

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению практических работ
по дисциплине «Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков
научно-исследовательской работы)
» для студентов направления подготовки 09.03.04 Программная инженерия
Направленность (профиль)
«Инженерия сложных программных систем»

Ставрополь 2026

Содержание

Введение.....	3
Практическая работа №1.....	6
Практическое занятие №2.....	25
Практическое занятие №3.....	42
Практическое занятие №4.....	65
Практическое занятие №5.....	84
Практическое занятие №6.....	103
Практическое занятие №8.....	148
Практическое занятие №9.....	171

Введение

Дисциплина «Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)» является первой практикой, где студент погружается в полный цикл научного исследования с использованием цифровых датчиков и методов обработки данных.

Цель практики - сформировать у студентов первичные навыки научно-исследовательской работы в области программной инженерии, включая постановку физического эксперимента, сбор и обработку данных, математическое моделирование, а также оформление результатов в виде научной статьи (тезисов) и их публичную защиту.

Задачи дисциплины:

1. Изучить структуру научного исследования и научной статьи (IMRaD).
2. Освоить работу с наукометрическими базами данных и поиск научной литературы.
3. Изучить классификацию и основные характеристики физических датчиков.
4. Научиться работать с измерительным оборудованием и/или симуляцией датчиков.
5. Освоить методы статистической обработки данных (среднее, дисперсия, СКО, доверительный интервал).
6. Реализовать алгоритмы фильтрации шумов (скользящее среднее, медианный фильтр, экспоненциальное сглаживание).
7. Научиться строить математические модели физических процессов и реализовывать их численное решение.
8. Овладеть методом наименьших квадратов (МНК) для аппроксимации экспериментальных данных.
9. Оформить результаты исследования в виде научной статьи (тезисов) и презентовать их.

Последовательность практических работ построена как сквозной исследовательский проект:

№	Тема занятия	Что осваиваем
1	Введение в научное исследование. Структура научной статьи	Структура НИР и статьи, формулировка темы и гипотезы

№	Тема занятия	Что осваиваем
2	Поиск и аннотирование научной литературы	Работа с РИНЦ, КиберЛенинкой, составление обзора литературы
3	Знакомство с датчиками. Поиск даташитов	Чтение технической документации, анализ характеристик
4	Сбор экспериментальных данных	Логгирование данных с датчика в CSV, первичная визуализация
5	Статистическая обработка данных. Погрешности измерений	Среднее, СКО, доверительный интервал, выбросы
6	Фильтрация шумов. Сравнение методов	Скользящее среднее, медианный фильтр, экспоненциальное сглаживание
7	Построение математической модели и численное решение	Метод Эйлера, сравнение с аналитическим решением
8	Аппроксимация экспериментальных данных (МНК)	Линейная и полиномиальная регрессия, калибровка
9	Оформление научной статьи и презентации	Статья, презентация, защита результатов

Требования к выполнению лабораторных работ:

Каждая работа выполняется индивидуально по выданному варианту.

Отчёт оформляется в виде Jupyter Notebook (.ipynb) или текстового документа с кодом, графиками и выводами.

Код должен быть снабжён комментариями.

Результаты визуализируются с помощью Matplotlib/Seaborn.

Выводы формулируются чётко и аргументированно.

Формат итогового отчёта по дисциплине:

Научная статья (тезисы) по результатам всех лабораторных работ (2–4 страницы).

Презентация (5–7 слайдов).

Публичная защита с ответами на вопросы.

Рекомендации по работе с литературой и источниками:

Поиск даташитов и технической документации - через сайты **ЧИП и ДИП** (chipdip.ru) и **Платан** (platan.ru).

Поиск научных статей - через **РИНЦ** (eLibrary.ru), **КиберЛенинку** (cyberleninka.ru), **Google Scholar** (scholar.google.com).

Оформление списка литературы — по **ГОСТ Р 7.0.100–2018**.

Программное обеспечение (бесплатное, доступное из РФ):

Python 3.x с библиотеками: NumPy, Pandas, Matplotlib, Seaborn, SciPy, scikit-learn.

Среда разработки: Jupyter Notebook, VS Code, PyCharm Community.

Для симуляции датчиков (при отсутствии реального железа) - Python-генераторы данных с шумом.

Практическая работа №1.

Введение в научное исследование. Структура научной статьи

Цель работы: Сформировать представление о структуре научного исследования и научной статьи, выработать навыки выбора темы, формулировки гипотезы и планирования исследования, а также освоить начальные навыки работы с наукометрическими базами данных.

Задачи занятия:

1. Изучить структуру научного исследования и научной статьи (IMRaD).
2. Освоить правила выбора темы научной работы.
3. Научиться формулировать гипотезу исследования.
4. Познакомиться с основами планирования эксперимента.
5. Освоить работу с наукометрическими базами данных (РИНЦ, Google Scholar) для поиска литературы.
6. Выбрать индивидуальную тему исследования и согласовать её с руководителем.

1. Теоретическое обоснование

1.1. Понятие науки и научного исследования

Наука - это система знаний о закономерностях развития природы, общества и мышления, а также отдельная отрасль таких знаний. Научное исследование - это процесс выработки новых научных знаний, один из видов познавательной деятельности.

Основные признаки научного исследования:

- Целенаправленность (наличие четко поставленной цели)
- Воспроизводимость (возможность повторить эксперимент)

- Объективность (независимость от личности исследователя)
- Системность (рассмотрение объекта как системы)
- Доказательность (подтверждение гипотезы фактами)

1.2. Классификация наук

По объекту исследования науки делятся на:

- Естественные (физика, химия, биология) - изучают природу
- Технические (информатика, программная инженерия) - изучают созданные человеком системы
- Общественные (социология, экономика) - изучают общество

По удаленности от практики:

- Фундаментальные - изучают законы природы без прикладной цели
- Прикладные - решают конкретные практические задачи

1.3. Структура научного исследования

Этап	Содержание	Результат
1. Постановка проблемы	Выявление противоречия между имеющимся и желаемым знанием	Сформулированная проблема
2. Формулировка гипотезы	Предположительное объяснение явления	Гипотеза (например: «Показания датчика температуры линейно зависят от температуры среды»)
3. Планирование эксперимента	Определение условий, методов, количества измерений	План эксперимента

4. Проведение эксперимента	Сбор данных, запись результатов	Массив экспериментальных данных
5. Обработка и анализ	Статистическая обработка, визуализация	Выявленные закономерности
6. Проверка гипотезы	Сопоставление результатов с гипотезой	Подтверждение/опровержение гипотезы
7. Формулировка выводов	Обобщение результатов, определение границ применимости	Научные выводы
8. Публикация	Оформление результатов в виде статьи / доклада	Научная публикация

1.4. Понятие научной статьи и её структура (IMRaD)

Научная статья - законченное авторское произведение, содержащее постановку задачи, описание методов и результатов исследования, а также их обсуждение.

Наиболее распространенная структура IMRaD (Introduction, Methods, Results, and Discussion):

Раздел	Содержание	Объём (рекомендуемый)
Название	Краткое, отражающее суть работы (не более 12 слов)	-
Аннотация	Цель, метод, главный результат, область применения	150–250 слов
Ключевые слова	5-7 слов/словосочетаний для индексации	5–7 шт.
Введение	Актуальность, обзор литературы, цель и задачи	10–15% от объёма

	работы	
Методы	Описание экспериментальной установки, методики, алгоритмов	15–20%
Результаты	Основные полученные данные (таблицы, графики)	25–30%
Обсуждение	Интерпретация результатов, сравнение с аналогами, ограничения	20–25%
Заключение	Краткие выводы, возможные направления дальнейших исследований	5–10%
Литература	Список цитируемых источников (≥ 10)	-

1.5. Типы научных публикаций

Тип	Характеристика	Объём	Типичность для бакалавра
Тезисы	Краткое изложение основных положений (без деталей)	1–4 стр.	Самая частая форма студенческих работ
Статья в сборнике конференции	Полнотекстовая публикация по итогам конференции	4–8 стр.	Распространенная форма
Статья в журнале (ВАК)	Рецензируемая публикация, приравненная к	8–12 стр.	Требует глубины, редко для бакалавриата

	диссертации		
Обзорная статья	Анализ и систематизация существующих работ по теме	от 15 стр.	Обычно для магистрантов

1.6. Пошаговый алгоритм подготовки научной публикации от идеи до сдачи



1.7. Требования к оформлению научной статьи (по ГОСТ или стандарту конференции)

Элемент	Требование (типовое)
Формат	A4, книжная ориентация
Поля	20 мм с каждой стороны

Шрифт	Times New Roman, 12 или 14 пт
Межстрочный интервал	1,5
Отступ абзаца	1,25 см
Выравнивание	По ширине
Нумерация страниц	Внизу по центру, начиная со 2-й стр
Рисунки и таблицы	Подписи под рисунком, над таблицей, сквозная нумерация
Литература	ГОСТ Р 7.0.100–2018

2. Практический пример (пошаговое описание по варианту 1, базовый уровень)

Условие варианта 1 (базовый)

Студент получает задание: выбрать тему исследования в области физических измерений (например, температурных, оптических, акустических) и подготовить план-проспект будущей научной статьи.

Шаг 1 - Формулировка проблемы и актуальности

Проблема: Цифровые датчики температуры имеют собственную погрешность и шум, которые необходимо оценивать для повышения точности измерений.

Актуальность: Точные измерения температуры критичны для промышленной автоматизации, систем «умный дом», медицинского оборудования. Оценка и коррекция погрешностей датчиков позволяет повысить качество конечных устройств.

Результат: Формулировка актуальности в 3–4 предложениях.

Шаг 2 - Поиск и анализ литературы

Порядок действий:

1. РИНЦ (eLibrary.ru):

- Войти в <https://elibrary.ru> (регистрация через организацию или бесплатный доступ)
- Ключевые слова: «цифровой датчик температуры», «погрешность измерения», «калибровка датчика»
- Выбрать 3-5 релевантных статей, сохранить их в «Избранное»

2. Google Scholar:

- Поиск по тем же ключевым словам на русском и английском
- Сохранить ссылки на статьи, посмотреть цитируемость

3. Аннотирование:

- Для каждой найденной статьи написать 2–3 предложения: о чём статья, какие методы используются, какие результаты получены.

Результат: Список литературы из 10 источников с аннотациями.

Шаг 3 - Формулировка цели и гипотезы

Цель работы:

Исследовать влияние шумов на точность измерений цифрового датчика температуры DS18B20 и оценить эффективность различных методов фильтрации.

Гипотеза:

Применение скользящего среднего и медианного фильтра позволяет снизить случайную погрешность измерений датчика DS18B20 не менее чем на 30% по сравнению с сырыми данными.

Критерий проверки гипотезы:

Сравнение СКО сырых данных и отфильтрованных данных. Если СКО уменьшилось на $\geq 30\%$, гипотеза подтверждается.

Шаг 4 - Планирование эксперимента

Параметр	Значение
Объект исследования	Цифровой датчик температуры DS18B20
Условия эксперимента	Стационарные (комнатная температура $\approx 23^{\circ}\text{C}$, без внешних тепловых потоков)
Количество измерений	100 последовательных измерений
Частота опроса	1 Гц (1 измерение в секунду)
Контролируемые параметры	Температура воздуха (контрольным датчиком), напряжение питания
Фиксируемые данные	Время, сырое значение температуры ($^{\circ}\text{C}$)
Методы обработки	Скользящее среднее (окно 5), медианный фильтр (окно 5)
Программное обеспечение	Python (Pandas, NumPy, Matplotlib)
Длительность эксперимента	100 секунд

Шаг 5 - Ожидаемые результаты (что будет в статье)

1. График сырых данных с отметкой шумов.
2. График данных после скользящего среднего.
3. График данных после медианного фильтра.
4. Таблица сравнения СКО и доверительных интервалов.
5. Вывод об эффективности фильтров.

3. Индивидуальные задания

Общая структура задания (для всех вариантов)

1. Сформулировать проблему и актуальность темы.
2. Найти и аннотировать 10 научных источников.
3. Сформулировать цель, гипотезу и критерий её проверки.
4. Составить план эксперимента (таблицу с параметрами).
5. Описать ожидаемые результаты и структуру будущей статьи.
6. Согласовать тему с преподавателем.

3.1. Варианты базового уровня (оценка «3»)

Сложность: лёгкая. Гипотеза уже подсказана, план эксперимента простой.

№ вар	Направление	Физическая величина	Датчик / объект	Гипотеза (примерно)
1.	Термометрия	Температура	DS18B20	Фильтрация уменьшает СКО на $\geq 30\%$
2.	Термометрия	Температура	NTC термистор + АЦП	Калибровка уменьшает погрешность на $\geq 20\%$
3.	Барометрия	Давление	BMP280	Разрешение 0.01 кПа достаточно для

				метеостанции
4.	Фотометрия	Освещённость	Фоторезистор + делитель	Зависимость линейна в диапазоне 10–1000 лк
5.	Влажность	Относительная влажность	DHT22	Точность $\pm 2\%$, заявленная в даташите, достигается
6.	Акселерометрия	Ускорение	MPU6050 (покой)	Шум акселерометра $\leq 0.1 \text{ м/с}^2$
7.	Гироскопия	Угловая скорость	MPU6050 (покой)	Дрейф нуля $\leq 0.5^\circ/\text{с}$
8.	Магнитометрия	Магнитное поле	Датчик Холла (SS49E)	Выходное напряжение линейно по полю
9.	Ультразвук	Расстояние	HC-SR04	Погрешность ≤ 1 см на дистанции 50–200 см
10.	Акустика	Уровень звука	Микрофон + АЦП	Фоновый шум в лаборатории $\leq 40 \text{ дБ}$
11.	Электричество	Напряжение	АЦП Arduino (10 бит)	Квантование - основной источник погрешности

12.	Электричество	Сопротивление	Потенциометр + АЦП	Зависимость линейна, R^2 ≥ 0.99
13.	Электричество	Сила тока	Шунт + АЦП	Погрешность $\leq 5\%$ во всём диапазоне
14.	Частота	Частота пульса	Пульсоксиметр МАХ30102	Совпадение с пальпаторным методом $\leq \pm 5$ уд/мин
15.	Химия (pH)	pH раствора	p H - м е т р (эмуляция)	В буферных растворах показания совпадают с эталоном

3.2. Варианты среднего уровня (оценка «4»)

Сложность: средняя. Студент самостоятельно выбирает метод фильтрации или сравнения, обосновывает выбор.

№ вар	Направление	Особенность	Самостоятельный выбор
1.	Термометрия	Сравнить два датчика (DS18B20 и NTC)	Какой датчик точнее?
2.	Барометрия	Оценка высоты по давлению	Модель стандартной атмосферы
3.	Фотометрия	Исследовать	Набор светодиодов

		спектральную чувствительность фоторезистора	(красный/зелёный/синий)
4.	Влажность	Емкостный vs резистивный датчик	Что лучше для теплицы?
5.	Акселерометрия	Оценка вибрации (например, вентилятора)	Определить частоту вибрации
6.	Гироскопия	Дрейф vs температура	Зависимость от нагрева
7.	Магнитометрия	Экран от магнитного поля	Какой материал лучше экранирует?
8.	Ультразвук	Зависимость от материала цели	Погрешность для пластика/металла/дерева
9.	Акустика	Затухание звука с расстоянием	Проверить закон обратных квадратов
10.	Электричество	Эффективность RC-фильтра	Подавление 50 Гц наводки
11.	Частота	Точность генератора на Arduino	Сравнить с осциллографом
12.	Оптика	Рассеяние света в мутной среде	Определить коэффициент ослабления
13.	Механика	Определение момента инерции маятника	Подогнать модель к данным
14.	Термометрия	Тепловая инерция	Оценить постоянную

		датчика	времени
15.	Электричество	Токовая нагрузка и просадка напряжения	Падение на питающих проводах

5.3. Варианты повышенного уровня (оценка «5»)

Сложность: высокая. Требуется предложить собственный метод обработки или комбинацию методов, обосновать новизну (даже в рамках учебного проекта).

№ вар	Направление	Суть задачи	Ожидаемая новизна
1.	Термометрия	Разработать адаптивный фильтр для устранения импульсных помех	Выбрать порог адаптивно под сигнал
2.	Барометрия	Предсказание погоды по тренду давления (модель + данные)	Сравнить модель и реальные изменения
3.	Фотометрия	Калибровка camera-raw в освещённость (люкс)	Построить модель из 2–3 параметров
4.	Влажность	Преобразователь влажности в частоту (RC-генератор)	Вывести уравнение преобразования
5.	Акселерометрия	Определение положения объекта в пространстве (двойное интегрирование)	Оценить дрейф и предложить коррекцию
6.	Гироскопия	Фильтр Маджвика для	Реализовать и сравнить

		кватерниона ориентации	с комплементарным
7.	Магнитометрия	Калибровка эллипсоидом (hard iron + soft iron)	Реализовать в Python и применить к данным
8.	Ультразвук	Влияние температуры на скорость звука (автокомпенсация)	Автоматическая коррекция показаний
9.	Акустика	Определение расстояния по эху (сонар)	Реализовать алгоритм и оценить точность
10.	Электричество	Цифровой мультиметр на Arduino (10 бит)	Оценить ENOB (эффективное число бит)
11.	Частота	Измерение ёмкости методом RC-цепи (время заряда)	Построить калибровочную кривую
12.	Оптика	Обнаружение QR-кода камерой и оценка расстояния	Использовать OpenCV, оценить точность
13.	Механика	Балансировка маятника (робот Segway)	PID + инерциальный датчик, симуляция
14.	Термометрия	Модель охлаждения с переменным k (конвекция + излучение)	Подогнать 2-параметрическую модель
15.	Интегральная	Сквозное исследование «белый шум → датчик → обработка → решение»	Промоделировать полный канал измерений

4. Контрольные вопросы

1. Что такое научное исследование и каковы его основные признаки?
2. Перечислите основные этапы научного исследования.
3. Что такое гипотеза и каким требованиям она должна удовлетворять?
4. Как проверить гипотезу экспериментально?
5. Какова структура научной статьи (IMRaD)?
6. Что должно быть указано в разделе «Методы»?
7. Чем отличается обсуждение результатов от простого перечисления результатов?
8. Какие типы научных публикаций вы знаете и чем они отличаются?
9. Каковы основные источники информации для поиска научной литературы?
10. Что означает термин «аннотированный список литературы»?
11. Как оформить ссылку на статью по ГОСТ?
12. Что такое актуальность исследования и как её обосновать?
13. В чём разница между целью и задачами исследования?
14. Что такое план эксперимента и какие параметры в него включаются?
15. Какие критерии выбора темы научного исследования вы можете назвать?

5. Требования к отчёту

Отчёт оформляется в виде текстового документа (Word / Google Docs) в формате план-проспекта статьи.

Структура отчёта

1. Титульный лист (ФИО, группа, тема, вариант, номер занятия).
2. Актуальность (3–5 предложений с обоснованием).
3. Обзор литературы (список из 10 источников с краткими аннотациями).
4. Цель и гипотеза (чётко сформулированные, с критерием проверки).
5. План эксперимента (оформить в виде таблицы: условия, количество измерений, датчики, методы обработки, ПО).
6. Ожидаемые результаты (что должно получиться, какие графики/таблицы, какие выводы).
7. Структура будущей статьи (перечислить основные разделы и краткое содержание каждого).
8. Заключение (что будет достигнуто, какую практическую ценность имеет работа).
9. Список литературы (оформленный по ГОСТ).

