

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

Направление подготовки/специальность: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Эффективные теплоэнергетические системы предприятий и ЖКХ

Уровень образования: высшее образование - магистратура

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.11
Трудоемкость в зачетных единицах:	1 семестр - 2;
Часов (всего) по учебному плану:	72 часа
Лекции	1 семестр - 32 часа;
Практические занятия	1 семестр - 16 часов;
Лабораторные работы	не предусмотрено учебным планом
Консультации	проводится в рамках часов аудиторных занятий
Самостоятельная работа	1 семестр - 23,7 часа;
в том числе на КП/КР	не предусмотрено учебным планом
Иная контактная работа	проводится в рамках часов аудиторных занятий
включая:	
Тестирование	
Промежуточная аттестация:	
Зачет с оценкой	1 семестр - 0,3 часа;

Москва 2021

ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Скворцов В.С.
	Идентификатор	Rc47a0b19-SkvortsovVS-16c8cf74

(подпись)

В.С. Скворцов

(расшифровка подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Яворовский Ю.В.
	Идентификатор	R7e35b260-YavorovskyYV-dabb149

(подпись)

Ю.В.

Яворовский

(расшифровка подписи)

Заведующий выпускающей
кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Яворовский Ю.В.
	Идентификатор	R7e35b260-YavorovskyYV-dabb149

(подпись)

Ю.В.

Яворовский

(расшифровка подписи)

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины: Целью освоения дисциплины является изучение принципов и направлений расчетных и экспериментальных методов инженерных исследований в области теплоэнергетики, задач планирования и подготовки программ инженерных исследований с позиций выбора достижимых по точности и оптимальных по стоимости комплектов исследовательского оборудования, основ работы современных измерительных систем для оценки тепловых, температурных, расходных и термографических характеристик теплоэнергетического оборудования

Задачи дисциплины

- ознакомление с основными методами инженерных исследований, с их планированием, природой ошибок, показателями точности и формами представления результатов;
- овладение техническими решениями при выборе оборудования и порядке проведения исследований в теплоэнергетической отрасли;
- изучение методов исследований с помощью статистического и графического анализов данных с проверкой их значимости;
- ознакомление с новыми направлениями в инженерных исследованиях, включая понятия инфракрасных бесконтактных способов измерений и базовых функций среды графического программирования LabView с понятием виртуальных приборов, создаваемых в среде LabView.

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 эксплуатации теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ	ИД-4 _{ПК-3} Способен применять на практике различные методики и современные программные пакеты для повышения надежности теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none">- основные методы инженерных исследований, их планирование, природу ошибок, показатели точности и формы представления результатов;- методы исследований с помощью статистического и графического анализов данных с проверкой их значимости;;- новые направления в инженерных исследованиях, включая понятия инфракрасных бесконтактных способов измерений и базовых функций среды графического программирования LabView с понятием виртуальных приборов, создаваемых в среде LabView. <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none">- применять на практике различные методики и современные программные пакеты для повышения надежности теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ; применять на практике основные методы инженерных исследований, с их планированием, природой ошибок, показателями точности и формами представления

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
		результатов.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина относится к основной профессиональной образовательной программе Эффективные теплоэнергетические системы предприятий и ЖКХ (далее – ОПОП), направления подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника, уровень образования: высшее образование - магистратура.

Базируется на уровне среднего общего образования.

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 2 зачетных единицы, 72 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	Инженерный эксперимент и его классификация. Формы представления результатов. Планирование эксперимента.	10	1	4	-	2	-	-	-	-	-	4	-	<p><u>Самостоятельное изучение теоретического материала:</u> Изучение дополнительного материала по разделу "Понятие инженерного эксперимента и его классификация. Формы представления результатов. Планирование эксперимента." <u>Изучение материалов литературных источников:</u> [1], стр. 284-325</p>
1.1	Понятие инженерного эксперимента и его классификация. Формы представления результатов. Планирование эксперимента.	4		2	-	-	-	-	-	-	-	2	-	
1.2	Определения и термины в инженерном эксперименте. Виды ошибок. Экспериментальные ошибки и неопределенности. Источники и виды ошибок. Рандомизация эксперимента.	6		2	-	2	-	-	-	-	-	2	-	
2	Статистический и графический анализы	32		16	-	8	-	-	-	-	-	8	-	

	тепловых потоков												
4	Среда графического программирования LabView ее базовые функции для обеспечения сбора данных и управления приборами	13.7	4	-	2	-	-	-	-	-	7.7	-	<u>Подготовка к текущему контролю:</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:
4.1	Среда графического программирования LabView ее базовые функции для обеспечения сбора данных и управления приборами	13.7	4	-	2	-	-	-	-	-	7.7	-	
	Зачет с оценкой	0.3	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	
	Всего за семестр	72.0	32	-	16	-	-	-	-	0.3	23.7	-	
	Итого за семестр	72.0	32	-	16	-	-	-	-	0.3	23.7	-	

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. Инженерный эксперимент и его классификация. Формы представления результатов. Планирование эксперимента.

