

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Энергообеспечение предприятий

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины
МЕТОДЫ ИНЖЕНЕРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ


Блок:	Блок 1 «Дисциплины (модули)»
Часть образовательной программы:	Часть, формируемая участниками образовательных отношений
№ дисциплины по учебному плану:	Б1.Ч.09.06
Трудоемкость в зачетных единицах:	7 семестр - 4;
Часов (всего) по учебному плану:	144 часа
Лекции	7 семестр - 32 часа;
Практические занятия	7 семестр - 32 часа;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	7 семестр - 2 часа;
Самостоятельная работа	7 семестр - 77,5 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая: Лабораторная работа Расчетно-графическая работа Тестирование	
Промежуточная аттестация:	
Экзамен	7 семестр - 0,5 часа;

Москва 2023

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пурдин М.С.
	Идентификатор	R73e8cc57-PurdinMS-97ce3ae5

(подпись)

М.С. Пурдин

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной программы

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Пурдин М.С.
	Идентификатор	R73e8cc57-PurdinMS-97ce3ae5

(подпись)

М.С. Пурдин

(расшифровка
подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Гаряев А.Б.
	Идентификатор	R75984319-GariayevAB-a6831ea7

(подпись)

А.Б. Гаряев

(расшифровка
подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: изучение методов и средств инженерных исследований процессов в теплообменных установках.

Задачи дисциплины

- освоение навыков обработки результаты проведенных инженерных исследований, оценивать точность и достоверность имеющихся прямых и косвенных измерений;
- освоение математических приёмов анализа и обработки результатов исследований;
- изучение техники измерения физических величин, приборов и оборудования для проведения физических измерений;
- освоение навыков планирования экспериментальных исследований, навыков подбора и расчета оборудования для проведения исследований.

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 Способен участвовать в разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению в системах энергообеспечения промышленных предприятий и объектов жилищно-коммунальной сферы с оценкой их энергетической, экономической и экологической эффективности	ИД-3 _{ПК-3} Принимает участие в составление энергетических паспортов и разработке программ энергосбережения объектов	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none">- подходы и средства для постановки теплотехнических экспериментов, основные виды математического планирования экспериментов, технические параметры оборудования, технику измерений, виды, методы и средства измерений, нормативную документацию в области проведения теплотехнических экспериментов;- математические приёмы анализа результатов эксперимента;- терминологию в области методов проведения экспериментальных исследований и методы обработки данных, полученных в результате исследований, понятие о методах и видах аналогий, используемых при постановке и проведении теплофизических экспериментов. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none">- планировать проведение исследований, определять наиболее благоприятные условия проведения исследований, определять погрешности экспериментальных результатов, обрабатывать экспериментальные результаты с применением математических приемов анализа и обобщения, проверять полученные результаты.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Энергообеспечение предприятий (далее – ОПОП), направления подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - бакалавриат.

Требования к входным знаниям и умениям:

- знать метрологии и теплотехнических измерений
- знать законы тепломассообмена
- знать источники и системы теплоснабжения
- знать основы трансформации тепла и процессов охлаждения
- знать аппараты и процессы отопления, вентиляции и кондиционирования

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	Приемы анализа результатов исследования	72	7	20	-	20	-	-	-	-	-	32	-	<p><u>Подготовка расчетно-графического задания:</u> Обработка результатов лабораторной работы «Электротепловая аналогия»</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], 6–8, 9–23, 24–27, 28–52, 53–69 [2], 17–19, 20–34, 51–86, 158–165, 218–245</p>
1.1	Методы теплотехнических исследований	12		4	-	2	-	-	-	-	-	6	-	
1.2	Определение погрешностей результатов экспериментов	14		4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	
1.3	Применение методов аналогий	18		4	-	6	-	-	-	-	-	8	-	
1.4	Математические приёмы анализа и обработка результатов эксперимента	14		4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	
1.5	Фурье анализ	14		4	-	4	-	-	-	-	-	6	-	
2	Приемы постановки исследования	36	7	12	-	12	-	-	-	-	-	12	-	<p><u>Подготовка к контрольной работе:</u> Изучение материалов по разделу Приемы постановки исследования и подготовка к контрольной работе Тест №1 «Методы инженерных исследований»</p> <p><u>Изучение материалов литературных источников:</u> [3], 1 - 392 [4], 7 - 15</p>
2.1	Математическое планирование экспериментов	12		4	-	4	-	-	-	-	-	4	-	
2.2	Технические измерительные средства	12		4	-	4	-	-	-	-	-	4	-	
2.3	Нормативная документация	12		4	-	4	-	-	-	-	-	4	-	

