

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Смирнов Сергей Николаевич  
Должность: врио ректора  
Дата подписания: 10.08.2023 16:24:46  
Уникальный программный ключ:  
69e375c64f7e975d4e8830e7b4fcc2ad1bf35f08

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет»

Утверждаю:

Руководитель ООП

Б.Б.Педько



«30»

мая

2023 г.

Рабочая программа дисциплины (с аннотацией)

**Преобразователи физических величин**

Направление подготовки

03.03.03 Радиофизика

профиль

Физика и технология материалов и устройств радиоэлектроники

Для студентов

3 курса, очной формы обучения

Составитель: к.ф.-м.н. Третьяков С.А.,

Зигерт А.Д.

Тверь, 2023

## **I. Аннотация**

### **1. Цель и задачи дисциплины**

**Целью** освоения дисциплины является: изучение принципов действия измерительных преобразователей физических величин и их применение в физическом эксперименте и в технических целях. Необходимость изучения вопросов программы обусловлена бурным развитием вычислительной техники и связанных с нею измерительных систем и комплексов, начальным и неотъемлемым звеном которых являются первичные датчики - измерительные преобразователи физических величин. В курсе применена классификация преобразователей по принципу используемого физического явления или эффекта.

**Задачами** освоения дисциплины являются: приобретение знаний о современном состоянии теории и технических приложений преобразователей физических величин, необходимых для решения научно-исследовательских экспериментальных и технических задач, навыки расчета, моделирования, практической работы с преобразователями физических величин.

### **2. Место дисциплины в структуре ООП**

Дисциплина «Преобразователи физических величин» изучается в Блоке 1. Дисциплины части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений. Для успешного освоения данной дисциплины необходимы знания, полученные в рамках общего курса физики, курсов электродинамики, физики твердого тела и оптики полупроводников, диэлектриков, металлов, а также математических дисциплин — линейной алгебры, математического анализа, теории функций комплексного переменного.

Дисциплина «Преобразователи физических величин» будет основой выполнения научно-исследовательской работы и прохождения преддипломной практики. Полученные знания в последующем используются при выполнении выпускной квалификационной работы, а также в дальнейшей трудовой деятельности.

**3. Объем дисциплины:** 3 зачетные единицы, 108 академических часов, в

том числе:

**контактная аудиторная работа:** лекции 17 часов, лабораторные работы 34 часа;

**самостоятельная работа:** 57 часов.

**4. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Планируемые результаты освоения образовательной программы (формируемые компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач.	УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие. УК-1.3. Осуществляет поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов.
ПК-2. Способен осуществлять техническое обслуживание радиоэлектронной аппаратуры.	ПК-2.3. Осуществляет настройку радиоэлектронной аппаратуры.
ПК-4. Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по отдельным разделам темы.	ПК-4.1. Осуществляет сбор, обработку, анализ и обобщение передового отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований. ПК-4.2. Применяет методы анализа научно-технической информации.

**5. Форма промежуточной аттестации и семестр прохождения**

Зачет в 5 семестре.

**6. Язык преподавания:** русский.

**II. Содержание дисциплины, структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.**

**1. Для студентов очной формы обучения**

Учебная программа – наименование разделов и тем	Всего (час.)	Контактная работа (час.)			Самостоятельная работа, в том числе Контроль (час.)
		Лекции	Лабораторные работы	Контроль самостоятельной работы (в том числе курсовая работа)	

		всего	в т.ч. ПП	всего	в т.ч. ПП		
<b>1. Введение.</b> Основные понятия и определения. Физические принципы классификации преобразователей. Пассивные и активные преобразователи.	7	1					6
<b>2. Резистивные преобразователи</b> • Принцип действия, общие свойства, область применения. Реостатные преобразователи. Тензопреобразователи.	12	2		4			6
<b>3. Индукционные преобразователи</b> • Физические принципы классификации. Активные и пассивные индукционные преобразователи и их уравнение преобразования.	12	2		4			6
<b>4. Четные и нечетные гальвано-магнитные эффекты и преобразователи на их основе.</b> Квантовый эффект Холла и его применение	12	2		4			6
<b>5. Магнитомеханические преобразователи.</b>	12	2		4			6

