

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

---

Направление подготовки/специальность: 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика

Наименование образовательной программы: Техника и физика низких температур

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**УСТАНОВКИ И СИСТЕМЫ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ТЕХНИКИ**

<b>Блок:</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы:</b>	<b>Часть, формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>№ дисциплины по учебному плану:</b>	<b>Б1.Ч.12</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах:</b>	<b>8 семестр - 4;</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	<b>144 часа</b>
<b>Лекции</b>	<b>8 семестр - 28 часа;</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>8 семестр - 28 часа;</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>8 семестр - 14 часов;</b>
<b>Консультации</b>	<b>8 семестр - 2 часа;</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>8 семестр - 71,5 часа;</b>
<b>в том числе на КП/КР</b>	<b>не предусмотрено учебным планом</b>
<b>Иная контактная работа</b>	<b>проводится в рамках часов аудиторных занятий</b>
<b>включая:</b> Коллоквиум Контрольная работа Реферат	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Экзамен</b>	<b>8 семестр - 0,5 часа;</b>

**Москва 2020**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Зубарев М.С.
	Идентификатор	Rbe04dba8-ZubarevMax5-5db2448

М.С. Зубарев

**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:** изучение установок и систем низкотемпературной и криогенной техники для последующего использования при эксплуатации, разработке и проведении научно-исследовательских работ в области физики и техники низких температур

### Задачи дисциплины

- изучение основных современных процессы получения холода и основ системного анализа эффективности низкотемпературных систем и отдельных элементов таких систем;
- овладение информацией о современных криогенных системах и низкотемпературных технологиях;
- изучение и обоснование конкретных технических решений при эксплуатации и конструировании низкотемпературных систем;
- получение навыков работы с информационной базой.

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-3 Способен к проектированию узлов экспериментальных и промышленных низкотемпературных установок	ИД-3 <sub>ПК-3</sub> Владеет основами проектирования низкотемпературных систем, владеет способами расчета процессов в отдельных аппаратах и узлах низкотемпературных установок	знать: - основные элементы низкотемпературных установок и особенности их работы; - особенности устройства и работы современного криогенного оборудования.  уметь: - использовать полученные знания для проектирования и эксплуатации установок низкотемпературной техники; - рассчитывать и проектировать криогенные системы различного назначения.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Техника и физика низких температур (далее – ОПОП), направления подготовки 14.03.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать основы дисциплин «Термодинамика», «Термодинамические основы низкотемпературной техники», «Тепломассообменные аппараты низкотемпературных установок»
- уметь навыки, полученные во время производственной практики

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 4 зачетных единицы, 144 часа.

№ 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	Установки и системы низкотемпературной техники	108	8	28	14	28	-	-	-	-	-	38	-	<p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка к лабораторной работе:</u></b> Для выполнения заданий по лабораторной работе необходимо предварительно изучить тему и задачи выполнения лабораторной работы, а так же изучить вопросы вариантов обработки результатов по изученному в разделе "Установки и системы низкотемпературной техники" материалу.</p> <p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Установки и системы низкотемпературной техники"</p> <p><b><u>Подготовка к контрольной работе:</u></b> Изучение материалов по разделу Установки и системы низкотемпературной техники и подготовка к контрольной работе</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Установки и системы низкотемпературной техники" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Установки и системы низкотемпературной</p>	
1.1	Принципы организации установок низкотемпературной техники. Взаимосвязь с системами предприятий	18		4	4	4	-	-	-	-	-	-	6		-
1.2	Традиционные способы получения низких температур в холодильных системах	22		6	4	6	-	-	-	-	-	-	6		-
1.3	Перспективные способы получения низких температур	18		6	-	6	-	-	-	-	-	-	6		-
1.4	Вспомогательные системы низкотемпературных установок	22		6	-	6	-	-	-	-	-	-	10		-
1.5	Криогенные установки и системы	28		6	6	6	-	-	-	-	-	-	10		-

													техники" <b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 10-255 [2], 9-535 [3], 12-413 [4], 5-161 [5], 5-330 [6], 10-250 [7], 7-235
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	28	14	28	-	2	-	-	0.5	38	33.5	
	Итого за семестр	144.0	28	14	28		2		-	0.5		71.5	

**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. Установки и системы низкотемпературной техники

1.1. Принципы организации установок низкотемпературной техники. Взаимосвязь с системами предприятий

Масштабы низкотемпературных установок. Промышленная безопасность в ТНТ. Технические системы промышленных объектов/зданий. Построение систем охлаждения: уровни температур. Потенциальный колодец. Системы верхнего уровня – отвод тепла в атмосферу. Водоснабжение и градирни. Номограмма Рамзина-Молье. Система отвода тепла ITER..