6. Список рекомендуемой литературы

Основная литература

1. Мусина О.Н. Основы научных исследований: учебное пособие. - М.: Директ-Медиа, 2015. - 150 с. (главы 1-3 по методологии науки, структуре НИР).
2. Райзберг Б.А. Диссертация и учёная степень: пособие для соискателей. - М.: ИНФРА-М, 2017. - 256 с. (главы по структуре научной работы, актуальности, гипотезе).

Дополнительная литература

3. Кузнецов И.Н. Основы научных исследований: учебное пособие. - М.: Дашков и Ко, 2020. - 284 с.

4. Сердюк В.С., Бакико Е.В., Канунникова О.А. Руководство по подготовке отчетных материалов по практикам. - Омск: ОмГТУ, 2017. (главы по оформлению отчётов и литературных обзоров).

Интернет-ресурсы

5. eLibrary.ru - Российский индекс научного цитирования (РИНЦ).

6. Google Scholar - международная поисковая система по научным публикациям.

7. ГОСТ Р 7.0.100–2018 - правила оформления библиографических ссылок.

7. Критерии оценивания

Базовый уровень (оценка «3»)

Критерий	max балл
Актуальность сформулирована корректно	2
Список литературы из 10 источников (без аннотаций - минус 2 балла)	3
Цель и гипотеза сформулированы	2
План эксперимента в табличной форме	2
Структура статьи перечислена	1
ИТОГО	10

10–9 баллов → «отлично» (3), 8–7 → «хорошо» (3), 6 → «удовлетворительно» (3).

Средний уровень (оценка «4»)

Критерий	max балл
Всё, что в базовом уровне (10 баллов)	10
Аннотации к каждому источнику (2–3 предложения)	3
Критерий проверки гипотезы сформулирован количественно	2
В описании ожидаемых результатов указаны конкретные графики/таблицы	2
Оформление по ГОСТ (поля, шрифт, заголовки)	1
ИТОГО	18

18–16 → «отлично» (4), 15–13 → «хорошо» (4), 12–10 → «удовлетворительно» (4).

Повышенный уровень (оценка «5»)

Критерий	max балл
Всё, что в среднем уровне (18 баллов)	18
Предложена собственная, отличная от подсказанной, гипотеза	2
В план эксперимента включён факторный эксперимент (2+ фактора)	2
Обсуждаются ограничения и возможные источники систематической погрешности	2
Литература включает зарубежные источники (на английском) ≥ 3 шт.	2
Оформление и стиль соответствуют уровню конференц-статьи	2
ИТОГО	28

28–25 → «отлично» (5), 24–20 → «хорошо» (5), 19–15 → «удовлетворительно» (5).

Шкала перевода баллов в оценку (для всех уровней):

- 90–100% от max → «отлично»
- 70–89% → «хорошо»
- 50–69% → «удовлетворительно»
- <50% → «неудовлетворительно»

Практическое занятие №2

Тема: «Поиск, анализ и аннотирование научной литературы»

1. Цель работы

Сформировать навыки поиска, отбора, критического анализа и аннотирования научной литературы по теме исследования с использованием доступных в РФ наукометрических баз данных (РИНЦ, КиберЛенинка), а также освоить правила оформления библиографического списка в соответствии с ГОСТ Р 7.0.100–2018.

2. Задачи работы

Сформулировать ключевые слова для поиска по выбранной теме исследования (на русском языке).

Освоить поиск научных источников в РИНЦ (eLibrary.ru) и КиберЛенинке (cyberleninka.ru).

Отобрать релевантные источники (не менее 10).

Составить аннотации к каждому источнику (2–4 предложения с оценкой значимости для собственного исследования).

Оформить список литературы в соответствии с ГОСТ Р 7.0.100–2018.

Составить краткий обзор литературы (связный текст 0,5–1 стр.) с анализом найденных источников.

3. Теоретическое обоснование

3.1. Роль литературного обзора в научном исследовании

Литературный обзор - это критический анализ существующих научных работ по теме исследования. Он позволяет:

1. Определить степень изученности проблемы.
2. Выявить нерешенные вопросы и противоречия.
3. Обосновать актуальность собственного исследования.
4. Избежать повторения уже известных результатов.
5. Выбрать методы и подходы для решения поставленной задачи.

Требования к литературному обзору:

1. Релевантность (источники непосредственно связаны с темой).
2. Достаточность (не менее 10–15 источников для студенческой работы).
3. Свежесть (преимущество отдается публикациям последних 5–7 лет).
4. Разнообразие (монографии, статьи, патенты, диссертации).
5. Критичность (не просто пересказ, а анализ и сопоставление).

3.2. Доступные в РФ наукометрические базы данных и поисковые системы

База данных	Адрес	Особенности
РИНЦ (eLibrary.ru)	elibrary.ru	Крупнейшая российская база научных публикаций. Требуется регистрация. Индексы: Science Index, РИНЦ. Полнотекстовый доступ к части статей.
КиберЛен инка	cyberlenink a.ru	Бесплатная научная электронная библиотека. Удобный поиск, полные тексты статей на русском. Работает без регистрации.
Google Scholar	scholar.google.com	Международная поисковая система. Доступна из РФ. Хорошо индексирует российские и зарубежные источники.

3.3. Стратегия поиска научной литературы

Пошаговый алгоритм:

1. **Определить ключевые слова по теме исследования (на русском языке).**
2. **Сформулировать поисковый запрос, используя:**
 - Кавычки "..." для поиска точной фразы.
 - Знак + для обязательного включения слова.
3. **Выполнить поиск в РИНЦ и КиберЛенинке.**
4. **Отфильтровать результаты по году публикации, типу документа, релевантности.**

5. **Отобрать наиболее значимые источники (не менее 10).**
6. **Составить аннотированный список литературы.**

3.4. Аннотирование научных источников

Аннотация — краткая характеристика источника, включающая:

- Основную тему и проблему работы.
- Методы исследования (эксперимент, моделирование, обзор и т.д.).
- Основные результаты и выводы.
- Значимость для вашего собственного исследования.

Пример аннотации:

Статья Смирнова П.А. «Анализ эффективности скользящего среднего для цифровых датчиков температуры» (2021) содержит результаты экспериментального сравнения фильтров с окном 3, 5 и 10 на базе DS18B20. Автор показал, что окно 5 обеспечивает оптимальное соотношение между степенью сглаживания и временем отклика. Работа будет использована для выбора параметров фильтра в нашем исследовании.

3.5. Оформление списка литературы по ГОСТ Р 7.0.100–2018

Примеры оформления:

Тип источника	Пример оформления
Книга	Мусина О.Н. Основы научных исследований: учебное пособие. — М.: Директ-Медиа, 2015. — 150 с.
Статья из журнала	Иванов А.А. Методы фильтрации шумов цифровых датчиков температуры // Приборы и техника эксперимента. — 2023. — № 2. — С. 45–52.

Тип источника	Пример оформления
Статья из сборника конференции	Петров Б.В. Обработка сигналов с акселерометра // Материалы конференции «Информационные технологии в науке и образовании». — Ставрополь, 2022. — С. 112–115.
Диссертация / автореферат	Сидоров В.В. Методы повышения точности цифровых датчиков температуры: дис. ... канд. техн. наук. — М., 2020. — 145 с.
Электронный ресурс	Кузнецов И.Н. Основы научных исследований [Электронный ресурс]. — М.: Дашков и Ко, 2020. — URL: https://biblioclub.ru/... (дата обращения: 01.03.2025).
Даташит	DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer [Электронный ресурс] // ЧИП и ДИП. — URL: https://www.chipdip.ru/product/ds18b20 (дата обращения: 01.03.2025).

4. Практический пример

Условие варианта 1 (базовый)

Тема исследования: «Оценка эффективности методов фильтрации шумов для цифрового датчика температуры DS18B20».

Шаг 1 - Формулировка ключевых слов

Ключевые слова на русском языке:

«DS18B20 фильтрация шумов»

«цифровой датчик температуры погрешность»

«обработка сигналов с датчика»

«скользящее среднее датчик температуры»

«медианный фильтр Arduino»

Шаг 2 — Поиск в РИНЦ (eLibrary.ru)

1. Действия:
2. Открыть elibrary.ru.
3. Ввести ключевое слово: «DS18B20».
4. Отфильтровать: год от 2018, тип публикации — статья в журнале.
5. Отобрать 3–4 наиболее релевантные статьи.
6. Скопировать библиографические описания.

Шаг 3 — Поиск в КиберЛенинке (cyberleninka.ru)

Действия:

1. Открыть cyberleninka.ru.
2. Ввести запрос: «цифровой датчик температуры фильтрация».
3. Выбрать статьи с доступным полным текстом.
4. Добавить 3–4 источника к списку.
5. Шаг 4 — Поиск в Google Scholar (дополнительно)

Действия:

1. Открыть scholar.google.com.
2. Ввести запрос: «фильтрация шумов датчика температуры».
3. Добавить 2–3 источника (обратить внимание на цитируемость).
4. Шаг 5 — Составление аннотаций

Пример аннотации:

Статья Смирнова П.А. «Анализ эффективности скользящего среднего для цифровых датчиков температуры» (2021) содержит результаты экспериментального сравнения фильтров с окном 3, 5 и 10 на базе DS18B20. Автор показал, что окно 5 обеспечивает оптимальное соотношение между степенью сглаживания и временем отклика. Работа будет использована для выбора параметров фильтра в нашем исследовании.

Шаг 6 — Оформление списка литературы по ГОСТ

Пример оформления (10 источников):

1. Смирнов П.А. Анализ эффективности скользящего среднего для цифровых датчиков температуры // Известия вузов. Приборостроение. — 2021. — Т. 64, № 3. — С. 215–221.
2. Иванов А.А. Методы фильтрации шумов цифровых датчиков температуры // Приборы и техника эксперимента. — 2022. — № 4. — С. 32–38.
3. Петров Б.В. Обработка сигналов датчиков в системах сбора данных // Информационно-измерительные системы. — 2020. — № 5. — С. 45–51.
4. Сидоров В.В. Методы повышения точности цифровых датчиков температуры: дис. ... канд. техн. наук. — М., 2020. — 145 с.
5. Кузнецов Д.С. Применение медианной фильтрации для подавления импульсных помех // Датчики и системы. — 2019. — № 6. — С. 22–27.
6. Михайлов Е.А. Сравнительный анализ цифровых датчиков температуры для систем мониторинга // Инженерный вестник Дона. — 2021. — № 4. — URL: <http://ivdon.ru/>... (дата обращения: 01.03.2025).
7. Алексеев П.Н. Разработка системы сбора данных с датчиков на базе Arduino // Молодой ученый. — 2022. — № 12. — С. 34–38.
8. DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer [Электронный ресурс] // ЧИП и ДИП. — URL: <https://www.chipdip.ru/product/ds18b20> (дата обращения: 01.03.2025).
9. Васильев И.И. Обработка сигналов в микроконтроллерных системах. — СПб.: БХВ-Петербург, 2021. — 320 с.
10. Романов Г.В. Цифровая обработка сигналов датчиков: учебное пособие. — Томск: ТПУ, 2018. — 180 с.

5. Индивидуальные задания

1. Общая структура задания (для всех вариантов)
2. Сформулировать ключевые слова (русские) по теме исследования.
3. Найти и отобрать 10 научных источников (включая даташит).
4. Составить аннотированный список литературы (каждый источник — 2–4 предложения).
5. Оформить список литературы по ГОСТ Р 7.0.100–2018.
6. Составить краткий обзор литературы (связный текст, 0,5–1 стр.) с анализом найденных источников.

5.1. Варианты базового уровня (оценка «3»)

Сложность: лёгкая. Тема уже определена, ключевые слова подсказаны.

№ вар	Тема исследования	Ключевые слова (пример)
1	Фильтрация шумов DS18B20	DS18B20, шум, фильтрация, скользящее среднее
2	Калибровка NTC термистора	NTC термистор, калибровка, Стейнхарт-Харт
3	Точность BMP280 в зависимости от температуры	BMP280, давление, температурная компенсация
4	Логарифмическая характеристика фоторезистора	фоторезистор, люкс, зависимость, освещенность

№ вар	Тема исследования	Ключевые слова (пример)
5	Влияние влажности на показания DHT22	DHT22, влажность, точность, стабильность
6	Шум акселерометра MPU6050 в покое	MPU6050, акселерометр, шум, СКО
7	Дрейф гироскопа MPU6050 во времени	MPU6050, гироскоп, дрейф, интеграция
8	Линейность датчика Холла SS49E	SS49E, датчик Холла, линейность, R^2
9	Погрешность ультразвукового дальномера HC-SR04	HC-SR04, расстояние, погрешность, отражение
0	Фоновый шум микрофонного модуля MAX4466	MAX4466, шум, АЦП, уровень звука
1	Квантование АЦП Arduino (10 бит)	АЦП, Arduino, квантование, разрешение
2	Линейность потенциометра с АЦП	потенциометр, АЦП, линейность, R^2
3	Точность измерения тока через шунт	шунт, АЦП, ток, погрешность

№ вар	Тема исследования	Ключевые слова (пример)
4	Точность пульсоксиметра MAX30102	MAX30102, пульс, частота, точность
5	рН-метр: буферные растворы	рН-метр, калибровка, буфер, точность

5.2. Варианты среднего уровня (оценка «4»)

Сложность: средняя. Студент самостоятельно уточняет ключевые слова.

№ вар	Тема исследования	Дополнительное требование
1	Сравнение DS18B20 и LM35	Найти 2 статьи по сравнению цифрового и аналогового датчика
2	Оценка высоты по давлению (BMP280)	Найти статью о модели стандартной атмосферы
3	Спектральная характеристика фоторезистора	Найти статью о спектральной чувствительности
4	Емкостный vs резистивный датчик влажности	Найти 2 статьи по сравнению типов датчиков
5	Определение	Найти статью по БПФ для

№ вар	Тема исследования	Дополнительное требование
	частоты вибрации по акселерометру	MPU6050
6	Температурный дрейф гироскопа	Найти статью о компенсации дрейфа
7	Экранирование магнитного поля	Найти статью о материалах экранирования
8	Влияние материала цели на HC-SR04	Найти статью о зависимости отражения от материала
9	Закон обратных квадратов для звука	Найти статью с экспериментальной проверкой
10	Подавление 50 Гц наводки RC-фильтром	Найти статью о проектировании фильтров
11	Точность генератора на Arduino	Найти статью о сравнении с кварцем
12	Коэффициент ослабления света в мутной среде	Найти статью по закону Бугера-Ламберта-Бера
13	Определение момента инерции	Найти статью по идентификации параметров

№ вар	Тема исследования	Дополнительное требование
	маятника по данным	
4 1	Тепловая инерция датчика (постоянная времени)	Найти статью о методике оценки
5 1	Падение напряжения на питающих проводах	Найти статью о расчете потерь

5.3. Варианты повышенного уровня (оценка «5»)

Сложность: высокая. Требуется найти зарубежные источники (через Google Scholar) и составить развернутый обзор.

№ вар	Тема исследования	Дополнительное требование
1	Адаптивные фильтры для DS18B20	Найти 2 зарубежные статьи по адаптивной фильтрации
2	Модель стандартной атмосферы с поправками	Найти зарубежную статью по барометрическому нивелированию
3	Калибровка камеры в освещённость (люкс)	Найти статью по фотометрической калибровке
4	Преобразователь влажности в частоту	Найти статью по RC-генераторам для датчиков

№ вар	Тема исследования	Дополнительное требование
5	Двойное интегрирование акселерометра для навигации	Найти статью по дрейфу и коррекции
6	Фильтр Маджвика для MPU6050	Найти статью с реализацией кватернионного фильтра
7	Калибровка магнитометра (hard/soft iron)	Найти статью по калибровке эллипсоидом
8	Компенсация температуры для ультразвука	Найти статью по автокоррекции скорости звука
9	Определение расстояния по эху (алгоритм)	Найти статью по обработке акустических сигналов
10	Оценка ENOB АЦП Arduino	Найти статью по методике измерения ENOB
11	Измерение ёмкости методом RC-цепи	Найти статью по калибровке и линеаризации
12	Обнаружение QR- кода и оценка расстояния	Найти статью по позиционированию по QR

№ вар	Тема исследования	Дополнительное требование
	(OpenCV)	
13	PID-регулятор с инерциальным датчиком (Segway)	Найти статью по балансировке маятника
14	Модель охлаждения с конвекцией и излучением	Найти статью по идентификации 2-параметрической модели
15	Сквозное исследование «белый шум → датчик → фильтр → ML»	Найти статьи по каждому этапу (3–4 источника)

6. Контрольные вопросы

1. Что такое литературный обзор и какова его роль в научном исследовании?
2. Какие требования предъявляются к литературному обзору?
3. Какие наукометрические базы данных доступны из РФ и чем они отличаются?
4. Как сформулировать эффективный поисковый запрос?
5. Что такое аннотация научной статьи? Какова её структура?
6. Как оценить релевантность найденного источника?
7. По какому ГОСТ оформляется список литературы?
8. Как правильно оформить ссылку на интернет-источник (даташит)?

9. Чем отличается цитируемость в РИНЦ от цитируемости в Google Scholar?

Почему в обзор литературы включают зарубежные источники?

7. Требования к отчёту

Отчёт оформляется в виде текстового документа (Word / Google Docs).

Структура отчёта:

1. Титульный лист (ФИО, группа, номер варианта, тема, номер занятия).
2. Ключевые слова (русские, 5–10 слов).
3. Список литературы (не менее 10 источников, оформленных по ГОСТ Р 7.0.100–2018).
4. Аннотации к источникам (2–4 предложения к каждому).
5. Обзор литературы (связный текст 0,5–1 стр., анализ найденных источников, выделение неизученных вопросов).
6. Вывод (какие вопросы по теме уже освещены, что предстоит сделать в исследовании).

Формат сдачи: .docx или .pdf, размещённый в личном кабинете СКФУ

или репозитории GitHub. Название файла: Фамилия_НИР_занятие2_вариантN.docx.

8. Список литературы

8.1. Основная литература

1. Мусина О.Н. Основы научных исследований: учебное пособие. — М.: Директ-Медиа, 2015. — URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278882> (дата обращения: 01.03.2025). (главы 3–4 по работе с литературой).
2. Кузнецов И.Н. Основы научных исследований: учебное пособие. — М.: Дашков и Ко, 2020. —

URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=573603> (дата обращения: 01.03.2025).

Дополнительная литература

1. Райзберг Б.А. Диссертация и учёная степень: пособие для соискателей. — М.: ИНФРА-М, 2017. (главы по составлению обзора литературы).
2. ГОСТ Р 7.0.100–2018 «Библиографическая запись. Библиографическое описание». — URL: <https://protect.gost.ru/> (дата обращения: 01.03.2025).

Интернет-ресурсы

1. eLibrary.ru — Российский индекс научного цитирования. — URL: <https://www.elibrary.ru> (дата обращения: 01.03.2025).
2. КиберЛенинка — научная электронная библиотека. — URL: <https://cyberleninka.ru> (дата обращения: 01.03.2025).
3. Google Scholar — международная поисковая система. — URL: <https://scholar.google.com> (дата обращения: 01.03.2025).
4. ЧИП и ДИП — интернет-магазин электронных компонентов (поиск даташитов). — URL: <https://www.chipdip.ru> (дата обращения: 01.03.2025).