Принципы классификации. Магнитные стрелки и весы. Устройство и область применения							
<b>6. Емкостные преобразователи</b> • Уравнения преобразования. Численные методы расчета емкости с учетом краевых эффектов. Устройство и область применения.	14	2		6			6
7. Магнитострикционный эффект и его применение в преобразователях перемещения.		2		4			7
8. Ядерный магнитный резонанс и квантовые преобразователи на основе свободной ядерной прецессии.	13	2		4			7
<b>9. Аналоговые и цифровые методы обработки измерительной информации.</b> Аналогоцифровые и цифроаналоговые преобразователи. Ввод, обработка и вывод информации с помощью ЭВМ. Измерительные информационные системы.	13	2		4			7

ИТОГО	108	17		34		57
-------	-----	----	--	----	--	----

### III. Образовательные технологии

Учебная программа-наименование разделов и тем	Вид занятия	Образовательные технологии
<b>1. Введение.</b> Основные понятия и определения. Физические принципы классификации преобразователей. Пассивные и активные преобразователи.	<i>Лекция,</i>	<i>Активное слушание. Решение индивидуальных задач</i>
<b>2. Резистивные преобразователи.</b> Принцип действия, общие свойства, область применения. Реостатные преобразователи. Тензопреобразователи.	<i>Лекция, Лабораторные работы</i>	<i>Активное слушание. Решение индивидуальных задач Технологии развития критического мышления</i>
<b>3. Индукционные преобразователи.</b> Физические принципы классификации. Активные и пассивные индукционные преобразователи и их уравнение преобразования.	<i>Лекция, Лабораторные работы</i>	<i>Активное слушание. Решение индивидуальных задач Технологии развития критического мышления</i>
<b>4. Четные и нечетные гальваномагнитные эффекты и преобразователи на их основе.</b> Квантовый эффект Холла и его применение	<i>Лекция, Лабораторные работы</i>	<i>Активное слушание. Решение индивидуальных задач Технологии развития критического мышления</i>
<b>5. Магнитомеханические преобразователи.</b> Принципы классификации. Магнитные стрелки и весы. Устройство и область применения	<i>Лекция, Лабораторные работы</i>	<i>Активное слушание. Решение индивидуальных задач Технологии развития критического мышления</i>
<b>6. Емкостные преобразователи.</b> Уравнения преобразования. Численные методы расчета емкости с учетом краевых эффектов. Устройство и область применения.	<i>Лекция, Лабораторные работы</i>	<i>Активное слушание. Решение индивидуальных задач Технологии развития критического мышления</i>
<b>7. Магнитострикционный эффект и его применение в преобразователях перемещения.</b>	<i>Лекция, Лабораторные работы</i>	<i>Активное слушание. Решение индивидуальных задач Технологии развития критического мышления</i>

8. Ядерный магнитный резонанс и квантовые преобразователи на основе свободной ядерной прецессии.	Лекция, работы	Лабораторные	Активное слушание. Решение индивидуальных задач Технологии развития критического мышления
9. Аналоговые и цифровые методы обработки измерительной информации. Аналогоцифровые и цифроаналоговые преобразователи. Ввод, обработка и вывод информации с помощью ЭВМ. Измерительные информационные системы.	Лекция, работы	Лабораторные	Активное слушание. Решение индивидуальных задач Технологии развития критического мышления

#### IV. Оценочные материалы для проведения текущей и промежуточной аттестации

**Форма проведения зачета:** студенты, освоившие программу курса могут получить оценку по итогам семестровой и полусеместровой рейтинговой аттестации согласно «Положению о рейтинговой системе обучения ТвГУ» (протокол №8 от 30 апреля 2020 г.).

