Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Наливайко Антон Юрьевич
Должность: проректор по научной работе
Дата подписания: 01.11.2023 17:35:13
Уникальный программный ключ:
1a3df673e07fcd54440aceed8bb7e29f4817bf0a

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

УТВЕРЖДЕНО
Декан Факультета урбанистики и
городского хозяйства
Марюшин Л.А.
«30» декабря 2020г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Методология теплотехнического эксперимента»

Направление подготовки
13.06.01 Электро- и теплотехника

Профиль подготовки
Промышленная теплоэнергетика

Программа аспирантуры

Форма обучения
Очная

Москва 2020

1. Цели освоения дисциплины

К **основным целям** освоения дисциплины «Методология теплотехнического эксперимента» относятся изучение основ, принципов и направлений расчетных и экспериментальных методов инженерных исследований в области теплоэнергетики, задач планирования и подготовки программ инженерных исследований, основ работы современных измерительных систем для оценки тепловых, температурных, расходных и термографических характеристик теплоэнергетического оборудования.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Методология теплотехнического эксперимента» следует отнести:

– познакомить обучающихся с современными методами инженерных исследований и их классификацией, определениями и терминами в инженерном эксперименте;

– познакомить обучающихся с планированием исследования и анализом ошибок, формами представления результатов, природой случайных ошибок и неопределенностей, с показателями точности измерительной системы;

– познакомить обучающихся с новыми направлениями в инженерных исследованиях, включая понятия бесконтактных способов измерений и базовых функциях среды графического программирования LabView;

– научить анализировать результаты исследований с помощью статистического и графического анализов данных с проверкой их значимости;

– научить принимать и обосновывать технические решения при выборе измерительного исследовательского оборудования;

– научить разрабатывать и обосновывать порядок проведения исследований в теплоэнергетической отрасли.

2. Место дисциплины в структуре ООП аспирантуры

Дисциплина «Методология теплотехнического эксперимента» относится к числу учебных дисциплин Блока 1 вариативной части основной образовательной программы аспирантуры, дисциплины по выбору (Б1.В.ДВ2).

«Методология теплотехнического эксперимента» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами ООП:

В вариативной части (Б1.В):

– Методы теоретического анализа процессов с фазовыми преобразованиями теплоносителя.

В блоке дисциплин по выбору (Б1.В.ДВ):

– Моделирование процессов и аппаратов промышленной теплоэнергетики.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать**	**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	**знать:** • основные методы оценки современных научных достижений **уметь:** • генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях **владеть:** • методами оценки современных научных достижений
ПК-3	способность использовать современную аппаратуру и технику, а также методы научных исследований при выполнении научных работ в области теплоэнергетики и теплотехники	**знать:** • методы научных исследований при выполнении научных работ в области теплоэнергетики и теплотехники **уметь:** • использовать современную аппаратуру и технику, а также методы научных исследований при выполнении научных работ в области теплоэнергетики и теплотехники **владеть:** • методами научных исследований при выполнении научных работ в области теплоэнергетики и теплотехники

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Методология теплотехнического эксперимента» составляет **6** зачетных единиц, т.е. **216** академических часов (из них 16 часов – лекции, 16 часов – семинарские занятия, 184 час – самостоятельная работа аспирантов). Форма контроля - экзамен.

Структура и содержание дисциплины «Методология теплотехнического эксперимента» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

Содержание разделов дисциплины
Второй семестр

Тема 1. Общие положения.

Понятие инженерного эксперимента и его классификация. Формы представления результатов. Планирование эксперимента. Определения и термины в инженерном эксперименте. Виды ошибок. Экспериментальные ошибки и неопределенности. Источники и виды ошибок. Рандомизация экперимента. Природа случайных ошибок и неопределенностей. Нормальная кривая распределения ошибок (распределение Гаусса). Показатели точности измерительной системы. Среднеквадратичное отклонение. Вероятная ошибка. Ошибка и неопределенность эксперимента в целом. Общее уравнение показателя точности эксперимента. Примеры применения. Планирование эксперимента с точки зрения анализа ошибок. Нахождение неопределенностей с помощью графиков и диаграмм.

Тема 2. Статистический и графический анализы данных. Проверка значимости эксперимента.

