

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**  
**(РУТ (МИИТ))**



Рабочая программа дисциплины (модуля),  
как компонент образовательной программы  
высшего образования - программы бакалавриата  
по направлению подготовки  
15.03.06 Мехатроника и робототехника,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Датчики и основы измерений**

Направление подготовки: 15.03.06 Мехатроника и робототехника

Направленность (профиль): Автоматизация и роботизация  
технологических процессов

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде  
электронного документа выгружена из единой  
корпоративной информационной системы управления  
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)  
ID подписи: 610876  
Подписал: заведующий кафедрой Григорьев Павел  
Александрович  
Дата: 01.06.2025

## 1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целями дисциплины (модуля) является:

- формирование знаний о принципах работы, характеристиках и методах применения датчиков в мехатронных и робототехнических системах;
- развитие навыков комплексной настройки, интеграции и диагностики датчиков в составе робототехнических систем с использованием программного обеспечения контроллеров и управляющих ЭВМ.

Задачами дисциплины (модуля) является:

- изучение основных типов датчиков, их физических принципов работы, метрологических характеристик и областей применения;
- освоение методик обработки и интерпретации сигналов датчиков, включая фильтрацию, калибровку и преобразование данных в цифровую форму;
- приобретение практических навыков подключения, настройки и тестирования датчиков в составе мехатронных систем;
- формирование умения анализировать погрешности измерений, устранять неисправности в измерительных цепях и интегрировать датчики с управляющим ПО.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

**ОПК-12** - Способен участвовать в монтаже, наладке, настройке и сдаче в эксплуатацию опытных образцов мехатронных и робототехнических систем, их подсистем и отдельных модулей;

**ПК-2** - Способен производить комплексную настройку мехатронных и робототехнических систем, используя программное обеспечение контроллеров и управляющих ЭВМ, их систем управления .

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

**Знать:**

- основные типы датчиков и их физические принципы работы;
- метрологические характеристики датчиков;
- методы обработки сигналов;
- основы метрологии: виды погрешностей, способы их минимизации, стандарты измерений;

- принципы интеграции датчиков в мехатронные системы: требования к совместимости, управляющее ПО.

**Уметь:**

- выбирать датчики под конкретные задачи робототехники, учитывая условия эксплуатации и технические требования;

- подключать и настраивать датчики с использованием аналоговых/цифровых интерфейсов;

- анализировать погрешности измерений и устранять неисправности в измерительных цепях;

- интегрировать датчики в робототехнические системы через программные платформы;

- применять датчики в реальных проектах.

**Владеть:**

- навыками работы с ПО для настройки контроллеров;

- методами калибровки датчиков с использованием эталонных источников сигналов;

- практикой сборки и отладки измерительных подсистем: от датчика до управляющего алгоритма;

- опытом работы с промышленными стандартами:.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 3 з.е. (108 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Семестр №4
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	64	64
В том числе:		
Занятия лекционного типа	32	32
Занятия семинарского типа	32	32

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с

педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 44 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля).

