

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Беспалов Владимир Александрович  
Должность: Ректор МИЭТ  
Дата подписания: 01.09.2023 16:18:55  
Уникальный программный ключ:  
ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f73676c87a3ce482b0d0b

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский университет  
«Московский институт электронной техники»

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебной работе  
  
И.Г. Игнатова  
« 2 » сентября 2020 г.  
М.П.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

«Термометрия. Средства и методы измерения и стабилизации температуры»

Направление подготовки – 11.04.04 «Электроника и нанoeлектроника»  
Направленность (профиль) - «Микроэлектроника и твердотельная электроника»

Москва 2020 г.

## 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

**Компетенция ПК-1** «Способен формулировать цели и задачи научных исследований в соответствии с тенденциями и перспективами развития электроники и нанoeлектроники, а также смежных областей науки и техники, обоснованно выбирать теоретические и экспериментальные методы и средства решения сформулированных задач» **сформулирована на основе профессионального стандарта 40.058** «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники».

**Обобщенная трудовая функция 40.058 D[7]** Разработка групповых технологических процессов и модернизация производства изделий микроэлектроники.

**Трудовая функция 40.058 D/01.7** Анализ и выбор перспективных технологических процессов и оборудования производства изделий микроэлектроники.

Подкомпетенции, формируемые в дисциплине	Задачи профессиональной деятельности	Индикаторы достижения подкомпетенций
ПК-1.ТМ Способен решать производственные и (или) исследовательские задачи, на основе фундаментальных знаний в области материаловедения и технологии материалов	–разработка методики и проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов; –использование физических эффектов при разработке новых методов исследований и изготовлении макетов измерительных систем; –разработка физических и математических моделей, компьютерное моделирование исследуемых физических процессов, приборов, схем и устройств, относящихся к профессиональной сфере	<b>Знание:</b> - принципов работы первичных преобразователей, используемых для измерения основных термодинамических параметров. <b>Умение:</b> - использует методики и средства измерения для исследования электронных сенсорных структур. <b>Опыт деятельности:</b> - участвует в исследованиях и испытаниях первичных преобразователей термодинамических параметров.

**Компетенция ПК-2** «Способен разрабатывать процессы жизненного цикла изделий микро- и нанoeлектроники» **сформулирована на основе профессиональных стандартов:**

**40.005** «Инженер-технолог по производству изделий микроэлектроники»

**Обобщенная трудовая функция С[7]** Процессы жизненного цикла продукции

**Трудовая функция С/02.7** Планирование разработки продукции в части, касающейся контроля, измерения свойств и испытания основных, вспомогательных и расходных материалов, а также их разработки и выбора

**С/08.7** Разработка и внедрение новых методик контроля, измерения и испытания, а также разработки и выбора материалов

**40.006** «Инженер-технолог в области производства наноразмерных полупроводниковых приборов и интегральных схем»

**Обобщенная трудовая функция В[7]** Разработка и внедрение современных технологических процессов, освоение нового оборудования, технологической оснастки, необходимых режимов производства на выпускаемую организацией продукцию

**Трудовые функции В/01.7** Разработка технологических процессов и внедрение их в производство

**В/02.7** Оптимизация параметров технологических операций

**В/03.7** Освоение и внедрение технологических процессов и необходимых режимов производства на выпускаемую продукцию

**В/04.7** Экспериментальные работы и освоение новых технологических процессов

**В/05.7** Экспериментальные работы и освоение нового оборудования и технологической оснастки

**В/06.7** Экспериментальные работы по освоению новых технологических процессов, новых видов оборудования и технологической оснастки

<b>Подкомпетенции, формируемые в дисциплине</b>	<b>Задачи профессиональной деятельности</b>	<b>Индикаторы достижения подкомпетенций</b>
ПК-2.ТМ Способен разрабатывать и обеспечивать жизненный цикл термометрических систем.	Разработка методики и проведение исследований и измерений параметров и характеристик изделий электронной техники, анализ их результатов.	<b>Знание:</b> - основных методик исследования термометрических систем. <b>Умение:</b> - использует различные средства измерения для разработки методик исследования термометрических систем. <b>Опыт деятельности:</b> - использует современные высококласные средства измерения термодинамических параметров.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ**

Дисциплина входит в часть, формируемую участниками образовательных отношений Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Входные требования к дисциплине

Изучению модуля предшествует формирование компетенций бакалавриата в дисциплинах «Физика», «Химия», «Физическая химия», «Общее материаловедение», «Материалы электронной техники».

