

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: Теплофизика и молекулярная физика

Уровень образования: высшее образование - магистратура

Форма обучения: Очная


Рабочая программа дисциплины
МЕТОДЫ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА

Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.08
Трудоемкость в зачетных единицах:	3 семестр - 3;
Часов (всего) по учебному плану:	108 часов
Лекции	3 семестр - 16 часов;
Практические занятия	3 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	3 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	3 семестр - 73,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Творческая задача Доклад	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	3 семестр - 0,5 часа;

Москва 2025

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:


Преподаватель

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кузма-Кичта Ю.А.
	Идентификатор	R2af2c04d-KuzmakichtaYA-22ef358

Ю.А. Кузма-Кичта


СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Яньков Г.Г.
	Идентификатор	Rbb1f0c84-YankovGG-11a2e4dc

Г.Г. Яньков

Заведующий выпускающей
кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Герасимов Д.Н.
	Идентификатор	Ra5495398-GerasimovDN-6b58615

Д.Н. Герасимов

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение методов интенсификации теплообмена на макро-, микро- и наномасштабах.

Задачи дисциплины

- овладение основными представлениями о методах интенсификации теплообмена в одно- и двухфазных средах;
- овладение методами расчета теплообмена и гидродинамики при интенсификации процессов перенос в одно- и двухфазных средах;
- умение рассчитывать теплообмен и гидродинамику при интенсификации теплообмена в одно- и двухфазных средах.

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 владеть расчетно-теоретическими и экспериментальными методами исследования теплогидравлических процессов в энергетическом оборудовании	ИД-2ПК-2 Владеет расчетно-теоретическими методами анализа процессов в энергетическом оборудовании	знать: - основные представления о методах интенсификации теплообмена и расчетных рекомендациях в одно- и двухфазных средах. уметь: - рассчитывать теплообмен и гидродинамику при интенсификации теплообмена в одно- и двухфазных средах..

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Теплофизика и молекулярная физика (далее – ОПОП), направления подготовки 14.04.01 Ядерная энергетика и теплофизика, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне высшего образования (бакалавриат, специалитет).

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	Интенсификация теплоотдачи при течении однофазной среды	18	3	4	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Интенсификация теплоотдачи при течении однофазной среды"</p> <p><u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизадч по разделу "Интенсификация теплоотдачи при течении однофазной среды". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения:</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u></p> <p>[3], 55-235</p>
1.1	Гидравлическое сопротивление в трубе. Режим течения без проявления и с проявлением шероховатости. Теплоотдача и сопротивление в каналах с кольцевой накаткой. Влияние интенсификации теплоотдачи на солеотложения в трубах. Теплообмен и гидродинамика при до- и сверхзвуковом обтекании поверхности с лунками. Отложения при обтекании облуненных поверхностей соледержащими средами.	18		4	-	4	-	-	-	-	-	-	10	

2	Интенсификация теплоотдачи при кипении в трубе с микро- и нанопористым покрытием	18		4	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<u>Подготовка к практическим занятиям:</u> Изучение материала по разделу "Интенсификация теплоотдачи при кипении в трубе с микро- и нанопористым покрытием" подготовка к выполнению заданий на практических занятиях
2.1	Влияние микро- и нанопористого покрытия на теплоотдачу при кипении в большом объеме, прямолинейных и спиральных каналах. Интенсификация теплоотдачи при кипении в трубе с микропористым покрытием в докризисной, переходной и закризисной областях. Влияние закрутки потока на кризис теплообмена в области отрицательных и положительных паросодержаний	18		4	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Интенсификация теплоотдачи при кипении в трубе с микро- и нанопористым покрытием" <u>Подготовка расчетных заданий:</u> Задания ориентированы на решения минизаданий по разделу "Интенсификация теплоотдачи при кипении в трубе с микро- и нанопористым покрытием". Студенты необходимо повторить теоретический материал, разобрать примеры решения аналогичных задач. провести расчеты по варианту задания и сделать выводы. В качестве задания используются следующие упражнения: <u>Подготовка реферата:</u> В рамках реферативной части студенту необходимо провести обзор литературных источников по выбранной теме, комплексно осветить вопрос в соответствии с темой реферата, подготовить презентацию для выступления по результатам работы на семинарском занятии. В качестве тем реферата студенту предлагаются следующие варианты: <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 1-232
3	Интенсификация теплоотдачи при кипении в мини- и микроканалах	18		4	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</u> Повторение материала по разделу "Интенсификация теплоотдачи при кипении в мини- и микроканалах"
3.1	Влияние пористого	18		4	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<u>Проведение исследований:</u> Работа