1.1. Понятие инженерного эксперимента и его классификация. Формы представления результатов. Планирование эксперимента.

Понятие инженерного эксперимента и его классификация. Формы представления результатов. Планирование эксперимента. Показатели точности измерительной системы. Планирование эксперимента с точки зрения анализа ошибок. Нахождение неопределенностей с помощью графиков и диаграмм..

1.2. Определения и термины в инженерном эксперименте. Виды ошибок. Экспериментальные ошибки и неопределенности. Источники и виды ошибок. Рандомизация эксперимента.

Определения и термины в инженерном эксперименте. Виды ошибок. Экспериментальные ошибки и неопределенности. Источники и виды ошибок. Рандомизация эксперимента. Природа случайных ошибок и неопределенностей. Нормальная кривая распределения ошибок (распределение Гаусса). Среднеквадратичное отклонение. Вероятная ошибка. Ошибка и неопределенность эксперимента в целом. Общее уравнение показателя точности эксперимента. Примеры применения..

2. Статистический и графический анализы данных. Проверка значимости эксперимента

2.1. Статистический и графический анализы данных. Проверка значимости эксперимента
Статистический анализ данных. Графический анализ данных. Способ наименьших квадратов. Приемы линеаризации зависимостей. Неопределенность при графическом анализе данных. Высокозначимый эксперимент. Ошибки первого и второго рода. Проверка значимости. Критерий Пирсона. Критерий Стьюдента..

2.2. Основы выбора измерительных систем. Последовательность испытаний и план эксперимента

Основы выбора измерительных систем. Граница раздела (интерфейс). Импенданс и нагрузка. Динамические характеристики. Последовательность испытаний и план эксперимента. Правила определения интервалов. Порядок проведения эксперимента. Рандомизированный план..

2.3. Виды, методы и средства измерений. Метрологические характеристики средств измерений

Виды, методы и средства измерений. Классификация средств по назначению и способу получения данных. Метрологические характеристики средств измерений. Диапазон, чувствительность, вариация..

2.4. Измерение давления и вакуума, расхода жидкостей и газов

Жидкостные приборы давления. Деформационные приборы давления. Электрические датчики давления. Приборы для измерения вакуума. Измерение скорости и расхода жидкости и газа. Трубки Пито, термоанемометры. Расходомеры и счетчики количества. Скоростные объемные расходомеры. Объемный ротационный счетчик. Ультразвуковые измерители расхода жидкостей. Дроссельные расходомеры..

3. Получение термографического изображения объектов теплоэнергетики с помощью тепловизора

3.1. Тепловизоры и их назначение. Принципы получения термографического изображения

ИК-области спектра и свойства ИК-лучей. Коэффициент излучения. Абсолютно черное тело. Принципы выбора значения коэффициента излучения объектов. Охлаждаемые и неохлаждаемые тепловизоры, их достоинства и недостатки, принципы выбора типа тепловизора. Яркостные, цветные и радиационные пирометры..

3.2. Измерение температуры. Контактный и бесконтактный способы. Измерения температуры газовых потоков. Измерение тепловых потоков

Контактный и бесконтактный способы измерений. Контактный и бесконтактный способы измерений. Стоградусная и термодинамическая шкалы измерений температуры. Термометры, основанные на тепловом расширении веществ. Термоэлектрические термометры. Термометры сопротивления. Особенности измерения температуры высокоскоростных газовых потоков. Тепломеры. Метод вспомогательной стенки..

4. Среда графического программирования LabView ее базовые функции для обеспечения сбора данных и управления приборами

4.1. Среда графического программирования LabView ее базовые функции для обеспечения сбора данных и управления приборами

Среда графического программирования LabView и возможности создания приложений для измерений и автоматизации в инженерных исследованиях. Понятие виртуальных приборов, создаваемых в среде LabView. Принципы и последовательность их получения..

3.3. Темы практических занятий

1. Понятие инженерного эксперимента и его классификация. Формы представления результатов. Планирование эксперимента. Показатели точности измерительной системы. Планирование эксперимента с точки зрения анализа ошибок. Нахождение неопределенностей с помощью графиков и диаграмм.;

2. Определения и термины в инженерном эксперименте. Виды ошибок.