**Для проведения текущей и промежуточной аттестации:**

**УК-1. Способен осуществлять поиск, критический анализ и синтез информации, применять системный подход для решения поставленных задач:**

УК-1.1. Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие.

УК-1.3. Осуществляет поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов.

**Задание:** выполнить лабораторную работу «Датчик Холла»

**Способ аттестации:** защита лабораторной работы

**Критерии оценки:**

<b>Баллы</b>	<b>Критерии оценивания</b>
--------------	----------------------------

<b>Отлично(20 баллов)</b>	<i>Лабораторная работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерении последовательно и правильно</i>
<b>Хорошо(15 баллов)</b>	<i>Обучающийся допустил недочеты или негрубые ошибки, не повлиявшие на результаты выполнения работы</i>
<b>Удовлетворительно(10 баллов)</b>	<i>Результат выполненной части лабораторной работы таков, что позволяет получить правильный вывод, но в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.</i>
<b>Неудовлетворительно(0 баллов)</b>	<i>Результаты выполнения лабораторной работы не позволяют сделать правильный вывод, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно</i>

**ПК-2. Способен осуществлять техническое обслуживание радиоэлектронной аппаратуры:**

ПК-2.3. Осуществляет настройку радиоэлектронной аппаратуры.

**Задание:** выполнить лабораторную работу «Аналогово-цифровые преобразователи»

**Способ аттестации:** защита лабораторной работы

**Критерии оценки:**

<b>Баллы</b>	<b>Критерии оценивания</b>
<b>Отлично(20 баллов)</b>	<i>Лабораторная работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерении последовательно и правильно</i>
<b>Хорошо(15 баллов)</b>	<i>Обучающийся допустил недочеты или негрубые ошибки, не повлиявшие на результаты выполнения работы</i>
<b>Удовлетворительно(10 баллов)</b>	<i>Результат выполненной части лабораторной работы таков, что позволяет получить правильный вывод, но в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.</i>
<b>Неудовлетворительно(0 баллов)</b>	<i>Результаты выполнения лабораторной работы не позволяют сделать правильный вывод, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно</i>



**ПК-4. Способен проводить научно-исследовательские и опытно-конструкторские разработки по отдельным разделам темы:**

ПК-4.1. Осуществляет сбор, обработку, анализ и обобщение передового отечественного и международного опыта в соответствующей области исследований.

ПК-4.2. Применяет методы анализа научно-технической информации.

**Задание:** выполнить лабораторную работу «Магнитный гистерезис»

**Способ аттестации:** защита лабораторной работы

**Критерии оценки:**

<b>Баллы</b>	<b>Критерии оценивания</b>
<b>Отлично(20 баллов)</b>	<i>Лабораторная работа выполнена в полном объеме с соблюдением необходимой последовательности проведения опытов и измерении последовательно и правильно</i>
<b>Хорошо(15 баллов)</b>	<i>Обучающийся допустил недочеты или негрубые ошибки, не повлиявшие на результаты выполнения работы</i>
<b>Удовлетворительно(10 баллов)</b>	<i>Результат выполненной части лабораторной работы таков, что позволяет получить правильный вывод, но в ходе проведения опыта и измерений были допущены ошибки.</i>
<b>Неудовлетворительно(0 баллов)</b>	<i>Результаты выполнения лабораторной работы не позволяют сделать правильный вывод, измерения, вычисления, наблюдения производились неправильно</i>

**V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

а) основная литература:

1. Дресвянников А. Ф. Эталоны физических величин: учебное пособие. - Казань: Издательство КНИТУ, 2013. - 144 с. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=258435>
2. Общая энергетика: учебник: в 2 кн. / В.П. Горелов, С.В. Горелов, В.С. Горелов и др. ; под ред. В.П. Горелова, Е.В. Ивановой. - М.; Берлин: Директ-Медиа, 2016. - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=447693>

