

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Максимов Алексей Борисович  
Должность: директор департамента по образовательной политике  
Дата подписания: 01.09.2023 12:28:58  
Уникальный программный ключ:  
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

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

**УТВЕРЖДЕНО**  
Декан Факультета урбанистики и  
городского хозяйства  
Марюшин Л.А.  
« 20 » 2021г.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Теплотехнические измерения»**

Направление подготовки  
**13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника**

Профиль подготовки  
**Распределенная тепловая энергетика**

Квалификация (степень) выпускника  
**Магистр**

Форма обучения  
**Очная, очно-заочная**

Москва  
2021

## 1. Цели освоения дисциплины

К **основным целям** освоения дисциплины «Теплотехнические измерения» следует отнести:

- формирование знаний о современных принципах, методах и средствах измерений физических величин в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологии;

- изучение способов повышения эффективности методов измерений физических величин в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологии, выработка навыков у студентов самостоятельно формулировать и решать задачи определения технических параметров при анализе режимов эксплуатации энергетических систем и комплексов.

- подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой магистра по направлению, в том числе формирование умений по выявлению необходимых усовершенствований и разработке новых, более эффективных методов измерения и регистрации теплотехнических величин при проектировании и эксплуатации энергетических систем.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Теплотехнические измерения» следует отнести:

- выработать навыки у студентов самостоятельно формулировать задачи определения теплотехнических параметров в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологии;

- научить мыслить системно на примерах повышения эффективности измерения параметров энергетических объектов при реализации технологических процессов;

- научить анализировать существующие методы определения тепловых и физических величин, разрабатывать и внедрять необходимые изменения в их методике с позиций повышения эффективности и надежности;

- дать информацию о новых направлениях в совершенствовании данных систем в отечественной и зарубежной практике, развивать способности объективно оценивать преимущества и недостатки измерительных систем и их элементов, как отечественных, так и зарубежных;

- научить анализировать результаты измерения, производить поиск оптимизационного решения с помощью всевозможных методов.

## 2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина «Теплотехнические измерения» относится к числу профессиональных учебных дисциплин вариативной части базового цикла основной образовательной программы магистратуры.

«Теплотехнические измерения» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

- Проектирование и эксплуатация систем отопления и вентиляции;
- Современные проблемы теплоэнергетики, теплотехники и теплотехнологий;
- Проектирование и эксплуатация теплоэнергетических установок;
- Проектирование и эксплуатация источников и систем теплоснабжения;
- Проектирование и эксплуатация высокотемпературных теплотехнологических установок.

### 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
ПК-2	способность разрабатывать концепции обеспечения соблюдения требований энергетической эффективности зданий, строений и сооружений	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах;</li> <li>• методы экономии энергоресурсов</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• разрабатывать нормы расхода энергоресурсов, рассчитывать потребности производства в энергоресурсах;</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах</li> </ul>

ПК-3	способность к определению потенциал энергосбережения и повышения энергетической эффективности при проведении энергосервисных мероприятий на объектах капитального строительства	<p><b>знать:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методы и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях</li> </ul> <p><b>уметь:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• применять методы и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях;</li> </ul> <p><b>владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• методами и автоматизированными средствами управления технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях</li> </ul>
------	---	---

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет **3** зачетные единицы, т.е. **108** академических часа (из них для очной 84 часа – самостоятельная работа студентов и для очно-заочной 81 часа).

##### **Второй семестр:**

**для очной формы:** аудиторных занятий – 24 часов, форма контроля – зачет;

**для очно-заочной формы:** аудиторных занятий – 27 часов, форма контроля – зачет.

Структура и содержание дисциплины «Теплотехнические измерения» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

##### **Содержание разделов дисциплины**

##### **Второй семестр**

##### **Тема 1. Введение**

Предмет, задачи и содержание дисциплины. Роль теплотехнических измерений в развитии экономики. Классификация основных методов теплотехнических измерений. Основные термины и определения.

##### **Тема 2. Термометрия**

История развития термометрии. История развития термометрии в России. Государственный первичный эталон единицы температуры для диапазона выше 273,15 К (ГЭТ 34-92). Диапазон температур от 0 до 961,78°C. Диапазон температур выше 961,78°C.

##### **Тема 3. Измерительные системы**

Основы построения измерительных систем. Структуры ИС. Многоканальные ИС для прямых измерений. Сканирующие ИС для прямых

измерений. Многоточечные ИС для прямых измерений. Аппроксимирующие ИС.

