационарные процессы в процессе эксплуатации криогенных систем, режимы работы, время захлаживания..

3.3. Темы практических занятий

1. Анализ схем криовакуумного обеспечения крупных сверхпроводящих систем на примере ИТЭР, NICA, RHIC;
2. Структурная схема и методика расчета криоконденсационного насоса;
3. Расчет времени захлаживания криовакуумных систем, анализ теплогидравлической неустойчивости;
4. Анализ структурной схемы гелиевого и азотного ожижителей, методика расчета термодинамических параметров.

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

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	
Знать:						
методы расчета основных показателей криовакуумных систем	ИД-4ПК-1	+				Контрольная работа/Криовакуумные системы больших сверхпроводящих систем
структуру и состав криовакуумных систем термоядерных экспериментальных установок;	ИД-2ПК-2			+		Контрольная работа/Анализ гелиевых ожижителей и рефрижераторов
Уметь:						
разработать принципиальную схему и выполнять расчет параметров криовакуумной системы	ИД-4ПК-1		+			Контрольная работа/Криоконденсационный насос
выполнять расчет теплогидравлических характеристик криогенных гелиевых установок	ИД-2ПК-2				+	Контрольная работа/Захолаживание криовакуумных систем

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

3 семестр

Форма реализации: Компьютерное задание

1. Захлаживание криовакуумных систем (Контрольная работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Анализ гелиевых ожижителей и рефрижераторов (Контрольная работа)
2. Криовакуумные системы больших сверхпроводящих систем (Контрольная работа)
3. Криоконденсационный насос (Контрольная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №3)

В диплом выставляется оценка за 3 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Комов, А. Т. Криовакуумные и сверхпроводящие системы термоядерных реакторов и установок : учебное пособие для вузов по специальности "Техническая физика термоядерных реакторов и плазменных установок" направления 140400 "Техническая физика" / А. Т. Комов. – М. : Издательский дом МЭИ, 2008. – 304 с. – ISBN 978-5-383-00233-9.;
2. Грачев, А. Б. Оборудование гелиевых ожижителей и рефрижераторов: Учебное пособие по курсам "Рефрижераторы и ожижители" и "Проектирование криогенных систем" / А. Б. Грачев, Ю. В. Синявский, В. И. Антипов, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ). – М. : Изд-во МЭИ, 1998. – 80 с. – ISBN 5-7046-0306-8 : 4.50.;
3. Архаров А. М., Кунис И. Д.- "Криогенные заправочные системы стартовых ракетно-космических комплексов", Издательство: "МГТУ им. Баумана", Москва, 2006 - (252 с.) <https://e.lanbook.com/book/106301>.

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. ЭБС Лань - <https://e.lanbook.com/>
2. ЭБС "Университетская библиотека онлайн" - http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red

3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>

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 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

Криовакуумное обеспечение сверхпроводящих систем

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Криовакуумные системы больших сверхпроводящих систем (Контрольная работа)
- КМ-2 Анализ гелиевых оживителей и рефрижераторов (Контрольная работа)
- КМ-3 Криоконденсационный насос (Контрольная работа)
- КМ-4 Захлаживание криовакуумных систем (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	16
1	Криовакуумные системы (КВС) экспериментальных термоядерных установок (ЭТУ)					
1.1	Криовакуумные системы (КВС) экспериментальных термоядерных установок (ЭТУ)		+			
2	Общие принципы построения схем криогенных гелиевых установок					
2.1	Общие принципы построения схем криогенных гелиевых установок				+	
3	Криовакуумные насосы					
3.1	Криовакуумные насосы			+		
4	Эксплуатация систем криогенного обеспечения больших токамаков и реакторов, режимы работы					
4.1	Эксплуатация систем криогенного обеспечения больших токамаков и реакторов, режимы работы					+
Вес КМ, %:			25	25	25	25