Формируемые в процессе изучения модуля компетенции в дальнейшем углубляются выполнением индивидуальных заданий НИР и практики и служат основой для выполнения выпускной квалификационной работы (ВКР).

### 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Курс	Семестр	Общая трудоёмкость (ЗЕ)	Общая трудоёмкость (часы)	Контактная работа			Самостоятельная работа (часы)	Промежуточная аттестация
				Лекции (часы)	Лабораторные работы (часы)	Практические занятия (часы)		
1	2	3	108	16	16	16	60	За

### 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

№ и наименование модуля	Контактная работа			Самостоятельная работа	Формы текущего контроля
	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия		
1. Понятие температуры. Тепловое равновесие.	4	-	4	15	Опрос, рубежный контроль 1
2. Построение температурной шкалы. Термодинамическая температура. Международные температурные шкалы.	4	4	4	15	Опрос, защита лабораторной работы, рубежный контроль 2
3. Температурные технологии. Методы и средства измерения температуры.	4	4	4	15	Опрос, защита лабораторной работы,
4. Общие сведения о датчиках. Основные требования к термометрическим материалам.	4	8	4	15	Опрос, защита лабораторной работы, защита индивидуального задания

#### 4.1. Лекционные занятия

№ модуля дисциплины	№ лекции	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Понятие температуры. Тепловое равновесие. История термометрии.
1	2	2	Измерение температуры. Теплопередача (теплообмен). Определения единицы температуры.
2	3	2	Построение температурной шкалы. Условные температуры. Условные шкалы. Термодинамическая температура. Шкалы Цельсия и Кельвина.
2	4	2	Сравнение различных шкал. Реализация термодинамической температурной шкалы. Газовый термометр. Погрешности измерения температуры. Международные температурные шкалы.
3	5	2	Температурные технологии. Методы и средства измерения температуры. Типы термометров.
3	6	2	Методы и средства стабилизации температуры. Законы управления температурными процессами.
4	7	2	Общие сведения о датчиках. Основные требования к термометрическим материалам. Терморезисторы. Термисторы. Термоэлектрические датчики температуры. Интегральные датчики температуры.
4	8	2	Математические модели для расчета температуры. Калибровка и поверка средств измерения температуры.

#### 4.2. Практические занятия

№ модуля дисциплины	№ практического занятия	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
1	1	2	Теплота (тепловая энергия). Теплопередача (теплообмен). Виды теплообмена.
	2	2	Понятие термометра. Сравнение температурных шкал.
2	3	2	Построение температурных шкал. Реализация термодинамической температурной шкалы. Реперные точки для реализации Международной температурной шкалы МТШ-90.
	4	2	Погрешности измерения температуры. Метрологическое обеспечение в термометрии.
3	5	2	Методы и средства измерения температуры.

	6	2	Математические модели для расчета температуры. Типы термометров.
4	7	2	Свойства и области применения датчиков температуры. Терморезисторы. Термисторы.
4	8	2	Термоэлектрические датчики температуры. Интегральные датчики температуры.

### 4.3. Лабораторные работы

№ модуля дисциплины	№ лабораторной работы	Объем занятий (часы)	Краткое содержание
3	2	4	Математическое моделирование свойств датчиков температуры.
4	3	4	Калибровка средств измерения температуры.
4	4	4	Градуировка датчиков температуры.

### 4.4. Самостоятельная работа студентов

№ модуля дисциплины	Объем занятий (часы)	Вид СРС
2	Подготовка к практическим занятиям	
1	Подготовка к опросам по модулям	
4	Подготовка к рубежному контролю 1	
6	Выполнение индивидуального задания	
2	2	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	2	Подготовка к практическим занятиям
	2	Подготовка к лабораторным работам
	1	Подготовка к опросам по модулям
	4	Подготовка к рубежному контролю 2
	4	Выполнение индивидуального задания
3	2	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	2	Подготовка к практическим занятиям
	2	Подготовка к лабораторным работам
	1	Подготовка к опросам по модулям
	8	Выполнение индивидуального задания
4	2	Изучение теоретического материала в объеме лекций
	2	Подготовка к практическим занятиям

4	Подготовка к лабораторным работам
1	Подготовка к опросам по модулям
6	Выполнение индивидуального задания и подготовка к защите

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены.

