

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>Введение в измерительные системы</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основные понятия метрологии: измерения, точность, погрешности; - классификация датчиков: активные/пассивные, аналоговые/цифровые, контактные/бесконтактные; - роль датчиков в автоматизированных системах и робототехнике.
2	<p>Основы метрологии и обработки сигналов</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - погрешности измерений: систематические, случайные, методические; - статические и динамические характеристики датчиков (чувствительность, линейность, гистерезис); - аналоговая и цифровая обработка сигналов (фильтрация, усиление, АЦП/ЦАП).
3	<p>Датчики температуры</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - принципы работы: термопары, терморезисторы (NTC, PTC), полупроводниковые датчики; - калибровка и компенсация погрешностей; - применение в промышленности и робототехнике (тепловые режимы двигателей, экзоскелеты).
4	<p>Датчики давления и силы</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - типы датчиков давления: пьезоэлектрические, тензометрические, емкостные; - датчики силы и нагрузки: тензодатчики, пьезорезистивные элементы; - использование в роботизированных захватах и промышленных системах.
5	<p>Датчики положения и перемещения</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - потенциометры, индуктивные и емкостные датчики; - оптические энкодеры (инкрементальные и абсолютные); - применение в сервоприводах и CNC-станках.
6	<p>Бесконтактные датчики положения</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - магнитные датчики (эффект Холла, магниторезистивные);

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

№ 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	Основы работы с аналоговыми и цифровыми датчиками 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	Датчики температуры и влажности 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	Датчики давления и высоты 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	Оптические датчики (освещенность, ИК) 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	Датчики тока и напряжения 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	Инерциальные датчики (акселерометр, гироскоп) Цель: Ориентация в пространстве. Описание: Подключение MPU6050 (ESP32) для стабилизации квадрокоптера, фильтрация шумов (комплементарный фильтр). Продуктовый результат: Графики углов наклона по 3 осям.
7	Ультразвуковые датчики расстояния 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	Магнитные датчики (эффект Холла) 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	Газовые датчики (CO?, летучие соединения) Цель: Мониторинг качества воздуха.

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	Описание: Использование MQ-135 (ESP32) для детекции CO ₂ , 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: https://e.lanbook.com/book/41032 (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: https://e.lanbook.com/book/364529 (дата обращения: 06.05.2025).- Текст: электронный.
3	Смирнов, Ю. А. Контроль и метрологическое обеспечение средств и систем автоматизации. Технические измерения и приборы : учебное пособие / Ю. А. Смирнов. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2024. — 252 с. — ISBN 978-5-507-50141-0.	URL: https://e.lanbook.com/book/412220 (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/>)

Электронно-библиотечная система ibooks.ru (<http://ibooks.ru/>)

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:

А.С. Бирюков

Согласовано:

Заведующий кафедрой НТТС

П.А. Григорьев

Председатель учебно-методической
комиссии

С.В. Володин