#### **Тема 4. Измерения теплопроводности**

История развития измерений теплопроводности. Физические основы измерений теплопроводности. Государственный первичный эталон единицы теплопроводности (ГЭТ 59-82). Низкотемпературная установка А-2м. Высокотемпературная эталонная установка А-3м. Среднетемпературная эталонная установка А-1. Управляющий измерительно-вычислительный комплекс.

#### **Тема 5. Измерения теплоемкости**

Физические основы и история развития измерений теплоемкости. Государственный первичный эталон единицы удельной теплоемкости твердых тел (ГЭТ 60-74).

#### **Тема 6. Дилатометрия**

История развития дилатометрии. Физические основы измерений ТКЛР. Государственный первичный эталон единицы ТКЛР (ГЭТ 24-82). Обработка результатов измерения температурных коэффициентов линейного расширения.

#### **Тема 7. Калориметрия**

История развития калориметрии. Измерения теплоты сгорания. Государственный первичный эталон единицы сгорания (ГЭТ 16-96).

### **5. Образовательные технологии**

Методика преподавания дисциплины «Теплотехнические измерения» 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;
- обсуждение и защита рефератов по дисциплине;
- подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях;
- организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме бланкового тестирования;
- использование интерактивных форм текущего контроля в форме аудиторного и внеаудиторного интернет-тестирования;
- проведение мастер-классов экспертов и специалистов по методам теплотехнических измерений в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологии, а также эффективных методов эксплуатации энергетического оборудования и объектов.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Теплотехнические измерения» и в целом по дисциплине составляет 50% аудиторных занятий. Занятия практического типа составляют 33% от объема аудиторных занятий.

## **6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

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

### **Во втором семестре**

- подготовка и выступление на семинарском занятии с презентацией и обсуждением на тему «Методы и средства теплотехнических измерений в теплоэнергетике» (индивидуально для каждого обучающегося);

- тестирование;

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

Образцы тестовых заданий, заданий расчетных работ, 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**

<b>Код компетенции</b>	<b>В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать</b>
ПК-2	способность разрабатывать концепции обеспечения соблюдения требований энергетической эффективности зданий, строений и сооружений
ПК-3	способность к определению потенциал энергосбережения и повышения энергетической эффективности при проведении энергосервисных мероприятий на объектах капитального строительства

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).

<b>ПК-2 - способность разрабатывать концепции обеспечения соблюдения требований энергетической эффективности зданий, строений и сооружений</b>				
<b>Показатель</b>	<b>Критерии оценивания</b>			
	<b>Оценка «неудовлетворительно» или отсутствие сформированности компетенции</b>	<b>Оценка «удовлетворительно» или низкой уровень освоения компетенции</b>	<b>Оценка «хорошо» или повышенный уровень освоения компетенции</b>	<b>Оценка «отлично» или высокий уровень освоения компетенции</b>
<b>знать:</b> методы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах; методы экономии энергоресурсов	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: методы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах; методы экономии энергоресурсов	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах; методы экономии энергоресурсов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: методы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах; методы экономии энергоресурсов, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитически	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах; методы экономии энергоресурсов, свободно оперирует приобретенными знаниями.

		значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	х операциях.	
<b>уметь:</b> разрабатывать нормы расхода энергоресурсов, рассчитывать потребности производства в энергоресурсах	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет разрабатывать нормы расхода энергоресурсов, рассчитывать потребности производства в энергоресурсах	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: разрабатывать нормы расхода энергоресурсов, рассчитывать потребности производства в энергоресурсах. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: разрабатывать нормы расхода энергоресурсов, рассчитывать потребности производства в энергоресурсах. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: разрабатывать нормы расхода энергоресурсов, рассчитывать потребности производства в энергоресурсах. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
<b>владеть:</b> методами определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах	Обучающийся владеет методами определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется	Обучающийся частично владеет методами определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки,	Обучающийся в полном объеме владеет методами определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, свободно применяет полученные навыки в ситуациях



		недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	повышенной сложности.
<b>ПК-3 - способность к определению потенциал энергосбережения и повышения энергетической эффективности при проведении энергосервисных мероприятий на объектах капитального строительства</b>				
<b>знать:</b> методы и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие следующих знаний: методы и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих знаний: методы и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих знаний: методы и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих знаний: методы и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях, свободно оперирует приобретенными знаниями.

