

**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**  
**ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА В РАСЧЕТАХ**  
**НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ СИСТЕМ**

<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>	6 семестр - 3;
<b>Часов (всего) по учебному плану:</b>	108 часов
<b>Лекции</b>	6 семестр - 14 часов;
<b>Практические занятия</b>	6 семестр - 42 часа;
<b>Лабораторные работы</b>	не предусмотрено учебным планом
<b>Консультации</b>	проводится в рамках часов аудиторных занятий
<b>Самостоятельная работа</b>	6 семестр - 51,7 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>	
<b>Проверочная работа</b>	
<b>Промежуточная аттестация:</b>	
<b>Зачет с оценкой</b>	6 семестр - 0,3 часа;

Москва 2021

## ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Алексеев Т.А.
	Идентификатор	Rb6b311cc-AlexeevTA-7434fce7

(подпись)

Т.А. Алексеев

(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 методов расчета процессов, протекающих в различных системах низкотемпературной техники

### Задачи дисциплины

- применение математического моделирования к различным задачам низкотемпературной техники, включая постановку задач оптимизации;
- применение математического моделирования к различным задачам низкотемпературной техники, включая постановку задач оптимизации;
- использование полученных знаний в области информационных технологий к решению конкретных технических проблем возникающих при проектировании и создании низкотемпературных систем.

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 Готов к расчетно-экспериментальному анализу особенностей низкотемпературных процессов	ИД-1 <sub>ПК-3</sub> Владеет математическим аппаратом теплогидравлических расчетов при разработке схемных решений низкотемпературных систем	знать: - как формулировать описание физической и математической модели для различных задач низкотемпературной техники.  уметь: - определять корректность постановки расчетной задачи определения параметров работы низкотемпературных установок.
ПК-4 Способен к проектированию узлов экспериментальных и промышленных низкотемпературных установок	ИД-1 <sub>ПК-4</sub> Знает основные понятия низкотемпературной техники, методы описания, владеет навыками расчета параметров установок	знать: - методику решения задач, возникающих при расчете параметров работы низкотемпературных установок.  уметь: - использовать выбранные методы к конкретным расчетным задачам низкотемпературной техники.

## 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 "Информатика" и "Математическое моделирование"

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	Вычислительная техника в расчетах низкотемпературных систем	90	6	14	-	42	-	-	-	-	-	34	-	<p><b><u>Подготовка к текущему контролю:</u></b> Повторение материала по разделу "Вычислительная техника в расчетах низкотемпературных систем"</p> <p><b><u>Подготовка к аудиторным занятиям:</u></b> Проработка лекции, выполнение и подготовка к защите лаб. работы</p> <p><b><u>Подготовка к практическим занятиям:</u></b> Изучение материала по разделу "Вычислительная техника в расчетах низкотемпературных систем" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях</p> <p><b><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u></b> Изучение дополнительного материала по разделу "Вычислительная техника в расчетах низкотемпературных систем"</p> <p><b><u>Изучение материалов литературных источников:</u></b></p> <p>[1], 3-101 [2], 3-63 [3], 11-398 [4], 2-30</p>	
1.1	Основные виды информационных технологий применяемых в инженерной практике	8		2	-	2	-	-	-	-	-	-	4		-
1.2	Классификация основных физических и инженерных расчетных задач низкотемпературной техники	10		2	-	4	-	-	-	-	-	-	4		-
1.3	Решение задач теплопроводности	21		3	-	10	-	-	-	-	-	-	8		-
1.4	Решение конвективных задач	21		3	-	10	-	-	-	-	-	-	8		-
1.5	Решение оптимизационных задач	20		2	-	10	-	-	-	-	-	-	8		-
1.6	Основные понятия построения систем автоматизированного проектирования (САПР) и автоматизированных	10		2	-	6	-	-	-	-	-	-	2		-

	систем научных исследований (АСНИ)												
	Зачет с оценкой	18.0	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	17.7	
	Всего за семестр	108.0	14	-	42	-	-	-	-	0.3	34	17.7	
	Итого за семестр	108.0	14	-	42	-	-	-	-	0.3	51.7		

**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. Вычислительная техника в расчетах низкотемпературных систем

1.1. Основные виды информационных технологий применяемых в инженерной практике  
Зависимость вида информационной технологии от возникающих задач, выбор пути решения. Приоритет расчетных задач при разработке новых типов изделий низкотемпературной техники..

