Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 23.05.2026 11:18:19
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

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

Факультет урбанистики и городского хозяйства

УТВЕРЖДАЮ
Декан
_____/К.И. Лушин/
26 февраля 2026 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Теплотехнические измерения»

Направление подготовки
13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль
Распределенная тепловая энергетика

Квалификация
Магистр

Формы обучения
Очная

Москва, 2026 г.

Разработчик:

Заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика», к.т.н., доцент / Л.А. Марюшин /
И.О. Фамилия

Ст. преп., б/с, б/з / Е.А. Чугаев /
И.О. Фамилия

Согласовано:

Заведующий кафедрой «Промышленная теплоэнергетика», к.т.н., доцент / Л.А. Марюшин /
И.О. Фамилия

Содержание

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине ... 4
2. Место дисциплины в структуре образовательной программы ... 5
3. Структура и содержание дисциплины ... 5
   - 3.1. Виды учебной работы и трудоемкость ... 5
   - 3.2. Тематический план изучения дисциплины ... 6
   - 3.3. Содержание дисциплины ... 6
   - 3.4. Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий ... 7
4. Учебно-методическое и информационное обеспечение ... 7
   - 4.1. Нормативные документы и ГОСТы ... 7
   - 4.2. Основная литература ... 7
   - 4.3. Дополнительная литература ... 8
   - 4.4. Электронные образовательные ресурсы ... 8
   - 4.5. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение ... 8
   - 4.6. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы ... 9
5. Материально-техническое обеспечение ... 9
6. Методические рекомендации ... 10
   - 6.1. Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения ... 10
   - 6.2. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины ... 10
7. Фонд оценочных средств ... 11
   - 7.1. Методы контроля и оценивания результатов обучения ... 11
   - 7.2. Шкала и критерии оценивания результатов обучения ... 11
   - 7.3. Оценочные средства ... 12

1. Цели, задачи и планируемые результаты обучения по дисциплине

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.

В результате освоения образовательной программы обучающийся должен:

– знать методы определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах; методы экономии энергоресурсов;

– уметь разрабатывать нормы расхода энергоресурсов, рассчитывать потребности производства в энергоресурсах;

– владеть методами определения потребности производства в топливно-энергетических ресурсах.

Обучение по дисциплине «Теплотехнические измерения» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций:

Код и наименование компетенций	Индикаторы достижения компетенции
ПК-1 Способность к разработке концепций и проведению теплотехнических расчетов объектов профессиональной деятельности.	ИПК-1.1. Использует нормативно-техническую документацию при выполнении отдельных разделов проектов. ИПК-1.2. Проводит выбор наилучших схем теплотехнических систем и конструкций теплотехнических аппаратов при выполнении отдельных разделов проектов. ИПК-1.3. Участвует в проведении авторского надзора при проведении работ по выполнению проекта. ИПК-1.4. Применяет типовых и новых проектных решений для соблюдения требований энергетической

	эффективности зданий, строений, сооружений.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к части, формируемая участниками образовательных отношений блока Б1 «Дисциплины (модули)».

«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. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет по очной форме обучения **3** зачетные единицы (108 часов).

3.1 Виды учебной работы и трудоемкость
(по формам обучения)

3.1.1. Очная форма обучения

№ п/п	Вид учебной работы	Количество часов	Семестры	
			3	
1	**Аудиторные занятия**	**30**	30	
	В том числе:			
1.1	Лекции	**10**	10	
1.2	Семинарские/практические занятия	**12**	12	
1.3	Лабораторные занятия	**8**	8	
2	**Самостоятельная работа**	**78**	78	
3	**Промежуточная аттестация**			
	Зачет/диф.зачет/экзамен	**зачет**	зачет	
	Итого	**108**	108	

3.2 Тематический план изучения дисциплины

(по формам обучения)

3.2.1. Очная форма обучения

№ п/п	Разделы/темы дисциплины	Трудоемкость, час					
		Всего	Аудиторная работа				Самостоятельная работа
			Лекции	Семинарские/ практические занятия	Лабораторные занятия	Практическая подготовка	
1	Тема 1. Введение.	**14**	1	1	1		11
2	Тема 2. Термометрия.	**18**	2	2	2		12
3	Тема 3. Измерительные системы.	**15**	1	2	1		11
4	Тема 4. Измерения теплопроводности.	**16**	2	2	1		11
5	Тема 5. Измерения теплоемкости.	**15**	1	2	1		11
6	Тема 6. Дилатометрия	**16**	2	2	1		11
7	Тема 7. Калориметрия	**14**	1	1	1		11
	Итого	**108**	**10**	**12**	**8**		**78**

3.3 Содержание дисциплины

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 961,78ºС. Диапазон температур выше 961,78ºС.

