

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
АЛГОРИТМЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНЫХ
ПРОЦЕССОВ

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.05
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	3 семестр - 32 часа;
Практические занятия	3 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	3 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	3 семестр - 93,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Индивидуальный проект Контрольная работа	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	3 семестр - 0,5 часа;

Москва 2024

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Дергунов И.М.
	Идентификатор	Rfffe7f67-DergunovIM-a272426c

И.М. Дергунов


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 основных методов проведения численного эксперимента с целью определения характеристик процессов в низкотемпературном оборудовании: стационарные и нестационарные течение газов и жидкостей, теплообмен, в том числе с фазовыми переходами.

Задачи дисциплины

- освоение основных методов проведения численных экспериментов;
- изучение особенности современных методов моделирования процессов, связанных с течениями жидкостей и газов.;
- овладение приемами использования современных программных средств для проведения промышленного моделирования.

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-1 Способен анализировать и моделировать физические процессы в элементах энергетического оборудования	ИД-2 _{ПК-1} Владеет навыками расчета теплогидравлических процессов в элементах энергетического оборудования, навыки постобработки результатов расчетов и компьютерного моделирования этих процессов	знать: - основные источники научно-технической информации по технике проведения численного моделирования; - основные источники научно-технической информации по проведению численного эксперимента.
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	уметь: - анализировать информацию о новых методах проведения численного моделирования..
РПК-2 Способен владеть расчетно-теоретическими и экспериментальными методами исследования теплогидравлических процессов в энергетическом оборудовании	ИД-1 _{РПК-2} Способен применять современную экспериментальную технику и методы в теплофизических исследованиях	уметь: - использовать современные информационные технологии на уровне пользователя для решения задач проектирования разнообразных аппаратов в низкотемпературных установках и системах.

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 источники научно-технической информации по проведению численного эксперимента
- знать основные источники научно-технической информации по технике проведения численного моделирования
- уметь использовать современные информационные технологии на уровне пользователя для решения задач проектирования разнообразных аппаратов в низкотемпературных установках и системах
- уметь анализировать информацию о новых методах проведения численного моделирования.

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	Введение в предмет курса	1	3	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 3-15 [3], 6-17	
1.1	Введение в предмет курса	1		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
2	Моделирование теплообмена	1		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 201-250 [3], 26-38	
2.1	Моделирование теплообмена	1		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
3	Моделирование нестационарных процессов	8		8	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 180-201 [3], 38-39	
3.1	Моделирование нестационарных процессов	8		8	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
4	Моделирование многофазных течений	2		2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 270-320 [3], 29-38	
4.1	Моделирование многофазных течений	2		2	-	-	-	-	-	-	-	-	-		
5	Моделирование заполнения и откачки сосудов	20		6	-	4	-	-	-	-	-	-	10	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 50-68
5.1	Моделирование заполнения и откачки сосудов	20		6	-	4	-	-	-	-	-	-	10	-	
6	Течение в обогреваемых каналах	20	6	-	4	-	-	-	-	-	-	10	-	<u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 112-154	
6.1	Течение в	20	6	-	4	-	-	-	-	-	-	10	-		

	обогреваемых каналах												
7	Моделирование кипения криогенной жидкости в канале	30	6	-	4	-	-	-	-	-	20	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [1], 257-351 [3], 29-38
7.1	Моделирование кипения криогенной жидкости в канале	30	6	-	4	-	-	-	-	-	20	-	
8	Моделирование хранения жидкости в сосуде Дьюара	26	2	-	4	-	-	-	-	-	20	-	<i><u>Изучение материалов литературных источников:</u></i> [1], 300-351
8.1	Моделирование хранения жидкости в сосуде Дьюара	26	2	-	4	-	-	-	-	-	20	-	
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0	32	-	16	-	2	-	-	0.5	60	33.5	
	Итого за семестр	144.0	32	-	16	2	-	-	0.5	60	93.5		

Примечание: Лек – лекции; Лаб – лабораторные работы; Пр – практические занятия; КПП – 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. Введение в предмет курса

1.1. Введение в предмет курса

Основные физические процессы в низкотемпературных системах. Применяемые физические модели..

2. Моделирование теплообмена

2.1. Моделирование теплообмена

Моделирование основных механизмов передачи тепла: теплопроводность, вынужденная и естественная конвекция, излучение. Моделирование сложного теплообмена..

3. Моделирование нестационарных процессов

3.1. Моделирование нестационарных процессов

Нестационарные (переходные) процессы в низкотемпературной технике. Особенности задания начальных и граничных условий. Оценка шага по времени. Анализ и визуализация нестационарных процессов. Задачи, имеющие решение только в нестационарной постановке..

4. Моделирование многофазных течений

4.1. Моделирование многофазных течений

Определение многофазных течений. Подходы к математическому описанию многофазных течений. Основные физические модели: Volume-of-fluid, эйлеровская, модель смеси. Постановка задач и обработка результатов в ANSYS Fluent..