##### 4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	<p><b>Введение в измерительные системы</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные понятия метрологии: измерения, точность, погрешности;</li> <li>- классификация датчиков: активные/пассивные, аналоговые/цифровые, контактные/бесконтактные;</li> <li>- роль датчиков в автоматизированных системах и робототехнике.</li> </ul>
2	<p><b>Основы метрологии и обработки сигналов</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- погрешности измерений: систематические, случайные, методические;</li> <li>- статические и динамические характеристики датчиков (чувствительность, линейность, гистерезис);</li> <li>- аналоговая и цифровая обработка сигналов (фильтрация, усиление, АЦП/ЦАП).</li> </ul>
3	<p><b>Датчики температуры</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципы работы: термопары, терморезисторы (NTC, PTC), полупроводниковые датчики;</li> <li>- калибровка и компенсация погрешностей;</li> <li>- применение в промышленности и робототехнике (тепловые режимы двигателей, экзоскелеты).</li> </ul>
4	<p><b>Датчики давления и силы</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- типы датчиков давления: пьезоэлектрические, тензометрические, емкостные;</li> <li>- датчики силы и нагрузки: тензодатчики, пьезорезистивные элементы;</li> <li>- использование в роботизированных захватах и промышленных системах.</li> </ul>
5	<p><b>Датчики положения и перемещения</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- потенциометры, индуктивные и емкостные датчики;</li> <li>- оптические энкодеры (инкрементальные и абсолютные);</li> <li>- применение в сервоприводах и CNC-станках.</li> </ul>
6	<p><b>Бесконтактные датчики положения</b></p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- магнитные датчики (эффект Холла, магниторезистивные);</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ультразвуковые и емкостные датчики;</li> <li>- использование в автономных роботах и системах безопасности.</li> </ul>
7	<b>Инерциальные датчики</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- акселерометры: принцип работы, MEMS-технологии;</li> <li>- гироскопы: механические, оптические, MEMS;</li> <li>- применение в навигации дронов и стабилизации платформ.</li> </ul>
8	<b>Оптические и лазерные датчики</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- фоторезисторы, фотодиоды, ИК-датчики;</li> <li>- лидары и времяпролетные (ToF) датчики;</li> <li>- роль в компьютерном зрении и автономных транспортных средствах.</li> </ul>
9	<b>Датчики приближения и расстояния</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- индуктивные, емкостные, ультразвуковые датчики;</li> <li>- лазерные дальнометры (триангуляционные, фазовые);</li> <li>- применение в робототехнике (избегание препятствий, позиционирование).</li> </ul>
10	<b>Датчики тока и напряжения</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- шунты, трансформаторы тока, датчики на эффекте Холла;</li> <li>- гальваническая развязка в измерительных цепях;</li> <li>- мониторинг энергопотребления в мехатронных системах.</li> </ul>
11	<b>Химические и газовые датчики</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- электрохимические, полупроводниковые, оптические газоанализаторы;</li> <li>- датчики влажности (емкостные, резистивные);</li> <li>- использование в экологическом мониторинге и "умных" теплицах.</li> </ul>
12	<b>Тактильные и гибкие датчики</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- резистивные и емкостные сенсоры давления;</li> <li>- растяжимые датчики для мягкой робототехники;</li> <li>- применение в протезировании и человеко-машинном интерфейсе.</li> </ul>
13	<b>Калибровка и тестирование датчиков</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы калибровки: статические и динамические;</li> <li>- эталонные источники сигналов (температура, давление, сила);</li> <li>- автоматизированные системы поверки (на примере LabVIEW)</li> </ul>
14	<b>Интерфейсы датчиков</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- аналоговые интерфейсы (0–10 В, 4–20 мА);</li> <li>- цифровые протоколы: I2C, SPI, UART, CAN, IO-Link;</li> <li>- беспроводные технологии (Bluetooth, Zigbee, LoRa).</li> </ul>
15	<b>Сенсорные системы в робототехнике</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- архитектура сенсорных сетей (централизованные vs распределенные);</li> <li>- сенсорная интеграция в ROS (Robot Operating System);</li> <li>- примеры: датчики промышленных роботов, автономных машин.</li> </ul>
16	<b>Тренды и перспективы</b> Рассматриваемые вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- нейросенсорика и биоинспирированные датчики;</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- "умная пыль" (Smart Dust) и IoT-сенсоры; - кейсы применения в Industry 4.0 и медицинской робототехнике.