9. Критерии оценивания

Базовый уровень (оценка «3»)

Критерий	max балл
Ключевые слова сформулированы	1
Список литературы ≥ 10 источников	4
Аннотации (2–3 предложения) к каждому	3

Критерий	max балл
источнику	
Оформление по ГОСТ (поля, шрифт, ссылки)	1
Вывод (2–3 предложения)	1
ИТОГО	10

Средний уровень (оценка «4»)

Критерий	max балл
Всё, что в базовом уровне (10 баллов)	10
Обзор литературы (связный текст, 0,5–1 стр.)	4
Аннотации содержат оценку значимости для своего исследования	2
Оформление списка литературы без ошибок ГОСТ	2
ИТОГО	18

Повышенный уровень (оценка «5»)

Критерий	max балл
Всё, что в среднем уровне (18 баллов)	18

Критерий	max балл
Есть источники на английском языке (через Google Scholar) ≥ 3	3
Обзор содержит критический анализ (сравнение результатов разных авторов)	3
Выделены нерешенные проблемы и обоснована актуальность	3
Оформление идеальное (нет ошибок в ГОСТ, структурированный отчёт)	2
ИТОГО	29

Шкала перевода баллов в оценку (для всех уровней):

90–100% от max → «отлично»

70–89% → «хорошо»

50–69% → «удовлетворительно»

<50% → «неудовлетворительно»

Практическое занятие №3

Тема: «Знакомство с датчиками. Поиск даташитов и анализ характеристик»

1. Цель работы

Сформировать навыки поиска технической документации (даташитов) на электронные компоненты с использованием доступных в РФ ресурсов, а

также освоить методы анализа основных характеристик датчиков (диапазон, точность, разрешение, интерфейс) для обоснованного выбора датчика под конкретную задачу исследования.

2. Задачи работы

1. Изучить классификацию датчиков по измеряемой физической величине и принципу действия.
2. Освоить поиск даташитов на сайтах российских дистрибьюторов электронных компонентов (ЧИП и ДИП, Платан).
3. Научиться извлекать из даташита основные технические характеристики датчика.
4. Провести сравнительный анализ заданного датчика с 2–3 аналогами.
5. Составить таблицу характеристик датчика для последующего использования в исследовании.

3. Теоретическое обоснование

3.1. Классификация датчиков

Датчики (сенсоры) - это устройства, преобразующие физическую величину в электрический сигнал (аналоговый или цифровой) для последующей обработки микроконтроллером или компьютером.

Классификация по измеряемой физической величине:

Группа	Измеряемая величина	Примеры датчиков
Термометрия	Температура	DS18B20 (цифровой), LM35 (аналоговый), NTC/PTC термисторы,

Группа	Измеряемая величина	Примеры датчиков
		термопары, DHT22 (температура + влажность)
Барометрия	Давление	BMP280, BME280, MPX4115
Фотометрия	Освещённость, световой поток	Фоторезистор, фотодиод, BH1750 (цифровой)
Влажность	Относительная влажность воздуха	DHT11, DHT22, HIH- 4000, емкостные датчики
Акселерометри я	Линейное ускорение	MPU6050 (акселерометр + гироскоп), ADXL345, LIS3DH
Гироскопия	Угловая скорость	MPU6050, L3GD20
Магнитометрия	Магнитное поле	Датчик Холла (SS49E, A3144), HMC5883L
Ультразвук	Расстояние, уровень	HC-SR04, JSN-SR04T, MB1010
Акустика	Уровень звука, частота	Микрофонный модуль MAX4466, датчик звука FC-

Группа	Измеряемая величина	Примеры датчиков
		04
Электричество	Напряжение, ток, сопротивление	АЦП микроконтроллера, шунт, потенциометр
Частота/время	Частота пульса, период	MAX30102 (пульсоксиметр), тактовые генераторы
Оптика	Оптическая мощность, цвет	TCS3200 (цветовой датчик), датчик линии (отражающий)

3.2. Основные характеристики датчиков

Характеристика	Обозначение	Определение	Практический смысл
Диапазон измерений	Range	Интервал значений, который может измерить датчик	За пределами — результат недостоверен
Разрешение	Resolution	Наименьшее изменение величины, которое	Определяет «цифровой шаг»

Характеристика	Обозначение	Определение	Практический смысл
		может зафиксировать датчик	
Точность	Accuracy	Степень приближения измеренного значения к истинному	Указывается производителем
Погрешность	Error	Отклонение показаний от истинного значения	Абсолютная ($^{\circ}\text{C}$) или относительная (%)
Чувствительность	Sensitivity	Отношение изменения выходного сигнала к изменению входной величины	Для аналоговых датчиков ($\text{мВ}/^{\circ}\text{C}$)
Время отклика	Response time	Время, за которое датчик достигает 63% от установившегося значения	Важно для быстрых процессов

Характеристика	Обозначение	Определение	Практический смысл
Стабильность	Stability	Дрейф показаний во времени	Важно для длительных измерений
Шум	Noise	Случайные колебания выходного сигнала	Определяет минимальную достижимую погрешность

3.3. Что такое даташит и как его читать

Даташит (datasheet) - официальный технический документ производителя, содержащий полное описание компонента, его электрические и механические характеристики, схему подключения, временные диаграммы и рекомендации по применению.

Где искать даташиты (доступные из РФ):

Ресурс	Адрес	Особенности
ЧИП и ДИП	chipdip.ru	Основной ресурс. В карточке товара есть вкладка «Документация» с даташитом на русском и/или английском.
Платан	platan.ru	Аналогичный ресурс. Хорошая база данных по компонентам.

Ресурс	Адрес	Особенности
3Dcontentcentral	3dcontentcentral.com	3 D - модели , технические чертежи, иногда документация.
Поиск по названию	Поисковая строка браузера	Запрос: [название датчика] даташит pdf или [название датчика] чипдип.

Как читать даташит (пошаговая инструкция):

1. Название и область применения - понять, для чего предназначен датчик.
2. Основные характеристики (Features) - быстрый обзор ключевых параметров.
3. Электрические характеристики (Electrical Characteristics) - напряжение питания, ток потребления, выходные уровни.
4. Диапазон и точность (Operating Range, Accuracy) - ключевые параметры для измерений.
5. Интерфейс (Interface) - аналоговый выход или цифровой протокол (1-Wire, I²C, SPI, UART).
6. Временные диаграммы (Timing Diagrams) - для цифровых интерфейсов.
7. Схема подключения (Typical Application Circuit) - рекомендации по включению.
8. Корпус и размеры (Package Dimensions) - для проектирования печатной платы.

3.4. Алгоритм поиска даташита



3.5. Сравнительный анализ датчиков

При выборе датчика для исследования необходимо сравнить несколько аналогов по следующим параметрам:

Параметр	Датчик 1	Датчик 2	Датчик 3
Название	DS18B20	LM35	NTC 10 кОм
Тип	Цифровой	Аналоговый	Аналоговый (термистор)
Диапазон	$-55...+125^{\circ}\text{C}$	$-55...+150^{\circ}\text{C}$	$-55...+125^{\circ}\text{C}$
Точность	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 1\%$ (зависит от калибровки)
Разрешение	9–12 бит ($0.5^{\circ}\text{C}...0.0625^{\circ}\text{C}$)	10 мВ/ $^{\circ}\text{C}$ (зависит от АЦП)	Зависит от АЦП и делителя
Интерфейс	1-Wire	Аналоговый	Аналоговый (делитель)
Питание	3.0–5.5 В	4–30 В	3.3–5 В (через делитель)
Цена (ориг.)	~300 руб.	~200 руб.	~50 руб.

Параметр	Датчик 1	Датчик 2	Датчик 3
Сложность подключения	Средняя (нужен подтягивающий резистор)	Простая (аналоговый вход)	Простая (делитель)

Вывод: Для точных цифровых измерений с минимальным шумом лучше подходит DS18B20. Для простоты и низкой цены — NTC. Для прямого аналогового считывания — LM35.

4. Практический пример (базовый уровень)

Условие варианта 1 (базовый)

Датчик: DS18B20 (цифровой датчик температуры).

Шаг 1 - Поиск датчика на ЧИП и ДИП

Действия:

1. Открыть chipdip.ru.
2. Ввести в поиск: DS18B20.
3. Перейти в карточку товара.
4. Скриншот (описание): страница с названием датчика, ценой, кратким описанием.

Шаг 2 - Скачивание даташита

Действия:

1. На странице товара найти вкладку «Документация» (обычно внизу).
2. Скачать даташит (английская версия — DS18B20.pdf).

Шаг 3 - Извлечение основных характеристик

Из даташита (выписать в таблицу):

Характеристика	Значение
Тип датчика	Цифровой, программируемое разрешение
Измеряемая величина	Температура
Диапазон измерений	–55 ... +125 °C
Точность	±0.5 °C (от –10 до +85°C)
Разрешение	9, 10, 11, 12 бит (0.5°C ... 0.0625°C)
Интерфейс	1-Wire
Время преобразования	93.75 мс (12 бит)
Напряжение питания	3.0 ... 5.5 В
Ток потребления	1.5 мА (активный), 0.75 мкА (режим сна)
Корпус	TO-92, SOIC, μSOP

Шаг 4 - Поиск аналогов

Аналоги для сравнения:

1. LM35 (аналоговый датчик, Texas Instruments)
2. NTC термистор 10 кОм (терморезистор)

Шаг 5 — Сравнительная таблица

Параметр	DS18B20	LM35	NTC 10 кОм
Тип	Цифровой	Аналоговый	Аналоговый
Диапазон	$-55...+125^{\circ}\text{C}$	$-55...+150^{\circ}\text{C}$	$-55...+125^{\circ}\text{C}$
Точность	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	$\pm 1\%$ (зависит от калибровки)
Разрешение	0.0625°C (12 бит)	зависит от АЦП ($\approx 0.1^{\circ}\text{C}$ для 10-бит АЦП)	зависит от АЦП
Интерфейс	1-Wire	аналоговый (10 мВ/ $^{\circ}\text{C}$)	аналоговый (делитель)
Плюсы	Высокая точность, цифровой интерфейс	Простота, низкая цена	Дешевизна
Минусы	Дороже, сложнее подключение	Требуется АЦП, может нагреваться	Нужна калибровка

Вывод для исследования: DS18B20 выбран из-за высокой точности, цифрового интерфейса (меньше шумов) и отсутствия необходимости в дополнительной калибровке.

5. Индивидуальные задания

Общая структура задания (для всех вариантов)

1. Найти даташит заданного датчика на ЧИП и ДИП.
2. Извлечь основные характеристики и оформить в виде таблицы.
3. Найти 2–3 аналога (датчика того же типа, той же измеряемой величины).
4. Составить сравнительную таблицу (не менее 5 параметров).
5. Обосновать выбор датчика для дальнейшего исследования (1–2 абзаца).
6. Указать ссылку на даташит и на аналоги.

5.1. Варианты базового уровня (оценка «3»)

Сложность: лёгкая. Датчик известен, аналогов не более 2.

вар	Датчик	Измеряемая величина	Аналоги (подсказка)
1	DS18B20	Температура	LM35, NTC термистор
2	NTC термистор (10 кОм)	Температура	DS18B20, LM35
3	BMP280	Давление, температура	BME280, MPX4115

Вариант	Датчик	Измеряемая величина	Аналоги (подсказка)
4	Фоторезистор (например, GL5516)	Освещённость	Фотодиод, BH1750
5	DHT22	Температура, влажность	DHT11, HIH-4000
6	HC-SR04	Расстояние	JSN-SR04T, MB1010
7	MPU6050 (акселерометр)	Ускорение	ADXL345, LIS3DH
8	MPU6050 (гироскоп)	Угловая скорость	L3GD20
9	Датчик Холла SS49E	Магнитное поле	A3144, HMC5883L
10	MAX30102	Частота пульса	Прибор для пальпации (не датчик)
11	АЦП Arduino (10 бит)	Напряжение	Внешний АЦП (MCP3008)
12	Потенциометр (поворотный)	Сопротивление / угол	Энкодер, датчик Холла

№ вар	Датчик	Измеряема я величина	Аналоги (подсказка)
3	1 MAX4466 (микрофон)	Уровень звука	FC-04 (датчик звука)
4	1 LM35	Температура	DS18B20, TMP36
5	1 Фотодиод (обычный)	Освещённос ть	Фоторезистор, BH1750

5.2. Варианты среднего уровня (оценка «4»)

Сложность: средняя. Датчик требует понимания интерфейса, аналогов не менее 3.

№ вар	Датчик	Измеряемая величина	Дополните льное требование
1	BME280	Давление, температура, влажность	Сравнить с BMP280 и DHT22
2	ADXL345	Ускорени е	Сравнить с MPU6050 и LIS3DH
3	HMC5883L	Магнитно е поле	Сравнить с SS49E и

№ вар	Датчик	Измеряемая величина	Дополните льное требование
			магнитометром в MPU9250
4	TCS3200	Цвет	Сравнить с датчиком линии (отражающим)
5	MAX30102	Пульс, SpO ₂	Сравнить с отдельными датчиками пульса
6	MQ-135	Качество воздуха (CO ₂)	Сравнить с MH-Z19B
7	Ультразвук овой JSN-SR04T	Расстоян ие (герметичный)	Сравнить с HC-SR04
8	Гироскоп L3GD20	Угловая скорость	Сравнить с MPU6050
9	Датчик линии TCRT5000	Наличие препятствия	Сравнить с ультразвуком
1	Емкостный	Влажность	Сравнить

№ вар	Датчик	Измеряемая величина	Дополните льное требование
0	датчик влажности	ь почвы	с DHT22 (воздух)
1	TMP36	Температ ура	Сравнить с LM35 и DS18B20
2	Внешний АЦП MCP3008	Напряже ние (12 бит)	Сравнить со встроенным АЦП Arduino
3	GPS модуль NEO-6M	Координа ты, время	Сравнить с NEO-8M
4	Инфракрас ный датчик движения HC- SR501	Движени е	Сравнить с ультразвуком
5	Датчик тока ACS712	Сила тока	Сравнить с шунтом + АЦП

5.3. Варианты повышенного уровня (оценка «5»)

Сложность: высокая. Датчик сложный (многоосевой, комбинированный), требуется найти спецификации на русском и английском.

вар	Датчик	Измеряемая величина	Дополнител ьное требование
	MPU9250	Ускорение + гироскоп + магнитометр	Сравнить с тремя отдельными датчиками
	BME688	Газ, давление, температура, влажность	Сравнить с MQ-135 и BME280
	VL53L0X	Времяпролётны й дальномер (LIDAR)	Сравнить с HC-SR04
	MAX31856	Термопара (высокая температура)	Сравнить с DS18B20 и LM35
	AS7341	Спектральный датчик (11 каналов)	Сравнить с TCS3200
	AMG8833	Тепловизор (8×8)	Сравнить с отдельным ИК- датчиком
	CCS811	CO ₂ и TVOC	Сравнить с MH-Z19B и MQ- 135
	BMP388	Давление	Сравнить с

вар	Датчик	Измеряемая величина	Дополнительное требование
		(высокая точность)	BMP280
	H3LIS331D L	Акселерометр (высокое g)	Сравнить с MPU6050
0	LSM6DS3	6 - о с е в о й (акселерометр + гироскоп)	Сравнить с MPU6050
1	ADXL355	Низкошумящий акселерометр	Сравнить с ADXL345
2	SHT31	Температура + влажность (высокая точность)	Сравнить с DHT22 и BME280
3	PMW3901	Оптический датчик движения (мышь)	Сравнить с энкодером
4	LIDAR TFmini Plus	Времяпролётный дальномер 12 м	Сравнить с VL53L0X
5	Интегральная симуляция: выбор датчика для автономной платформы	Обосновать выбор датчиков для конкретной задачи (робот, дрон, метеостанция)	Сравнить 5+ датчиков

6. Контрольные вопросы

1. Что такое даташит и для чего он нужен?
2. Какие основные характеристики датчика можно найти в даташите?
3. Где искать даташиты на русском языке?
4. В чём разница между разрешением и точностью датчика?
5. Что такое чувствительность датчика и как она выражается?
6. Какие бывают интерфейсы подключения датчиков (цифровые и аналоговые)?
7. Почему при выборе датчика важно смотреть диапазон измерений?
8. Что такое время отклика датчика и когда оно критично?
9. Как найти аналог заданного датчика?
10. По каким параметрам сравнивают датчики одного типа?

7. Требования к отчёту

Отчёт оформляется в виде текстового документа (Word / Google Docs).

Структура отчёта:

1. Титульный лист (ФИО, группа, номер варианта, датчик, номер занятия).
2. Основные характеристики датчика (таблица с выпиской из даташита: диапазон, точность, разрешение, интерфейс, питание, время отклика).
3. Сравнительная таблица аналогов (3–4 датчика, 5+ параметров).
4. Вывод (обоснование выбора датчика для исследования, 1–2 абзаца).
5. Ссылки на даташиты (на каждый датчик в таблице).

6. Формат сдачи: .docx или .pdf, размещённый в личном кабинете СКФУ или репозитории GitHub. Название файла: Фамилия_НИР_занятие3_вариантN.docx.

8. Список литературы

Основная литература

1. Джексон Р. Цифровые датчики: практическое руководство. — М.: ДМК Пресс, 2019. — 320 с.
2. Петин В.А. Проекты с использованием Arduino: 50 практических схем. — СПб.: БХВ-Петербург, 2021. — 480 с. (главы по работе с датчиками).

Дополнительная литература

1. Смирнов А.В. Микроконтроллеры и датчики: от Arduino до промышленной автоматизации. — М.: Техносфера, 2022. — 400 с.
2. ГОСТ Р МЭК 60751-2022 — датчики температуры. Основные характеристики. — URL: <https://protect.gost.ru/> (дата обращения: 01.03.2025).
3. Интернет-ресурсы
4. ЧИП и ДИП — интернет-магазин электронных компонентов. — URL: <https://www.chipdip.ru> (дата обращения: 01.03.2025).
5. Платан — интернет-магазин электронных компонентов. — URL: <https://www.platan.ru> (дата обращения: 01.03.2025).
6. 3Dcontentcentral — библиотека 3D-моделей и документации. — URL: <https://www.3dcontentcentral.com> (дата обращения: 01.03.2025).
7. eLibrary.ru — поиск статей по применению датчиков. — URL: <https://www.elibrary.ru> (дата обращения: 01.03.2025).

9. Критерии оценивания

Базовый уровень (оценка «3»)

Критерий	max балл
Основные характеристики датчика извлечены из даташита (таблица)	4
Сравнительная таблица (3 датчика, 3 параметра)	3
Вывод (2–3 предложения)	2
Ссылка на даташит	1
ИТОГО	10

Средний уровень (оценка «4»)

Критерий	max балл
Всё, что в базовом уровне (10 баллов)	10
Сравнительная таблица (4 датчика, 5+ параметров)	4
В выводе обоснован выбор для конкретной задачи	2
Указаны ссылки на даташиты для всех аналогов	2
ИТОГО	18

Повышенный уровень (оценка «5»)

Критерий	max балл
Всё, что в среднем уровне (18 баллов)	18
Сравнительная таблица (5+ датчиков, 7+ параметров)	4
Анализ достоинств и недостатков каждого датчика	3
Обоснование выбора для конкретной исследовательской задачи (робот/дрон/метеостанция)	2
Найдены и указаны спецификации на русском и английском	2
ИТОГО	29

Шкала перевода баллов в оценку (для всех уровней):

90–100% от max → «отлично»

70–89% → «хорошо»

50–69% → «удовлетворительно»

<50% → «неудовлетворительно»

Практическое занятие №4

**Тема: «Сбор экспериментальных данных
(симуляция или реальное железо)»**

1. Цель работы

Сформировать практические навыки сбора экспериментальных данных с датчика (в симуляции или на реальном оборудовании), включая настройку среды, чтение данных, логгирование в CSV-файл и первичную визуализацию для последующего статистического анализа и моделирования.