### 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>):

**Модуль 1** Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к опросам по модулям осуществляется с помощью лекций по модулю №1, материалов для самостоятельной работы студентов.

**Модуль 2** Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к опросам по модулям осуществляется с помощью лекций по модулю №2, материалов для самостоятельной работы студентов, подготовка к лабораторным работам.

**Модуль 3** Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к лабораторным работам, подготовка к опросам по модулям осуществляется с помощью лекций по модулю №3, материалов для самостоятельной работы студентов.

**Модуль 4** Изучение теоретического материала в объеме лекций, подготовка к практическим занятиям, подготовка к опросам по модулям осуществляется с помощью лекций к модулю №4, материалов для самостоятельной работы студентов, подготовка к лабораторным работам.

### 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

#### Литература

1. Термометрия: Учеб. пособие / Ю.И. Штерн, А.А. Шерченков, Р.Е. Миронов. - М.: МИЭТ, 2013. - 256 с.
2. Системы автоматического управления: теория, применение, моделирование в MATLAB: Учеб. пособие / А.Ю. Ощепков. - 2-е изд., испр. и доп. - СПб.: Лань, 2013. - 208 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/5848> (Дата обращения: 29.09.2020).
3. Средства автоматического контроля технологических параметров: Учебник / С.Г. Сажин. - СПб.: Лань, 2014. - 368 с. - URL: <https://e.lanbook.com/book/50683> (Дата обращения: 29.09.2020).
4. Методы и средства измерений: Учебник / Г.Г. Раннев, А.П. Тарасенко. - 6-е изд., стер. - М.: Академия, 2010. - 336 с.
5. Метрология: Учеб. пособие для вузов / А.А. Дегтярев, В.А. Летягин, А.И. Погалов, С.В. Угольников. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Академический Проект, 2020. - 239 с.

6. Материаловедение: Учебник / В.Н. Гадалов, С.В. Сафонов, Д.Н. Романенко [и др.]. - М.: АРГАМАК-МЕДИА : ИНФРА-М, 2014. - 272 с.
7. Измерительные информационные системы: Учебник / Г.Г. Раннев. - М.: Академия, 2010. - 336 с.
8. Основы схемотехники измерительных преобразователей: Учеб. пособие. Ч. 1 / В.Б. Топильский. - М.: МИЭТ, 2011. - 328 с.
9. Методы и средства измерений: Учебник / Г.Г. Раннев, А.П. Тарасенко. - 6-е изд., стер. - М.: Академия, 2010. - 336 с.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. **eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека:** сайт. – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 11.09.2020). – Режим доступа: для зарегистрир. пользователей.
2. **Электронные ресурсы Российской государственной библиотеки:** сайт. – Москва, 1999-2020. – URL: <http://www.rsl.ru> (дата обращения: 10.09.2020).
3. **Бесплатная поисковая система «GoogleScholar»:** сайт. – США, 2004: - URL: <https://scholar.google.ru>. – (дата обращения: 10.09.2020). – Режим доступа: свободный.
4. **База American Chemical Society (ACS):** Некоммерческое научное издательство. – Американское химическое общество, 2021. – URL: <http://pubs.acs.org> (дата обращения: 11.09.2020). – Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
5. **Электронная версия базы данных ECS издательства Electrochemical Society:** Научное издательство IOP Publishing, 2021. – URL: <https://iopscience.iop.org/partner/ecs> (дата обращения: 29.09.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ
6. **Издательство Springer:** сайт. – URL: <http://link.springer.com> (дата обращения: 29.09.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
7. **SCOPUS: Библиографическая и реферативная база данных научной периодики:** сайт. – URL: [www.scopus.com/](http://www.scopus.com/) (дата обращения: 20.09.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
8. **Научометрическая база данных Web of Science:** Сайт. – Компания Clarivate, 2021. – URL: <http://apps.webofknowledge.com> (дата обращения: 29.09.2020). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации обучения используется **смешанное обучение** (основано на интеграции технологий традиционного и электронного обучения, замещении части традиционных учебных форм занятий формами и видами взаимодействия в электронной образовательной среде).

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС (<http://orioks.miet.ru>).

Для взаимодействия студентов с преподавателем используются сервисы обратной связи: раздел ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта.

