

**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**

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

**Москва 2026**

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Преподаватель

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

А.А. Сидоров

**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 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 <sub>ПК-2</sub> 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 <sub>ПК-3</sub> 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	-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [1], 354-515		
1.1	Турбодетандеры	16		2	-	4	-	-	-	-	-	-	10		-	
2	Турбокомпрессоры	16		2	-	4	-	-	-	-	-	-	10		-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 50-112
2.1	Турбокомпрессоры	16		2	-	4	-	-	-	-	-	-	10		-	
3	Крионасосы	16		2	-	4	-	-	-	-	-	-	10		-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 250-315
3.1	Крионасосы	16		2	-	4	-	-	-	-	-	-	10		-	
4	Поршневые компрессоры	16		2	-	4	-	-	-	-	-	-	10		-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 50-112
4.1	Поршневые компрессоры	16		2	-	4	-	-	-	-	-	-	10		-	
5	Винтовые компрессоры	16		2	-	4	-	-	-	-	-	-	10		-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 50-112
5.1	Винтовые компрессоры	16		2	-	4	-	-	-	-	-	-	10		-	
6	Спиральные компрессоры	16		2	-	4	-	-	-	-	-	-	10		-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [2], 50-112
6.1	Спиральные компрессоры	16		2	-	4	-	-	-	-	-	-	10		-	
7	Эффективность компрессорного агрегата	16		2	-	4	-	-	-	-	-	-	10		-	<b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b> [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	
	<b>Всего за семестр</b>	<b>144.0</b>		<b>16</b>	-	<b>32</b>	-	-	-	-	<b>0.3</b>	<b>78</b>	<b>17.7</b>	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>144.0</b>		<b>16</b>	-	<b>32</b>	-	-	-	-	<b>0.3</b>	<b>95.7</b>		

**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	
<b>Знать:</b>										
устройство и принципы работы современных машин в установках получения низких температур;	ИД-1 <sub>ПК-2</sub>	+	+	+	+	+	+			Контрольная работа/Газодинамический расчёт ступени турбодетандера
основные методики расчета проточных частей машин, количественные характеристики, используемые при подборе оборудования	ИД-2 <sub>ПК-3</sub>	+							+	Коллоквиум/Классификация, принцип действия и место в низкотемпературной технике нагнетателей и расширителей
<b>Уметь:</b>										
составлять технические требования на машинное оборудование, делать анализ энергетической эффективности работы машин.	ИД-1 <sub>ПК-2</sub>								+	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 <sub>ПК-3</sub>	+	+							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 Fidesys.

##### **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