2. Задачи работы

1. Освоить настройку среды для работы с датчиком (Arduino IDE / Python + симуляция).
2. Научиться подключать датчик (реальный или виртуальный) и считывать данные.
3. Освоить логгирование данных в CSV-файл с временными метками.
4. Выполнить первичную визуализацию собранных данных (график зависимости).
5. Заложить основу для последующей статистической обработки и фильтрации.

3. Теоретическое обоснование

3.1. Структура экспериментального исследования

Эксперимент - это метод научного познания, при котором исследователь активно воздействует на объект или условия для получения данных. Для датчиковых систем эксперимент включает:

Этап	Содержание
1. Подготовка	Выбор датчика, настройка среды, написание скрипта чтения
2. Проведение	Многократные измерения при контролируемых условиях

Этап	Содержание
3. Логгирование	Запись данных в файл с временной меткой
4. Первичный анализ	Визуализация, выявление грубых ошибок
5. Обработка	Фильтрация, статистика, моделирование

3.2. Варианты среды для сбора данных

Для реального оборудования (Arduino + датчик):

Компонент	Описание
Плата	Arduino Uno / Nano / ESP32 / STM32
Датчик	DS18B20, DHT22, BMP280, HC-SR04, MPU6050 и др.
Среда разработки	Arduino IDE (бесплатная, open-source)
Язык	C++ (Arduino)
Передача данных на ПК	Serial (UART) → Python (pySerial)

Для симуляции (без реального оборудования):

Инструмент	Описание	Доступность в РФ
Wokwi	Онлайн-симулятор Arduino	Доступен, регистрация не обязательна
Tinkercad	Онлайн-симулятор Arduino	Доступен (после снятия ограничений)
Python-генератор	Искусственная генерация данных с шумом	100% доступно

3.3. Логгирование данных в CSV

CSV (Comma-Separated Values) - простой формат хранения табличных данных, читаемый любым языком программирования.

Структура CSV-файла:

csv

timestamp, value

1, 23.45

2, 23.47

3, 23.42

...

n, 23.51

Пример кода на Python для записи в CSV:

```
import csv
import time

with open('data.csv', 'w', newline='') as file:
    writer = csv.writer(file)
    writer.writerow(['timestamp', 'temperature_celsius'])
    for i in range(100):
```

```
timestamp = i
value = 23.5 + random.gauss(0, 0.2) # симуляция данных с шумом
writer.writerow([timestamp, value])
time.sleep(0.1)
```

3.4. Визуализация первичных данных

Инструменты для визуализации (Python):

Библиотек а	Назначение	Доступност ь
Matplotlib	Построение графиков, гистограмм	Бесплатная, входит в Anaconda
Seaborn	Статистическая визуализация	Бесплатная
Pandas	Работа с DataFrame, встроенная визуализация	Бесплатная

Пример кода для построения графика:

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

df = pd.read_csv('data.csv')
plt.plot(df['timestamp'], df['temperature_celsius'])
plt.xlabel('Время, с')
plt.ylabel('Температура, °C')
plt.title('Экспериментальные данные с датчика DS18B20')
plt.grid(True)
plt.show()
```

3.5. Характеристики основных датчиков (для справки)

Датчик	Интерфейс	Диапазон	Точность	Разрешение	Особенности
D S18B20	1-Wire	-55...+125 °C	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	0.0625°C (12 бит)	Цифровой, уникальный 64-битный код
D HT22	1-Wire	-40...+80°C / 0–100% RH	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ / $\pm 2\%$ RH	0.1°C / 0.1% RH	Измеряет температуру и влажность
B MP280	I ² C / SPI	300...1100 гПа	± 1 гПа	0.18 гПа	Давление + температура
H C-SR04	GPIO (триггер/эхо)	2–400 см	± 3 мм	1 см	Ультразвуковой дальномер
M PU6050	I ² C	± 2 ... ± 16 g / ± 250 ... ± 2000 °/с	3-зависит	16 бит	Акселерометр + гироскоп

Датчик	Интерфейс	Диапазон	Точность	Разрешение	Особенности
LM35	Аналоговый	-55...+150 °C	$\pm 0.5^{\circ}\text{C}$	10 мВ/°C	Аналоговый, простой

4. Практический пример

Условие варианта 1 (базовый)

Датчик: **DS18B20** (цифровой датчик температуры). Количество измерений: 50. Частота: 1 Гц. Условия: стационарные (комнатная температура). Студент использует симуляцию (Python-генератор) или реальное железо.

Шаг 1 — Настройка среды

Для симуляции (Python):

```
import csv
import random
import time

def generate_temperature(base_temp=23.5, noise_std=0.2):
    """Генерация температуры с гауссовским шумом"""
    return base_temp + random.gauss(0, noise_std)
```

Для реального железа (Arduino + DS18B20):

Подключить датчик по схеме: VCC → 5V, GND → GND, DATA → цифровой пин 2 (с подтягивающим резистором 4.7 кОм).

Загрузить скрипт чтения DS18B20 (библиотека OneWire, DallasTemperature).

Шаг 2 — Сбор данных с логгированием в CSV

Код для симуляции (Python):

```
with open('temperature_data.csv', 'w', newline='') as file:
    writer = csv.writer(file)
    writer.writerow(['timestamp', 'temperature_celsius'])

    for i in range(50):
        temp = generate_temperature()
        writer.writerow([i, f'{temp:.2f}'])
        print(f"Измерение {i+1}/50: {temp:.2f}°C")
        time.sleep(1) # 1 Гц

print("Сбор данных завершён. Файл: temperature_data.csv")
```

Код для реального железа (Arduino + Python):

Arduino скетч:

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
#define ONE_WIRE_BUS 2
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);

void setup() {
    Serial.begin(9600);
    sensors.begin();
}

void loop() {
    sensors.requestTemperatures();
    float temp = sensors.getTempCByIndex(0);
    Serial.println(temp);
    delay(1000);
}
```

Python скрипт для чтения с COM-порта:

```
import serial
import csv

ser = serial.Serial('COM3', 9600, timeout=1)
with open('temperature_data.csv', 'w', newline='') as file:
    writer = csv.writer(file)
    writer.writerow(['timestamp', 'temperature_celsius'])

    for i in range(50):
        line = ser.readline().decode().strip()
```

```
if line:
    writer.writerow([i, line])
    print(f"Измерение {i+1}/50: {line}°C")
ser.close()
```

Шаг 3 — Проверка и визуализация данных

Код для визуализации:

```
import pandas as pd
import matplotlib.pyplot as plt

df = pd.read_csv('temperature_data.csv')
plt.figure(figsize=(10, 5))
plt.plot(df['timestamp'], df['temperature_celsius'], 'b-o', markersize=3)
plt.xlabel('Время, с')
plt.ylabel('Температура, °C')
plt.title('Экспериментальные данные с датчика DS18B20')
plt.grid(True, alpha=0.3)
plt.show()

print(f"Среднее: {df['temperature_celsius'].mean():.2f}°C")
print(f"СКО: {df['temperature_celsius'].std():.3f}°C")
print(f"Минимум: {df['temperature_celsius'].min():.2f}°C")
print(f"Максимум: {df['temperature_celsius'].max():.2f}°C")
```

Шаг 4 — Ожидаемый результат

Файл temperature_data.csv с 50 строками данных.

График температуры от времени.

Первичные статистические характеристики (среднее, СКО, мин, макс).

5. Индивидуальные задания

Общая структура задания (для всех вариантов)

1. Выбрать датчик в соответствии с вариантом.
2. Настроить среду для сбора данных (симуляция или реальное железо).
3. Провести серию измерений (количество указано в варианте).

4. Сохранить данные в CSV-файл с колонками timestamp и value.
5. Построить график полученных данных.
6. Рассчитать первичные статистические характеристики (среднее, СКО, min, max).

5.1. Варианты базового уровня (оценка «3»)

Сложность: лёгкая. Симуляция, количество измерений 30–50.

	Датчик	Измеряемая величина	Количество измерений	Частота, Гц	Условия
	DS18B20	Температура	50	1	Стационарные, комн. темп.
	NTC 10 кОм (симуляция)	Температура	50	1	Стационарные
	BMP280 (симуляция)	Давление	50	1	Нормальное давление
	Фоторезистор (симуляция)	Освещённость	50	1	Постоянный свет
	DHT22 (симуляция)	Влажность	50	1	Стационарные

	Датчик	Измеряемая величина	Количество измерений	Частота, Гц	Условия
	НС-SR04 (симуляция)	Расстояние	30	1	Фиксированное расстояние 50 см
	MPU6050 (симуляция)	Ускорение по оси Z	50	1	Покой
	LM35 (симуляция)	Температура	50	1	Комнатная
	Датчик Холла (симуляция)	Магнитное поле	50	1	Постоянное поле
0	MAX30102 (симуляция)	Пульс (условный)	100	2	Покой
1	АЦП Arduino (симуляция)	Напряжение	50	1	1.65 В (половина питания)
	Потен	Сопротив	50	1	Фиксир

	Датчик	Измеряемая величина	Количество измерений	Частота, Гц	Условия
2	циометр (симуляция)	ивление			ованное положение
3	MAX4466 (симуляция)	Уровень звука	50	1	Тишина
4	TMP36 (симуляция)	Температура	50	1	Комнатная
5	Фотодиод (симуляция)	Освещённость	50	1	Постоянный свет

5.2. Варианты среднего уровня (оценка «4»)

Сложность: средняя. Симуляция, но с изменением условий (два режима).

ва р	Датчик	Измеряемая величина	Количество измерений	Особенность
0	DS18B20	Температура	100	Два режима (нагрев/охлаждение)

ва р	Датчик	Измеря емая величина	Коли чество измерений	Особенност ь
	NTC + АЦП	Темпер атура	100	Два режима (разные температуры)
	BMP28 0	Давлен ие	100	Два режима (нормальное / пониженное)
	Фоторе зистор	Освещё нность	100	Два режима (свет / темнота)
	DHT22	Влажно сть	100	Два режима (сухой / влажный)
	HC- SR04	Расстоя ние	60	Два расстояния (30 см и 100 см)
	MPU60 50	Ускоре ние	100	Покой и вибрация
	LM35	Темпер атура	100	Два режима (комнатная / нагрев)
	Датчик Холла	Магнит ное поле	100	Поле есть / поля нет

ва р	Датчик	Измеря емая величина	Коли чество измерений	Особенност ь
0	MAX30 102	Пульс	200	Покой и после нагрузки
1	АЦП Arduino	Напряж ение	100	Два уровня напряжения
2	Потенц иометр	Угол	100	Два фиксированных положения
3	MAX44 66	Уровен ь звука	100	Тишина и шум
4	TMP36	Темпер атура	100	Два режима
5	Фотоди од	Освещё нность	100	Два режима

5.3. Варианты повышенного уровня (оценка «5»)

Сложность: высокая. Реальное железо (если есть доступ) или симуляция с наложением сложного шума (выбросы, импульсные помехи).

вар	Датчик	Измер яемая величина	Коли чество измерений	Условия
	DS18B20	Темпе	200	Реальный

вар	Датчик	Измеряемая величина	Количество измерений	Условия
	(реальное железо)	температура		нагрев/охлаждение
	BMP280 (реальное железо)	Давление	200	Изменение высоты (вручную)
	HC-SR04 (реальное железо)	Расстояние	100	Измерение расстояния до движущегося объекта
	MPU6050 (реальное железо)	Ускорение	500	Запись движения по траектории
	MAX30102 (реальное железо)	Пульс	500	Запись пульса в покое и после нагрузки
	Симулятор с адаптивным шумом	Любой	200	Шум изменяется во времени
	Симулятор	Любой	200	5% выбросов

вар	Датчик	Измеряемая величина	Количество измерений	Условия
	ия с выбросами			(импульсные помехи)
	Симуляция + синхронизация	Любой	500	Два датчика одновременно
	Реальное железо + ESP32	Температура	500	Передача данных по WiFi
0	Симуляция + запись в БД (SQLite)	Любой	1000	CSV → SQLite
1	Реальное железо + Python-обработка	Любой	200	Автоматическая визуализация в реальном времени
2	Симуляция + интервал	Любой	300	Разные частоты дискретизации (0.5, 1, 2 Гц)
3	Реальное железо (ESP32)	Температура	500	Логгирование на SD-карту

вар	Датчик	Измеряемая величина	Количество измерений	Условия
	+ датчик)			
4	Симуляция + телеметрия	Любой	1000	Отправка данных в MQTT-брокер (эмуляция)
5	Сравнение симуляции и реального железа	Температура	200	Сравнить два источника данных

6. Контрольные вопросы

1. Какие этапы включает экспериментальное исследование с датчиком?
2. Какие инструменты доступны для симуляции датчиков без реального оборудования?
3. Какой формат файла предпочтителен для логгирования экспериментальных данных и почему?
4. Как в Python записать данные в CSV-файл?
5. Какие библиотеки Python используются для визуализации данных?
6. Что такое частота дискретизации и как она влияет на качество данных?
7. Как организовать передачу данных с Arduino на компьютер для логгирования?

8. Почему важно сохранять временные метки вместе с измерениями?
9. Какие первичные статистики рекомендуется вычислять после сбора данных?
10. Как визуально оценить наличие выбросов на графике?

7. Требования к отчёту

Отчёт оформляется в виде Jupyter Notebook (.ipynb) или Python-скрипта с комментариями.

Структура отчёта:

1. Титульный лист (ФИО, группа, номер варианта, датчик, номер занятия).
2. Описание эксперимента (какой датчик, какие условия, количество измерений, частота).
3. Программный код (с комментариями).
4. Результаты (таблица первых и последних 5 строк CSV).
5. Визуализация (график, построенный с Matplotlib).
6. Первичная статистика (среднее, СКО, минимум, максимум).
7. Вывод (о качестве данных, наличии шумов, выбросов).

Формат сдачи: .ipynb (Jupyter Notebook) + экспортированный PDF или .html. Название файла: Фамилия_НИР_занятие4_вариантN.ipynb.

8. Список литературы

Основная литература

1. Петин В.А. Проекты с использованием Arduino: 50 практических схем. — СПб.: БХВ-Петербург, 2021. — 480 с. (главы по сбору данных с датчиков).
2. Маккинни У. Python для анализа данных. — М.: ДМК Пресс, 2020. — 560 с. (главы по работе с CSV и визуализации).

Дополнительная литература

3. Смирнов А.В. Микроконтроллеры и датчики: от Arduino до промышленной автоматизации. — М.: Техносфера, 2022. — 400 с.
4. Вандер Плас Дж. Python для сложных задач: наука о данных и машинное обучение. — СПб.: Питер, 2018. — 576 с. (главы по визуализации).

Интернет-ресурсы

5. ЧИП и ДИП - карточки датчиков, схемы подключения. — URL: <https://www.chipdip.ru> (дата обращения: 01.03.2025).
6. Arduino Reference - документация по языку Arduino (доступна из РФ). - URL: <https://www.arduino.cc/reference/ru/> (дата обращения: 01.03.2025).
7. Wokwi - онлайн-симулятор Arduino. — URL: <https://wokwi.com> (дата обращения: 01.03.2025).
8. Matplotlib - документация по построению графиков. — URL: <https://matplotlib.org> (дата обращения: 01.03.2025).

9. Критерии оценивания

Базовый уровень (оценка «3»)

Критерий	max балл
Описание эксперимента (датчик, условия, частота)	2
Код для сбора данных и записи в CSV работает	3
CSV-файл создан, первые 5 строк приведены в отчёте	2

Критерий	max балл
График построен (Matplotlib)	2
Первичная статистика (среднее, СКО, min, max) рассчитана	1
ИТОГО	10

Средний уровень (оценка «4»)

Критерий	max балл
Всё, что в базовом уровне (10 баллов)	10
Два режима измерений (изменение условий)	3
Оценка шума (размах, СКО для каждого режима)	2
Сравнение распределений (гистограммы)	2
Вывод о влиянии условий на измерения	1
ИТОГО	18

Повышенный уровень (оценка «5»)

Критерий	max балл
Всё, что в среднем уровне (18 баллов)	18
Реальное железо (или убедительная симуляция с	4

Критерий	max балл
выбросами)	
Визуализация в реальном времени (динамический график)	3
Реализована автоматическая запись в БД (SQLite)	2
Проведён анализ стационарности (например, скользящее среднее)	2
ИТОГО	29

Шкала перевода баллов в оценку (для всех уровней):

90–100% от max → «отлично»

70–89% → «хорошо»

50–69% → «удовлетворительно»

<50% → «неудовлетворительно»

Практическое занятие №5

**Тема: «Статистическая обработка экспериментальных данных.
Погрешности измерений»**

1. Цель работы

Сформировать навыки статистической обработки экспериментальных данных, включая расчёт основных статистических характеристик (среднее, дисперсия, СКО), построение гистограммы распределения, выявление

выбросов, оценку доверительного интервала и сравнение экспериментального разброса с паспортной точностью датчика.

2. Задачи работы

1. Освоить загрузку экспериментальных данных из CSV-файла с использованием библиотеки Pandas.
2. Научиться рассчитывать среднее арифметическое, дисперсию и среднеквадратическое отклонение (СКО).
3. Освоить визуализацию распределения данных в виде гистограммы (Matplotlib/Seaborn).
4. Научиться выявлять выбросы методом «трёх сигм» и межквартильным размахом (IQR).
5. Освоить оценку доверительного интервала для среднего значения при заданной доверительной вероятности.
6. Сравнить экспериментальный разброс с паспортной точностью датчика.

3. Теоретическое обоснование

3.1. Генеральная совокупность и выборка

Физический эксперимент всегда проводится на конечном наборе измерений (выборке). По выборке объёмом n мы оцениваем параметры генеральной совокупности.

Основные понятия:

Генеральная совокупность - все возможные измерения в идеальных условиях (бесконечное множество).

Выборка - конечный набор измерений, полученный в эксперименте.

Объём выборки n - количество измерений.

3.2. Основные статистические характеристики

Среднее арифметическое (выборочное среднее):

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Характеризует центральную тенденцию. Показывает, вокруг какого значения группируются данные.

Дисперсия (выборочная):

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2$$

Характеризует разброс данных вокруг среднего. Деление на $n-1$ даёт несмещённую оценку (поправка Бесселя).

Среднеквадратическое отклонение (СКО):

$$s = \sqrt{s^2}$$

Имеет ту же размерность, что и измеряемая величина. Показывает типичное отклонение отдельного измерения от среднего.

Коэффициент вариации:

$$CV = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

Позволяет сравнивать разброс величин разной размерности. Если $CV < 10\%$ — разброс считается небольшим.

3.3. Правило трёх сигм

Для нормально распределённых данных в интервал:

$[\bar{x} - s, \bar{x} + s]$	попадает $\approx 68\%$ значений;
------------------------------	-----------------------------------

$[\bar{x} - 2s, \bar{x} + 2s]$	попадает $\approx 95\%$ значений;
$[\bar{x} - 3s, \bar{x} + 3s]$	попадает $\approx 99,7\%$ значений.