	покрытия из наночастиц на теплоотдачу при кипении в мини – и микроканалах. Гидродинамика и кризис теплообмена при кипении в микроканале.												выполняется по индивидуальному заданию. Для проведения исследования применяется следующие материалы: <u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Интенсификация теплоотдачи при кипении в мини- и микроканалах и подготовка к контрольной работе <u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [2], 98-154
4	Интенсификация теплообмена при конденсации пара	18	4	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<u>Подготовка доклада, выступления:</u> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты: <u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 1-232
4.1	Интенсификация теплообмена при конденсации пара на горизонтальных и вертикальных трубах. Примеры внедрения методов интенсификации теплообмена в технике.	18	4	-	4	-	-	-	-	-	10	-	<u>Подготовка доклада, выступления:</u> Задание связано с углубленным изучением разделов дисциплины и самостоятельным поиском материалов для раскрытия темы доклада. Материалы выполненной работы представляются в электронном виде или в форме распечатанных презентационных слайдов. В качестве тем докладов студентам предлагаются следующие варианты: <u>Подготовка курсовой работы:</u> Курсовая работа представлена в виде крупной задачи по учебному кейсу, охватывающей несколько расчетных вопросов и выбор варианта проектного решения. Пример задания: <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 1-232
	Экзамен	36.0	-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	108.0	16	-	16	-	2	-	-	0.5	40	33.5	
	Итого за семестр	108.0	16	-	16	2	-	-	0.5	73.5			

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. Интенсификация теплоотдачи при течении однофазной среды

1.1. Гидравлическое сопротивление в трубе. Режим течения без проявления и с проявлением шероховатости. Теплоотдача и сопротивление в каналах с кольцевой накаткой. Влияние интенсификации теплоотдачи на солеотложения в трубах. Теплообмен и гидродинамика при до- и сверхзвуковом обтекании поверхности с лунками. Отложения при обтекании облуненных поверхностей солесодержащими средами.

Гидравлическое сопротивление в трубе. Режим течения без проявления и с проявлением шероховатости. Теплоотдача и сопротивление в каналах с кольцевой накаткой. Влияние интенсификации теплоотдачи на солеотложения в трубах. Теплообмен и гидродинамика при до- и сверхзвуковом обтекании поверхности с лунками. Отложения при обтекании облуненных поверхностей солесодержащими средами..

2. Интенсификация теплоотдачи при кипении в трубе с микро- и нанопористым покрытием

2.1. Влияние микро- и нанопористого покрытия на теплоотдачу при кипении в большом объеме, прямолинейных и спиральных каналах. Интенсификация теплоотдачи при кипении в трубе с микропористым покрытием в докризисной, переходной и закризисной областях. Влияние закрутки потока на кризис теплообмена в области отрицательных и положительных паросодержаний

Влияние микро- и нанопористого покрытия на теплоотдачу при кипении в большом объеме, прямолинейных и спиральных каналах. Интенсификация теплоотдачи при кипении в трубе с микропористым покрытием в докризисной, переходной и закризисной областях. Влияние закрутки потока на кризис теплообмена в области отрицательных и положительных паросодержаний.

3. Интенсификация теплоотдачи при кипении в мини- и микроканалах

3.1. Влияние пористого покрытия из наночастиц на теплоотдачу при кипении в мини – и микроканалах. Гидродинамика и кризис теплообмена при кипении в микроканале.

Влияние пористого покрытия из наночастиц на теплоотдачу при кипении в мини – и микроканалах. Гидродинамика и кризис теплообмена при кипении в микроканале..

4. Интенсификация теплообмена при конденсации пара

4.1. Интенсификация теплообмена при конденсации пара на горизонтальных и вертикальных трубах. Примеры внедрения методов интенсификации теплообмена в технике.

Интенсификация теплообмена при конденсации пара на горизонтальных и вертикальных трубах. Примеры внедрения методов интенсификации теплообмена в технике..

3.3. Темы практических занятий

1. Интенсификация теплоотдачи при конденсации;
2. Интенсификация теплоотдачи при кипении в мини- и микроканалах;
3. Интенсификация теплоотдачи при кипении в трубе с микро- и нанопористым покрытием;
4. Интенсификация теплоотдачи при течении однофазной среды.