б) дополнительная литература:

1. Иванов И. М. Основы радиотехники: учебное пособие. - М. : Альтаир : МГАВТ, 2014. - 146 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=430311>

2) Программное обеспечение

а) Лицензионное программное обеспечение

ZetLab, Avideo

б) Свободно распространяемое программное обеспечение

3) Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы

1.ЭБС«ZNANIUM.COM» [www.znanium.com](http://www.znanium.com);

2.ЭБС «Университетская библиотека онлайн»<https://biblioclub.ru/>;

3.ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com>

4) Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

## **VI. Методические материалы для обучающихся по освоению дисциплины**

### ***1. Задания для самостоятельной работы:***

- Новые виды магнитоэлектрических гетероструктур для преобразователей магнитного поля

-Микросистемы «лаборатория на чипе» (Lab-on-a-chip) – достижения и тенденции развития

- Микроэлектромеханические системы – достижения и тенденции развития

- Магнитометрия слабых магнитных полей и её технические применения

- Микромощные автономные преобразователи энергии

- Визуализация микрораспределений магнитного поля с помощью индикаторных сред

- Тепловизионный контроль температурного режима электромеханических приводов (актюаторов)

- Тепловизионный контроль электронных блоков вторичных преобразователей

## 2. план практических работ

- Резистивные преобразователи.

- Индукционные преобразователи.

- Четные и нечетные гальваномагнитные эффекты и преобразователи на их основе.

- Магнитомеханические преобразователи.

- Емкостные преобразователи.

- Магнитострикционный эффект и его применение в преобразователях перемещения.

- Ядерный магнитный резонанс и квантовые преобразователи на основе свободной ядерной прецессии.

- Аналоговые и цифровые методы обработки измерительной информации.

## 3. план лабораторных работ

Преобразователи Холла.

Магниторезистивный эффект и магниторезисторы

Тензорезисторы

Емкостные преобразователи

Полупроводниковые термометры.

Термоэлектрические преобразователи.

Квантовые преобразователи на основе свободной ядерной прецессии.

## 4. Методические рекомендации

Предметом оценки является подготовка студентов к занятиям, работа студентов на практических и лабораторных занятиях, выполнение ими тестовых заданий.

Оценки успеваемости студентов проходит в модульную неделю в соответствии с графиком учебного процесса.

Практические задания по демонстрации компетенций заключаются в устных или письменных ответах на поставленные преподавателем или составленным самими студентами вопросы (традиционные или в форме тестов). При этом оценивается обоснованность ответа, ясность и последовательность изложения мысли. Такая демонстрация компетенций проверяет уровень владения теоретическим и практическим материалом.

## 5. Типовые тесты

### 1. Безразмерная физическая величина - это

1.1. физическая величина, в размерности которой основные величины входят в нулевой степени

1.2. физическая величина, в размерности которой основные величины входят в первой степени

1.3. физическая величина, размерность которой не зависит от других величин

### 2. Абсолютная погрешность средства измерения - это

2.1. погрешность средства измерения, определяемая в нормальных условиях его применения

2.2. погрешность средства измерения, выраженная в единицах измеряемой физической величины

2.3. составляющая погрешности измерений, принимаемая постоянной или закономерно изменяющейся

3. Чем объясняется изменение активного сопротивления при деформации тензорезисторных преобразователей?

3.1. изменением удельного электросопротивления под действием упругих напряжений

3.2. изменением геометрических размеров преобразователя

3.3. изменением удельного электросопротивления и изменением геометрических размеров

### 4. Чувствительность пассивного индукционного преобразователя

4.1. не зависит от частоты измеряемого магнитного поля

4.2. повышается при увеличении частоты

4.3. понижается при увеличении частоты

5. Активный индукционный преобразователь с вращающейся измерительной катушкой относится к преобразователям

5.1. s-типа

5.2.  $\alpha$ -типа

5.3.  $\mu$ -типа

6. Принцип действия преобразователей Холла основан на .....

