



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИЭиАС  
В.Р. Храмшин  
26.01.2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В  
ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ**

Направление подготовки (специальность)  
13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Направленность (профиль/специализация) программы  
Цифровой инжиниринг объектов промышленной теплоэнергетики и энергетики  
теплотехнологий

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Теплотехнических и энергетических систем
Курс	2
Семестр	3

Магнитогорск  
2022 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника (приказ Минобрнауки России от 28.02.2018 г. № 146)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
Теплотехнических и энергетических систем  
18.01.2022, протокол № 4

Зав. кафедрой  Е.Г. Нешпоренко

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС  
26.01.2022 г. протокол № 5

Председатель  В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:  
зав. кафедрой ТиЭС, канд. техн. наук

 Е.Г. Нешпоренко

Рецензент:  
зам. начальника ЦЭСТ ПАО "ММК",  
канд. техн. наук

 В.Н. Михайловский

## Лист актуализации рабочей программы

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Теплотехнических и энергетических систем

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Е.Г. Нешпоренко

### **1 Цели освоения дисциплины (модуля)**

Целью освоения дисциплины (модуля) являются формирование у студентов знаний и умений в определении потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, подготовке обоснований технического перевооружения, развития энергохозяйства, реконструкции и модернизации предприятий для теории и практики научного и инновационного творчества, применяемых в теплоэнергетике, а так же для научно-исследовательской и педагогической деятельности, освоение студентами методов экспериментальных исследований, государственной энергосберегающей политики, масштабов возможной экономии топлива в теплотехнологических установках на базе энергосберегающих тепловых схем, методов проведения экспериментов и выбора оборудования, основных направлений совершенствования действующих и создания новых технологических процессов на основе энергосберегающих технологий, энергосберегающих тепловых схем, энергосберегающего оборудования, метода предельного энергосбережения.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Методы экспериментальных исследований в теплоэнергетике входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Физические основы генерации электроэнергии и теплоты

Энергообеспечение промышленных теплотехнологических комплексов

Методология интенсивного энергосбережения

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

Расчеты параметров и схем тепловых электростанций

Математическое моделирование объектов и систем теплоэнергетики

Низкотемпературные энергетические установки

Высокоэффективные энергетические установки

### **3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения**

В результате освоения дисциплины (модуля) «Методы экспериментальных исследований в теплоэнергетике» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-6	Способен к анализу вариантов экономии энергии за счет теплоты уходящих газов от термического оборудования с учетом составления температурных графиков технологических операций термической обработки
ПК-6.1	Разрабатывает и анализирует варианты экономии тепла за счет тепла уходящих газов от термического оборудования, за счет замены футеровочных и теплоизоляционных материалов на современные высокоэффективные материалы

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 33,65 акад. часов;
- аудиторная – 33 акад. часов;
- внеаудиторная – 0,65 акад. часов;
- самостоятельная работа – 74,35 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1.								
1.1 Введение. Теплотехнические измерения. Общие сведения об измерениях и погрешностях. Измерение температуры. Измерение давления. Измерение уровня. Измерение расхода. Измерение расхода теплоты. Измерение состава газов и концентрации	3	3	3/ЗИ	3	16	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций.	ПК-6.1
1.2 Методы экспериментального изучения процессов тепло- и массообмена. Классификация методов экспериментального исследования. Методы экспериментального исследования полей температуры, давления, плотности и концентраций.		2	2	2/ЗИ	16	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций.	ПК-6.1
1.3 Методы экспериментального исследования теплообмена. Методы экспериментального исследования. Методы экспериментального определения характеристик массообмена.		2	2	2/ЗИ	16	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций.	ПК-6.1

1.4 Экспериментальные методы определения теплофизических свойств веществ. Метод определения термических свойств веществ. Метод определения калорических свойств	2	2	2/2И	12	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций.	ПК-6.1
1.5 Метод определения теплопроводности и вязкости веществ. Современные динамические методы определения теплофизических свойств веществ.	2	2/1И	2/2И	14,35	Самостоятельное изучение литературы. Изучение соответствующих вопросов из прил. 1.	Конспект лекций.	ПК-6.1
Итого по разделу	11	11/4И	11/8И	74,35			
Итого за семестр	11	11/4И	11/8И	74,35		зачёт	
Итого по дисциплине	11	11/4И	11/8И	74,35		зачет	

## **5 Образовательные технологии**

Для решения предусмотренных видов учебной работы при изучении дисциплины «Методы экспериментальных исследований в теплоэнергетике» в качестве образовательных технологий используются как традиционные, так и модульно-компетентностные технологии. Передача необходимых теоретических знаний и формирование представлений по курсу происходит с применением мультимедийного оборудования. Лекционный материал закрепляется на лабораторных работах, где применяется совместная деятельность студентов в группе, направленная на решение общей задачи путём сложения результатов индивидуальной работы членов группы. Для развития и совершенствования коммуникативных способностей студентов организуются практические занятия в виде дискуссий, анализа реальных проблемных ситуаций и междисциплинарных связей из различных областей в контексте решаемой задачи. Самостоятельная работа стимулирует студентов к самостоятельной проработке тем в процессе написания рефератов, подготовки к дискуссиям, и тестированию.