Экспериментальные ошибки и неопределенности. Источники и виды ошибок.

Рандомизация эксперимента. Природа случайных ошибок и неопределенностей.

Нормальная кривая распределения ошибок (распределение Гаусса).

Среднеквадратичное отклонение. Вероятная ошибка. Ошибка и неопределенность эксперимента в целом. Общее уравнение показателя точности эксперимента. Примеры применения.;

3. Статистический анализ данных. Графический анализ данных. Способ наименьших квадратов. Приемы линеаризации зависимостей. Неопределенность при графическом анализе данных. Высокозначимый эксперимент. Ошибки первого и второго рода. Проверка значимости. Критерий Пирсона. Критерий Стьюдента.;

4. Основы выбора измерительных систем. Граница раздела (интерфейс). Импенданс и нагрузка. Динамические характеристики. Последовательность испытаний и план эксперимента. Правила определения интервалов. Порядок проведения эксперимента. Рандомизированный план.;

5. Виды, методы и средства измерений. Классификация средств по назначению и способу получения данных. Метрологические характеристики средств измерений. Диапазон, чувствительность, вариация.;

6. Жидкостные приборы давления. Деформационные приборы давления. Электрические

датчики давления. Приборы для измерения вакуума. Измерение скорости и расхода жидкости и газа. Трубки Пито, термоанемометры. Расходомеры и счетчики количества. Скоростные объемные расходомеры. Объемный ротационный счетчик. Ультразвуковые измерители расхода жидкостей. Дроссельные расходомеры.;

7. ИК-области спектра и свойства ИК-лучей. Коэффициент излучения. Абсолютно черное тело. Принципы выбора значения коэффициента излучения объектов.

Охлаждаемые и неохлаждаемые тепловизоры, их достоинства и недостатки, принципы выбора типа тепловизора. Яркостные, цветные и радиационные пирометры.;

8. Контактный и бесконтактный способы измерений. Контактный и бесконтактный способы измерений. Стоградусная и термодинамическая шкалы измерений температуры. Термометры, основанные на тепловом расширении веществ.

Термоэлектрические термометры. Термометры сопротивления. Особенности измерения температуры высокоскоростных газовых потоков. Тепломеры. Метод вспомогательной стенки.;

9. Среда графического программирования LabView и возможности создания приложений для измерений и автоматизации в инженерных исследованиях. Понятие виртуальных приборов, создаваемых в среде LabView. Принципы и последовательность их получения..

3.4. Темы лабораторных работ

не предусмотрено

3.5 Консультации

Аудиторные консультации по курсовому проекту/работе (КПР)

1. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Понятие инженерного эксперимента и его классификация. Формы представления результатов. Планирование эксперимента."
2. Консультации направлены на выполнение разделов курсового проекта под руководством наставника (преподавателя). В рамках часов на групповые консультации разбираются наиболее важные части расчетных заданий раздела "Статистический и графический анализы данных. Проверка значимости эксперимента"

Групповые консультации по разделам дисциплины (ГК)

1. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Понятие инженерного эксперимента и его классификация. Формы представления результатов. Планирование эксперимента."
2. Обсуждение материалов по кейсам раздела "Статистический и графический анализы данных. Проверка значимости эксперимента"

Индивидуальные консультации по курсовому проекту /работе (ИККП)

1. Консультации проводятся по разделу "Понятие инженерного эксперимента и его классификация. Формы представления результатов. Планирование эксперимента."
2. Консультации проводятся по разделу "Статистический и графический анализы данных. Проверка значимости эксперимента"

Текущий контроль (ТК)

1. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Понятие инженерного эксперимента и его классификация. Формы представления результатов. Планирование эксперимента."
2. Консультации направлены на получение индивидуального задания для выполнения контрольных мероприятий по разделу "Статистический и графический анализы данных. Проверка значимости эксперимента"

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:						
новые направления в инженерных исследованиях, включая понятия инфракрасных бесконтактных способов измерений и базовых функциях среды графического программирования LabView с понятием виртуальных приборов, создаваемых в среде LabView	ИД-4ПК-3		+	+	+	Тестирование/«Виртуальные приборы, создаваемые в среде LabView. Принципы и последовательность их получения»
методы исследований с помощью статистического и графического анализов данных с проверкой их значимости;	ИД-4ПК-3	+	+			Тестирование/«Измерение температуры и расхода жидкостей и газов. Нахождение среднеквадратичного отклонения и вероятной ошибки»
основные методы инженерных исследований, их планирование, природу ошибок, показатели точности и формы представления результатов	ИД-4ПК-3		+			Тестирование/«Виды ошибок. Экспериментальные ошибки и неопределенности. Термины и определения» Тестирование/«Измерение температуры и расхода жидкостей и газов. Нахождение среднеквадратичного отклонения и вероятной ошибки»
Уметь:						
применять на практике различные методики и современные программные пакеты для повышения надежности теплоэнергетических систем предприятий и ЖКХ; применять на практике основные методы инженерных исследований, с их планированием, природой ошибок, показателями точности и формами представления результатов	ИД-4ПК-3	+	+			Тестирование/«Выбор значения коэффициента излучения объекта.»