1.2. Традиционные способы получения низких температур в холодильных системах

Парокомпрессионная техника. Холодильные установки и тепловые насосы. Компоненты для фреонов, аммиака, CO<sub>2</sub>. Уровни температур для воздухоразделительных установок. Отделение конденсата на установках газоразделения. Осушка воздуха. Системы снабжения инструментальным газом, запирающим газом. Органы управления технологическим процессом, пневматика. Применение низких температур в системах жизнеобеспечения. Чиллеры. Вентиляция и кондиционирование. Системы холодоснабжения (обитаемый аппарат-здание-город). Водоаммиачные холодильные машины. Абсорбционные холодильные машины. Тригенерация. Пароэжекторные холодильные машины. Система утилизации криопродуктов..

1.3. Перспективные способы получения низких температур

Термоэлектрическое охлаждение. Термоакустическое. Термоэмиссионное. Термотуннелирование. Электрогазодинамические детандеры. Магнито- и электрокалорическое охлаждение. Адсорбционное. Ионикалорическое. Барокалорическое и эластокалорическое охлаждение. Получение холода с использованием трубы Ранка, Трубы Гартмана-Шпренгера. Роторные волновые криогенераторы. Эффект Померанчука. Механокалорический эффект. Растворение He<sub>3</sub> в He<sub>4</sub>. Лазерное охлаждение..

1.4. Вспомогательные системы низкотемпературных установок

Обеспечение тепловой изоляции: состав системы. Система обеспечения вакуума: насосы, компоненты, материалы. Вакуумные установки. Вакуумное оборудование ITER. Машины для сжатия газов..

1.5. Криогенные установки и системы

Обеспечение уровней температур жидкого азота и жидкого гелия. Производство жидкого азота. Гелиевое криостатирование. Сверхпроводящие кабели. Криогенные машины. Снабжение из резервных источников. Система криогенного обеспечения ITER. Криоаккумулирующие электростанции..

### 3.3. Темы практических занятий

1. Промышленная безопасность в технике низких температур (2 часа);
2. Выбор и расчет системы охлаждения верхнего уровня. (2 часа);
3. Решение задач по работе с номограммой Рамзина-Молье (2 часа);
4. Применение низкотемпературных установок (6 часов);
5. Перспективные способы получения низких температур (6 часов);
6. Компоненты низкотемпературных установок (6 часов);
7. Криогенные установки и системы (4 часа).

### **3.4. Темы лабораторных работ**

1. Изучение работы с низкотемпературной климатической термокамерой №1. (4 часа);
2. Построение технологической схемы термокамеры. Разработка технического описания. (2 часа);
3. Анализ цикла климатической термокамеры. Разработка инструкций по эксплуатации. (2 часа).

### **3.5 Консультации**

#### *Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)*

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Установки и системы низкотемпературной техники"

#### *Текущий контроль (ТК)*

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Установки и системы низкотемпературной техники"

### **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	
<b>Знать:</b>			
особенности устройства и работы современного криогенного оборудования	ИД-3ПК-3	+	Реферат/Современные тенденции в низкотемпературной технике
основные элементы низкотемпературных установок и особенности их работы	ИД-3ПК-3	+	Контрольная работа/Компоненты систем низкотемпературных установок
<b>Уметь:</b>			
рассчитывать и проектировать криогенные системы различного назначения	ИД-3ПК-3	+	Коллоквиум/Теоретические основы физики и техники низких температур
использовать полученные знания для проектирования и эксплуатации установок низкотемпературной техники	ИД-3ПК-3	+	Контрольная работа/Защита практических заданий: выбор технологии

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

### **4.1. Текущий контроль успеваемости**

**8 семестр**

Форма реализации: Письменная работа

1. Защита практических заданий: выбор технологии (Контрольная работа)
2. Компоненты систем низкотемпературных установок (Контрольная работа)
3. Современные тенденции в низкотемпературной технике (Реферат)

Форма реализации: Устная форма

1. Теоретические основы физики и техники низких температур (Коллоквиум)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

### **4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине**

*Экзамен (Семестр №8)*

Оценка определяется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ» на основании семестровой и аттестационной составляющих.

В диплом выставляется оценка за 8 семестр.