Значения, выходящие за пределы

$$\bar{x} \pm 3s,$$

считаются выбросами (грубая ошибка измерения).

3.4. Межквартильный метод (IQR)

Q1 — первый квартиль (25% данных ниже).

Q3 — третий квартиль (75% данных ниже).

IQR = Q3 - Q1 — межквартильный размах.

Границы для выбросов:

Нижняя граница: $Q1 - 1.5 \cdot IQR$

Верхняя граница: $Q3 + 1.5 \cdot IQR$

Значения за пределами этих границ считаются выбросами. Этот метод устойчивее правила трёх сигм для распределений, отличных от нормального.

3.5. Доверительный интервал для среднего

При неизвестной дисперсии используется распределение Стьюдента:

$$\bar{x} \pm t_{\alpha, n-1} \cdot \frac{s}{\sqrt{n}}$$

где:

$t_{\alpha, n-1}$ - коэффициент Стьюдента для доверительной вероятности $1-\alpha$ и числа степеней свободы $n-1$;

ns - стандартная ошибка среднего.

Интерпретация: с вероятностью 95% истинное среднее генеральной совокупности находится внутри этого интервала.

Значения коэффициента Стьюдента (для 95% доверительной вероятности):

n	$t_{0.05, n-1}$
10	2.262
20	2.086
30	2.045
50	2.009
100	1.984

3.6. Погрешность и точность

Случайная погрешность - связана с разбросом данных, уменьшается при увеличении числа измерений (как $1/\sqrt{n}$).

Систематическая погрешность - смещение, не уменьшается при усреднении. Определяется как разность между средним выборочным и истинным значением.

Паспортная точность датчика - указывается производителем (например, $\pm 0.5^\circ\text{C}$, $\pm 1\%$ от показаний).

Сравнение экспериментального СКО с паспортной точностью:

Если $s \leq$ паспортная точность - измерения соответствуют заявленным характеристикам.

Если $s >$ паспортная точность - возможно, есть дополнительные источники шума или датчик неисправен.

4. Практический пример

Условие варианта 1 (базовый)

Дан CSV-файл `temperature_data.csv` содержит 50 измерений температуры (в °C), выполненных цифровым датчиком DS18B20 в стационарных условиях. Истинное значение температуры поддерживалось равным $T_{true}=23.5^{\circ}\text{C}$ (контрольным эталонным термометром). Паспортная точность DS18B20 - $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$.

Шаг 1 — Загрузка данных и первичный просмотр

```
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import seaborn as sns
from scipy import stats

# Загрузка данных
df = pd.read_csv('temperature_data.csv')
data = df['temperature_celsius'].values
n = len(data)
print(f"Объем выборки: {n}")
print(f"Первые 10 значений:\n{data[:10]}")
```

Шаг 2 — Расчёт основных статистик

```
mean_val = np.mean(data)
variance_val = np.var(data, ddof=1) # ddof=1 для несмещенной оценки
std_val = np.std(data, ddof=1)
cv_val = (std_val / mean_val) * 100

print(f"Среднее арифметическое: {mean_val:.3f} °C")
print(f"Дисперсия: {variance_val:.5f}")
print(f"СКО: {std_val:.3f} °C")
print(f"Коэффициент вариации: {cv_val:.2f} %")
```

Шаг 3 — Построение гистограммы распределения

```
plt.figure(figsize=(10, 6))
sns.histplot(data, bins=15, kde=True, color='blue')
plt.axvline(mean_val, color='red', linestyle='--', label=f"Среднее = {mean_val:.2f} °C")
plt.axvline(23.5, color='green', linestyle='-', label=f"Истинное = 23.5 °C")
plt.xlabel('Температура, °C')
plt.ylabel('Частота')
plt.title('Гистограмма распределения температуры')
```

```
plt.legend()
plt.grid(True, alpha=0.3)
plt.show()
```

Шаг 4 — Выявление выбросов

Метод трёх сигм:

```
outliers_3sigma = data[(data < mean_val - 3*std_val) | (data > mean_val + 3*std_val)]
print(f"Выбросы по методу 3σ: {outliers_3sigma}")
print(f"Количество выбросов: {len(outliers_3sigma)}")
```

Метод IQR:

```
Q1 = np.percentile(data, 25)
Q3 = np.percentile(data, 75)
IQR = Q3 - Q1
lower_bound = Q1 - 1.5 * IQR
upper_bound = Q3 + 1.5 * IQR
outliers_iqr = data[(data < lower_bound) | (data > upper_bound)]

print(f"Q1 = {Q1:.3f}, Q3 = {Q3:.3f}, IQR = {IQR:.3f}")
print(f"Границы IQR: [{lower_bound:.3f}, {upper_bound:.3f}]")
print(f"Выбросы по IQR: {outliers_iqr}")
print(f"Количество выбросов: {len(outliers_iqr)}")
```

Построение ящика с усами (boxplot) для визуализации выбросов:

```
plt.figure(figsize=(8, 5))
plt.boxplot(data, vert=True)
plt.ylabel('Температура, °C')
plt.title('Boxplot распределения температуры')
plt.grid(True, alpha=0.3)
plt.show()
```

Шаг 5 — Доверительный интервал (доверительная вероятность 95%)

```
confidence = 0.95
alpha = 1 - confidence
t_critical = stats.t.ppf(1 - alpha/2, df=n-1)
margin_error = t_critical * (std_val / np.sqrt(n))
ci_lower = mean_val - margin_error
ci_upper = mean_val + margin_error

print(f"t-критическое (α={alpha}, df={n-1}): {t_critical:.4f}")
print(f"Стандартная ошибка: {std_val/np.sqrt(n):.4f}")
```

```
print(f"Доверительный интервал для среднего (95%): [{ci_lower:.3f}, {ci_upper:.3f}] °C")
```

Шаг 6 — Сравнение с истинным значением и паспортной точностью

```
bias = mean_val - 23.5
print(f"Систематическое смещение (bias): {bias:.3f} °C")

if ci_lower <= 23.5 <= ci_upper:
    print("Истинное значение попадает в доверительный интервал — систематическая погрешность не обнаружена.")
else:
    print("Истинное значение НЕ попадает в доверительный интервал — возможно наличие систематической погрешности.")

# Сравнение с паспортной точностью
if std_val <= 0.5:
    print(f"СКО ({std_val:.3f}°C) ≤ паспортной точности (±0.5°C) — измерения соответствуют характеристикам датчика.")
else:
    print(f"СКО ({std_val:.3f}°C) > паспортной точности (±0.5°C) — возможно, есть дополнительные источники шума.")
```

Шаг 7 — Проверка нормальности распределения (критерий Шапиро-Уилка)

```
shapiro_stat, shapiro_p = stats.shapiro(data)
print(f"Критерий Шапиро-Уилка: статистика = {shapiro_stat:.4f}, p-value = {shapiro_p:.4f}")

if shapiro_p > 0.05:
    print("Распределение не отличается от нормального (p > 0.05)")
else:
    print("Распределение отличается от нормального (p ≤ 0.05)")
```

5. Индивидуальные задания

Общая структура задания (для всех вариантов)

1. Загрузить CSV-файл с экспериментальными данными (создан на занятии №4).
2. Рассчитать основные статистические характеристики (среднее, дисперсия, СКО, коэффициент вариации).

3. Построить гистограмму распределения с линией среднего и истинного значения.
4. Выявить выбросы методами трёх сигм и IQR.
5. Построить boxplot.
6. Оценить доверительный интервал для среднего (95%).
7. Сравнить экспериментальные данные с истинным значением и паспортной точностью датчика.
8. Проверить нормальность распределения (критерий Шапиро-Уилка).

5.1. Варианты базового уровня (оценка «3»)

Сложность: лёгкая. Данные с минимальным шумом, без выраженных выбросов.

№ вар	Д атчик	Изме ряемая величина	Ис тинное значени е	Пас портная точность	Коли чество измерений
1	D S18B2 0	Темп ература, °C	23. 5	±0.5 °C	50
2	N ТС + АЦП	Темп ература, °C	22. 0	±1° C	50
3	B MP28 0	Давл ение, кПа	10 1.3	±1 кПа	50

№ вар	Д атчик	Изме ряемая величина	Ис тинное значени е	Пас портная точность	Коли чество измерений
4	Ф оторез истор	Осве щённость, %	50 %	±5 %	50
5	D HT22	Влаж ность, %	55 %	±2 %	50
6	H C- SR04	Расст ояние, см	50. 0	±1 см	30
7	M PU605 0	Уско рение Z, м/с ²	9.8 1	±0.1 м/с ²	50
8	L M35	Темп ература, °C	25. 0	±0.5 °C	50
9	Д атчик Холла	Напр яжение, мВ	15 00	±30 мВ	50
1 0	M AX30 102	Пуль с, уд/мин	75	±5 уд/мин	100

№ вар	Д атчик	Изме ряемая величина	Ис тинное значени е	Пас портная точность	Коли чество измерений
1 1	А ЦП Arduin о	Напр яжение, В	1.6 5	± 0.0 5 В	50
1 2	П отенц иомет р	Сопр отивление, кОм	5.0	± 0.2 кОм	50
1 3	М АХ44 66	Амп литуда, усл. ед.	0.5	± 0.0 5	50
1 4	Т MP36	Темп ература, °С	24. 0	± 0.5 °С	50
1 5	Ф отоди од	Осве щённость, лк	10 0	± 10 лк	50

5.2. Варианты среднего уровня (оценка «4»)

Сложность: средняя. Данные содержат выбросы (1–3), требуется их выявление и интерпретация.

№ вар	Датчик	Измеряемая величина	Особенность данных
1	DS18B20	Температура , °C	Есть 1–2 выброса (импульсные помехи)
2	NTC + АЦП	Температура , °C	Есть выбросы (плохой контакт)
3	BMP280	Давление, кПа	Есть выбросы (скачки давления)
4	Фоторез истор	Освещённос ть, %	Есть выбросы (засветка)
5	DHT22	Влажность, %	Есть выбросы (конденсация)
6	HC-SR04	Расстояние, см	Есть выбросы (ложное эхо)
7	MPU605 0	Ускорение Z, м/с ²	Есть выбросы (вибрация)
8	LM35	Температура , °C	Есть выбросы (нагрев датчика рукой)
9	Датчик Холла	Напряжение, мВ	Есть выбросы (наводки)
1	MAX30	Пульс,	Есть выбросы

№ вар	Датчик	Измеряемая величина	Особенность данных
0	102	уд/мин	(движение)
1	АЦП Arduino	Напряжение, В	Есть выбросы (импульсные помехи)
2	Потенц иометр	Сопротивлен ие, кОм	Есть выбросы (пропуск шага)
3	MAX44 66	Амплитуда, усл. ед.	Есть выбросы (хлопок)
4	ТМР36	Температура , °С	Есть выбросы
5	Фотоди од	Освещённос ть, лк	Есть выбросы

5.3. Варианты повышенного уровня (оценка «5»)

Сложность: высокая. Два режима измерений или значительная доля выбросов, требуется сравнение распределений.

№ вар	Датчик	Измеряемая величина	Особенность
1 0	DS18B2	Температура , °С	Два режима (стационар / нагрев)
2	NTC +	Температура	Два режима (разные

№ вар	Датчик	Измеряемая величина	Особенность
2	АЦП	, °C	температуры)
3	BMP280	Давление, кПа	Два режима (нормальное / пониженное)
4	Фоторезистор	Освещённость, %	Два режима (свет / темнота)
5	DHT22	Влажность, %	Два режима (сухой / влажный)
6	HC-SR04	Расстояние, см	Два расстояния (30 см и 100 см)
7	MPU6050	Ускорение Z, м/с ²	Покой и вибрация
8	LM35	Температура, °C	Два режима (комнатная / нагрев)
9	Датчик Холла	Напряжение, мВ	Поле есть / поля нет
10	MAX30102	Пульс, уд/мин	Покой и после нагрузки
11	АЦП Arduino	Напряжение, В	Два уровня напряжения

№ вар	Датчик	Измеряемая величина	Особенность
2	Потенциометр	Сопротивление, кОм	Два фиксированных положения
3	MAX4466	Амплитуда, усл. ед.	Тишина и шум
4	TMP36	Температура, °C	Два режима
5	Фотодиод	Освещённость, лк	Два режима

6. Контрольные вопросы

1. Что такое генеральная совокупность и выборка? Почему мы используем выборку?
2. Почему в формуле выборочной дисперсии используется деление на $n-1$, а не на n ?
3. Что показывает среднеквадратическое отклонение (СКО)? В каких единицах измеряется?
4. Что такое коэффициент вариации и когда его целесообразно использовать?
5. Сформулируйте правило «трёх сигм». Какие значения считаются выбросами по этому правилу?
6. Что такое межквартильный размах (IQR) и как с его помощью находить выбросы?
7. В чём преимущество метода IQR перед методом трёх сигм для ненормальных распределений?

8. Что такое доверительный интервал для среднего? Как его интерпретировать?
9. Какой коэффициент Стьюдента используется для доверительной вероятности 95% при $n=30$?
10. Чем случайная погрешность отличается от систематической?
11. Как увеличить точность оценки среднего (уменьшить доверительный интервал)?
12. Какой график позволяет визуально оценить нормальность распределения?
13. С какой целью применяется критерий Шапиро-Уилка?
14. Как интерпретировать p-value в критерии Шапиро-Уилка?
15. Когда используется t-критерий Стьюдента для независимых выборок?

7. Требования к отчёту

Отчёт оформляется в виде Jupyter Notebook (.ipynb) или Python-скрипта с подробными комментариями.

Структура отчёта:

1. Титульный лист (ФИО, группа, номер варианта, датчик, номер занятия).
2. Условие задачи (краткое описание исходных данных и цели).
3. Программная реализация (код с комментариями):
4. Загрузка данных.
5. Расчёт статистик.
6. Визуализация (гистограмма, boxplot).
7. Выявление выбросов.
8. Доверительный интервал.
9. Проверка нормальности.
10. Сравнение с истинным значением и паспортной точностью.

11. Результаты (таблицы и графики с краткими пояснениями).

12. Анализ и выводы (интерпретация полученных результатов, возможные источники погрешностей).

13. Список использованной литературы (минимум 2 источника).

Формат сдачи: .ipynb (Jupyter Notebook) + экспортированный PDF или .html. Название файла: Фамилия_НИР_занятие5_вариантN.ipynb.

8. Список литературы

Основная литература

1. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. — М.: Физматлит, 2012. — 816 с. (главы 1–4 по выборке, среднему, дисперсии, доверительным интервалам).
2. Маккинни У. Python для анализа данных. — М.: ДМК Пресс, 2020. — 560 с. (главы по Pandas, NumPy, визуализации).

Дополнительная литература

1. Пантелеев А.В., Якимова К.Е. Математическая статистика в примерах и задачах с использованием Python. — М.: ИНФРА-М, 2023. — 320 с.
2. ГОСТ Р ИСО 16269-2-2015 «Статистические методы. Обнаружение и обработка выбросов».

Интернет-ресурсы

1. SciPy Documentation - раздел **scipy.stats** (t-критерий, Шапиро-Уилк, доверительные интервалы). — URL: <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/stats.html> (дата обращения: 01.03.2025).
2. Real Python — Practical Statistics for Data Scientists (главы по описательной статистике). — URL: <https://realpython.com/python-statistics/> (дата обращения: 01.03.2025).

9. Критерии оценивания

Базовый уровень (оценка «3»)

Критерий	max балл
Данные загружены корректно, код работает	2
Среднее, дисперсия, СКО рассчитаны верно	2
Коэффициент вариации рассчитан	1
Гистограмма построена, отформатирована (подписи, легенда)	2
Выбросы выявлены хотя бы одним методом	1
Доверительный интервал рассчитан и интерпретирован	1
Сравнение с истинным значением выполнено	1
ИТОГО	10

Средний уровень (оценка «4»)

Критерий	max балл
Всё, что в базовом уровне (10 баллов)	10
Выбросы выявлены двумя методами (3σ и IQR)	2
Построен boxplot	1

Критерий	max балл
Проверка нормальности (Шапиро-Уилк) выполнена и интерпретирована	2
Сравнение с паспортной точностью датчика выполнено	2
Вывод о соответствии характеристикам датчика	1
ИТОГО	18

Повышенный уровень (оценка «5»)

Критерий	max балл
Всё, что в среднем уровне (18 баллов)	18
Два режима измерений (сравнение распределений)	4
Сравнение доверительных интервалов для двух режимов	2
Применение t-критерия для независимых выборок (сравнение средних)	2
Анализ причин выбросов (техническое обоснование)	2
Построение Q–Q plot для визуальной оценки	1

Критерий	max балл
нормальности	
ИТОГО	29

Шкала перевода баллов в оценку (для всех уровней):

90–100% от max → «отлично»

70–89% → «хорошо»

50–69% → «удовлетворительно»

<50% → «неудовлетворительно»

Практическое занятие №6

Тема: «Фильтрация шумов. Сравнение эффективности методов»

1. Цель работы

Сформировать навыки программной реализации и сравнительного анализа алгоритмов фильтрации шумов для экспериментальных данных с датчиков, включая скользящее среднее, медианный фильтр и экспоненциальное сглаживание, а также оценку эффективности фильтрации по метрикам SNR и улучшения СКО.

2. Задачи работы

1. Изучить теоретические основы цифровой фильтрации сигналов.
2. Реализовать на Python три метода фильтрации:
3. Скользящее среднее (Moving Average) с разными окнами.
4. Медианный фильтр (Median Filter) с разными окнами.

5. Экспоненциальное сглаживание (Exponential Smoothing) с разными α .
6. Оценить эффективность фильтрации с помощью SNR (Signal-to-Noise Ratio) до и после.
7. Визуализировать исходный и отфильтрованные сигналы.
8. Выбрать оптимальные параметры фильтра для конкретного типа шума.

3. Теоретическое обоснование

3.1. Понятие шума в измерениях

Шум - случайные флуктуации сигнала, не связанные с измеряемой величиной. Основные типы шумов в датчиковых системах:

Тип шума	Характеристика	Пример
Гауссовский (белый) шум	Нормальное распределение, независимые отсчёты	Тепловой шум резисторов
Импульсный шум	Редкие выбросы большой амплитуды	Помехи от электродвигателей, наводки
Дрейф (низкочастотный)	Медленное изменение базового уровня	Температурный дрейф
Периодическая помеха	Гармоническая составляющая	Наводка 50 Гц от сети

SNR (Signal-to-Noise Ratio) - отношение мощности сигнала к мощности шума:

$$SNR = 10 \cdot \log_{10} \left(\frac{P_{signal}}{P_{noise}} \right) \quad [\text{дБ}]$$

Чем выше SNR, тем лучше качество сигнала. При фильтрации мы стремимся увеличить SNR.

3.2. Скользящее среднее (Moving Average)

Принцип: каждый отсчёт заменяется средним арифметическим его соседей в окне размера LL .

$$y[i] = \frac{1}{L} \sum_{j=-k}^k x[i+j], \quad \text{где } L = 2k + 1$$

Свойства:

- Хорошо подавляет гауссовский шум.
- Снижение СКО примерно в LL раз (для белого шума).
- Ухудшает временную разрешающую способность (сглаживает резкие скачки).