	Экзамен	36.0		-	-	-	-	2	-	-	0.5	-	33.5	
	Всего за семестр	144.0		32	-	32	-	2	-	-	0.5	44	33.5	
	Итого за семестр	144.0		32	-	32	2	-	-	0.5	77.5			

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. Приемы анализа результатов исследования

1.1. Методы теплотехнических исследований

Методы теплотехнических исследований. Цель работы в области техники. Выявление объективных закономерностей, определяющих протекание процессов в аппаратах, изучение физических и физико-химических явлений, из которых состоят эти процессы, эффективно использовать полученные результаты для создания разрабатываемой конструкции, оптимальной с точки зрения экономичности, металлоёмкости, ресурса эксплуатации, или какого-либо другого важного качества..

1.2. Определение погрешностей результатов экспериментов

Общие сведения о погрешностях эксперимента. Показатели точности и формы представления результатов эксперимента. Оценка погрешности прямых измерений. Оценка погрешности определения величин-функций. Определение наивыгоднейших условий эксперимента..

1.3. Применение методов аналогий

Понятие о методе и виды аналогий, используемых в научных исследованиях. Применение методов аналогий в постановке экспериментов. Электротепловая аналогия. Электрогидравлическая аналогия..

1.4. Математические приёмы анализа и обработка результатов эксперимента

Критерии оценки результатов экспериментов. Математическая обработка результатов эксперимента. Графический анализ. Статистические гипотезы и их проверка. Дисперсионный и регрессионный анализы..

1.5. Фурье анализ

Преобразование Фурье. Дискретное преобразование Фурье. Следствие из теоремы Котельникова. Комплексный вид гармонического ряда. Оконное преобразование Фурье..

2. Приемы постановки исследования

2.1. Математическое планирование экспериментов

Основные понятия и виды планов. Рациональное планирование. Планирование первого порядка. Полный факторный эксперимент. Дробный факторный эксперимент. Планирование второго порядка. Планирование экстремальных экспериментов. Метод крутой восхождения..

2.2. Технические измерительные средства

Измерение давления и вакуума. Измерение температур. Особенности измерения температуры высокоскоростного газового потока. Особенности измерения быстроменяющейся температуры. Измерение скорости и расхода жидкости и газа. Измерение скорости потока термоанемометром..

2.3. Нормативная документация

Обзор современной нормативной документации, регламентирующей постановку и проведение экспериментов, точность приборов..

3.3. Темы практических занятий

1. Нормативная документация;
2. Технические измерительные средства;
3. Математическое планирование экспериментов;
4. Фурье анализ;
5. Математические приёмы анализа и обработка результатов эксперимента;
6. Применение методов аналогий;
7. Определение погрешностей результатов экспериментов;
8. Методы теплотехнических исследований.

3.4. Темы лабораторных работ не предусмотрено

3.5 Консультации

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по темам раздела "Приемы анализа результатов исследования"
2. Обсуждение материалов по темам раздела "Приемы постановки исследования"

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	
Знать:				
терминологию в области методов проведения экспериментальных исследований и методы обработки данных, полученных в результате исследований, понятие о методах и видах аналогий, используемых при постановке и проведении теплофизических экспериментов	ИД-3ПК-3	+		Расчетно-графическая работа/РГР, часть 1, «Обработка результатов экспериментов»
математические приёмы анализа результатов эксперимента	ИД-3ПК-3	+		Расчетно-графическая работа/РГР, часть 2, «Анализ результатов экспериментов»
подходы и средства для постановки теплотехнических экспериментов, основные виды математического планирования экспериментов, технические параметры оборудования, технику измерений, виды, методы и средства измерений, нормативную документацию в области проведения теплотехнических экспериментов	ИД-3ПК-3		+	Тестирование/Тест №1 «Методы инженерных исследований»
Уметь:				
планировать проведение исследований, определять наивыгоднейшие условия проведения исследований, определять погрешности экспериментальных результатов, обрабатывать экспериментальные результаты с применением математических приемов анализа и обобщения, проверять полученные результаты	ИД-3ПК-3	+		Лабораторная работа/Лабораторная работа №1 «Электротепловая аналогия»