5. Моделирование заполнения и откачки сосудов

5.1. Моделирование заполнения и откачки сосудов

Постановка задачи откачки сосуда. Использование Fluent Expression Language для задания граничных условий. Управление сходимостью задач..

6. Течение в обогреваемых каналах

6.1. Течение в обогреваемых каналах

Пример задачи течения в обогреваемой трубе. Профили скорости и параметров турбулентности. Определение времени заполнения трубы жидкостью..

7. Моделирование кипения криогенной жидкости в канале

7.1. Моделирование кипения криогенной жидкости в канале

Модель кипения жидкости с недогревом Boiling RPI. Пример задачи о кипении жидкости в обогреваемой трубе..

8. Моделирование хранения жидкости в сосуде Дьюара

8.1. Моделирование хранения жидкости в сосуде Дьюара

Пример задачи о хранении криогенной жидкости в сосуде Дьюара с учетом внешнего теплопритока и многофазности..

3.3. Темы практических занятий

1. Моделирование заполнения и откачки сосудов;
2. Моделирование течения в обогреваемом канале. Способы учета стенок канала;
3. Моделирование кипения в канале;
4. Моделирование жидкости в сосуде Дьюара.

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:										
основные источники научно-технической информации по проведению численного эксперимента	ИД-2ПК-1	+					+			Индивидуальный проект/Моделирование течения в обогреваемом канале
основные источники научно-технической информации по технике проведения численного моделирования	ИД-2ПК-1	+					+			Индивидуальный проект/Моделирование заполнения и откачки сосудов
Уметь:										
анализировать информацию о новых методах проведения численного моделирования.	ИД-2ПК-3					+	+	+	+	Контрольная работа/Моделирование жидкости в сосуде Дьюара
использовать современные информационные технологии на уровне пользователя для решения задач проектирования разнообразных аппаратов в низкотемпературных установках и системах	ИД-1РПК-2	+	+	+	+					Индивидуальный проект/Моделирование кипения в канале

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: Компьютерное задание

1. Моделирование жидкости в сосуде Дьюара (Контрольная работа)
2. Моделирование заполнения и откачки сосудов (Индивидуальный проект)
3. Моделирование кипения в канале (Индивидуальный проект)
4. Моделирование течения в обогреваемом канале (Индивидуальный проект)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (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. Чигарев, А. В. ANSYS для инженеров : Справочное пособие / А. В. Чигарев, А. С. Кравчук, А. Ф. Смалюк . – М. : Машиностроение, 2004 . – 512 с. - ISBN 5-942750-48-3 .;
2. Басов К. А.- "ANSYS: справочник пользователя", Издательство: "ДМК Пресс", Москва, 2008 - (640 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=1335;
3. Дергунов, И. М. Основы моделирования гидрогазодинамики и теплообмена в низкотемпературных устройствах в программе ANSYS Fluent : учебное пособие по курсам "Численные методы в механике сплошных сред" и "Алгоритмы моделирования низкотемпературных процессов" по направлению 14.04.01 "Ядерная энергетика и теплофизика", специальности "Физика и техника низких температур", "Наноматериалы и нанотехнологии в энергетике" / И. М. Дергунов, А. А. Сидоров, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") . – Москва : Изд-во МЭИ, 2023 . – 144 с. - ISBN 978-5-7046-2778-4 .
<http://elib.mpei.ru/elib/view.php?id=12486>.

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-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 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-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**Алгоритмы моделирования низкотемпературных процессов**

(название дисциплины)

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

- КМ-1 Моделирование заполнения и откачки сосудов (Индивидуальный проект)
 КМ-2 Моделирование течения в обогреваемом канале (Индивидуальный проект)
 КМ-3 Моделирование кипения в канале (Индивидуальный проект)
 КМ-4 Моделирование жидкости в сосуде Дьюара (Контрольная работа)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	10	12	14	16
1	Введение в предмет курса					
1.1	Введение в предмет курса		+	+	+	
2	Моделирование теплообмена					
2.1	Моделирование теплообмена				+	
3	Моделирование нестационарных процессов					
3.1	Моделирование нестационарных процессов				+	
4	Моделирование многофазных течений					
4.1	Моделирование многофазных течений				+	
5	Моделирование заполнения и откачки сосудов					
5.1	Моделирование заполнения и откачки сосудов					+
6	Течение в обогреваемых каналах					
6.1	Течение в обогреваемых каналах		+	+		+
7	Моделирование кипения криогенной жидкости в канале					
7.1	Моделирование кипения криогенной жидкости в канале					+
8	Моделирование хранения жидкости в сосуде Дьюара					

8.1	Моделирование хранения жидкости в сосуде Дьюара				+
Вес КМ, %:		25	25	25	25