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

Тема 3. 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.

Тема 4. Виды, методы и средства измерений. Метрологические характеристики средств измерений

Виды, методы и средства измерений. Метрологические характеристики средств измерений. Классификация средств по назначению и принципу действия. Контактный и бесконтактный способы измерений. Стоградусная и термодинамическая шкалы измерений температуры.

Тема 5. Метрологические и термографические основы энергоаудита потребителей тепловой и электрической энергии

Цели метрологического (или инструментального) и термографического обследования. Состав стационарных и переносных измерительных комплексов. Метрологические характеристики. Анализируемые энергетические процессы промышленных предприятий - силовые, тепловые, электротехнические, электрохимические, электрофизические.

Тема 6. Измерение освещенности, электрических параметров трехфазных, однофазных и высоковольтных систем

Приборы для измерения освещенности. Люксметры. Трехфазные и однофазные анализаторы параметров электропотребления для измерения,

регистрации и анализа тока напряжения, частоты, активной мощности, реактивной энергии, гармоник тока и напряжения. Мониторы напряжения сети.

Тема 7. Измерение температуры, влажности, скорости, давления и расхода. Газоанализаторы

Термометры, основанные на тепловом расширении веществ. Термоэлектрические термометры. Термометры сопротивления. Особенности измерения температуры высокоскоростных газовых потоков. Яркостные пирометры. Цветовые и фотоэлектрические пирометры.

Радиационные пирометры. Жидкостные приборы давления. Деформационные приборы давления. Электрические датчики давления. Приборы для измерения вакуума. Скоростные объемные расходомеры. Объемный ротационный счетчик. Ультразвуковые измерители расхода жидкостей. Дроссельные расходомеры. Газоанализаторы химические, физические, хроматографические. ИК-области спектра и свойства ИК-лучей. Коэффициент излучения. Принципы выбора значения коэффициента излучения объектов. Охлаждаемые и неохлаждаемые тепловизоры, их достоинства и недостатки, принципы выбора типа тепловизора.

Тема 8. Среда графического программирования LabView ее базовые функции для обеспечения сбора данных и управления приборами

Среда графического программирования LabView, ее базовые функции для обеспечения сбора данных и управления приборами. Понятие виртуальных приборов, создаваемых в среде LabView. Принципы и последовательность их получения.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Методология теплотехнического эксперимента» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– подготовка к выполнению практических работ в аудиториях вуза и на мощностях предприятий-партнеров;

– подготовка, представление и обсуждение презентаций на занятиях;

– организация и проведение текущего контроля знаний аспирантов в форме бланкового тестирования;

– использование интерактивных форм текущего контроля в форме аудиторного и внеаудиторного интернет-тестирования;

– проведение мастер-классов экспертов и специалистов по методам проведения научного эксперимента, проектирования и моделирования лабораторных и измерительных теплотехнических установок.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы аспирантов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- подготовка и выступление с презентацией и обсуждением на тему «Методология современного теплотехнического научного эксперимента» (индивидуально для каждого обучающегося);
- решение ситуационных задач, анализ принятых технических решений;
- тестирование.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания в форме бланкового и (или) компьютерного тестирования, для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины.

Образцы тестовых заданий, контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля, приведены в приложении 2.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы. В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
ПК-3	способностью использовать современную аппаратуру и технику, а также методы научных исследований при выполнении научных работ в области теплоэнергетики и теплотехники

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

УК-1 - способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях				
Показатель	**Критерии оценивания**			
	Оценка «неудовлетворительно» или отсутствие сформированности компетенции	**Оценка «удовлетворительно» или низкой уровень освоения компетенции**	**Оценка «хорошо» или повышенный уровень освоения компетенции**	**Оценка «отлично» или высокий уровень освоения компетенции**
знать: основные методы оценки современных научных достижений	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: основные методы оценки современных научных достижений	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: основные методы оценки современных научных достижений. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: основные методы оценки современных научных достижений, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: основные методы оценки современных научных достижений, свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях. Умения освоены, но допускаются незначительные	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях. Свободно оперирует

		значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: методами оценки современных научных достижений	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами оценки современных научных достижений	Обучающийся владеет методами методами оценки современных научных достижений в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет методами оценки современных научных достижений, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет методами оценки современных научных достижений, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
ПК-3 - способностью использовать современную аппаратуру и технику, а также методы научных исследований при выполнении научных работ в области теплоэнергетики и теплотехники				
знать: методы научных исследований при выполнении научных работ в области теплоэнергетики и теплотехники	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: методы научных исследований при выполнении научных работ в области теплоэнергетики и теплотехники	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методы научных исследований при выполнении научных работ в области теплоэнергетики и теплотехники. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: методы научных исследований при выполнении научных работ в области теплоэнергетики и теплотехники, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методы научных исследований при выполнении научных работ в области теплоэнергетики и теплотехники, свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: использовать современную аппаратуру и технику, а также методы научных исследований при выполнении научных работ в	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет использовать современную аппаратуру и	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: использовать современную аппаратуру и технику, а также методы научных исследований при выполнении научных работ в области	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: использовать современную аппаратуру и технику, а также методы	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: использовать современную аппаратуру и технику, а также методы научных

области теплоэнергетики и теплотехники	технику, а также методы научных исследований при выполнении научных работ в области теплоэнергетики и теплотехники	теплоэнергетики и теплотехники. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	научных исследований при выполнении научных работ в области теплоэнергетики и теплотехники. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	исследований при выполнении научных работ в области теплоэнергетики и теплотехники. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: методами научных исследований при выполнении научных работ в области теплоэнергетики и теплотехники	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами научных исследований при выполнении научных работ в области теплоэнергетики и теплотехники	Обучающийся владеет методами научных исследований при выполнении научных работ в области теплоэнергетики и теплотехники в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет методами научных исследований при выполнении научных работ в области теплоэнергетики и теплотехники, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет методами научных исследований при выполнении научных работ в области теплоэнергетики и теплотехники, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только аспиранты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Источники энергии и генерация теплоты в энергоустановках» (прошли промежуточный контроль, выполнили весь объем работ, выступили с докладом на семинарском занятии)

Шкала оценивания	Описание
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Аспирант демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Аспирант показывает достаточный уровень теоретических и практических знаний, свободно оперирует категориальным аппаратом. Умеет анализировать практические ситуации, но допускает некоторые погрешности. Ответ построен логично, материал излагается грамотно.
Удовлетворительно	Аспирант показывает знание основного учебного материала. В ответе не всегда присутствует логика изложения. Аспирант испытывает затруднения при приведении практических примеров.
Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Аспирант демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, аспирант испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в приложениях к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература:

1. Основы метрологии: учебник / В. В. Окрепилов, Ю. А. Антохина, А. А. Оводенко [и др.]; под редакцией В. В. Окрепилова, Ю. А. Антохиной. — Санкт-Петербург: ГУАП, 2020. — 479 с. — ISBN 978-5-8088-1551-3. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/216497.

2. Моисеев Б.В. Промышленная теплоэнергетика [Электронный ресурс]: учеб. / Б.В. Моисеев, Ю.Д. Земенков, С.Ю. Торопов. — Электрон. дан. — Тюмень: ТюмГНГУ, 2014. — 236 с.

3. Теплоэнергетика и теплотехника: Справочная серия: В 4 кн. Кн. 4. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: справочник [Электронный

ресурс]: справ. — Электрон. дан. — Москва: Издательский дом МЭИ, 2007. — 632 с.

4. Вербицкий В.И. Оптимизация процессов с помощью эксперимента [Электронный ресурс]: учеб.-метод. пособие / В.И. Вербицкий, А.Ю. Коротченко. — Электрон. дан. — Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. — 20 с.

5. Полякова Н.С. Математическое моделирование и планирование эксперимента [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Н.С. Полякова, Г.С. Дерябина, Х.Р. Федорчук. — Электрон. дан. — Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. — 33 с.

6. Адлер Ю.П. Введение в планирование экспериментов [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва : МИСИС, 2014. — 36 с.

б) дополнительная литература:

1. Асхаков, С.И. Основы научных исследований: учебное пособие / С. И. Асхаков. — Карачаевск: КЧГУ, 2020. — 348 с. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/161998.

2. Семенов Б.А. Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2013. — 384 с.