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	
Знать:						
основные представления о методах интенсификации теплообмена и расчетных рекомендациях в одно- и двухфазных средах	ИД-2ПК-2	+			+	Доклад/Защита реферата Творческая задача/Проведение расчета по алгоритму
Уметь:						
рассчитывать теплообмен и гидродинамику при интенсификации теплообмена в одно- и двухфазных средах.	ИД-2ПК-2		+	+		Доклад/Защита реферата Творческая задача/Проведение расчета по алгоритму Творческая задача/Проверка литературного обзора

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: Выступление (доклад)

1. Защита реферата (Доклад)

Форма реализации: Обмен электронными документами

1. Проверка литературного обзора (Творческая задача)

Форма реализации: Устная форма

1. Проведение расчета по алгоритму (Творческая задача)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №3)

Прибавление оценки итоговой аттестации к промежуточной

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. Интенсификация тепло- и массообмена в энергетике / Б. В. Дзюбенко, и др. ; Ред. Ю. А. Кузма-Кичта. – М. : ЦНИИАтоминформ, 2003. – 232 с. – ISBN 5-87911-110-5.;
2. Попов, И. А. Физические основы и промышленное применение интенсификации теплообмена. Интенсификация теплообмена / И. А. Попов, Х. М. Махьянов, В. М. Гуреев, М-во образования и науки РФ, Казан. гос. техн. ун-т им. А.Н. Туполева, Упр. компания "КЭР-Холдинг" ; Общ. ред. Ю. Ф. Гортышов. – Казань : Центр инновационных технологий, 2009. – 560 с. – ISBN 978-5-93962-383-4.;
3. Ягов В. В.- "Теплообмен в однофазных средах и при фазовых превращениях", Издательство: "Издательский дом МЭИ", Москва, 2014 - (542 с.)
http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=72295.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. Office / Российский пакет офисных программ.

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/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Ж-120, Машинный зал ИВЦ	сервер, кондиционер
	Т-205, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	Т-205, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, доска маркерная
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Т-205, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, доска маркерная
Помещения для самостоятельной работы	Т-412, Учебная лаборатория вычислительной техники	стол преподавателя, стол учебный, стул, компьютерная сеть с выходом в Интернет, доска маркерная, компьютер персональный
Помещения для консультирования	Т-205, Учебная аудитория	стол преподавателя, стол учебный, стул, шкаф, доска маркерная
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	Т-213, Подсобное помещение	

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Методы интенсификации теплообмена

(название дисциплины)

3 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1 Проверка литературного обзора (Творческая задача)

КМ-2 Проведение расчета по алгоритму (Творческая задача)

КМ-3 Защита реферата (Доклад)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3
		Неделя КМ:	5	10	15
1	Интенсификация теплоотдачи при течении однофазной среды				
1.1	Гидравлическое сопротивление в трубе. Режим течения без проявления и с проявлением шероховатости. Теплоотдача и сопротивление в каналах с кольцевой накаткой. Влияние интенсификации теплоотдачи на солеотложения в трубах. Теплообмен и гидродинамика при до- и сверхзвуковом обтекании поверхности с лунками. Отложения при обтекании облуненных поверхностей солесодержащими средами.			+	+
2	Интенсификация теплоотдачи при кипении в трубе с микро- и нанопористым покрытием				
2.1	Влияние микро- и нанопористого покрытия на теплоотдачу при кипении в большом объеме, прямолинейных и спиральных каналах. Интенсификация теплоотдачи при кипении в трубе с микропористым покрытием в докризисной, переходной и закризисной областях. Влияние закрутки потока на кризис теплообмена в области отрицательных и положительных паросодержаний		+	+	+
3	Интенсификация теплоотдачи при кипении в мини- и микроканалах				
3.1	Влияние пористого покрытия из наночастиц на теплоотдачу при кипении в мини – и микроканалах. Гидродинамика и кризис теплообмена при кипении в микроканале.		+	+	+
4	Интенсификация теплообмена при конденсации пара				
4.1	Интенсификация теплообмена при конденсации пара на горизонтальных и вертикальных трубах. Примеры внедрения методов интенсификации теплообмена в технике.			+	+
Вес КМ, %:			30	20	50