1.2. Классификация основных физических и инженерных расчетных задач низкотемпературной техники

Этапы постановки физических и инженерных задач для решения с помощью информационных технологий. Пример последовательности расчета автономной системы криостатирования энергетического объекта.

1.3. Решение задач теплопроводности

Вопросы построения физических моделей, взаимосвязь математического описания физической модели и вычислительных методов. Пример построения физических моделей при расчете теплопритоков по тепловым мостам. Приведение математического описания к безразмерному виду. Использование методов аппроксимации для нахождения зависимостей теплофизических свойств от параметров работы системы и учет этих зависимостей при расчете характеристик системы. Использование численных методов (решение алгебраических уравнений, численное дифференцирование и интегрирование, решение обыкновенных дифференциальных уравнений) при решении одномерных задач теплопроводности..

1.4. Решение конвективных задач

Классификация задач гидродинамики. Подходы к решению задач пограничного слоя. Математическое описание гидродинамических задач и его упрощение. Решение задачи Блазиуса методами прогонки и прогноза и коррекции. Сравнение результатов и их анализ. Решение задачи конвективного тепло- и массообмена. Упрощенный подход. Алгоритм решения многомерных задач, явные и неявные схемы решения. Пример решения задачи расчета интенсивности теплообмена в канале. Сравнение результатов с эмпирическими зависимостями..

1.5. Решение оптимизационных задач

Классификация оптимизационных задач и их основные понятия. Пример формирования функции цели в задачах низкотемпературной техники. Классификация методов оптимизации. Алгоритм поиска оптимума. Ограничения в оптимизационных задачах. Метод штрафных функций. Пример решения оптимизации характеристик работы автономной системы криостатирования методом деформированного многоугольника..

1.6. Основные понятия построения систем автоматизированного проектирования (САПР) и автоматизированных систем научных исследований (АСНИ)

Основы построения систем автоматизированного проектирования и научных исследований. Планирование эксперимента..

## **3.3. Темы практических занятий**

1. Методы решения оптимизационных задач, последовательность этапов решения данных задач ( построение линий уровня в задаче оптимизации характеристик работы автономной системы криостатирования, решение задачи оптимизации характеристик

- работы автономной системы криостатирования методом деформированного многоугольника) (12 часов);
2. Связь информационной технологии с задачами специальности (2 часа);
  3. Классификация задач специальности и пример построения алгоритма их решения (6 часов);
  4. Методы решения задач теплопроводности, последовательность этапов решения данных задач (аппроксимация теплофизических зависимостей методом наименьших квадратов, расчет теплопритоков по тепловым мостам криогенных емкостей, учет зависимости коэффициента теплопроводности материала от температуры при расчете теплопритоков, вычисление времени охлаждения элементов низкотемпературных установок) (12 часов);
  5. Методы решения конвективных задач, последовательность этапов решения данных задач (расчет характеристик течения в задаче Блазиуса методом прогонки, расчет характеристик течения в задаче Блазиуса методом прогноза и коррекции, расчет интенсивности теплообмена при движении потока в канале) (12 часов);
  6. Основа построения систем АСНИ и САПР (4 часа).

### **3.4. Темы лабораторных работ** не предусмотрено

### **3.5 Консультации**

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

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Вычислительная техника в расчетах низкотемпературных систем"

#### *Текущий контроль (ТК)*

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Вычислительная техника в расчетах низкотемпературных систем"

### **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>			
как формулировать описание физической и математической модели для различных задач низкотемпературной техники	ИД-1ПК-3	+	Проверочная работа/Аппроксимация теплофизических зависимостей методом наименьших квадратов, расчет теплопритоков по тепловым мостам криогенных емкостей
методику решения задач, возникающих при расчете параметров работы низкотемпературных установок	ИД-1ПК-4	+	Проверочная работа/Учет зависимости коэффициента теплопроводности материала от температуры при расчете теплопритоков расчет характеристик течения в задаче Блазиуса методом прогонки
<b>Уметь:</b>			
определять корректность постановки расчетной задачи определения параметров работы низкотемпературных установок	ИД-1ПК-3	+	Проверочная работа/Расчет характеристик течения в задаче Блазиуса методом прогноза и коррекции, расчет интенсивности теплообмена при движении потока в канале
использовать выбранные методы к конкретным расчетным задачам низкотемпературной техники	ИД-1ПК-4	+	Проверочная работа/Построение линий уровня в задаче оптимизации характеристик работы автономной системы криостатирования, решение задачи оптимизации характеристик работы автономной системы криостатирования методом деформированного многоугольника



