

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
НАГНЕТАТЕЛЬНЫЕ И РАСШИРИТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ


| | |
|---|--|
| Блок: | Блок 1 «Дисциплины (модули)» |
| Часть образовательной программы: | Часть, формируемая участниками образовательных отношений |
| № дисциплины по учебному плану: | Б1.Ч.07 |
| Трудоемкость в зачетных единицах: | 3 семестр - 4; |
| Часов (всего) по учебному плану: | 144 часа |
| Лекции | 3 семестр - 16 часов; |
| Практические занятия | 3 семестр - 32 часа; |
| Лабораторные работы | не предусмотрено учебным планом |
| Консультации | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| Самостоятельная работа | 3 семестр - 95,7 часа; |
| в том числе на КП/КР | не предусмотрено учебным планом |
| Иная контактная работа | проводится в рамках часов аудиторных занятий |
| включая: Коллоквиум Контрольная работа | |
| Промежуточная аттестация: | |
| Зачет с оценкой | 3 семестр - 0,3 часа; |

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

| | | |
|---|--|-------------------------------|
|  | Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» | |
| | Сведения о владельце ЦЭП МЭИ | |
| | Владелец | Сидоров А.А. |
| | Идентификатор | Ref8fb216-SidorovAAn-18e2ddb8 |

(подпись)

А.А. Сидоров

(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 теории, конструкций, функционирования и эксплуатации машин низкотемпературной техники: компрессоров различных видов, детандеров, криогенных насосов и др.; особое внимание уделяется эффективности и надёжности.

Задачи дисциплины

- Изучение устройства и принципов работы современных машин, используемых в низкотемпературной технике;;
- Приобретение практических навыков расчетов проточных частей машин;;
- Изучение технических требований к машинному оборудованию, современных каталогов и параметров подбора;.

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-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 | знать: - устройство и принципы работы современных машин в установках получения низких температур;. уметь: - составлять технические требования на машинное оборудование, делать анализ энергетической эффективности работы машин.. |
| ПК-3 Готов самостоятельно определять направление и характер проводимых исследований, учитывать современные тенденции развития низкотемпературной техники | ИД-2 _{ПК-3} Знает основные направления развития и современные тенденции при расчете и анализе эффективности низкотемпературных установках | знать: - основные методики расчета проточных частей машин, количественные характеристики, используемые при подборе оборудования. уметь: - проводить расчёты проточной части машин, составлять технические требования на машинное оборудование;. |

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 методики расчета проточных частей машин, количественные характеристики, используемые при подборе оборудования
- знать устройство и принципы работы современных машин в установках получения низких температур;
- уметь проводить расчёты проточной части машин, составлять технические требования на машинное оборудование;

- уметь составлять технические требования на машинное оборудование, делать анализ энергетической эффективности работы машин.

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 | Турбодетандеры | 16 | 3 | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 10 | - | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 354-515 | |
| 1.1 | Турбодетандеры | 16 | | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 10 | - | | |
| 2 | Турбокомпрессоры | 16 | | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 10 | - | | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 50-112 |
| 2.1 | Турбокомпрессоры | 16 | | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 10 | - | | |
| 3 | Крионасосы | 16 | | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 10 | - | | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 250-315 |
| 3.1 | Крионасосы | 16 | | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 10 | - | | |
| 4 | Поршневые компрессоры | 16 | | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 10 | - | | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 50-112 |
| 4.1 | Поршневые компрессоры | 16 | | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 10 | - | | |
| 5 | Винтовые компрессоры | 16 | | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 10 | - | | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 50-112 |
| 5.1 | Винтовые компрессоры | 16 | | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 10 | - | | |
| 6 | Спиральные компрессоры | 16 | | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 10 | - | | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 50-112 |
| 6.1 | Спиральные компрессоры | 16 | | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 10 | - | | |
| 7 | Эффективность компрессорного агрегата | 16 | | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 10 | - | | <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 156-178 |
| 7.1 | Эффективность компрессорного агрегата | 16 | | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 10 | - | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----|---------------------------------------|--------------|--|-----------|---|-----------|---|---|---|---|------------|-------------|-------------|---|
| 8 | Технические требования на компрессоры | 14 | | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 8 | - | <i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [2], 50-112 |
| 8.1 | Технические требования на компрессоры | 14 | | 2 | - | 4 | - | - | - | - | - | 8 | - | |
| | Зачет с оценкой | 18.0 | | - | - | - | - | - | - | - | 0.3 | - | 17.7 | |
| | Всего за семестр | 144.0 | | 16 | - | 32 | - | - | - | - | 0.3 | 78 | 17.7 | |
| | Итого за семестр | 144.0 | | 16 | - | 32 | - | - | - | - | 0.3 | 95.7 | | |

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. Турбодетандеры

1.1. Турбодетандеры

Понятие. Устройство. Энергетические уравнения ступени. Направляющий аппарат. Рабочее колесо. КПД. Регулирование холодопроизводительности. Характеристики детандера. Моделирование. Испытания. Парожидкостные турбодетандеры. Подшипники. Системы детандерных агрегатов. Детандер-компрессоры. Детандер-генераторы..

2. Турбокомпрессоры

2.1. Турбокомпрессоры

Ступень турбокомпрессора. Энергетические уравнения ступени компрессора. КПД. Рабочее колесо. Неподвижные элементы. Характеристики компрессорной ступени. Помпаж. Расчёт компрессорной ступени. Компрессорный агрегат. Регулирование. Одноосные многоступенчатые компрессоры. Многовальные компрессоры. Компандеры..

3. Крионасосы

3.1. Крионасосы

Конструктивные отличия крионасоса от обычного. Кавитация внутренняя и внешняя. Правила проектирования трубопроводов обвязки. Обоснование правил..