3. Гришенцев А.Ю. Теория и практика технического и технологического эксперимента [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2010. — 102 с.

4. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7 [Электронный ресурс]: учеб. пособие / П.А. Бутырин [и др.]. — Электрон. дан. — Москва: ДМК Пресс, 2009. — 265 с.

5. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическими процессами, экспериментом, оборудованием [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Москва: Горячая линия-Телеком, 2013. — 606 с.

6. Шкуратник В.Л. Измерения в физическом эксперименте [Электронный ресурс]: учеб. — Электрон. дан. — Москва: Горная книга, 2006. — 335 с.

7. Техника физического эксперимента в системах с пониженной размерностью. Часть 2. Лабораторный практикум [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.В. Баранов [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2011. — 40 с.

8. Техника физического эксперимента в системах с пониженной размерностью. Часть 3. Лабораторный практикум [Электронный ресурс]: учеб. пособие / Г.Н. Виноградова [и др.]. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: НИУ ИТМО, 2011. — 41 с.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программное обеспечение не предусмотрено.

Варианты контрольных заданий по дисциплине представлены на сайтах: http://i-exam.ru.

Полезные учебно-методические и информационные материалы представлены на сайтах:

https://e.lanbook.com/journal/2560
https://e.lanbook.com/journal/2416
Электронная библиотека – https://online.mospolytech.ru/course/view.php?d=7621
ЭБС «Университетская библиотека онлайн» – https://biblioclub.ru
ЭБС «Лань» – https://e.lanbook.com
ЭБС «Znanium.com» – https://new.znanium.com
Образовательная платформа Юрайт – https://urait.ru
Национальная электронная библиотека – https://rusneb.ru
На компьютерах (кафедры, компьютерные классы) – по прямой ссылке http://172.16.3.18:8080/docs/ справочная система «Техэксперт» (АО «Кодекс»)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Специализированная учебная лаборатория кафедры «Промышленная теплоэнергетика» Ауд. АВ2406, оснащенная лабораторными установками:

- «Определение коэффициента температуропроводности стали методом регулярного режима»;
- «Определение коэффициента теплопередачи при вынужденном течении жидкости в трубе (труба в трубе)»;
- «Определение коэффициента теплопередачи методом регулярного режима»;
- «Определение коэффициента теплоотдачи при пузырьковом кипении жидкости на цилиндре»;
- «Определение коэффициента теплопроводности твердых тел методом цилиндрического слоя».

Мультимедийная аудитория кафедры «Промышленная теплоэнергетика» Ауд. АВ2415, оснащенная оргтехникой и мультимедиа средствами (проектор, ПК и др.), а также аудитории корпуса УРБАН.ТЕХНОГРАД Инновационно-образовательного комплексе «Техноград», который расположен на территории ВДНХ.

9. Методические рекомендации для преподавателя

Преподавание дисциплины «Методология теплотехнического эксперимента» имеет своей целью ознакомить аспирантов с достижениями в области осуществления лабораторного теплотехнического эксперимента, проектирования и эксплуатации лабораторных установок, добиться уяснения ими эффективных методов моделирования, расчета экспериментального оборудования и измерительных установок, порядка их применения, привить им практические навыки использования этих знаний.

Преподавание дисциплины осуществляется в соответствии с ФГОС ВО.

Целью методических рекомендаций является повышение эффективности теоретических и практических занятий вследствие более четкой их организации преподавателем, создания целевых установок по каждой теме, систематизации

материала по курсу, взаимосвязи тем курса, полного материального и методического обеспечения образовательного процесса.

Средства обеспечения освоения дисциплины

При изучении дисциплины рекомендуется использовать следующие средства:

− рекомендуемую основную и дополнительную литературу;

− методические указания и пособия;

− контрольные задания для закрепления теоретического материала;

− электронные версии федеральных законов, учебников и методических указаний для выполнения практических работ и самостоятельной работы аспирантов.

Методические рекомендации по организации изучения дисциплины

Для максимального усвоения дисциплины рекомендуется изложение лекционного материала с элементами обсуждения.

В качестве методики проведения практических занятий можно предложить:

1. Семинар – обсуждение существующих точек зрения на проблему и пути ее решения.

2. Тематические доклады, позволяющие вырабатывать навыки публичных выступлений.