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).

3.4 Тематика семинарских/практических и лабораторных занятий

3.4.1. Семинарские/практические занятия

Тема 1. Введение.
Тема 2. Термометрия.
Тема 3. Измерительные системы.
Тема 4. Измерения теплопроводности.
Тема 5. Измерения теплоемкости.
Тема 6. Дилатометрия.
Тема 7. Калориметрия.

3.4.2. Лабораторные занятия

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.

4. Учебно-методическое и информационное обеспечение

4.1 Нормативные документы и ГОСТы

1. ГОСТ 112-78. Термометры метеорологические стеклянные. Технические условия.
2. ГОСТ 1790-77. Проволока из сплавов хромель Т, алюмель, копель и константан для термоэлектродов термоэлектрических преобразователей. Технические условия.
3. ГОСТ 6376-74. Анемометры ручные со счетным механизмом. Технические условия.
4. ГОСТ 6416-75. Термографы метеорологические с биметаллическим чувствительным элементом. Технические условия.
5. ГОСТ 6651-2009. Государственная система обеспечения единства измерений. Термопреобразователи сопротивления из платины, меди и никеля. Общие технические требования и методы испытаний.

4.2 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.

4.3 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.

4.4 Электронные образовательные ресурсы

Проведение занятий и аттестаций возможно в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО-LMS) на основе разработанных кафедрой электронных образовательных ресурсов (ЭОР) по всем разделам программы:

Название ЭОР	Ссылка
Теплотехнические измерения	https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=3327

Разработанный ЭОР включает в себя: лекционный и практический материал; самостоятельную работу (в виде реферата, РГР, курсовой работы или проекта); видеоматериалы; промежуточный и итоговый тесты.

Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

Каждый студент обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронным библиотекам университета *(*http://lib.mami.ru/lib/content/elektronnyy-katalog*)*.

Ссылка на электронную библиотеку:
https://online.mospolytech.ru/course/view.php?id=7621&section=1

4.5 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение

1. МойОфис – российская компания-разработчик безопасных офисных решений для общения и совместной работы с документами (Альтернатива MS Office) https://myoffice.ru/
2. Платформа nanoCAD – это российская платформа для проектирования и моделирования объектов различной сложности. Поддержка форматов *.dwg и IFC делает ее отличным решением для совмещения САПР- и BIM-технологий. Функционал платформы может быть расширен с помощью специальных модулей https://www.nanocad.ru/support/education/
3. Система трехмерного моделирования «КОМПАС-3D» https://edu.ascon.ru/main/download/freeware/
4. VALTEC.PRG.3.1.3. Программа для теплотехнических и гидравлических расчетов https://valtec.ru/document/calculate/
5. Онлайн расчеты АВОК-СОФТ https://soft.abok.ru/help_desk/

4.6 Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1. Российская национальная библиотека http://www.nlr.ru
2. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» https://biblioclub.ru/index.php
3. Научная электронная библиотека http://www.elibrary.ru
4. Российская государственная библиотека http://www.rsl.ru
5. Образовательная платформа ЮРАЙТ http://www.urait.ru
6. «Техэксперт» – справочная система, предоставляющая нормативно-техническую, нормативно-правовую информацию https://техэксперт.сайт/
7. НП «АВОК» – помощник инженера по отоплению, вентиляции, кондиционированию воздуха, теплоснабжению и строительной теплофизике https://www.abok.ru/
8. Е-ДОСЬЕ – Электронный эколог. Независимая информация о российских организациях, база нормативных документов и законодательных актов https://e-ecolog.ru/
9. Инженерная сантехника VALTEC (каталог продукции и нормативная документация) https://valtec.ru/

5. Материально-техническое обеспечение

Для проведения лекционных занятий используются аудитории, оснащенные компьютерами, интерактивными досками, мультимедийными проекторами и экранами: АВ2404, АВ2415 и аудитории общего фонда. Для проведения семинарских и лабораторных работ используются аудитории: АВ2406, АВ1101 и аудитории корпуса УРБАН.ТЕХНОГРАД Инновационно-образовательном комплексе «Техноград», который расположен на территории ВДНХ.