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	<b>Основы работы с аналоговыми и цифровыми датчиками</b> Цель: Изучение различий аналоговых и цифровых интерфейсов датчиков. Описание: Подключение аналогового (LM35, потенциометр) и цифрового (DHT22) датчиков к Arduino, сравнение точности и скорости передачи данных. Продуктовый результат: Графики зависимости показаний от времени для обоих типов датч
2	<b>Датчики температуры и влажности</b> Цель: Освоение методов измерения температуры/влажности. Описание: Использование DHT22 (Arduino) и BME280 (ESP32) с передачей данных в Serial-монитор/ThingSpeak, калибровка датчика путем сравнения с эталонным термометром. Продуктовый результат: Таблица с погрешностями и графики суточных колебаний.
3	<b>Датчики давления и высоты</b> Цель: Измерение атмосферного давления и расчет высоты. Описание: Подключение BMP280 (Raspberry Pi) и MPL3115A2 (ESP32), сравнение данных с метеостанции. Продуктовый результат: График зависимости давления от высоты (для дронов)
4	<b>Оптические датчики (освещенность, ИК)</b> Цель: Работа с фоторезисторами и ИК-датчиками. Описание: Сборка системы автоматического освещения на LDR (Arduino), детекция препятствий с помощью TCRT5000 (робототехника). Продуктовый результат: Пороговые значения срабатывания в люксах.
5	<b>Датчики тока и напряжения</b> Цель: Мониторинг энергопотребления. Описание: Измерение тока двигателя через ACS712 (Arduino), визуализация данных в Grafana (Raspberry Pi). Продуктовый результат: График нагрузки при разной скорости вращения.
6	<b>Инерциальные датчики (акселерометр, гироскоп)</b> Цель: Ориентация в пространстве. Описание: Подключение MPU6050 (ESP32) для стабилизации квадрокоптера, фильтрация шумов (комплементарный фильтр). Продуктовый результат: Графики углов наклона по 3 осям.
7	<b>Ультразвуковые датчики расстояния</b> Цель: Измерение дистанции до объектов. Описание: Создание парковочного радара на HC-SR04 (Arduino), интеграция с ROS для мобильного робота (Raspberry Pi). Продуктовый результат: Таблица точности на разных расстояниях.
8	<b>Магнитные датчики (эффект Холла)</b> Цель: Детекция положения и скорости. Описание: Подсчет оборотов колеса с помощью A3144 (Arduino), калибровка датчика для энкодера. Продуктовый результат: График RPM (оборотов в минуту)
9	<b>Газовые датчики (CO?, летучие соединения)</b> Цель: Мониторинг качества воздуха.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	Описание: Использование MQ-135 (ESP32) для детекции CO <sub>2</sub> , передача данных в мобильное приложение (Blynk). Продуктовый результат: Карта загрязнения помещения.
10	Тактильные датчики (FSR, тензодатчики) Цель: Измерение силы нажатия. Описание: Калибровка FSR (Arduino) для роботизированного захвата, создание простого весового модуля. Продуктовый результат: Градуировочная кривая "сила-сопротивление".
11	Емкостные сенсоры Цель: Бесконтактное детектирование. Описание: Реализация touch-кнопки на ESP32, измерение уровня жидкости через емкостной датчик. Продуктовый результат: Пороговые значения срабатывания.
12	Радиолокационные датчики (mmWave, ToF) Цель: Обнаружение движения. Описание: Настройка датчика присутствия RCWL-0516 (Raspberry Pi), сравнение с PIR-датчиком. Продуктовый результат: Диаграмма зоны детекции.
13	Датчики влажности почвы Цель: Автоматизация полива. Описание: Подключение capacitive soil sensor (Arduino) к системе Smart Farming, калибровка для разных типов грунта. Продуктовый результат: Таблица "влажность-сопротивление".
14	Сенсорные сети (Wireless Sensor Networks) Цель: Построение распределенной системы. Описание: Развертывание сети датчиков (ESP32 + LoRa), агрегация данных на сервере (Raspberry Pi). Продуктовый результат: Карта покрытия и RSSI.
15	Калибровка датчиков Цель: Проверка точности. Описание: Сравнение показаний DS18B20 с эталонным термометром, коррекция коэффициентов в прошивке. Продуктовый результат: Отчет с погрешностями до/после калибровки.
16	Интеграция датчиков Цель: Управление роботом через сенсоры. Описание: Подключение лидара RPLIDAR A1 к Raspberry Pi, построение карты помещения в RViz. Продуктовый результат: Видеодемонстрация SLAM.

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Подготовка к лабораторным работам.
2	Изучение дополнительной литературы.
3	Подготовка к промежуточной аттестации.
4	Подготовка к текущему контролю.

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Музипов, Х. Н. Микроэлектронные датчики и оптические средства контроля : учебное пособие / Х. Н. Музипов, О. Н. Кузяков. — Тюмень : ТИУ, 2013. — 202 с. — ISBN 978-5-9961-0690-5.	URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/41032">https://e.lanbook.com/book/41032</a> (дата обращения: 06.05.2025). - Текст: электронный.
2	Шалыгин, М. Г. Автоматизация измерений, контроля и испытаний / М. Г. Шалыгин, Я. А. Вавилин. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 172 с. — ISBN 978-5-507-47370-0.	URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/364529">https://e.lanbook.com/book/364529</a> (дата обращения: 06.05.2025).- Текст: электронный.

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

Официальный сайт РУТ (МИИТ) (<https://www.miit.ru/>)

Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (<http://library.miit.ru>)

Образовательная платформа «Юрайт» (<https://urait.ru/>)

Общие информационные, справочные и поисковые «Консультант Плюс» (<http://www.consultant.ru/>)

«Гарант» (<http://www.garant.ru/>)

Главная книга (<https://glavkniga.ru/>)

Электронно-библиотечная система издательства (<http://e.lanbook.com/>)

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

KiCad, EasyEDA, Electronics Workbench, Python.

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

1. Рабочее место преподавателя с персональным компьютером, подключённым к сети INTERNET.

2. Программное обеспечение для создания электрических схем.

3. Специализированная лекционная аудитория с мультимедиа аппаратурой.

4. Специализированная аудитория для выполнения лабораторных работ.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 4 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

ассистент кафедры «Наземные  
транспортно-технологические  
средства»

А.С. Бирюков

Согласовано:

Заведующий кафедрой НТТС

П.А. Григорьев

Председатель учебно-методической  
комиссии

С.В. Володин