Для максимального усвоения дисциплины рекомендуется проведение письменного опроса (тестирование) аспирантов по материалам дисциплины. Подборка вопросов для тестирования осуществляется на основе изученного теоретического материала.

Для освоения навыков поисковой и исследовательской деятельности аспирант пишет контрольную работу или реферат по выбранной (свободной) теме.

Лекции проводятся в основном посредством метода устного изложения с элементами проблемного подхода и беседы.

Семинарские занятия могут иметь разные формы (работа с исследовательской литературой, анализ данных нормативной и справочной литературы, слушание докладов и др.), выбираемые преподавателем в зависимости от интересов аспирантов и конкретной темы.

Самостоятельная работа аспирантов включает в себя элементы реферирования и конспектирования научно-исследовательской литературы, подготовки и написания научных текстов, отработку навыков устных публичных выступлений.

Проверка качества усвоения знаний в течение семестра осуществляется в устной форме, путем обсуждения проблем, выводимых на семинарах и письменной, путем выполнения аспирантами разных по форме и содержанию работ и заданий, связанных с практическим освоением содержания дисциплины. Аспиранты демонстрируют в ходе проверки умение анализировать значимость и выявлять специфику различных проблем и тем в рамках изучаемой дисциплины и ее компонентов, знание научной и учебно-методической литературы. Текущая проверка знаний и умений аспирантов также осуществляется через проведение

ряда промежуточных тестирований. Итоговая аттестация по дисциплине предполагает экзамен, на которых проверяется усвоение материала, усвоение базовых понятий дисциплины.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.06.01 «Электро- и теплотехника» и профилю «Промышленная теплоэнергетика».

Автор

Доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика»
д.т.н., профессор С.Д. Корнеев

Программа обсуждена на заседании кафедры «Промышленная теплоэнергетика».

Протокол от 31.08.2020 г. № 1.

Заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика»

к.т.н., доцент Л.А. Марюшин

Руководитель ООП С.Д. Корнеев

Приложение 1

Структура и содержание дисциплины «Методология теплотехнического эксперимента» по направлению подготовки 13.06.01 «Электро- и теплотехника»

	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реферат	К/р	Э	З
	Второй семестр	2													
Тема 1-2	**Понятие инженерного эксперимента и его классификация. Формы представления результатов. Планирование эксперимента. Определения и термины в инженерном эксперименте. Виды ошибок. Экспериментальные ошибки и неопределенности. Источники и виды ошибок. Рандомизация экперимента. Природа случайных ошибок и неопределенностей. Нормальная кривая распределения ошибок (распределение Гаусса). Показатели точности измерительной системы. Среднеквадратичное отклонение. Вероятная ошибка. Ошибка и неопределенность эксперимента в целом. Общее уравнение показателя точности эксперимента. Примеры применения. Планирование эксперимента с точки зрения анализа ошибок. Нахождение неопределенностей с помощью графиков и диаграмм.** **Статистический анализ данных. Высокозначимый эксперимент. Ошибки первого и второго рода. Проверка значимости. Критерий Пирсона. Проверка значимости. Критерий Стьюдента. Графический анализ данных. Метод наименьших квадратов. Графический анализ данных. Приемы линеаризации зависимостей. Графический анализ данных. Неопределенность при графическом анализе данных.**	**2**	**1**	**4**			30	+								
	Построение температурной шкалы в диапазоне температур выше точки затвердевания серебра.	2	1		4		16	+			+				
Тема 3-4	**Основы выбора измерительных систем. Граница раздела (интерфейс). Импеданс и нагрузка. Динамические характеристики. Последовательность испытаний и план эксперимента. Правила определения интервалов. Порядок проведения эксперимента. Рандомизированный план.** **Виды, методы и средства измерений. Метрологические характеристики средств измерений. Классификация средств по назначению и принципу действия. Контактный и бесконтактный способы измерений. Стоградусная и**	**2**	**2**	**4**			30	+								