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Перечень программного обеспечения
Учебная аудитория № 4133 «Лаборатория электронных приборов и оборудования»	Лабораторные стенды: - Калибровка средств измерения температуры. - Поверка высокоточных средств измерения температуры. - Воспроизведение реперных точек МТШ-90.	ОС Microsoft Windows, MS Office, Браузер
Учебная аудитория № 4134 «Лаборатория НИРС»	Компьютер, проекционная установка VIEWSONIC PRO-8500.	ОС Microsoft Windows, MS Office
Помещение для самостоятельной работы	Помещение, оснащенное компьютерной техникой, с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду МИЭТ	ОС Microsoft Windows, MS Office, Браузер

## 10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

1. ФОС по подкомпетенции **ПК-1.ТМ** «Способен формулировать цели и задачи научных исследований в области электронных сенсорных структур».

2. ФОС по подкомпетенции **ПК-2.ТМ** «Способен разрабатывать и обеспечивать жизненный цикл термометрических систем».

Фонды оценочных средств представлены отдельными документами и размещены в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>.

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 11.1. Особенности организации процесса обучения

Дисциплина «Термометрия. Средства и методы измерения и стабилизации температуры» состоит из шести модулей. Первый модуль является базой для изучения последующих. Второй модуль дает представление о реализации единства измерения температуры. В Третьем модуле рассматриваются основные проблемы современной термометрии и классифицируются методы измерения температуры. Рассматриваются средства контактного измерения температуры. В Четвертом модуле представлена

классификация датчиков, рассматриваются основные датчики температуры и принципы их функционирования. Определяются материаловедческие особенности термометрических материалов.

Студенты должны осуществлять поиск дополнительной информации по темам семинаров в научных источниках с последующим обсуждением результатов поиска с преподавателем и одногруппниками.

Приступать к лабораторным работам необходимо после изучения теоретического материала, рекомендованного преподавателем в рамках самостоятельной работы и изучения описания соответствующей лабораторной работы. Студенты получают допуск к лабораторной работе после ознакомления с описанием лабораторной работы. Для получения допуска необходимо правильно ответить на контрольные вопросы к теоретической части, приведенные в конце описания лабораторной работы.

Выполнение индивидуального задания на СРС предполагает формирование у обучающихся подкомпетенций по индикаторам умений и приобретения опыта деятельности. Оно включает в себя изучение методов и средств измерения температуры, методик поверки и калибровки датчиков температуры. Контроль выполнения студентами индивидуального задания проводится на семинарах. Студенты выступают с докладом на семинаре, излагая содержание проделанной работы, анализируя различные аспекты освещаемой проблемы, происходит обсуждение информации в формате научной дискуссии.

Подготовкой материалов для итоговой аттестации необходимо начать заниматься с первых дней семестра, не уstraиваться от активного участия в активных видах занятий. Студентам рекомендуется активно посещать предусмотренные расписанием консультации с преподавателем. Студенты должны осуществить поиск дополнительной информации по темам семинаров в научных источниках (рекомендованных ПБД и ИСС) с последующим обсуждением результатов поиска с преподавателем и одногруппниками.

### 11.2. Система контроля и оценивания

По завершению изучения дисциплины предусмотрен *зачёт с оценкой*, при этом оценка итогов учебной деятельности студента основана на накопительно – балльной системе. Для сдачи зачёта с оценкой по дисциплине разработан ФОС, включающие практико-ориентированное задание по проверке сформированности подкомпетенций с методическими указаниями по их выполнению и критериями оценки.

Структура и график контрольных мероприятий приведены в журнале успеваемости на ОРИОКС (<http://orioks.miet.ru/>).

При выставлении итоговой оценки используется шкала, приведенная в таблице:

Сумма баллов	Оценка
Менее 50	2
50 – 69	3
70 – 85	4
86 – 100	5

### РАЗРАБОТЧИК:

Профессор Института ПИМТ, д.т.н., доц.

 Ю.И. Штерн

Рабочая программа дисциплины «Термометрия. Средства и методы измерения и стабилизации температуры» по направлению подготовки – 11.04.04 «Электроника и микроэлектроника», направленности (профилю) – «Микроэлектроника и твердотельная электроника» разработана в Институте перспективных материалов и технологий и утверждена на заседании Ученого совета Института ПМТ 30 сентября 2020 года, протокол № 39.

Зам. директора Института ПМТ \_\_\_\_\_



/ А.В. Железнякова /

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК \_\_\_\_\_



/ И.М.Никулина /

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки \_\_\_\_\_



/ Т.П.Филиппова /