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

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

**6 семестр**

Форма реализации: Защита задания

1. Аппроксимация теплофизических зависимостей методом наименьших квадратов, расчет теплопритоков по тепловым мостам криогенных емкостей (Проверочная работа)
2. Построение линий уровня в задаче оптимизации характеристик работы автономной системы криостатирования, решение задачи оптимизации характеристик работы автономной системы криостатирования методом деформированного многоугольника (Проверочная работа)
3. Расчет характеристик течения в задаче Блазиуса методом прогноза и коррекции, расчет интенсивности теплообмена при движении потока в канале (Проверочная работа)
4. Учет зависимости коэффициента теплопроводности материала от температуры при расчете теплопритоков расчет характеристик течения в задаче Блазиуса методом прогонки (Проверочная работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

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

*Зачет с оценкой (Семестр №6)*

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 6 семестр.

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

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

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

1. Алексеев, Т. А. Основы проектирования систем хранения жидких криопродуктов : учебное пособие по курсам "Вычислительная техника в расчетах низкотемпературных систем", "Проектирование низкотемпературных систем", "Основы САПР", по направлению "Техническая физика" / Т. А. Алексеев, А. М. Домашенко, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" . – М. : Издательский дом МЭИ, 2011 . – 104 с. - ISBN 978-5-383-00613-9 .;
2. Алексеев, Т. А. Информационное обеспечение для расчета систем охлаждения радиоэлектронного оборудования : учебное пособие по курсам "Вычислительная техника в расчетах низкотемпературных систем", "Основы САПР" по направлению "Техническая физика" / Т. А. Алексеев, Моск. энерг. ин-т (МЭИ ТУ) . – М. : Издательский дом МЭИ, 2009 . – 64 с. - ISBN 978-5-383-00203-2 .  
[http://elib.mpei.ru/action.php?kt\\_path\\_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=745;](http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=745)
3. Справочник по физико-техническим основам криогеники / М. П. Малков, и др. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Энергоатомиздат, 1985 . – 432 с.;
4. Б. В. Григорьев, С. Г. Никулин, Е. В. Зайцев- "Основы математической обработки результатов физико-технических измерений: учебно-методическое пособие для студентов

естественно-научных направлений", Издательство: "Тюменский государственный университет", Тюмень, 2018 - (32 с.)  
<https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=572410>.

### 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. Научная электронная библиотека - <https://elibrary.ru/>
2. База данных Web of Science - <http://webofscience.com/>
3. База данных Scopus - <http://www.scopus.com>
4. Национальная электронная библиотека - <https://rusneb.ru/>
5. ЭБС "Консультант студента" - <http://www.studentlibrary.ru/>
6. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
7. Портал открытых данных Российской Федерации - <https://data.gov.ru>
8. База открытых данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ - <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>
9. Открытая университетская информационная система «РОССИЯ» - <https://uisrussia.msu.ru>
10. 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-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-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-411/1, Компьютерный класс	стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	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-411/1, Компьютерный класс	стол, стул, доска меловая, мультимедийный проектор, компьютер персональный
	М-412, Учебная	стеллаж для хранения книг, стол,

	аудитория	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. "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

### Вычислительная техника в расчетах низкотемпературных систем

(название дисциплины)

#### 6 семестр

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

- КМ-1 Аппроксимация теплофизических зависимостей методом наименьших квадратов, расчет теплопритоков по тепловым мостам криогенных емкостей (Проверочная работа)
- КМ-2 Учет зависимости коэффициента теплопроводности материала от температуры при расчете теплопритоков расчет характеристик течения в задаче Блазиуса методом прогонки (Проверочная работа)
- КМ-3 Расчет характеристик течения в задаче Блазиуса методом прогноза и коррекции, расчет интенсивности теплообмена при движении потока в канале (Проверочная работа)
- КМ-4 Построение линий уровня в задаче оптимизации характеристик работы автономной системы криостатирования, решение задачи оптимизации характеристик работы автономной системы криостатирования методом деформированного многоугольника (Проверочная 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	14
1	Вычислительная техника в расчетах низкотемпературных систем					
1.1	Основные виды информационных технологий применяемых в инженерной практике		+			
1.2	Классификация основных физических и инженерных расчетных задач низкотемпературной техники		+	+		
1.3	Решение задач теплопроводности			+	+	
1.4	Решение конвективных задач				+	
1.5	Решение оптимизационных задач					+
1.6	Основные понятия построения систем автоматизированного проектирования (САПР) и автоматизированных систем научных исследований (АСНИ)					+
Вес КМ, %:			20	30	30	20