	термодинамическая шкалы измерений температуры.														
	Определение плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции. Определение погрешности тепловычислителя при расчете теплоты потока.	2	2		4		16	+			+				
Тема 5-6	**Цели метрологического (или инструментального) и термографического обследования. Состав стационарных и переносных измерительных комплексов. Метрологические характеристики. Анализируемые энергетические процессы промышленных предприятий - силовые, тепловые, электротехнические, электрохимические, электрофизические.** **Приборы для измерения освещенности. Люксметры. Трехфазные и однофазные анализаторы параметров электропотребления для измерения, регистрации и анализа тока напряжения, частоты, активной мощности, реактивной энергии, гармоник тока и напряжения. Мониторы напряжения сети.**	**2**	**3**	**4**			30	+							
	Реализуемые в теплосчетчиках алгоритмы расчета теплоты. Определение расхода тепла в калориметрических расходомерах при нагревании или охлаждении потока внешним источником тепла.	2	3		4		16	+			+				
Тема 7-8	**Термометры, основанные на тепловом расширении веществ. Термоэлектрические термометры. Термометры сопротивления. Особенности измерения температуры высокоскоростных газовых потоков. Яркостные пирометры. Цветовые и фотоэлектрические пирометры. Радиационные пирометры. Жидкостные приборы давления. Деформационные приборы давления. Электрические датчики давления. Приборы для измерения вакуума. Скоростные объемные расходомеры. Объемный ротационный счетчик. Ультразвуковые измерители расхода жидкостей. Дроссельные расходомеры. Газоанализаторы химические, физические, хроматографические. ИК-области спектра и свойства ИК-лучей. Коэффициент излучения. Принципы выбора значения коэффициента излучения объектов. Охлаждаемые и неохлаждаемые тепловизоры, их достоинства и недостатки, принципы выбора типа тепловизора.** **Среда графического программирования LabView, ее базовые функции для обеспечения сбора данных и управления приборами. Понятие виртуальных приборов, создаваемых в среде LabView. Принципы и последовательность их получения.**	**2**	**4**	**4**			30	+							
	Расчет разности температур газа или жидкости в калориметрических и термоконвективных расходомерах. Расчет теплового потока при измерении температуры среды пирометром.	2	4		4		16	+			+				
	Форма аттестации	2												Э	
	Всего часов по дисциплине в пятом семестре			16	16	0	184	+			+				

Приложение 2

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: 13.06.01 Электро- и теплотехника
ОП (профиль): «Промышленная теплоэнергетика»
Форма обучения: очная

Кафедра: «Промышленная теплоэнергетика»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Методология теплотехнического эксперимента»

Москва
2020

Таблица 1
к приложению 2

Паспорт фонда оценочных средств

Методология теплотехнического эксперимента					
ФГОС ВО **13.06.01 Электро- и теплотехника**					
КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования**	**Форма оценочного**	**Степени уровней освоения компетенций**
ИНДЕКС	**ФОРМУЛИРОВКА**				
УК-1	способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях	**знать:** основные методы оценки современных научных достижений **уметь:** генерировать новые идеи при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях **владеть:** методами оценки современных научных достижений	Лекция, решение ситуационных задач, СРС	Экзамен, тестирование, решение ситуационных задач	Базовый уровень: способен к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях. Повышенный уровень: способен к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях в нестандартных ситуациях с их последующим анализом

ПК-3	способностью использовать современную аппаратуру и технику, а также методы научных исследований при выполнении научных работ в области теплоэнергетики и теплотехники	**знать:** методы научных исследований при выполнении научных работ в области теплоэнергетики и теплотехники **уметь:** использовать современную аппаратуру и технику, а также методы научных исследований при выполнении научных работ в области теплоэнергетики и теплотехники **владеть:** методами научных исследований при выполнении научных работ в области теплоэнергетики и теплотехники	Лекция, семинарские занятия, решение ситуационных задач, СРС	Экзамен, тестирование, решение ситуационных задач	Базовый уровень: способен использовать современную аппаратуру и технику, а также методы научных исследований при выполнении научных работ в области теплоэнергетики и теплотехники в стандартных ситуациях. Повышенный уровень: способен использовать современную аппаратуру и технику, а также методы научных исследований при выполнении научных работ в области теплоэнергетики и теплотехники в нестандартных ситуациях с их последующим анализом

Приложение 3

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы в рамках учебной дисциплины

Перечень практических работ по дисциплине

1. Построение температурной шкалы в диапазоне температур выше точки затвердевания серебра.
2. Определение плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции.
3. Определение погрешности тепловычислителя при расчете теплоты потока.
4. Реализуемые в теплосчетчиках алгоритмы расчета теплоты.
5. Определение расхода тепла в калориметрических расходомерах при нагревании или охлаждении потока внешним источником тепла.
6. Расчет разности температур газа или жидкости в калориметрических и термоконвективных расходомерах.
7. Расчет теплового потока при измерении температуры среды пирометром.