4. Поршневые компрессоры

4.1. Поршневые компрессоры

Ступень компрессора. Энергетические уравнения ступени. КПД. Характеристики компрессорной ступени. Многоступенчатое сжатие. Регулирование..

5. Винтовые компрессоры

5.1. Винтовые компрессоры

Описание. Принцип действия. Устройство. Маслозаполненные и безмасляные. Характеристики. Области применения..

6. Спиральные компрессоры

6.1. Спиральные компрессоры

Описание. Принцип действия. Устройство. Характеристики. Области применения..

7. Эффективность компрессорного агрегата

7.1. Эффективность компрессорного агрегата

Отличие эффективности компрессорного агрегата от КПД ступени. Сравнение турбо и поршневого компрессоров по фактическим затратам энергии [кВт·час/кг]. Влияние на эффективность внешних условий (параметров)..

8. Технические требования на компрессоры

8.1. Технические требования на компрессоры

Грамотное составление Технических Требований. Цепочка документов при покупке компрессора: "Технические Требования – Техничко-Коммерческое предложение – Техническое Задание – Договор". Требования экологии: шум, выброс масла, потребление воды..

3.3. Темы практических занятий

1. Расчет параметров турбодетандера;
2. Расчет крионасоса;
3. Степень сжатия в поршневом компрессоре;
4. Параметры винтовых и спиральных компрессоров;
5. Техничко-экономическое обоснование технического решения (на примере конструкции воздухозабора воздушного компрессора для ВРУ Новокузнецкого металлургического комбината);
6. Составление технических требований на воздушный компрессор;
7. Расчет параметров турбокомпрессора. Определение основных конструктивных параметров ступеней турбодетандера и турбокомпрессора на примере детандер-компрессора природного газа.

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 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| Знать: | | | | | | | | | | |
| устройство и принципы работы современных машин в установках получения низких температур; | ИД-1 _{ПК-2} | + | + | + | + | + | + | | | Контрольная работа/Газодинамический расчёт ступени турбодетандера |
| основные методики расчета проточных частей машин, количественные характеристики, используемые при подборе оборудования | ИД-2 _{ПК-3} | + | | | | | | | + | Коллоквиум/Классификация, принцип действия и место в низкотемпературной технике нагнетателей и расширителей |
| Уметь: | | | | | | | | | | |
| составлять технические требования на машинное оборудование, делать анализ энергетической эффективности работы машин. | ИД-1 _{ПК-2} | | | | | | | | + | Контрольная работа/Подбор компрессорного оборудования на основании требований по эффективности и техническим параметрам |
| проводить расчёты проточной части машин, составлять технические требования на машинное оборудование; | ИД-2 _{ПК-3} | + | + | | | | | | | Коллоквиум/Основные конструктивные элементы нагнетателей и расширителей, методы расчета проточной части |

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: Письменная работа

1. Газодинамический расчёт ступени турбодетандера (Контрольная работа)
2. Подбор компрессорного оборудования на основании требований по эффективности и техническим параметрам (Контрольная работа)

Форма реализации: Устная форма

1. Классификация, принцип действия и место в низкотемпературной технике нагнетателей и расширителей (Коллоквиум)
2. Основные конструктивные элементы нагнетателей и расширителей, методы расчета проточной части (Коллоквиум)

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. Епифанова, В. И. Компрессорные и расширительные турбомашин радиального типа : Учебник для вузов / В. И. Епифанова . – 2-е изд., перераб. и доп . – М. : Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998 . – 624 с. - ISBN 5-7038-1338-7 : 45.00 .;
2. А. Н. Шерстюк- "Насосы, вентиляторы и компрессоры", Издательство: "Высшая школа", Москва, 1972 - (343 с.)
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=561897>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Windows / Операционная система семейства Linux;
2. Ansys / CAE Fidesy.

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 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

Нагнетательные и расширительные машины

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Классификация, принцип действия и место в низкотемпературной технике нагнетателей и расширителей (Коллоквиум)
- КМ-2 Газодинамический расчёт ступени турбодетандера (Контрольная работа)
- КМ-3 Основные конструктивные элементы нагнетателей и расширителей, методы расчета проточной части (Коллоквиум)
- КМ-4 Подбор компрессорного оборудования на основании требований по эффективности и техническим параметрам (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Зачет с оценкой.

| Номер раздела | Раздел дисциплины | Индекс КМ: | КМ-1 | КМ-2 | КМ-3 | КМ-4 |
|---------------|---------------------------------------|------------|------|------|------|------|
| | | Неделя КМ: | 8 | 12 | 14 | 16 |
| 1 | Турбодетандеры | | | | | |
| 1.1 | Турбодетандеры | | + | + | + | |
| 2 | Турбокомпрессоры | | | | | |
| 2.1 | Турбокомпрессоры | | | + | + | |
| 3 | Крионасосы | | | | | |
| 3.1 | Крионасосы | | | + | | |
| 4 | Поршневые компрессоры | | | | | |
| 4.1 | Поршневые компрессоры | | | + | | |
| 5 | Винтовые компрессоры | | | | | |
| 5.1 | Винтовые компрессоры | | | + | | |
| 6 | Спиральные компрессоры | | | | | |
| 6.1 | Спиральные компрессоры | | | + | | |
| 7 | Эффективность компрессорного агрегата | | | | | |

| | | | | | |
|------------|---------------------------------------|----|----|----|----|
| 7.1 | Эффективность компрессорного агрегата | + | | | |
| 8 | Технические требования на компрессоры | | | | |
| 8.1 | Технические требования на компрессоры | | | | + |
| Вес КМ, %: | | 25 | 25 | 25 | 25 |