6. Методические рекомендации

6.1 Методические рекомендации для преподавателя по организации обучения

6.1.1 Преподаватель организует преподавание дисциплины в соответствии с требованиями «Положения об организации образовательного процесса в Московском политехническом университете и его филиалах», утверждённым ректором университета.

6.1.2 На первом занятии преподаватель доводит до сведения студентов содержание рабочей программы дисциплины (РПД).

6.1.3 Преподаватель особенно обращает внимание студентов на:

- виды и формы проведения занятий по дисциплине, включая порядок проведения занятий с применением технологий дистанционного обучения и системы дистанционного обучения университета (СДО Московского Политеха);
- виды, содержание и порядок проведения текущего контроля успеваемости в соответствии с фондом оценочных средств;
- форму, содержание и порядок проведения промежуточной аттестации в соответствии с фондом оценочных средств, предусмотренным РПД.

6.1.4 Преподаватель доводит до сведения студентов график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД.

6.1.5 Преподаватель рекомендует студентам основную и дополнительную литературу.

6.1.6 Преподаватель предоставляет перед промежуточной аттестацией (экзаменом или зачётом) список вопросов для подготовки.

6.1.7 Преподаватели, которые проводят лекционные и практические (семинарские) занятия, согласуют тематический план практических занятий, чтобы использовать единую систему обозначений, терминов, основных понятий дисциплины.

6.1.8 При подготовке к семинарскому занятию по перечню объявленных тем преподавателю необходимо уточнить план их проведения, согласно РПД, продумать формулировки и содержание учебных вопросов, выносимых на обсуждение, ознакомиться с перечнем вопросов по теме семинара.

В ходе семинара во вступительном слове раскрыть практическую значимость темы семинарского занятия, определить порядок его проведения, время на обсуждение каждого учебного вопроса. Использовать фронтальный опрос давая возможность выступить всем студентам, присутствующим на занятии.

В заключительной части семинарского занятия следует подвести итоги: дать оценку выступлений каждого студента и учебной группы в целом. Раскрыть положительные стороны и недостатки проведенного семинарского занятия. Ответить на вопросы студентов. Выдать задания для самостоятельной работы по подготовке к следующему занятию.

6.1.9 Целесообразно в ходе защиты рефератов, лабораторных работ, курсовых работ и проектов задавать выступающим и аудитории дополнительные и уточняющие вопросы с целью выяснения их позиций по существу обсуждаемых проблем.

Возможно проведение занятий и аттестаций в дистанционном формате с применением системы дистанционного обучения университета (СДО Московского Политеха).

6.1.10 Порядок проведения работ в дистанционном формате устанавливается отдельными распоряжениями проректора по учебной работе и/или центром учебно-методической работы.

6.2 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

6.2.1 Студенту необходимо составить для себя график выполнения учебных работ, предусмотренных РПД с учётом требований других дисциплин, изучаемых в текущем семестре.

6.2.2 При проведении занятий и процедур текущей и промежуточной аттестации с использованием инструментов информационной образовательной среды дистанционного образования университета (СДО Московского Политеха), как во время контактной работы с преподавателем, так и во время самостоятельной работы студент должен обеспечить техническую возможность дистанционного подключения к системам дистанционного обучения. При отсутствии такой возможности обсудить ситуацию с преподавателем дисциплины.

6.2.3 К промежуточной аттестации допускаются только обучающиеся, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой дисциплины (РПД).

7. Фонд оценочных средств

7.1 Методы контроля и оценивания результатов обучения

Контроль успеваемости и качества подготовки проводится в соответствии с требованиями "Положения об организации образовательного процесса в Московском политехническом университете".