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

4.1. Текущий контроль успеваемости

1 семестр

Форма реализации: Обмен электронными документами

1. «Виды ошибок. Экспериментальные ошибки и неопределенности. Термины и определения» (Тестирование)
2. «Виртуальные приборы, создаваемые в среде LabView. Принципы и последовательность их получения» (Тестирование)
3. «Выбор значения коэффициента излучения объекта.» (Тестирование)
4. «Измерение температуры и расхода жидкостей и газов. Нахождение среднеквадратичного отклонения и вероятной ошибки» (Тестирование)

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

4.2 Промежуточная аттестация по дисциплине

Зачет с оценкой (Семестр №1)

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов НИУ «МЭИ».

В диплом выставляется оценка за 1 семестр.

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

5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

5.1 Печатные и электронные издания:

1. Семенов Б. А.- "Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях", (2-е изд., доп.), Издательство: "Лань", Санкт-Петербург, 2022 - (400 с.)
<https://e.lanbook.com/book/211124>.

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.

5.3 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/>

6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Тип помещения	Номер аудитории, наименование	Оснащение
Учебные аудитории для проведения лекционных занятий и текущего контроля	З-207, Компьютерный класс каф. "ПТС"	стеллаж для хранения книг, стул, шкаф, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный
Учебные аудитории для проведения практических занятий, КР и КП	З-207, Компьютерный класс каф. "ПТС"	стеллаж для хранения книг, стул, шкаф, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный
Учебные аудитории для проведения промежуточной аттестации	З-207, Компьютерный класс каф. "ПТС"	стеллаж для хранения книг, стул, шкаф, шкаф для хранения инвентаря, стол письменный
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-204, Кабинет сотрудников каф. "ПТС"	стеллаж, стол преподавателя, стол для оргтехники, стул, шкаф для документов, шкаф для одежды, компьютер персональный, принтер, холодильник
Помещения для хранения оборудования и учебного инвентаря	В-206, Кабинет сотрудников каф. "ПТС"	стул, шкаф для документов, стол письменный, кондиционер, дипломные и курсовые работы студентов

БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Методы инженерных исследований

(название дисциплины)

1 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

- КМ-1 «Виды ошибок. Экспериментальные ошибки и неопределенности. Термины и определения» (Тестирование)
- КМ-2 «Измерение температуры и расхода жидкостей и газов. Нахождение среднеквадратичного отклонения и вероятной ошибки» (Тестирование)
- КМ-3 «Выбор значения коэффициента излучения объекта.» (Тестирование)
- КМ-4 «Виртуальные приборы, создаваемые в среде LabView. Принципы и последовательность их получения» (Тестирование)

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	16
1	Инженерный эксперимент и его классификация. Формы представления результатов. Планирование эксперимента.					
1.1	Понятие инженерного эксперимента и его классификация. Формы представления результатов. Планирование эксперимента.			+		
1.2	Определения и термины в инженерном эксперименте. Виды ошибок. Экспериментальные ошибки и неопределенности. Источники и виды ошибок. Рандомизация эксперимента.				+	
2	Статистический и графический анализы данных. Проверка значимости эксперимента					
2.1	Статистический и графический анализы данных. Проверка значимости эксперимента			+		
2.2	Основы выбора измерительных систем. Последовательность испытаний и план эксперимента		+	+	+	
2.3	Виды, методы и средства измерений. Метрологические характеристики средств измерений			+		
2.4	Измерение давления и вакуума, расхода жидкостей и газов					+
3	Получение термографического изображения объектов теплоэнергетики с помощью тепловизора					
3.1	Тепловизоры и их назначение. Принципы получения термографического изображения					+
3.2	Измерение температуры. Контактный и бесконтактный способы. Измерения температуры газовых потоков. Измерение тепловых потоков					+
4	Среда графического программирования LabView ее базовые функции для обеспечения сбора данных и					

	управления приборами				
4.1	Среда графического программирования LabView ее базовые функции для обеспечения сбора данных и управления приборами				+
Вес КМ, %:		25	25	25	25