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

7 семестр

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Тест №1 «Методы инженерных исследований» (Тестирование)

Форма реализации: Проверка задания

1. Лабораторная работа №1 «Электротепловая аналогия» (Лабораторная работа)

Форма реализации: Проверка качества оформления задания

1. РГР, часть 1, «Обработка результатов экспериментов» (Расчетно-графическая работа)
2. РГР, часть 2, «Анализ результатов экспериментов» (Расчетно-графическая работа)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Экзамен (Семестр №7)

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 7 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Обработка и обобщение экспериментальных данных : учебное пособие по курсу "Методы инженерных исследований" направления 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника" / М. Ю. Юркина, М. С. Пурдин, И. В. Сынков, О. Е. Прун, Нац. исслед. ун-т "МЭИ" (НИУ"МЭИ") ; ред. М. Ю. Юркина . – М. : Изд-во МЭИ, 2019 . – 72 с. - Авторы указаны на обороте тит. л. - ISBN 978-5-7046-2166-9 .

http://elib.mpei.ru/action.php?kt_path_info=ktcore.SecViewPlugin.actions.document&fDocumentId=10910;

2. Семенов, Б. А. Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях : учебное пособие для вузов по направлению 140100 "Теплоэнергетика" / Б. А. Семенов . – 2-е изд., доп. – СПб. : Лань-Пресс, 2013 . – 400 с. – (Учебники для вузов. Специальная литература) . - ISBN 978-5-8114-1392-8 .;

3. Чистяков, С. Ф. Теплотехнические измерения и приборы : Учебное пособие для теплоэнергетических специальностей вузов / С. Ф. Чистяков, Д. В. Радун . – М. : Высшая школа, 1972 . – 392 с.;

4. А. А. Попов- "Оптимальное планирование эксперимента в задачах структурной и параметрической идентификации моделей многофакторных систем", Издательство: "Новосибирский государственный технический университет", Новосибирск, 2013 - (296 с.) <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436033>.

5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

1. СДО "Прометей";
2. Office / Российский пакет офисных программ;
3. Windows / Операционная система семейства Linux;
4. Майнд Видеоконференции;
5. SmathStudio.

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. Электронная библиотека МЭИ (ЭБ МЭИ) - <http://elib.mpei.ru/login.php>
5. Официальный сайт Министерства науки и высшего образования Российской Федерации - <https://minobrnauki.gov.ru>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	Г-406, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	В-104-3, Учебная аудитория каф. "ТМПУ"	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	Г-406, Учебная аудитория	парта, стол преподавателя, стул, доска меловая, компьютерная сеть с выходом в Интернет, мультимедийный проектор, экран
Помещения для самостоятельной работы	НТБ-303, Компьютерный читальный зал	стол компьютерный, стул, стол письменный, вешалка для одежды, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, принтер, кондиционер
Помещения для консультирования	В-104-5, Преподавательская каф. "ТМПУ"	стол, стул, шкаф для документов, компьютерная сеть с выходом в Интернет, компьютер персональный, документы, журналы, книги, учебники, пособия
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-02, Архив	стеллаж для хранения книг, стол для работы с документами, стул

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Методы инженерных исследований

(название дисциплины)

7 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 Лабораторная работа №1 «Электротепловая аналогия» (Лабораторная работа)
 КМ-2 РГР, часть 1, «Обработка результатов экспериментов» (Расчетно-графическая работа)
 КМ-3 РГР, часть 2, «Анализ результатов экспериментов» (Расчетно-графическая работа)
 КМ-4 Тест №1 «Методы инженерных исследований» (Тестирование)

Вид промежуточной аттестации – Экзамен.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
		Неделя КМ:	4	8	12	14
1	Приемы анализа результатов исследования					
1.1	Методы теплотехнических исследований		+	+		
1.2	Определение погрешностей результатов экспериментов		+	+		
1.3	Применение методов аналогий		+	+		
1.4	Математические приёмы анализа и обработка результатов эксперимента				+	
1.5	Фурье анализ				+	
2	Приемы постановки исследования					
2.1	Математическое планирование экспериментов					+
2.2	Технические измерительные средства					+
2.3	Нормативная документация					+
Вес КМ, %:			20	25	25	30