6.1. изменении внутреннего сопротивления в магнитном поле вследствие изменения подвижности носителей заряда

6.2. появлении поперечной разности потенциалов на краях проводящей пластины с током при воздействии магнитного поля

6.3. появлении продольной разности потенциалов на краях проводящей пластины с током при воздействии магнитного поля

7. Преобразователи Холла являются

7.1. модульными преобразователями

7.2. указателями направления магнитного поля

7.3. компонентными (векторными) преобразователями

8. Магниторезисторный преобразователи являются

8.1. модульными преобразователями

8.2. указателями направления магнитного поля

8.3. компонентными (векторными) преобразователями

9. Мостовая схема подключения тензорезисторов применяется для

9.1. повышения уровня выходного сигнала

9.2. компенсации погрешностей, обусловленных изменениями температуры

9.3. повышения чувствительности

10. Частным параметром ёмкостного преобразователя является

10.1. напряжение на обкладках конденсатора

10.2. диэлектрическая проницаемость вещества в рабочем зазоре

### 10.3. частота питающего напряжения

6. Промежуточный контроль проводится в форме экзамена, который включает письменные

или устные ответы на теоретические вопросы.

Вопросы к зачету:

1. Передаточные характеристики чётных и нечётных преобразователей.

2. Методы измерений малых изменений электросопротивления (на примере мостовых схем

2. Методы измерений малых изменений электроёмкости (на примере ёмкостных преобразователей

3. Предельные измерения в физике

4. Цифровые многофункциональные осциллографы.

5. Синхронное детектирование измерительных сигналов с низкими значениями соотношения сигнал/шум.

6. Магнитомягкие магнитные материалы и их характеристики.

7. Пьезоэлектрические и пирозэлектрические преобразователи.

7. Требования к рейтинг-контролю

Оценка знаний студентов осуществляется по результатам успеваемости и оценивается по 100 – бальной системе. Семестр делится на два модуля.

В каждом модуле студент может набрать максимально по 50 баллов. Если обучающийся набирает более 40 баллов, то получает зачет на последней неделе обучения. Если обучающийся набирает менее 40 баллов, то сдает зачет на зачетной неделе.

## VII. Материально-техническое обеспечение

Наименование специальных помещений	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового	1 Экран настенный Screen Media 153x203 2. Комплект учебной мебели на 24 посадочных места 3. Меловая доска	Microsoft Windows 10 Enterprise MS Office 365 pro plus - Акт на передачу прав № Acrobat Reader DC -

<p>проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Лекционная аудитория № 28 (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<p>4. Переносной ноутбук 5. проектор EPSON EB-X05 с потолочным креплением</p>	<p>бесплатно Google Chrome – бесплатно</p>
<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Учебная аудитория № 25а (170002 Тверская обл., г. Тверь, Садовый пер., д. 35)</p>	<p>1. Вольтметр цифровой В7-78/2 2. Осциллограф цифровой WA 102 (2 шт.) 3. Ноутбук DELL Ispiron 1300 (1.7 GHz) 15.4WXGA. 512MB. 80GB 4. Генератор сигналов PCG 10A 5. Источник питания PCS 64i 6. Муфельная печь МИМП-3П 7. Осциллограф двухканальный PCS 500 А 8. Источник питания Б5-49 9. Источник питания Б5-50 10. Генератор Г3-33 2шт 11. Генератор Г3-109 12. Генератор Г4-109 13. Калибратор фазы Ф1-4 14. Селективный микровольтметр В6-9 15. Осциллограф С1-72 2шт 16. Осциллограф С-1-73</p>	

### **VIII. Сведения об обновлении рабочей программы дисциплины**

№ п.п.	Обновленный раздел рабочей программы дисциплины	Описание внесенных изменений	Реквизиты документа, утвердившего изменения
1.			
2.			