

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

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

Москва 2023

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 _{ПК-3} 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><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><u>Подготовка к лабораторной работе:</u> 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><u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Установки и системы низкотемпературной техники"</p> <p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Установки и системы низкотемпературной техники и подготовка к контрольной работе</p> <p><u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Установки и системы низкотемпературной техники" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> 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" <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [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, CO₂. 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 He₃ в He₄. 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 | |
| Знать: | | | |
| 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 |
| Уметь: | | | |
| 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
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 |