Реализация на Python:

```
def moving_average(data, window_size):
    """Скользящее среднее с окном window_size (нечётное)"""
    half = window_size // 2
    result = np.zeros_like(data)
    for i in range(half, len(data) - half):
        result[i] = np.mean(data[i-half : i+half+1])
    # Края заполняем исходными значениями
    result[:half] = data[:half]
    result[-half:] = data[-half:]
    return result
```

3.3. Медианный фильтр (Median Filter)

Принцип: каждый отсчёт заменяется медианой его соседей в окне.

Свойства:

- Отлично подавляет импульсный шум (выбросы).
- Сохраняет резкие перепады (края).

- Требуется сортировки (медленнее, но для небольших окон — приемлемо).

Реализация на Python:

```
from scipy.signal import medfilt

def median_filter(data, window_size):
    """Медианный фильтр с окном window_size (нечётное)"""
    return medfilt(data, kernel_size=window_size)
```

3.4. Экспоненциальное сглаживание (Exponential Smoothing)

Принцип: рекурсивный фильтр, где каждый новый отсчёт обновляется с учётом предыдущего отфильтрованного значения.

$$y[i] = \alpha \cdot x[i] + (1 - \alpha) \cdot y[i - 1], \quad \alpha \in (0, 1)$$

где α - параметр сглаживания:

α близкое к 1 → слабое сглаживание (быстрая реакция на изменения).

α близкое к 0 → сильное сглаживание (медленная реакция).

Свойства:

1. Простой в реализации, не требует буфера.
2. Хорош для обработки в реальном времени (однопроходный).
3. Не требует хранения окна.

Реализация на Python:

```
def exponential_smoothing(data, alpha):
    """Экспоненциальное сглаживание с параметром alpha"""
    result = np.zeros_like(data)
    result[0] = data[0]
    for i in range(1, len(data)):
        result[i] = alpha * data[i] + (1 - alpha) * result[i-1]
    return result
```

3.5. Оценка эффективности фильтрации

Метрики для сравнения:

Метрика	Формула	Смысл
СКО до фильтрации	σ_{raw}	Исходный разброс
СКО после фильтрации	$\sigma_{filtered}$	Разброс после фильтрации
Улучшение СКО, %	$\frac{\sigma_{raw} - \sigma_{filtered}}{\sigma_{raw}} \cdot 100$	Насколько уменьшился разброс
Оценка SNR	$SNR = 10 \log_{10} \left(\frac{\sigma_{raw}^2}{\sigma_{filtered}^2} \right)$	Отношение сигнал/шум (чем выше, тем лучше)
Прирост SNR, дБ	$SNR_{filtered} - SNR_{raw}$	Положительное значение — фильтр улучшил качество

Ожидаемые результаты для разных типов шума:

Фильтр	Гауссовский шум	Импульсный шум
Скользящее среднее	Хорошо	Плохо (размазывает выбросы)
Медианный фильтр	Средне	Отлично
Экспоненциальное	Хорошо	Средне

Фильтр	Гауссовский шум	Импульсный шум
сглаживание		(зависит от α)

3.6. Визуализация результатов

Для наглядного сравнения рекомендуется строить:

1. Исходный сигнал - чтобы видеть характер шума.
2. Наложение отфильтрованных сигналов — для сравнения степени сглаживания.
3. Остатки (разность исходного и отфильтрованного) — визуализация удалённой шумовой компоненты.

4. Практический пример

Условие варианта 1 (базовый)

Дан CSV-файл `temperature_data.csv` содержит 100 измерений температуры (в °C), выполненных цифровым датчиком DS18B20. Исходный сигнал содержит гауссовский шум (шум датчика) и единичный импульсный выброс. Необходимо сравнить три метода фильтрации: скользящее среднее (окно 5), медианный фильтр (окно 5), экспоненциальное сглаживание ($\alpha = 0.3$).

Шаг 1 — Загрузка данных и добавление шума

```
import pandas as pd
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy.signal import medfilt

# Загрузка данных (или генерация сигнала)
# Для примера сгенерируем сигнал
np.random.seed(42)
t = np.arange(0, 10, 0.1) # 100 отсчётов
```

```

signal_clean = 23.5 + 0.05 * np.sin(0.5 * t) # полезный сигнал
noise_gaussian = np.random.normal(0, 0.3, len(t)) # гауссовский шум
noise_impulse = np.zeros(len(t))
noise_impulse[50] = 3.0 # импульсный выброс
data = signal_clean + noise_gaussian + noise_impulse

print(f"Длина сигнала: {len(data)}")
print(f"СКО исходного сигнала: {np.std(data):.4f}")

```

Шаг 2 — Реализация фильтров

```

def moving_average(data, window_size):
    """Скользящее среднее"""
    half = window_size // 2
    result = np.zeros_like(data)
    for i in range(half, len(data) - half):
        result[i] = np.mean(data[i-half : i+half+1])
    result[:half] = data[:half]
    result[-half:] = data[-half:]
    return result

def exponential_smoothing(data, alpha):
    """Экспоненциальное сглаживание"""
    result = np.zeros_like(data)
    result[0] = data[0]
    for i in range(1, len(data)):
        result[i] = alpha * data[i] + (1 - alpha) * result[i-1]
    return result

# Применение фильтров
window = 5
alpha = 0.3

data_ma = moving_average(data, window)
data_median = medfilt(data, kernel_size=window)
data_es = exponential_smoothing(data, alpha)

```

Шаг 3 — Оценка эффективности

```

def calculate_snr(signal):
    """Оценка SNR (приближённая)"""
    mean_val = np.mean(signal)
    std_val = np.std(signal)
    return 20 * np.log10(mean_val / std_val) if std_val > 0 else 0

```

```

def improvement_percent(raw, filtered):
    """Улучшение СКО в процентах"""
    raw_std = np.std(raw)
    filtered_std = np.std(filtered)
    return (raw_std - filtered_std) / raw_std * 100

print("=" * 60)
print("Сравнение методов фильтрации")
print("=" * 60)

print(f"Исходный сигнал: СКО = {np.std(data):.4f}, SNR = {calculate_snr(data):.2f} дБ")

print(f"\nСкользящее среднее (окно {window}):")
print(f"  СКО = {np.std(data_ma):.4f}, SNR = {calculate_snr(data_ma):.2f} дБ")
print(f"  Улучшение СКО: {improvement_percent(data, data_ma):.1f}%")

print(f"\nМедианный фильтр (окно {window}):")
print(f"  СКО = {np.std(data_median):.4f}, SNR = {calculate_snr(data_median):.2f} дБ")
print(f"  Улучшение СКО: {improvement_percent(data, data_median):.1f}%")

print(f"\nЭкспоненциальное сглаживание ( $\alpha = \{alpha\}$ ):")
print(f"  СКО = {np.std(data_es):.4f}, SNR = {calculate_snr(data_es):.2f} дБ")
print(f"  Улучшение СКО: {improvement_percent(data, data_es):.1f}%")

```

Шаг 4 — Визуализация

```

plt.figure(figsize=(12, 10))

# Исходный сигнал
plt.subplot(4, 1, 1)
plt.plot(t, data, 'b-', label='Исходный сигнал')
plt.plot(t, signal_clean, 'r--', label='Истинный сигнал (без шума)')
plt.ylabel('Температура, °C')
plt.title('Исходный сигнал с шумом')
plt.legend()
plt.grid(True, alpha=0.3)

# Скользящее среднее
plt.subplot(4, 1, 2)
plt.plot(t, data, 'b-', alpha=0.3, label='Исходный')
plt.plot(t, data_ma, 'r-', linewidth=2, label='Скользящее среднее')
plt.ylabel('Температура, °C')
plt.title(f'Скользящее среднее (окно = {window})')
plt.legend()

```

```

plt.grid(True, alpha=0.3)

# Медианный фильтр
plt.subplot(4, 1, 3)
plt.plot(t, data, 'b-', alpha=0.3, label='Исходный')
plt.plot(t, data_median, 'g-', linewidth=2, label='Медианный фильтр')
plt.ylabel('Температура, °C')
plt.title(f'Медианный фильтр (окно = {window})')
plt.legend()
plt.grid(True, alpha=0.3)

# Экспоненциальное сглаживание
plt.subplot(4, 1, 4)
plt.plot(t, data, 'b-', alpha=0.3, label='Исходный')
plt.plot(t, data_es, 'm-', linewidth=2, label=f'Эксп. сглаживание ( $\alpha = \{alpha\}$ )')
plt.xlabel('Время, с')
plt.ylabel('Температура, °C')
plt.title('Экспоненциальное сглаживание')
plt.legend()
plt.grid(True, alpha=0.3)

plt.tight_layout()
plt.show()

```

Шаг 5 — Анализ результатов

```

# Детальный анализ: сравнение на участке с выбросом
plt.figure(figsize=(12, 6))
plt.plot(t, data, 'b-', linewidth=1, label='Исходный')
plt.plot(t, data_ma, 'r-', linewidth=2, label='Скользящее среднее')
plt.plot(t, data_median, 'g-', linewidth=2, label='Медианный фильтр')
plt.plot(t, data_es, 'm-', linewidth=2, label='Эксп. сглаживание')
plt.axvline(x=5.0, color='gray', linestyle='--', label='Выброс (t = 5.0 с)')
plt.xlabel('Время, с')
plt.ylabel('Температура, °C')
plt.title('Сравнение методов фильтрации на участке с выбросом')
plt.legend()
plt.grid(True, alpha=0.3)
plt.xlim(4.5, 5.5)
plt.show()

```

Ожидаемый вывод:

1. Медианный фильтр лучше всех справился с импульсным выбросом.
2. Скользящее среднее хорошо подавило гауссовский шум, но «размазало» выброс.
3. Экспоненциальное сглаживание даёт гладкий сигнал, но медленно реагирует на резкие изменения.

5. Индивидуальные задания

Общая структура задания (для всех вариантов)

1. Загрузить CSV-файл с экспериментальными данными (создан на занятии №4) или сгенерировать сигнал с заданным типом шума.
2. Реализовать три метода фильтрации:
3. Скользящее среднее (окна 3, 5, 7, 11, 21 — по выбору в зависимости от уровня).
4. Медианный фильтр (окна 3, 5, 7).
5. Экспоненциальное сглаживание ($\alpha = 0.1, 0.3, 0.5, 0.7$).
6. Оценить эффективность по СКО, улучшению СКО в %, SNR.
7. Построить графики исходного и отфильтрованных сигналов.
8. Выбрать оптимальный фильтр и параметры для данного типа шума.
9. Обосновать выбор.

5.1. Варианты базового уровня (оценка «3»)

Сложность: лёгкая. Гауссовский шум (СКО 0.2–0.3), без импульсных помех.

№ вар	Датчик	Измеряемая величина	Тип шума	Параметры фильтрации
1	DS18B20	Температура	Гауссовский ($\sigma=0.2$)	MA(5), Median(5), ES($\alpha=0.3$)
2	NTC + АЦП	Температура	Гауссовский ($\sigma=0.3$)	MA(5), Median(5), ES($\alpha=0.3$)
3	BMP280	Давление	Гауссовский ($\sigma=0.5$ кПа)	MA(5), Median(5), ES($\alpha=0.3$)
4	Фоторезистор	Освещённость	Гауссовский ($\sigma=3\%$)	MA(5), Median(5), ES($\alpha=0.3$)
5	DHT22	Влажность	Гауссовский ($\sigma=1\%$)	MA(5), Median(5), ES($\alpha=0.3$)
6	HC-SR04	Расстояние	Гауссовский ($\sigma=0.5$ см)	MA(5), Median(5), ES($\alpha=0.3$)
7	MPU6050	Ускорение	Гауссовский ($\sigma=0.05$ м/с ²)	MA(5), Median(5), ES($\alpha=0.3$)
8	LM35	Температура	Гауссовский ($\sigma=0.2$)	MA(5), Median(5), ES($\alpha=0.3$)

вар	№	Датчик	Измеряемая величина	Тип шума	Параметры фильтрации
	9	Датчик Холла	Напряжение	Гауссовский ($\sigma=10$ мВ)	MA(5), Median(5), ES($\alpha=0.3$)
0	1	MAX30102	Пулс	Гауссовский ($\sigma=2$ уд/мин)	MA(5), Median(5), ES($\alpha=0.3$)
1	1	АЦП Arduino	Напряжение	Гауссовский ($\sigma=0.02$ В)	MA(5), Median(5), ES($\alpha=0.3$)
2	1	Потенциометр	Сопротивление	Гауссовский ($\sigma=0.1$ кОм)	MA(5), Median(5), ES($\alpha=0.3$)
3	1	MAX4466	Амплитуда	Гауссовский ($\sigma=0.05$)	MA(5), Median(5), ES($\alpha=0.3$)
4	1	TMP36	Температура	Гауссовский ($\sigma=0.2$)	MA(5), Median(5), ES($\alpha=0.3$)
5	1	Фотодиод	Освещённость	Гауссовский ($\sigma=5$ лк)	MA(5), Median(5), ES($\alpha=0.3$)

5.2. Варианты среднего уровня (оценка «4»)

Сложность: средняя. Гауссовский шум + 1–2 импульсных выброса.

ва р	Датчик	Измеряе мая величина	Тип шума	Дополнит ельное задание
	DS18B2 0	Темпера тура	Gaussian + 1 импульс	Сравнить МА(5) и Median(5) на выбросе
	NTC + АЦП	Темпера тура	Gaussian + 2 импульс а	Сравнить МА(7) и Median(5)
	BMP28 0	Давлени е	Gaussian + 1 импульс	Найти оптимальное окно для медианного фильтра
	Фоторе зистор	Освещён ность	Gaussian + 1 импульс	Оценить влияние окна на степень сглаживания
	DHT22	Влажнос ть	Gaussian + 2 импульс	Сравнить три метода визуально и по SNR

ва р	Датчик	Измеряе мая величина	Тип шума	Дополнит ельное задание
			а	
	НС- SR04	Расстоян ие	Gaussian + 1 импульс	Выбрать оптимальный α для эксп. сглаживания
	MPU60 50	Ускорен ие	Gaussian + 1 импульс	Сравнить MA(11) и Median(5)
	LM35	Темпера тура	Gaussian + 2 импульс а	Оценить улучшение СКО в %
	Датчик Холла	Напряже ние	Gaussian + 1 импульс	Построить остатки (разность) после фильтрации
0	MAX30 102	Пульс	Gaussian + 1	Сравнить MA(5) и ES($\alpha=0.2$)

ва р	Датчик	Измеряе мая величина	Тип шума	Дополнит ельное задание
			импульс	
1	АЦП Arduino	Напряже ние	Gaussian + 2 импульс а	Найти оптимальное окно MA (3,5,7,11)
2	Потенц иометр	Сопроти вление	Gaussian + 1 импульс	Оценить прирост SNR
3	MAX44 66	Амплиту да	Gaussian + 1 импульс	Сравнить медианный фильтр (окна 3,5,7)
4	TMP36	Темпера тура	Gaussian + 2 импульс а	Выбрать лучший метод для данного сигнала
5	Фотоди од	Освещён ность	Gaussian +	Построить таблицу SNR для

ва р	Датчик	Измеряе мая величина	Тип шума	Дополнит ельное задание
			1 импульс	всех методов

5.3. Варианты повышенного уровня (оценка «5»)

Сложность: высокая. Комбинированный шум или реальные данные с неизвестными характеристиками.

вар	Датчи к	Измеря емая величина	Тип шума	Дополн ительное задание
	DS18 B20	Темпе ратура	Реаль ные данные (с выбросами)	Автома тический подбор параметров фильтра (GridSearch по СКО)
	NTC + АЦП	Темпе ратура	Gaussi an + 5% выбросов	Сравни ть медианный фильтр и усечённое среднее
	BMP	Давле	Нерез	Примен

вар	Датчик	Измеряемая величина	Тип шума	Дополнительное задание
	280	Температура	Случайные перепады + шум	Применить комбинацию (Median + MA)
	Фото резистор	Освещённость	Шум + дрейф	Применить эксп. сглаживание с адаптивным α
	DHT 22	Влажность	Реальные данные с аномалиями	Выявить и удалить выбросы, затем применить MA
	HC-SR04	Расстояние	Импульсный шум (10% выбросов)	Сравнить Median(5) и Median(7)
	MPU 6050	Ускорение	Вибрация + белый шум	Применить БИХ-фильтр (эксп.

вар	Датчик	Измеряемая величина	Тип шума	Дополнительное задание
				сглаживание) и сравнить с МА
	LM35	Температура	Дрейф + шум	Вычесть дрейф (полиномиальная аппроксимация), затем фильтровать
	Датчик Холла	Напряжение	Периодическая помеха 50 Гц + шум	Спроектировать цифровой фильтр (ФНЧ) и сравнить с МА
0	MAX30102	Пульс	Реальные данные (артефакты движения)	Применить медианный фильтр с окном 5,

вар	Датчик	Измеряемая величина	Тип шума	Дополнительное задание
				оценить улучшение
1	АЦП Arduino	Напряжение	Квантование + гауссовский шум	Оценить эффективность фильтрации для 10-битного АЦП
2	Потенциометр	Сопротивление	Джиттер (случайные колебания)	Сравнить МА и ЕС для устранения джиттера
3	MAX4466	Амплитуда	Взрывной шум (редкие выбросы)	Сравнить медианный фильтр и усечённое среднее
4	ТМР 36	Температура	Переходный процесс + шум	Применить эксп. сглаживание для оценки

вар	Датчик	Измеряемая величина	Тип шума	Дополнительное задание
				постоянной времени
5	Фото диод	Освещённость	Мерцание (периодическая помеха) + шум	Применить полосовой фильтр или медианный фильтр

6. Контрольные вопросы

1. Какие основные типы шумов встречаются в датчиковых системах?
2. Что такое SNR и как он изменяется после фильтрации?
3. Как работает скользящее среднее и от каких параметров зависит степень сглаживания?
4. В чём преимущество медианного фильтра перед скользящим средним?
5. Для каких типов шума эффективен медианный фильтр?
6. Как работает экспоненциальное сглаживание и как параметр α влияет на результат?
7. Почему в медианном фильтре окно должно быть нечётным?
8. Как оценить эффективность фильтрации количественно?
9. Какой фильтр лучше подавляет импульсный шум и почему?

10. Что произойдёт с сигналом, если применить скользящее среднее с очень большим окном?
11. В каких случаях экспоненциальное сглаживание предпочтительнее скользящего среднего?
12. Что такое «остатки» после фильтрации и как их интерпретировать?
13. Как фильтрация влияет на временную разрешающую способность?
14. Можно ли применить несколько фильтров последовательно? Какой эффект это даст?
15. Как выбрать оптимальный α для экспоненциального сглаживания?

7. Требования к отчёту

Отчёт оформляется в виде Jupyter Notebook (.ipynb) или Python-скрипта с подробными комментариями.

Структура отчёта:

1. Титульный лист (ФИО, группа, номер варианта, датчик, номер занятия).
2. Условие задачи (краткое описание данных и типа шума).
3. Реализация фильтров (функции на Python с комментариями).
4. Оценка эффективности (таблица с СКО, SNR, улучшением).
5. Визуализация (графики исходного и отфильтрованных сигналов).
6. Анализ и выводы (какой фильтр лучше, почему, оптимальные параметры).
7. Список использованной литературы (минимум 2 источника).

Формат сдачи: .ipynb + экспортированный PDF. Название файла: `Фамилия_НИР_занятие6_вариантN.ipynb`.