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

## **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **5.1 Печатные и электронные издания:**

1. Архаров, А. М. Криогенные системы. Основы теории и расчета : учебник для вузов по специальностям "Криогенная техника" и "Холодильные и компрессорные машины и установки" / А. М. Архаров, И. В. Марфенина, Е. И. Микулин . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Машиностроение, 1988 . – 464 с. - ISBN 5-217-00083-X .;
2. Машины низкотемпературной техники. Криогенные машины и инструменты : учебник для высших учебных заведений по специальностям "Холодильная, криогенная техника и конденсирование" направления "Энергомашиностроение" и "Техника и физика низких температур" направления "Техническая физика" / А. М. Архаров, и др. – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011 . – 582 с. - ISBN 978-5-7038-3477-0 .;
3. Справочник по физико-техническим основам криогеники / М. П. Малков, и др. – 3-е изд., перераб. и доп . – М. : Энергоатомиздат, 1985 . – 432 с.;
4. А. Н. Расщепкин, В. А. Ермолаев- "Теплообменные аппараты низкотемпературной техники", (2-е изд., испр. и доп.), Издательство: "Кемеровский технологический институт пищевой промышленности", Кемерово, 2012 - (169 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=141516>;
5. Брайдерт, Г.-Й. Проектирование холодильных установок : расчеты, параметры, примеры : пер. с нем. / Г.-Й. Брайдерт . – М. : Техносфера, 2006 . – 336 с. – (Мир физики и техники) . - ISBN 5-94836-089-X .;
6. Комов, А. Т. Вакуумные и криогенные системы термоядерных установок и реакторов : Учебное пособие для вузов по специальности 07360 "Техническая физика термоядерных

реакторов и плазменных установок" направления 651100 "Техническая физика" / А. Т. Комов . – М. : Изд-во МЭИ, 2003 . – 256 с. - ISBN 5-7046-0905-8 .;

7. Наземцев, А. С. Гидравлические и пневматические системы. Ч.1. Пневматические приводы и средства автоматизации : учебное пособие по специальностям технического профиля / А. С. Наземцев . – М. : Форум, 2004 . – 240 с. - ISBN 5-8199-0143-6 ..

## 5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ;
2. 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](http://biblioclub.ru/index.php?page=main_ub_red)
3. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
4. База данных ВИНТИ online - <http://www.viniti.ru/>
5. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
6. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
7. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
8. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
9. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
10. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
11. Федеральный портал "Российское образование" - <http://www.edu.ru>

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	М-422/4, Учебная лаборатория криофизики	стол, стул, мультимедийный проектор
	М-412, Учебная аудитория	стеллаж для хранения книг, стол, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная
	М-402, Аудитория каф. "НТ"	стеллаж для хранения книг, стул, стол письменный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	М-412, Учебная аудитория	стеллаж для хранения книг, стол, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная
	Криоцентр-102, Учебно-научная лаборатория теплообмена в ядерных и термоядерных реакторах	стул, оборудование учебное, техническая аппаратура, инвентарь специализированный
Учебные аудитории для проведения лабораторных занятий	М-401, Учебная лаборатория криогенных систем	стол, стул, лабораторный стенд
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	М-409/2, Аудитория каф. "НТ"	стол преподавателя, стол, доска меловая, мультимедийный проектор
	М-411/1, Компьютерный класс	стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор,

		компьютер персональный
	М-412, Учебная аудитория	стеллаж для хранения книг, стол, стул, мультимедийный проектор, доска маркерная
Помещения для самостоятельной работы	М-411/1, Компьютерный класс	стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный
Помещения для консультирования	М-402, Аудитория каф. "ИТ"	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

### Установки и системы низкотемпературной техники

(название дисциплины)

#### 8 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Теоретические основы физики и техники низких температур (Коллоквиум)
- КМ-2 Компоненты систем низкотемпературных установок (Контрольная работа)
- КМ-3 Современные тенденции в низкотемпературной технике (Реферат)
- КМ-4 Защита практических заданий: выбор технологии (Контрольная работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	11	13
1	Установки и системы низкотемпературной техники					
1.1	Принципы организации установок низкотемпературной техники. Взаимосвязь с системами предприятий		+			
1.2	Традиционные способы получения низких температур в холодильных системах		+	+		+
1.3	Перспективные способы получения низких температур				+	+
1.4	Вспомогательные системы низкотемпературных установок			+		
1.5	Криогенные установки и системы			+	+	+
Вес КМ, %:			20	25	30	25