Для контроля успеваемости и качества освоения дисциплины настоящей программой предусмотрены следующие виды контроля:

– контроль текущей успеваемости (текущий контроль);

– промежуточная аттестация.

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

- обсуждение вопросов по изученным темам;
- собеседование / устный опрос;
- разноуровневые задачи;
- лабораторные работы;
- подготовка к тестированию и тестирование;
- зачёт.

7.2 Шкала и критерии оценивания результатов обучения

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

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 студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Теплотехнические измерения».

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

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: зачет.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме зачета 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». Необходимым условием прохождения промежуточной аттестации является выполнение всех видов работ, предусмотренных данной рабочей программой по дисциплине «Планирование и организация эксплуатации теплоэнергетических установок и систем». На дату проведения промежуточной аттестации студенты должны выполнить все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Планирование и организация эксплуатации теплоэнергетических установок и систем», а именно подготовить рефераты 1 и 2, сделать по ним доклады, выполнить 1 контрольную работу, промежуточный и итоговый тесты (система СДО ЭОР). Если не выполнены необходимые условия, студенты получают «не зачтено».

Шкала оценивания для зачета:

Шкала оценивания	Описание
Зачтено	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные РПД. 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 РПД. 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.

7.3 Оценочные средства

7.3.1. Текущий контроль

Для проведения текущего контроля применяются следующие формы: разноуровневые задачи и задания; лабораторные работы; устный опрос, собеседование; тест.

7.3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится на соответствующих формам обучения семестрах в форме зачета.

7.3.3. Вопросы для зачета/экзамена

1. Измерение температуры. Жидкостные стеклянные термометры.
2. Манометрические термометры.
3. Биметаллические термометры.

4. Дилатометрические термометры.
5. Термоэлектрические преобразователи.
6. Термопреобразователи сопротивления.
7. Пирометры излучения.
8. Основные сведения об измерении давления.
9. Жидкостные манометры. Двухтрубные манометры.
10. Жидкостные манометры. Чашечные манометры.
11. Жидкостные манометры. Микроманометры.
12. Деформационные манометры.
13. Пьезоэлектрические преобразователи давления.
14. Емкостные преобразователи давления.
15. Электромагнитные преобразователи давления.
16. Грузопоршневые манометры.
17. Общие сведения об измерении расхода.
18. Расходомеры переменного перепада давления.
19. Расходомеры постоянного перепада давления.
20. Электромагнитные расходомеры.
21. Ультразвуковые расходомеры.
22. Тахометрические расходомеры.
23. Уровнемеры с визуальным отсчетом и гидростатические уровнемеры.
24. Поплавковые и буйковые уровнемеры.
25. Емкостные и индуктивные уровнемеры.
26. Акустические и ультразвуковые уровнемеры.
27. Измерение состава газов.
28. Измерение состава жидкостей.
29. Измерение количества теплоты.

Приложение 1

Вопросы для самостоятельного изучения

1. Методы и приборы нестационарной прикладной теплометрии.
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 теплометрии.
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.

Приложение 2

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

Задача 3. Плоская стенка состоит из трёх слоев толщиной $\delta_1=100$ мм, $\delta_2=80$ мм и $\delta_3=50$ мм, коэффициенты теплопроводности слоев соответственно равны $\lambda_1=2$ Вт/(м·К), $\lambda_2 = 8$ Вт/(м·К) и $\lambda_3 = 10$ Вт/(м·К). Второй слой имеет температуры поверхностей $T_{1\text{-}2} = 120\ ^0C$ и $T_{2\text{-}3} = 45\ ^0C$. 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 $T_{w1} =120\ ^0C$ и $T_{w2} = 45\ ^0C$. 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 $T_{f1} = 100\ ^0C$, а температура окружающего воздуха $T_{f2} = -5\ ^0C$. Коэффициент теплопроводности материала трубы $\lambda = 50$ Вт /(м·К). Коэффициент теплоотдачи от воды к стенке трубы $\alpha_1 = 1000$ 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.

Приложение 3

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 p-n 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…