		новые ситуации.		
<b>уметь:</b> применять методы и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет применять методы и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: применять методы и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: применять методы и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: применять методы и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
<b>владеть:</b> методами и автоматизированными средствами управления технологическими процессами	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами и автоматизированными средствами управления	Обучающийся владеет методами и автоматизированными средствами управления технологическими процессами	Обучающийся частично владеет методами и автоматизированными средствами управления	Обучающийся в полном объеме владеет методами и автоматизированными средствами управления

В теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях	технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях	ими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях в неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.
--	--	--	--	--

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

**Форма промежуточной аттестации: зачет.**

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачёта 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 «зачтено» или «не зачтено».

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент 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.
Не зачтено	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент 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. Семенов Б.А. Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2013. — 384 с.

2. Фетисов, И.Н. Измерение температуры по тепловому излучению тела [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2012. — 24 с.

3. Назаров В.М. Теплотехнические измерения и приборы. Лабораторный практикум [Электронный ресурс]: учеб. пособие / В.М. Назаров, А.Л. Буров, Е.Л. Криксина. — Электрон. дан. — Минск: "Вышэйшая школа", 2012. — 131 с.

4. Лепявко А.П. Поверка цифровых приборов для измерения температуры: Учеб. пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва: АСМС, 2006. — 60 с.

5. Лепявко А.П. Цифровые средства измерений давления и температуры: Учеб. пособие [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Москва: АСМС, 2009. — 102 с.

### **б) дополнительная литература:**

1. Сажин С.Г. Приборы контроля состава и качества технологических сред [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: Лань, 2012. — 432 с.

2. Серенков П.С. Методы менеджмента качества. Контроль и испытания продукции [Электронный ресурс]: учеб. пособие / П.С. Серенков, Е.Н. Савкова, Н.А. Жагора. — Электрон. дан. — Минск: Новое знание, 2015. — 480 с.

3. Сажин О.В. Разработка датчиков расхода жидкости и газа на основе микросенсора теплового потока: уч. пособие [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Екатеринбург: УрФУ, 2015. — 54 с.

4. Куликов А.А. Определение удельной теплоемкости воздуха при постоянном давлении: методические указания к лабораторной работе [Электронный ресурс] : метод. указ. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : СПбГЛТУ, 2012. — 28 с.

5. Иванова И.В. Сборник задач по теплотехническим измерениям: учебное пособие для студентов очной формы обучения направления 140100.62 «Теплоэнергетика» [Электронный ресурс]: учеб. пособие — Электрон. дан. — Санкт-Петербург: СПбГЛТУ, 2013. — 116 с.

**в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:**

Программное обеспечение не предусмотрено.

Интернет-ресурсы включают учебно-методические материалы в электронном виде, представленные на сайте (<http://lib.mami.ru/ebooks/> в разделе «Библиотека»).

Полезные учебно-методические и информационные материалы представлены на сайтах:

[http://window.edu.ru/catalog/resources?p\\_nr=50&p\\_rubr=2.2.75.27.7&p\\_page=3](http://window.edu.ru/catalog/resources?p_nr=50&p_rubr=2.2.75.27.7&p_page=3)

<http://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-laboratornoy-ustanovki-po-spetsialnosti-promyshlennaya-teploenergetika>

## **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.), экспериментальная котельная на базе ОАО ВТИ (на основании Договора о сотрудничестве) с системой КИП и автоматики.

## **9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов**

1. Марюшин Л.А., Сенникова О.Б., Савельев И.Л. Методические рекомендации по организации самостоятельной работы студентов.

Направление подготовки: 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», профиль «Распределенная тепловая энергетика». – М.: Изд-во Московского политеха, - 46 с.

## 10. Методические рекомендации для преподавателя

Преподавание дисциплины «Теплотехнические измерения» имеет своей целью ознакомить студентов с достижениями в области прикладной теплоэнергетики и теплотехнических измерений, добиться уяснения ими основных методов измерения параметров при проектировании, моделировании и эксплуатации энергооборудования и энергосистем, порядка их применения, привить им практические навыки использования этих знаний к конкретным производственным ситуациям.

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 магистров.

*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) магистров по материалам лекций и практических работ. Подборка вопросов для тестирования осуществляется на основе изученного теоретического материала. Такой подход позволяет повысить мотивацию магистров при конспектировании лекционного материала.

Для освоения навыков поисковой и исследовательской деятельности

магистр 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 магистров и конкретной темы.

*Самостоятельная работа* магистров 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 магистрами разных по форме и содержанию работ и заданий, связанных с практическим освоением содержания дисциплины. Магистры 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 магистров также осуществляется через проведение ряда промежуточных тестирований. Итоговая аттестация по дисциплине предполагает устный зачет или экзамен, на которых проверяется усвоение материала, усвоение базовых понятий дисциплины.

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» и профилю «Распределенная тепловая энергетика».