### **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

### **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

### **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

#### **а) Основная литература:**

1. Семенов, Б. А. Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях : учебное пособие / Б. А. Семенов. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 400 с. — ISBN 978-5-8114-1392-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/5107> (дата обращения: 19.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Балла, О. М. Экспериментальные методы исследования в технологии машиностроения : учебное пособие / О. М. Балла. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 168 с. — ISBN 978-5-8114-3587-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/118624> (дата обращения: 19.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### **б) Дополнительная литература:**

1. Архипов, В. А. Физико-химические основы процессов тепломассообмена: Учебное пособие / Архипов В.А. - Томск:Изд-во Томского политех. университета, 2015. - 199 с.: ISBN 978-5-4387-0539-0. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/673007> (дата обращения: 19.10.2020). – Режим доступа: по подписке.

2. Макаров, А. Н. Теплообмен в электродуговых и факельных металлургических печах и энергетических установках : учебное пособие / А. Н. Макаров. — Санкт-Петербург : Лань, 2014. — 384 с. — ISBN 978-5-8114-1653-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/50681> (дата обращения: 19.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Лукьянов, С. И. Основы инженерного эксперимента: Учебное пособие / Лукьянов С.И., Панов А.Н., Васильев А.Е. - Москва :ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2019. - 99 с.: - (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-369-01301-4. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1020699> (дата обращения: 30.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

4. Чикуров, Н. Г. Моделирование систем и процессов: Учебное пособие / Н.Г.

Чикуров. - М.: ИЦ РИОР: НИЦ Инфра-М, 2019. - 398 с.:- (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-369-01167-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1010810> (дата обращения: 30.09.2020). – Режим доступа: по подписке.

**в) Методические указания:**

1. Степанов, П. Е. Планирование эксперимента : учебно-методическое пособие / П. Е. Степанов. — Москва : МИСИС, 2017. — 22 с.— Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/108113> (дата обращения: 19.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Рябчиков, М. Ю. Планирование эксперимента и обработка результатов измерений : практикум / М. Ю. Рябчиков, Е. С. Рябчикова ; МГТУ. - Магнитогорск, 2013. - 141 с. : ил., гистогр., граф., схемы, табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=619.pdf&show=dcatalogues/1/1107849/619.pdf&view=true> (дата обращения: 14.05.2020). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-0379-1. - Имеется печатный аналог.

**г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

**Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
MathCAD v.15 Education University Edition	Д-1662-13 от 22.11.2013	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое	бессрочно
Linux Calculate	свободно распространяемое	бессрочно
Calculate Linux Desktop Xfce	свободно распространяемое ПО	бессрочно

**Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>

**9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:



Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации. Учебные аудитории для проведения практических, лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. Доска, мультимедийный проектор, экран. Учебные аудитории для выполнения курсового проектирования, помещения для самостоятельной работы обучающихся. Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

## Приложение 1

Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины.

1. Введение. Теплотехнические измерения. Общие сведения об измерениях и погрешностях.

2. Измерение температуры.

3. Измерение давления.

4. Измерение уровня.

5. Измерение расхода.

6. Измерение расхода теплоты.

7. Измерение состава газов и концентрации растворов.

8. Методы экспериментального изучения процессов тепло- и массообмена. Классификация методов экспериментального исследования.

9. Методы экспериментального исследования полей температуры, давления, плотности и концентраций.

10. Методы экспериментального исследования теплообмена.

11. Методы экспериментального определения характеристик массообмена.

12. Экспериментальные методы определения теплофизических свойств веществ.

Метод определения термических свойств веществ.

13. Метод определения калорических свойств веществ.

14. Метод определения теплопроводности и вязкости веществ.

15. Современные динамические методы определения теплофизических свойств веществ.

Тематика лабораторных работ дисциплины:

1. Изучение метода измерения температуры.

2. Изучение метода измерения давления.

3. Изучение метода измерения расхода теплоты.

4. Изучение метода измерения состава газов.

5. Изучение метода комплексных измерений.

## Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
ПК-6	Способен к анализу вариантов экономии энергии за счет теплоты уходящих газов от термического оборудования с учетом составления температурных графиков технологических операций термической обработки	
ПК-6.1	Разрабатывает и анализирует варианты экономии тепла за счет тепла уходящих газов от термического оборудования, за счет замены футеровочных и теплоизоляционных материалов на современные высокоэффективные материалы	<p>Вопросы и задачи:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Перечислите основные этапы эксперимента.</li> <li>2. Дайте понятие фактора и отклика.</li> <li>3. В каком случае эксперимент является воспроизводимым?</li> <li>4. Чем характеризуется активный эксперимент? Каковы его достоинства и недостатки?</li> <li>5. Перечислите основные задачи планирования активного эксперимента.</li> <li>6. Чем характеризуется пассивный эксперимент?</li> </ol> <p>Предложить объект приложения результатов вычислений для формирования плана эксперимента:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Жидкость движется по трубопроводу, состоящему из двух участков труб разного диаметра. На первом участке трубы диаметром 100 мм, скорость течения 50 см/с, на втором участке скорость течения 20 см/с. Каков диаметр трубы на втором участке?</li> <li>2. Из открытого резервуара через круглое отверстие диаметром <math>d = 4,5</math> см в его стенке требуется пропустить расход воды <math>V = 6</math> л/с. Определить: а) какой напор <math>H</math> обеспечит заданный расход; б) как изменится расход, если к отверстию присоединить внешний цилиндрический насадок диаметром <math>d = 4,5</math> см при вычисленном напоре <math>H</math>.</li> <li>3. Как изменится расход, если к отверстию диаметром 5 см присоединить внешний цилиндрический насадок того же диаметра? Напор над центром отверстия 1,2 м. Каким должен быть напор, чтобы расход, проходящий через насадок остался таким же, что и через отверстие?</li> <li>4. Призматическая прямоугольная емкость, заполненная водой, имеет в месте соединения боковой стенки с дном криволинейную цилиндрическую вставку радиусом 1 м, и шириной <math>b = 1,2</math> м. Определить силу избыточного гидростатического давления, действующего на криволинейную цилиндрическую поверхность вставки, если нижняя точка криволинейной поверхности находится на глубине <math>h = 2,5</math> м.</li> <li>5. Определить расход воды <math>V</math>, протекающей по горизонтальному трубопроводу, при следующих исходных данных: напор <math>H = 4</math> м, длина трубопровода <math>l = 52</math> м, диаметр трубопровода <math>d = 100</math> мм, абсолютная шероховатость стенок трубопровода <math>\Delta = 1</math> мм, температура воды <math>t = 20</math> °С. Угол открытия пробкового крана 20°. Построить напорную и пьезометрическую линии.</li> </ol>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>6. Определить потери тепла через стенку длиной 5 м, высотой 3 м, толщиной <math>d = 0,25</math> м, если на поверхностях стенки поддерживаются температуры <math>t_1 = +20</math> °С, <math>t_2 = -5</math> °С, коэффициент теплопроводности стенки <math>\lambda = 0,6</math> Вт/(м·град).</p> <p>7. Стенки топки парового котла выполнены из огнеупорного кирпича толщиной <math>d = 0,25</math> м. Температуры на внутренней и внешней поверхностях <math>t_1 = 1350</math>°С, <math>t_2 = 50</math>°С. Теплопроводность кирпича зависит от температуры <math>\lambda = 0,93(1+0,00075t)</math>. Вычислить и изобразить в масштабе распределение температур внутри стенки на расстояниях <math>x_1 = 0,05</math> м, <math>x_2 = 0,1</math> м, <math>x_3 = 0,15</math> м, <math>x_4 = 0,2</math> м.</p> <p>8. В резервуар, содержащий 125 м<sup>3</sup> жидкости плотностью 1760 кг/м<sup>3</sup> , закачано 224 м<sup>3</sup> жидкости плотностью 1848 кг/м<sup>3</sup> . Определить плотность получившейся смеси.</p>

#### Показатели и критерии оценивания зачёта:

Для получения зачета по дисциплине студент должен показать следующие знания, умения и навыки по использованию и внедрению результатов образовательной деятельности:

– на оценку **«зачтено»**:

1. Студент должен показать уровень знаний не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам, оценки и вынесения критических суждений;

2. Студент должен предоставить выполненное задание, в котором были бы отражены проблемы, касающиеся всех аспектов изучаемой дисциплины.

– на оценку **«не зачтено»**:

1. Студент не владеет терминологией изучаемой дисциплины;

2. Студент не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации изучаемой дисциплины;

3. Не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.