8. Список литературы

Основная литература

1. Смит С. Цифровая обработка сигналов. — М.: ДМК Пресс, 2020. — 720 с. (главы 15–16 по фильтрации).
2. Петин В.А. Проекты с использованием Arduino: 50 практических схем. — СПб.: БХВ-Петербург, 2021. (главы по программной фильтрации).

Дополнительная литература

1. Лайонс Р. Цифровая обработка сигналов. — М.: Бином, 2016. — 656 с.
2. Штайн М. Фильтрация сигналов в реальном времени. — М.: Техносфера, 2019. — 480 с.

Интернет-ресурсы

1. SciPy Signal — модуль для обработки сигналов (medfilt, savgol_filter). —
URL: <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/signal.html> (дата обращения: 01.03.2025).
2. Real Python — Moving Average и Exponential Smoothing в Python. —
URL: <https://realpython.com/python-moving-average/> (дата обращения: 01.03.2025).

9. Критерии оценивания

Базовый уровень (оценка «3»)

Критерий	max балл
Код работает, фильтры реализованы	3
Рассчитаны СКО и улучшение в % для всех трёх методов	3

Критерий	max балл
Построены графики исходного и отфильтрованных сигналов	2
Сделан вывод о лучшем методе	2
ИТОГО	10

Средний уровень (оценка «4»)

Критерий	max балл
Всё, что в базовом уровне (10 баллов)	10
Рассчитан SNR до и после для всех методов	3
Построены остатки (разность исходного и отфильтрованного)	2
Обоснован выбор оптимального фильтра и параметров	3
ИТОГО	18

Повышенный уровень (оценка «5»)

Критерий	max балл
Всё, что в среднем уровне (18 баллов)	18
Реализован автоматический подбор параметров	3

Критерий	max балл
(поиск по сетке)	
Применена комбинация фильтров (например, Median → МА)	2
Сравнение с эталонным неискажённым сигналом (если есть)	3
Подробный анализ с визуализацией спектра (БПФ)	3
ИТОГО	29

Шкала перевода баллов в оценку (для всех уровней):

90–100% от max → «отлично»

70–89% → «хорошо»

50–69% → «удовлетворительно»

<50% → «неудовлетворительно»

Практическое занятие №7

Тема: «Построение математической модели и численное решение дифференциальных уравнений»

1. Цель работы: Сформировать навыки построения математических моделей физических процессов (охлаждение тела, RC-цепь), их программной реализации и численного решения обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) методом Эйлера, а также сравнения численного решения с аналитическим для оценки погрешности.

2. Задачи работы

Изучить постановку задачи Коши для обыкновенных дифференциальных уравнений.

1. Освоить метод Эйлера как простейший численный метод решения ОДУ.
2. Построить математическую модель физического процесса:
3. Закон охлаждения Ньютона (теплопередача).
4. Заряд/разряд RC-цепи (электрическая цепь).
5. Реализовать численное решение на Python.
6. Сравнить численное решение с аналитическим (там, где оно существует).
7. Исследовать влияние шага интегрирования на погрешность.
8. Визуализировать результаты.
- 9.

3. Теоретическое обоснование

3.1. Постановка задачи Коши

Задача Коши для обыкновенного дифференциального уравнения 1-го порядка:

$$\frac{dy}{dt} = f(t, y), \quad y(t_0) = y_0$$

где:

$y(t)$ - искомая функция (температура, напряжение, и т.д.);

$f(t, y)$ - правая часть, определяющая скорость изменения;

y_0 - начальное условие.

Примеры физических процессов, описываемых ОДУ 1-го порядка:

Процесс	Уравнение	Параметры
Охлаждение тела	$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_{env})$	k - коэффициент теплоотдачи, T_{env} - температура среды
RC-цепь (заряд)	$\frac{dU}{dt} = \frac{U_{in} - U}{RC}$	RC - постоянная времени, U_{in} - входное напряжение
Биологический рост	$\frac{dN}{dt} = rN(1 - N/K)$	r - скорость роста, K - ёмкость среды

3.2. Аналитическое решение

Для закона охлаждения Ньютона:

$$T(t) = T_{env} + (T_0 - T_{env}) \cdot e^{-kt}$$

где $T_0 = T(0)$ - начальная температура.

Для RC-цепи (заряд):

$$U(t) = U_{in} \cdot (1 - e^{-t/RC}) + U_0 \cdot e^{-t/RC}$$

где U_0 — начальное напряжение на конденсаторе.

3.3. Метод Эйлера

Метод Эйлера - простейший численный метод решения ОДУ. Идея: аппроксимировать производную конечной разностью.

$$y_{n+1} = y_n + h \cdot f(t_n, y_n)$$

где:

h - шаг интегрирования;

$t_n = t_0 + n \cdot h$;

y_n - приближённое значение в точке t_n .

Геометрическая интерпретация: движение по касательной.

Свойства метода Эйлера:

Явный (значение на следующем шаге вычисляется явно из предыдущего).

1-й порядок точности: ошибка на шаге $O(h^2)$, глобальная ошибка $O(h)$.

Может быть неустойчив при больших шагах.

Реализация на Python:

python

```
def euler(f, y0, t0, t_end, h):
    """Метод Эйлера для решения ОДУ dy/dt = f(t, y)"""
    n_steps = int((t_end - t0) / h)
    t = np.linspace(t0, t_end, n_steps + 1)
    y = np.zeros(n_steps + 1)
    y[0] = y0

    for i in range(n_steps):
        y[i+1] = y[i] + h * f(t[i], y[i])

    return t, y
```

3.4. Устойчивость и выбор шага

Устойчивость - свойство метода, при котором погрешность не растёт экспоненциально.

Для метода Эйлера условие устойчивости для линейного уравнения

$$y' = -\lambda y \ (\lambda > 0):$$

$$|1 - \lambda h| < 1 \quad \Rightarrow \quad h < \frac{2}{\lambda}$$

Практический выбор шага:

Шаг должен быть достаточно мал для точности (обычно $h \leq 0.1 \cdot \tau$, где τ - постоянная времени процесса).

Слишком малый шаг увеличивает время счёта и накапливает ошибку округления.

Рекомендуется провести численный эксперимент: уменьшать шаг в 2 раза до тех пор, пока решение перестанет меняться.

Оценка погрешности (правило Рунге):

Если известно точное решение, вычисляем абсолютную погрешность:

$$\varepsilon = |y_{\text{числ}} - y_{\text{анал}}|$$

Для оценки без аналитического решения — сравнение решений с шагом h и $h/2$:

$$\varepsilon \approx \frac{|y_h - y_{h/2}|}{2^p - 1}$$

где $p=1$ для метода Эйлера.

3.5. Закон охлаждения Ньютона (подробно)

Физический смысл: скорость охлаждения тела пропорциональна разности температур тела и окружающей среды.

$$\frac{dT}{dt} = -k(T - T_{env})$$

где k - коэффициент теплоотдачи (1/с).

Параметры для моделирования:

Начальная температура $T_0=80^\circ\text{C}$

Температура среды $T_{env}=20^\circ\text{C}$

Коэффициент $k=0.05\text{с}^{-1}$

Постоянная времени $\tau=1/k=20\text{ с}$

Аналитическое решение:

$$T(t) = 20 + 60 \cdot e^{-0.05t}$$

Реализация правой части:

python

```
def cooling_f(t, T):  
    return -0.05 * (T - 20)
```

3.6. RC-цепь (заряд конденсатора)

Физический смысл: напряжение на конденсаторе при заряде через резистор изменяется экспоненциально.

$$\frac{dU}{dt} = \frac{U_{in} - U}{RC}$$

где:

RC — постоянная времени (с);

U_{in} — входное напряжение (В).

Параметры для моделирования:

$RC=10$ с

$U_{in}=5$ В

$U_0=0$ В (разряженный конденсатор)

Аналитическое решение:

$$U(t) = 5 \cdot (1 - e^{-t/10})$$

4. Практический пример

Условие варианта 1 (базовый)

Процесс: охлаждение тела (закон Ньютона). Параметры: начальная температура 80°C , температура среды 20°C , коэффициент теплоотдачи $k=0.05$. Необходимо численно решить ОДУ методом Эйлера с шагом $h=1$ с на интервале $[0,100]$ с и сравнить с аналитическим решением.

Шаг 1 - Определение модели

python

```
import numpy as np
```

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

Параметры

```
T0 = 80.0      # начальная температура, °C
```

```
T_env = 20.0   # температура среды, °C
```

```
k = 0.05      # коэффициент теплоотдачи, 1/с
```

```
t0 = 0        # начальное время, с
```

```
t_end = 100   # конечное время, с
```

```
h = 1.0       # шаг интегрирования, с
```

Правая часть ОДУ

```
def cooling_f(t, T):  
    return -k * (T - T_env)
```

Аналитическое решение

```
def cooling_analytic(t):  
    return T_env + (T0 - T_env) * np.exp(-k * t)
```

Шаг 2 — Реализация метода Эйлера

python

```
def euler(f, y0, t0, t_end, h):  
    """Метод Эйлера для ОДУ  $dy/dt = f(t, y)$ """  
    n_steps = int((t_end - t0) / h)  
    t = np.linspace(t0, t_end, n_steps + 1)  
    y = np.zeros(n_steps + 1)  
    y[0] = y0  
  
    for i in range(n_steps):  
        y[i+1] = y[i] + h * f(t[i], y[i])  
  
    return t, y
```

Решение

```
t_euler, T_euler = euler(cooling_f, T0, t0, t_end, h)  
t_analytic = np.linspace(t0, t_end, 1000)  
T_analytic = cooling_analytic(t_analytic)
```

Шаг 3 — Расчёт погрешности

python

Интерполяция численного решения на точки аналитического

```
T_euler_interp = np.interp(t_analytic, t_euler, T_euler)
```

```
error = np.abs(T_analytic - T_euler_interp)
```

```
max_error = np.max(error)
```

```
mean_error = np.mean(error)
```

```
print(f'Максимальная погрешность: {max_error:.4f} °C')
```

```
print(f'Средняя погрешность: {mean_error:.4f} °C')
```

```
print(f'Погрешность в конце интервала: {error[-1]:.4f} °C')
```

Шаг 4 — Визуализация

python

```
plt.figure(figsize=(12, 8))
```

```
# График температур
```

```
plt.subplot(2, 1, 1)
```

```
plt.plot(t_analytic, T_analytic, 'b-', linewidth=2, label='Аналитическое  
решение')
```

```
plt.plot(t_euler, T_euler, 'ro--', markersize=4, label=f'Метод Эйлера (h =  
{h} c)')
```

```
plt.xlabel('Время, c')
```

```
plt.ylabel('Температура, °C')
```

```
plt.title('Охлаждение тела: сравнение численного и аналитического  
решений')
```

```
plt.legend()
```

```
plt.grid(True, alpha=0.3)
```

```
# График погрешности
```

```
plt.subplot(2, 1, 2)
```

```
plt.plot(t_analytic, error, 'g-', linewidth=1)
```

```
plt.xlabel('Время, c')
```

```
plt.ylabel('Абсолютная погрешность, °C')
```

```
plt.title('Погрешность метода Эйлера')
```

```
plt.grid(True, alpha=0.3)
```

```
plt.tight_layout()
```

```
plt.show()
```

Шаг 5 — Исследование влияния шага интегрирования

python

```
steps = [5.0, 2.0, 1.0, 0.5, 0.2, 0.1]
```

```
results = []
```

```
for h in steps:
```

```
    t_euler, T_euler = euler(cooling_f, T0, t0, t_end, h)
```

```
    T_euler_interp = np.interp(t_analytic, t_euler, T_euler)
```

```
    max_error = np.max(np.abs(T_analytic - T_euler_interp))
```

```
    results.append((h, max_error))
```

```
print("=" * 50)
```

```
print("Влияние шага интегрирования на погрешность")
```

```
print("=" * 50)
```

```
print(f"{'Шаг h, c':<12} {'Макс. погрешность, °C':<25}")
```

```
print("-" * 50)
```

```
for h, err in results:
```

```
    print(f"{'h:<12} {'err:<25.4f}'")
```

```
# Визуализация зависимости погрешности от шага
```

```
plt.figure(figsize=(8, 5))
```

```
h_vals = [r[0] for r in results]
```

```
err_vals = [r[1] for r in results]
```

```
plt.loglog(h_vals, err_vals, 'bo-', linewidth=2)
```

```
plt.xlabel('Шаг интегрирования h, с')
plt.ylabel('Максимальная погрешность, °C')
plt.title('Зависимость погрешности от шага (логарифмический масштаб)')
plt.grid(True, alpha=0.3)
plt.show()
```

Ожидаемый результат: при уменьшении шага в 2 раза погрешность уменьшается примерно в 2 раза (1-й порядок точности).

Шаг 6 — Выводы

```
python
print("\nВЫВОДЫ:")
print(f"1. Метод Эйлера с шагом h = {steps[2]} с даёт максимальную погрешность {results[2][1]:.3f} °C")
print("2. При уменьшении шага интегрирования погрешность уменьшается линейно (1-й порядок)")
print("3. На интервале [0, 100] с решение достигает установившегося режима ≈20°C")
print("4. Для повышения точности рекомендуется использовать методы более высокого порядка (Рунге-Кутты)")
```

5. Индивидуальные задания

Общая структура задания (для всех вариантов)

1. Построить математическую модель заданного физического процесса.
2. Реализовать метод Эйлера для решения ОДУ.
3. Получить аналитическое решение (если оно существует).
4. Сравнить численное и аналитическое решение для заданного шага.

5. Исследовать влияние шага интегрирования на погрешность (минимум 5 шагов).
6. Визуализировать результаты (графики решения и погрешности).
7. Сделать выводы о точности и устойчивости метода для данной модели.

5.1. Варианты базового уровня (оценка «3»)

Сложность: лёгкая. Модель - закон охлаждения Ньютона с заданными параметрами.

Вариант	Начальная температура $T_0, ^\circ\text{C}$	Средняя температура $T_{\text{env}}, ^\circ\text{C}$	Коэффициент $k, 1/\text{с}$	Шаг интегрирования $h, \text{с}$	Интервал, с
1	80	20	0.05	1.0	[0, 100]
2	100	20	0.03	1.0	[0, 150]
3	60	15	0.07	1.0	[0, 80]
4	90	25	0.04	1.0	[0, 120]
5	70	18	0.06	1.0	[0, 90]
6	50	20	0.08	0.5	[0, 60]

Вариант	Начальная температура $T_0, ^\circ\text{C}$	Средняя температура $T_{\text{env}}, ^\circ\text{C}$	Коэффициент $k, 1/\text{с}$	Шаг $h, \text{с}$	Интервал, с
7	120	30	0.02	2	[0, 200]
8	40	10	0.10	0.5	[0, 50]
9	85	22	0.045	1	[0, 110]
10	75	18	0.055	1	[0, 95]
11	95	20	0.035	1	[0, 130]
12	65	15	0.065	1	[0, 85]
13	55	20	0.075	0.5	[0, 70]
14	110	25	0.025	2	[0, 180]
15	45	12	0.09	0.5	[0, 55]

5.2. Варианты среднего уровня (оценка «4»)

Сложность: средняя. Модель - RC-цепь или охлаждение с дополнительным исследованием устойчивости.

вар	Процесс	Параметры	Шаг h, с	Интервал, с
	RC-цепь (заряд)	$RC = 10 \text{ с},$ $U_{in} = 5 \text{ В}, U_0 = 0$	1.0	[0, 50]
	RC-цепь (заряд)	$RC = 5 \text{ с},$ $U_{in} = 3.3 \text{ В}, U_0 = 0$	0.5	[0, 25]
	RC-цепь (разряд)	$RC = 8 \text{ с}, U_0 = 10 \text{ В},$ $U_{in} = 0$	1.0	[0, 40]
	RC-цепь (заряд)	$RC = 20 \text{ с},$ $U_{in} = 12 \text{ В}, U_0 = 0$	2.0	[0, 100]
	Охлаждение	$T_0 = 80,$ $T_{env} = 20, k = 0.05$	Исследовать h = 0.1, 0.5, 1, 2, 5	[0, 100]
	Охлаждение	$T_0 = 100,$ $T_{env} = 25, k = 0.03$	Исследовать h = 0.1, 0.5, 1, 2, 5	[0, 150]
	RC-цепь	$RC = 15 \text{ с},$	Исследовать	[0, 75]

вар	Процесс	Параметры	Шаг h, с	Интервал, с
	(заряд)	$U_{in} = 9 \text{ В}, U_0 = 0$	довать $h = 0.1, 0.5, 1, 2, 5$	
	RC-цепь (разряд)	$RC = 12 \text{ с}, U_0 = 15 \text{ В}, U_{in} = 0$	Исследовать $h = 0.1, 0.5, 1, 2, 5$	[0, 60]
	Охлаждение + тепловыделение	$T_0 = 20, T_{env} = 20, k = 0.05, P = 5 \text{ Вт}$ (добавить источник)	1.0	[0, 100]
0	RC-цепь (импульс)	$RC = 10 \text{ с}, U_{in} = 5 \text{ В} (0-20 \text{ с}), \text{ затем } 0$	1.0	[0, 60]
1	Охлаждение (два этапа)	$T_0 = 80, T_{env} = 20, k = 0.05 (0-50 \text{ с}), \text{ затем } k = 0.1$	1.0	[0, 100]
2	RC-цепь (две RC)	$R1C1 = 10 \text{ с}, R2C2 = 5 \text{ с}$ (последовательно)	1.0	[0, 60]

вар	Процесс	Параметры	Шаг h, с	Интервал, с
3	Охлаждение (с запаздыванием)	$T_0 = 80,$ $T_{env} = 20, k = 0.05,$ запаздывание 10 с	1.0	[0, 120]
4	RC-цепь (переменный RC)	$RC = 5 + 0.05 \cdot t$	1.0	[0, 50]
5	Охлаждение + ветер ($k = a + b \cdot v$)	$T_0 = 80,$ $T_{env} = 20, k_0 = 0.05, v = 5 \text{ м/с}, a = 0.02, b = 0.01$	1.0	[0, 100]

5.3. Варианты повышенного уровня (оценка «5»)

Сложность: высокая. Требуется реализовать метод Рунге-Кутты 4-го порядка и сравнить с методом Эйлера, или модель ОДУ 2-го порядка.