## Авторы

Доцент кафедры «Промышленная теплоэнергетика»  
к.т.н., доцент

В.С. Тимохин

Старший преподаватель  
кафедры «Промышленная теплоэнергетика»

Е.А. Чугаев

Программа обсуждена на заседании кафедры «Промышленная теплоэнергетика». Протокол от 30 августа 2021 г. № 1

Заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика»  
к.т.н., доцент

Л.А. Марюшин

Руководитель ООП

В.С. Тимохин



**Структура и содержание дисциплины «Теплотехнические измерения» по направлению подготовки 13.04.01  
«Теплоэнергетика 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	Лекция	2	1	1			6									
	Семинарское занятие	2	1		1											
Тема 2	Лекция	2	2-3	2		1	16									
	Семинарское занятие	2	2		1											
Тема 3	Лекция	2	4	1		2	11									
	Семинарское занятие	2	4		1											
Тема 4	Лекция	2	5-6	2		1	16									
	Семинарское занятие	2	5											+		
	Выборочный приемочный и текущий контроль	2	6		1								+			
Тема 5	Лекция	2	7	2		2	16									
	Семинарское занятие	2	7		1											
Тема 6	Лекция	2	8-9	2			10									
	Семинарское занятие	2	8		0,5										+	
Тема 7	Лекция	2	9	2			9									
	Семинарское занятие	2	9		0,5											
	Форма аттестации	2	9												3	
	Всего часов по дисциплине во втором семестре															

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

Направление подготовки: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника  
ОП (профиль): «Распределенная тепловая энергетика»  
Форма обучения: Очная, очно-заочная

Кафедра: «Промышленная теплоэнергетика»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**ПО ДИСЦИПЛИНЕ**  
**«Теплотехнические измерения»**

**Паспорт фонда оценочных средств**

<b>Теплотехнические измерения</b>					
<b>ФГОС ВО 13.04.01 Теплотехника и теплоэнергетика</b>					
<b>КОМПЕТЕНЦИИ</b>		<b>Перечень компонентов</b>	<b>Технология формирования</b>	<b>Форма оценочного средства</b>	<b>Степени уровней освоения компетенций</b>
<b>ИНДЕКС</b>	<b>ФОРМУЛИРОВКА</b>				
ПК-2	способность разрабатывать концепции обеспечения соблюдения требований энергетической эффективности зданий, строений и сооружений	Знать: методы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах; методы экономии энергоресурсов	Лекция, семинарские занятия, лабораторные занятия, решение ситуационных задач, СРС	Зачет, тестирование	<p>Базовый уровень: способен к определению потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов, разработке норм их расхода, расчету потребностей производства в энергоресурсах.</p> <p>Повышенный уровень: способен к определению потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов, разработке норм их расхода, расчету потребностей производства в энергоресурсах в нестандартных производственных ситуациях с их последующим анализом</p>

ПК-3	<p>способность к определению потенциал энергосбережения и повышения энергетической эффективности при проведении энергосервисных мероприятий на объектах капитального строительства</p>	<p>Знать: методы и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях</p>	<p>Лекция, семинарские занятия, решение ситуационных задач, СРС</p>	<p>Зачет, тестирование</p>	<p>Базовый уровень: готов применять методы и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях.  Повышенный уровень: готов применять методы и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях в нестандартных производственных ситуациях с их последующим анализом</p>
------	--	---	---	----------------------------	--

**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**

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.

**Вопросы для самостоятельного изучения**

1. Методы и приборы нестационарной прикладной теплотметрии.
2. Математические модели теплопереноса в приемниках теплового потока и решение прямых задач теплопроводности.
3. Методы восстановления теплового потока и граничные обратные задачи теплопроводности.
4. Методические погрешности нестационарной теплотметрии.
5. Дифференциально - разностные модели теплопереноса в приемниках теплового потока.
6. Решения прямой задачи теплопроводности для приемника теплового потока типа тонкого диска.
7. Постановка и выбор метода решения обратной задачи теплопроводности.

**Примеры задач для семинарских занятий**

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

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

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

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

**Задача 3.** Плоская стенка состоит из трёх слоев толщиной  $\delta_1=100 \text{ мм}$ ,  $\delta_2=80 \text{ мм}$  и  $\delta_3=50 \text{ мм}$ , коэффициенты теплопроводности слоев соответственно равны  $\lambda_1=2 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ,  $\lambda_2 = 8 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$  и  $\lambda_3 = 10 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ . Второй слой имеет температуры поверхностей  $T_{1-2} = 120 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $T_{2-3} = 45 \text{ }^\circ\text{C}$ . Определить температуры наружных поверхностей  $T_{w1}$  и  $T_{w2}$ .