Приложение 4

Вопросы для самоконтроля

1. Каковы основные источники и виды ошибок в инженерном эксперименте?
2. Какова связь систематической и случайной ошибок?
3. В чем заключается различие ошибок первого и второго рода?
4. Каким образом определяется вероятность случайного события?
5. Каким образом определяется доверительный интервал и доверительная вероятность?
6. Что такое проверка значимости?
7. Какие основные метрологические характеристики имеют средства измерений?
8. Каковы основные цели метрологического и термографического обследования?
9. Каковы основные способы измерения давления?
10. Каковы основные способы измерения температуры?
11. Каковы особенности измерения температуры высокоскоростных газовых потоков?
12. Что такое коэффициент излучения?
13. Каково назначение среды графического программирования LabView?
14. Показатели точности измерительной системы. Среднеквадратичное отклонение.
15. Проверка значимости. Критерий Стьюдента.

16. Последовательность испытаний и план эксперимента. Правила определения интервалов. Порядок проведения эксперимента.

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

18. Согласование точности измерений со свойствами измеряемого объекта.

19. Проверка данных и исключение резко отклоняющихся значений.

20. Графический анализ данных. Классический метод наименьших квадратов.

21. Состав стационарных и переносных измерительных комплексов. Метрологические характеристики.

22. Приборы для измерения освещенности. Люксметры. Принцип действия и основные характеристики.

23. Приборы для измерения температуры. Термометры сопротивления. Принцип действия и основные характеристики.

24. Приборы для измерения давления. Манометры. Принцип действия и основные характеристики.

25. Приборы для измерения давления. Скоростные объемные расходомеры. Принцип действия и основные характеристики.

26. Охлаждаемые и неохлаждаемые тепловизоры, их достоинства и недостатки, принципы выбора типа тепловизора.

27. Основы выбора измерительных систем.

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

Приложение 5

Вопросы к экзамену

1. Понятие инженерного эксперимента и его классификация.

2. Формы представления результатов.

3. Планирование эксперимента.

4. Определения и термины в инженерном эксперименте.

5. Виды ошибок. Экспериментальные ошибки и неопределенности. Источники и виды ошибок.

6. Рандомизация экперимента.

7. Природа случайных ошибок и неопределенностей.

8. Нормальная кривая распределения ошибок (распределение Гаусса).

9. Показатели точности измерительной системы.

10. Среднеквадратичное отклонение.

11. Вероятная ошибка.

12. Ошибка и неопределенность эксперимента в целом.

13. Общее уравнение показателя точности эксперимента. Примеры применения.

14. Планирование эксперимента с точки зрения анализа ошибок.

15. Статистический анализ данных.

16. Высокозначимый эксперимент.

17. Ошибки первого и второго рода. Проверка значимости.

18. Критерий Пирсона. Проверка значимости.

19. Критерий Стьюдента. Графический анализ данных.

20. Метод наименьших квадратов. Графический анализ данных.

21. Приемы линеаризации зависимостей. Графический анализ данных. Неопределенность при графическом анализе данных.

22. Основы выбора измерительных систем.

23. Граница раздела (интерфейс).

24. Импенданс и нагрузка.

25. Динамические характеристики.

26. Последовательность испытаний и план эксперимента.

27. Правила определения интервалов.

28. Порядок проведения эксперимента. Рандомизированный план.

29. Виды, методы и средства измерений.

30. Метрологические характеристики средств измерений.

31. Классификация средств по назначению и принципу действия.

32. Контактный и бесконтактный способы измерений.

33. Стоградусная и термодинамическая шкалы измерений температуры.

34. Цели метрологического (или инструментального) и термографического обследования.

35. Состав стационарных и переносных измерительных комплексов.

36. Метрологические характеристики.