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

**Задача 5.** Вычислить потерю теплоты с  $1 \text{ м}$  неизолированного трубопровода диаметром  $d_1/d_2 = 150/165 \text{ мм}$ , проложенного на открытом воздухе, если внутри трубы протекает вода со средней температурой  $T_{fl} = 100 \text{ }^\circ\text{C}$ , а температура окружающего воздуха  $T_{f2} = -5 \text{ }^\circ\text{C}$ . Коэффициент теплопроводности материала трубы  $\lambda = 50 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ . Коэффициент теплоотдачи от воды к стенке трубы  $\alpha_1 = 1000 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$  и от трубы к окружающему воздуху  $\alpha_2 = 12 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{К)}$ . Определить также температуры на внутренней и внешней поверхностях трубы.

## Примеры тестовых заданий

### Тест 1. Физические основы тепловых измерений

1. К тепловым измерениям относятся измерения ...
2. Температура может быть измерена методом...
3. Уравнение теплового баланса преобразователя учитывает ...
4. Теплосодержание преобразователя определяется...
5. Перенос тепловой энергии из одной части пространства в другую называется ...
6. Теплообмен может осуществляться с помощью...
7. Передача тепла посредством столкновения атомов и молекул вещества при их тепловом движении называется ...
8. Теплообмен посредством теплопроводности осуществляется в чистом виде только в ...
9. Передача тепла посредством перемещения материальных частиц из одной части пространства в другую называется ...
10. Конвективный теплообмен осуществляется только в ...
11. Тепловая проводимость среды зависит от ...
12. Теплоотдачей называется ...
13. Непрерывное электромагнитное излучение, испускаемое телами, обладающими отличной от нуля температурой, называется ...
14. Причиной теплового излучения являются ...
15. Энергия теплового излучения пропорциональна ...
16. Максимальной эффективностью теплового излучения характеризуется ...

### Тест 2. Проводниковые терморезисторы

17. Терморезистивными называются преобразователи, в принцип действия которых заложена зависимость от температуры ...
18. Сопротивление проводниковых терморезисторов при возрастании температуры в узком интервале...
19. Причиной зависимости сопротивления проводниковых терморезисторов от температуры является ...
20. Постоянные коэффициенты в функции преобразования терморезистора называются...
21. Наилучшим материалом для изготовления проводниковых терморезисторов является ...
22. Наиболее распространенными являются проводниковые терморезисторы, изготовленные из ...
23. Наибольшей чувствительностью отличаются проводниковые терморезисторы, изготовленные из ...
24. Для измерения высоких температур применяются проводниковые терморезисторы, изготовленные из ...

25. Достоинством платиновых терморезисторов является ...
26. Достоинством медных терморезисторов является ...
27. Достоинством никелевых терморезисторов является ...
28. Достоинством вольфрамовых терморезисторов является...

### **Тест 3. Термисторы**

29. Термисторами называются терморезисторы, изготовленные из ...
30. Сопротивление термисторов при возрастании температуры в узком интервале ...
31. Причиной зависимости сопротивления термисторов от температуры является ...
32. Температурный коэффициент сопротивления термистора измеряется в следующих единицах ...
33. Термисторы чаще всего изготавливаются из ...
34. Основным достоинством термисторов является ...
35. Недостатком термисторов является ...
36. Ширина диапазона измерения температур для большинства термисторов составляет ...
37. Термисторы чаще всего используют для измерения ...
38. Преобразователями, использующими в принципе действия зависимость свойств р-п перехода от температуры, являются ...

### **Тест 4. Термоэлектрические преобразователи**

39. Принцип действия термоэлектрических преобразователей основан на...
40. Термоэлектрические преобразователи изготавливаются из ...
41. Выходной величиной термоэлектрических преобразователей является ...
42. Термоэлектрические преобразователи измеряют ...
43. Для измерения температуры в градусах Цельсия с помощью термопары необходимо ...
44. Для считывания показаний термопары к ней подключается ...
45. Измерительный прибор не будет влиять на показания термопары, если контакты его подключения будут иметь температуру ...
46. Платиновой серией металлов называется таблица значений термо-ЭДС металлов в паре с платиной при температуре ...

### **Тест 5. Другие преобразователи температуры**

47. Термодинамическими называются преобразователи, использующие в принципе действия...
48. Термодинамическими преобразователями являются ...
49. Материалы, заряжающиеся при нагревании, называются ...
50. Эффект теплового расширения веществ используется при измерении температуры с помощью...