37. Анализируемые энергетические процессы промышленных предприятий - силовые, тепловые, электротехнические, электрохимические, электрофизические.

38. Приборы для измерения освещенности. Люксметры.

39. Трехфазные и однофазные анализаторы параметров электропотребления для измерения, регистрации и анализа тока напряжения, частоты, активной мощности, реактивной энергии, гармоник тока и напряжения.

40. Мониторы напряжения сети.

41. Термометры, основанные на тепловом расширении веществ.

42. Термоэлектрические термометры.

43. Термометры сопротивления.

44. Особенности измерения температуры высокоскоростных газовых потоков.

45. Яркостные пирометры.

46. Цветовые и фотоэлектрические пирометры.

47. Радиационные пирометры.

48. Жидкостные приборы давления.

49. Деформационные приборы давления.

50. Электрические датчики давления.

51. Приборы для измерения вакуума.

52. Скоростные объемные расходомеры. Объемный ротационный счетчик. Ультразвуковые измерители расхода жидкостей. Дроссельные расходомеры.

53. Газоанализаторы химические, физические, хроматографические.

54. ИК-области спектра и свойства ИК-лучей. Коэффициент излучения. Принципы выбора значения коэффициента излучения объектов.

55. Охлаждаемые и неохлаждаемые тепловизоры, их достоинства и недостатки, принципы выбора типа тепловизора.

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

57. Понятие виртуальных приборов, создаваемых в среде LabView. Принципы и последовательность их получения.

Приложение 6

Примеры задач для семинарских занятий

Задача 1. Определить термическое сопротивление теплопроводности R_t и толщину δ плоской однослойной стенки, если при разности температур ее поверхностей

$\Delta T = T_{w2} - T_{w1} = 75\ ^0C$

через нее проходит стационарный тепловой поток плотностью $q = 3$ кВт/м^2. Коэффициент теплопроводности стенки $\lambda = 2$ Вт/(м·К).

Задача 2. Плоская стенка толщиной δ=50 мм с коэффициентом теплопроводности λ=2 Вт/(м·К) пропускает стационарный тепловой поток, имеющий поверхностную плотность $q = 3$ кВт/м^2. Температура тепловоспринимающей поверхности стенки T_{w1}=100 ^{0}C. Определить термическое сопротивление теплопроводности стенки R_t и температуру теплоотдающей поверхности T_{w2}.

Задача 3. Плоская стенка состоит из трёх слоев толщиной δ_1=100 мм, δ_2=80 мм и δ_3=50 мм, коэффициенты теплопроводности слоев соответственно равны λ_1=2 Вт/(м·К), $\lambda_2 = 8$ Вт/(м·К) и $\lambda_3 = 10$ Вт/(м·К). Второй слой имеет температуры поверхностей $T_{1\text{-}2} = 120\ ^0$C и $T_{2\text{-}3} = 45\ ^0$C. Определить температуры наружных поверхностей T_{w1} и T_{w2}.

Задача 4. Плоская однослойная стенка толщиной $\delta = 80$ мм с коэффициентом теплопроводности $\lambda = 8$ Вт/(м·К) в процессе теплопередачи имеет температуры $T_{w1} = 120\ ^0$C и $T_{w2} = 45\ ^0$C. Определить термические сопротивления, коэффициент теплопередачи и температуры горячей и холодной среды, омывающей поверхности стенки, если коэффициенты теплоотдачи составляют $\alpha_1 = 20$ Вт/(м^2·К) и $\alpha_2 = 200$ Вт/(м^2·К) соответственно.

Задача 5. Вычислить потерю теплоты с 1 м неизолированного трубопровода диаметром d_1/d_2 =150/165 мм, проложенного на открытом воздухе, если внутри трубы протекает вода со средней температурой $T_{f1} = 100\ ^0$C, а температура окружающего воздуха $T_{f2} = -5\ ^0$C. Коэффициент теплопроводности материала трубы $\lambda = 50$ Вт /(м·К). Коэффициент теплоотдачи от воды к стенке трубы α_1 = 1000 Вт/(м^2·К) и от трубы к окружающему воздуху $\alpha_2 = 12$ Вт /(м^2·К). Определить также температуры на внутренней и внешней поверхностях трубы.