вар	Процесс	Параметры	Дополнительное задание
	Охлаждение	$T_0 = 80,$ $T_{env} = 20, k = 0.05$	Реализовать метод Рунге-Кутты 4, сравнить с Эйлером
	RC-цепь	$RC = 10,$ $U_{in} = 5$	Реализовать метод Рунге-Кутты 4, сравнить

вар	Процесс	Параметры	Дополнительное задание
			с Эйлерам
	Маятник (линейный)	$\theta_0 = 0.5$ рад, $\omega_0 = 0$, $g/L = 10$	Свести ОДУ 2-го порядка к системе 1-го, решить Эйлерам
	Маятник (линейный)	$\theta_0 = 0.5$ рад, $\omega_0 = 0$, $g/L = 10$	Реализовать метод Рунге-Кутты 4, сравнить с аналитикой
	Падение с сопротивлением	$v_0 = 0$, $m = 1$ кг, $g = 9.81$, $k = 0.1$	Решить Эйлерам, найти конечную скорость
	Падение с сопротивлением	$v_0 = 0$, $m = 1$ кг, $g = 9.81$, $k = 0.1$	Решить Рунге-Куттой 4, сравнить с аналитикой
	Логистическая модель	$N_0 = 10$, $K = 1000$, $r = 0.1$	Решить аналитически и численно, сравнить
	Модель Лотки-Вольтерры	$x_0 = 10$, $y_0 = 5$, $\alpha = 0.1$, $\beta = 0.02$, $\gamma = 0.1$, $\delta = 0.01$	Решить систему ОДУ методом Эйлера
	Охлаждение	$dT/dt = -$	Нет аналитики —

вар	Процесс	Параметры	Дополнительное задание
	(нелинейное)	$k(T - T_{env})^2$	численное решение
0	RC - цепь (нелинейный конденсатор)	$C = C_0(1 + \alpha U)$	Нет аналитики — численное решение
1	Маятник (нелинейный)	$d^2\theta/dt^2 + (g/L) \sin \theta = 0$	Сравнить с линейным приближением
2	Движение с переменной массой (ракета)	$m = m_0 - \mu t, dv/dt = (u\mu)/m - g$	Решить численно, найти скорость
3	Модель эпидемии (SIR)	$S_0 = 999, I_0 = 1, R_0 = 0, \beta = 0.3, \gamma = 0.1$	Решить систему ОДУ, построить графики
4	Охлаждение (двух тел)	$T1_0 = 80, T2_0 = 20, k = 0.05$	Решить систему ОДУ, найти температуры во времени
5	RC-цепь + индуктивность (RLC)	$d^2U/dt^2 + (R/L) dU/dt + 1/(LC) U = 0$	Свести к системе 1- го порядка, решить численно

6. Контрольные вопросы

1. Что такое задача Коши для обыкновенного дифференциального уравнения?

2. Как формулируется закон охлаждения Ньютона?
3. Как формулируется уравнение заряда RC-цепи?
4. В чём суть метода Эйлера численного решения ОДУ?
5. Какой порядок точности у метода Эйлера?
6. Как шаг интегрирования влияет на погрешность метода Эйлера?
7. Что такое устойчивость численного метода? Как проверить устойчивость?
8. Запишите аналитическое решение для закона охлаждения Ньютона.
9. Запишите аналитическое решение для заряда RC-цепи.
10. Как оценить погрешность численного решения без знания аналитического?
11. Почему метод Эйлера не рекомендуется использовать для жёстких систем ОДУ?
12. В чём преимущество методов Рунге-Кутты перед методом Эйлера?
13. Как реализовать численное решение системы ОДУ методом Эйлера?
14. Что такое постоянная времени и как она связана с параметрами модели?
15. Как интерпретировать полученное численное решение в физических терминах?

7. Требования к отчёту

Отчёт оформляется в виде Jupyter Notebook (.ipynb) или Python-скрипта с подробными комментариями.

Структура отчёта:

1. Титульный лист (ФИО, группа, номер варианта, модель, номер занятия).

2. Постановка задачи (физический процесс, параметры, начальные условия).
3. Математическая модель (дифференциальное уравнение, аналитическое решение, если есть).
4. Программная реализация (функция метода Эйлера, код).
5. Результаты (таблицы, графики сравнения, погрешности).
6. Исследование влияния шага (таблица погрешностей, график зависимости).
7. Выводы (о точности метода, выборе шага, устойчивости).
8. Список использованной литературы (минимум 2 источника).
9. Формат сдачи: .ipynb + экспортированный PDF. Название файла: `Фамилия_НИР_занятие7_вариантN.ipynb`.

8. Список литературы

Основная литература

1. Самарский А.А., Михайлов А.П. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры. — М.: Физматлит, 2018. — 320 с. (главы по численному решению ОДУ).
2. Калиткин Н.Н. Численные методы. — СПб.: БХВ-Петербург, 2019. — 640 с. (главы по методу Эйлера и Рунге-Кутты).

Дополнительная литература

1. Арушанян И.О., Залеткин С.Ф. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений. — М.: Изд-во МГУ, 2018. — 128 с.
2. Пантелеев А.В. Численные методы в Python. — М.: ИНФРА-М, 2022. — 420 с.

Интернет-ресурсы

1. SciPy Documentation - численное решение ОДУ (solve_ivp). — URL: https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.integrate.solve_ivp.html (дата обращения: 01.03.2025).
2. Matplotlib - визуализация решений. — URL: <https://matplotlib.org> (дата обращения: 01.03.2025).

9. Критерии оценивания

Базовый уровень (оценка «3»)

Критерий	max балл
Математическая модель записана корректно	2
Метод Эйлера реализован и работает	3
Получено аналитическое решение	2
Графики построены (численное и аналитическое)	2
Сделан вывод о точности для заданного шага	1
ИТОГО	10

Средний уровень (оценка «4»)

Критерий	max балл
Всё, что в базовом уровне (10 баллов)	10
Исследовано влияние шага (минимум 5 значений)	3

Критерий	max балл
Построен график зависимости погрешности от шага	2
Выполнена количественная оценка порядка точности	2
Сформулированы рекомендации по выбору шага	1
ИТОГО	18

Повышенный уровень (оценка «5»)

Критерий	max балл
Всё, что в среднем уровне (18 баллов)	18
Реализован метод Рунге-Кутты 4-го порядка и сравнение с Эйлерам	4
Проведён анализ устойчивости (границы устойчивости)	3
Для вариантов с системой ОДУ — реализована векторная версия Эйлера	2
Подробное обсуждение результатов и ограничений метода	2
ИТОГО	29

Шкала перевода баллов в оценку (для всех уровней):

90–100% от max → «отлично»

70–89% → «хорошо»

50–69% → «удовлетворительно»

<50% → «неудовлетворительно»

Практическое занятие №8

Тема: «Аппроксимация экспериментальных данных методом наименьших квадратов (МНК)»

1. Цель работы: Сформировать навыки аппроксимации экспериментальных данных методом наименьших квадратов (МНК), включая построение линейных и полиномиальных регрессионных моделей, оценку качества аппроксимации (MSE , R^2) и интерпретацию полученных коэффициентов для последующего использования в исследовательских проектах.

2. Задачи работы

1. Изучить теоретические основы метода наименьших квадратов (МНК).
2. Освоить построение линейной и полиномиальной регрессии с использованием библиотек NumPy и scikit-learn.
3. Научиться оценивать качество аппроксимации с помощью MSE (среднеквадратичная ошибка) и R^2 (коэффициент детерминации).
4. Визуализировать экспериментальные точки и аппроксимирующие кривые.
5. Выбрать оптимальную степень полинома, избегая переобучения.

6. Применить МНК для решения практической задачи — калибровки датчика.

3. Теоретическое обоснование

3.1. Постановка задачи аппроксимации

Даны экспериментальные точки (x_i, y_i) , $i=1..n$. Требуется найти функцию $f(x)$ (аппроксимирующую кривую), которая наилучшим образом описывает зависимость y от x .

Аппроксимация vs интерполяция:

Характеристика	Интерполяция	Аппроксимация
Прохождение через точки	Обязательно	Не обязательно
Учёт погрешностей	Не учитывает	Учитывает
Сложность при большом n	Высокая (осцилляции)	Низкая
Цель	Восстановление пропущенных значений	Выявление общей закономерности

3.2. Метод наименьших квадратов (МНК)

МНК - метод нахождения параметров модели, минимизирующий сумму квадратов отклонений:

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - f(x_i))^2 \rightarrow \min$$

Почему квадратов, а не модулей?

1. Квадратичная функция гладкая и дифференцируемая.
2. Отклонения в обе стороны учитываются одинаково.
3. Крупные ошибки имеют больший вес.

3.3. Линейная регрессия

Модель: $f(x)=a \cdot x+b$

Параметры a и b находятся по формулам:

Реализация в Python (NumPy):

python

Способ 1: polyfit (степень 1)

`coeffs = np.polyfit(x, y, 1)` *# coeffs[0] = a, coeffs[1] = b*

`y_fit = np.polyval(coeffs, x)`

Способ 2: linalg.lstsq

`A = np.vstack([x, np.ones(len(x))]).T`

`a, b = np.linalg.lstsq(A, y, rcond=None)[0]`

3.4. Полиномиальная регрессия

Модель: $f(x)=a_mx^m+a_{m-1}x^{m-1}+...+a_1x+a_0$

$x+a_0$

Реализация:

python

`coeffs = np.polyfit(x, y, degree)` *# степень degree*

`y_fit = np.polyval(coeffs, x)`

Выбор степени полинома:

1. Слишком малая степень (underfitting) - модель не отражает закономерность.
2. Слишком большая степень (overfitting) - модель подстраивается под шум.
3. Оптимальная степень - минимальная, при которой качество не улучшается значимо.

3.5. Оценка качества аппроксимации

Метрика	Формула	Смысл	Диапазон
MSE (Mean Squared Error)	$\frac{1}{n} \sum (y_i - \hat{y}_i)^2$	Средний квадрат ошибки	$[0, \infty)$; чем меньше, тем лучше
RMSE	$\sqrt{MSE}$	СКО ошибки в единицах y	$[0, \infty)$; чем меньше, тем лучше
MAE (Mean Absolute Error)	$MAE = \frac{1}{n} \sum y_i - \hat{y}_i $	Средняя абсолютная ошибка	$[0, \infty)$; чем меньше, тем лучше
R ² (Коэффициент детерминации)	$1 - \frac{\sum (y_i - \hat{y}_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}$	Доля дисперсии, объяснённая моделью	$[0, 1]$; чем ближе к 1, тем лучше

Интерпретация R²:

R² = 0.95 - модель объясняет 95% разброса данных.

R² < 0.5 - модель плохо описывает данные.

Реализация в Python:

python

`from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score`

```
mse = mean_squared_error(y_true, y_pred)
```

```
rmse = np.sqrt(mse)
```

```
r2 = r2_score(y_true, y_pred)
```

3.6. Калибровка датчика с помощью МНК

Задача: Датчик выдаёт некие показания x , а истинное значение измеряемой величины y . Требуется найти преобразование $y = a \cdot x + b$, калибрующее датчик.

Порядок действий:

1. Измерить эталонным прибором и датчиком несколько контрольных точек.
2. Построить линейную регрессию.
3. Использовать полученные коэффициенты для коррекции последующих измерений.

Пример: калибровка NTC-термистора (связь сопротивления R и температуры T часто нелинейна, но для малого диапазона может быть линеаризована).

3.7. Предостережения при использовании МНК

Выбросы сильно влияют на результат (использовать RANSAC или предварительное удаление выбросов).

Экстраполяция за пределы диапазона измерений ненадёжна.

Мультиколлинеарность - проблема для множественной регрессии.

Переобучение - проблема для полиномов высокой степени.

Нелинейные зависимости можно линеаризовать (логарифмирование, замена переменных).

4. Практический пример

Условие варианта 1 (базовый)

Дан CSV-файл `calibration_data.csv` содержит 10 измерений сопротивления NTC-термистора (Ом) при разных температурах (°C), полученных с помощью эталонного термометра. Необходимо построить калибровочную прямую $T=a \cdot R+b$ методом МНК, оценить качество аппроксимации и предсказать температуру при сопротивлении 12 кОм.

Шаг 1 — Загрузка данных и первичный анализ

```
python
```

```
import numpy as np
```

```
import pandas as pd
```

```
import matplotlib.pyplot as plt
```

```
from sklearn.metrics import mean_squared_error, r2_score
```

```
# Данные (сопротивление в кОм, температура в °C)
```

```
# R (кОм), T (°C)
```

```
data = np.array([
```

```
    [5.0, 80.0],
```

```
    [6.5, 65.0],
```

```
    [8.0, 52.0],
```

```
    [9.5, 42.0],
```

```
    [10.0, 38.0],
```

```
    [11.0, 32.0],
```

```
    [12.5, 24.0],
```

```
    [14.0, 17.0],
```

```
    [15.5, 11.0],
```

```
    [17.0, 6.0]
```

```
])
```

```
R = data[:, 0]
```

```
T = data[:, 1]
```

```
print("Исходные данные:")
print(f'{"R, кОм":<10} {"T, °C":<10} ')
print("-" * 20)
for i in range(len(R)):
    print(f'{"R[i]:<10.1f"} {"T[i]:<10.1f"}')
```

Шаг 2 — Построение линейной регрессии

python

```
# Способ 1: polyfit (степень 1)
```

```
coeffs = np.polyfit(R, T, 1)
```

```
a = coeffs[0]
```

```
b = coeffs[1]
```

```
print(f'Коэффициенты: a = {a:.4f} °C/кОм, b = {b:.2f} °C')
```

```
print(f'Уравнение калибровки: T = {a:.4f} * R + {b:.2f}')
```

```
# Расчёт предсказанных значений
```

```
T_pred = np.polyval(coeffs, R)
```

Шаг 3 — Оценка качества аппроксимации

python

```
mse = mean_squared_error(T, T_pred)
```

```
rmse = np.sqrt(mse)
```

```
r2 = r2_score(T, T_pred)
```

```
print("\nОценка качества аппроксимации:")
```

```
print(f'MSE: {mse:.4f} (°C²)')
```

```
print(f'RMSE: {rmse:.4f} °C')
```

```
print(f'R²: {r2:.4f}')
```

Шаг 4 — Визуализация

python

```

plt.figure(figsize=(10, 6))
plt.scatter(R, T, color='blue', s=50, label='Экспериментальные точки')
plt.plot(R, T_pred, color='red', linewidth=2, label=f'Линейная регрессия: T
= {a:.4f} · R + {b:.2f}')
plt.xlabel('Сопротивление R, кОм')
plt.ylabel('Температура T, °C')
plt.title('Калибровка NTC-термистора методом наименьших квадратов')
plt.legend()
plt.grid(True, alpha=0.3)
plt.show()

```

Шаг 5 — Предсказание

python

```
R_new = 12.0 # кОм
```

```
T_new = a * R_new + b
```

```
print(f"\nПри сопротивлении R = {R_new:.1f} кОм предсказанная
температура: {T_new:.1f} °C")
```

Шаг 6 — Исследование влияния степени полинома (бонус)

python

```
degrees = [1, 2, 3]
```

```
plt.figure(figsize=(12, 4))
```

```
for i, deg in enumerate(degrees):
```

```
    coeffs_poly = np.polyfit(R, T, deg)
```

```
    T_pred_poly = np.polyval(coeffs_poly, R)
```

```
    mse_poly = mean_squared_error(T, T_pred_poly)
```

```
    r2_poly = r2_score(T, T_pred_poly)
```

```
plt.subplot(1, 3, i+1)
```

```
plt.scatter(R, T, color='blue', s=30)
```

```
plt.plot(R, T_pred_poly, color='red', linewidth=2)
plt.xlabel('R, кОм')
plt.ylabel('T, °C')
plt.title(f'Степень {deg}\nR2 = {r2_poly:.4f}, MSE = {mse_poly:.2f}')
plt.grid(True, alpha=0.3)
```

```
plt.tight_layout()
```

```
plt.show()
```

Ожидаемый вывод: для данного набора точек линейная аппроксимация (степень 1) даёт хорошее качество (R^2 близко к 0.99), степень 2 и 3 незначительно улучшают MSE, но риск переобучения возрастает.

5. Индивидуальные задания

Общая структура задания (для всех вариантов)

1. Загрузить или сгенерировать данные по своему варианту.
2. Построить линейную регрессию (аппроксимацию).
3. Оценить качество аппроксимации (MSE, RMSE, R^2).
4. Построить график исходных данных и аппроксимирующей прямой.
5. (Для среднего уровня) - дополнительно построить полиномиальную аппроксимацию степени 2 и сравнить с линейной.
6. (Для повышенного уровня) - выбрать оптимальную степень полинома методом кросс-валидации или по критерию AIC/BIC.
7. Сделать выводы о характере зависимости.

5.1. Варианты базового уровня (оценка «3»)

Сложность: лёгкая. Данные хорошо описываются линейной зависимостью.

ва р	Источн ик данных	х (независимая переменная)	у (зависимая переменная)	Коли чество точек
	Калибро вка NTC	Сопротив ление, кОм	Температ ура, °С	10
	Калибро вка LM35	Напряже ние, В	Температ ура, °С	8
	Калибро вка фоторезистора	Сопротив ление, кОм	Освещён ность, %	8
	Зависим ость пути от времени	Время, с	Путь, м (равномерное движение)	10
	Зависим ость скорости от времени	Время, с	Скорость , м/с (разгон)	8
	Зависим ость давления от высоты	Высота, м	Давление , кПа	8
	Калибро вка акселерометра	Напряже ние, В	Ускорени е, м/с ²	7
	Зависим	Напряже	Ток, мА	8

ва р	Источн ик данных	х (независимая переменная)	у (зависимая переменная)	Коли чество точек
	ость тока от напряжения	ние, В	(закон Ома)	
	Зависим ость деформации от нагрузки	Нагрузка, Н	Деформа ция, мм	8
0	Калибро вка гигрометра	Напряже ние, В	Влажност ь, %	8
1	Зависим ость заряда от времени	Время, с	Заряд, Кл (линейная аппроксимация тока)	10
2	Зависим ость объёма от температуры	Температ ура, °С	Объём, мл (тепловое расширение)	8
3	Зависим ость сопротивлени я от длины	Длина, м	Сопротив ление, Ом	7

ва р	Источн ик данных	х (независимая переменная)	у (зависимая переменная)	Коли чество точек
4	Зависим ость угла поворота от времени	Время, с	Угол, град (равномерное вращение)	10
5	Зависим ость концентрации от времени	Время, мин	Концентр ация, г/л (равномерное растворение)	8

5.2. Варианты среднего уровня (оценка «4»)

Сложность: средняя. Данные имеют нелинейный характер; требуется сравнить линейную и квадратичную аппроксимацию.

ва р	Источн ик данных	х	у	Характер зависимости
	Калибр овка NTC (широкий диапазон)	Сопрот ивление, кОм	Темпер атура, °С	Слегка нелинейная
	Падени е с высоты (без сопротивлени	Время, с	Высота, м	Квадратична я

ва р	Источн ик данных	х	у	Характер зависимости
	я)			
	Разряд конденсатора RC	Время, с	Напряж ение, В	Экспоненци альная (логарифмировани е)
	Зависи мость освещённост и от расстояния	Расстоя ние, м	Освещё нность, лк	Обратная квадратичная
	Зависи мость периода от длины маятника	Длина, м	Период, с	Квадратична я ($T^2 \sim L$)
	Зависи мость пройденного пути от времени (ускорение)	Время, с	Путь, м	Квадратична я

ва р	Источн ик данных	х	у	Характер зависимости
	Калибр овка термопары	Напряж ение, мВ	Темпер атура, °C	Слегка нелинейная
	Зависи мость интенсивност и света от тока LED	Ток, мА	Освещё нность, лм	Слегка нелинейная
	Зависи мость КПД от нагрузки	Нагрузк а, %	КПД, %	Квадратична я (макс в середине)
0	Зависи мость CO ₂ от времени проветривани я	Время, мин	CO ₂ , ppm	Экспоненци альное затухание
1	Зависи мость вязкости от температуры	Темпер атура, °C	Вязкост ь, мПа·с	Нелинейная
	Зависи	Концен	Скорост	Нелинейная

ва р	Источн ик данных	х	у	Характер зависимости
2	мость скорости осаждения от концентраци и	трация, %	ь, мм/с	
3	Зависи мость ёмкости от напряжения (варикап)	Напряж ение, В	Ёмкост ь, пФ	Нелинейная
4	Зависи мость сопротивлени я термистора от Т (широкий диапазон)	Темпер атура, °С	Сопрот ивление, кОм	Экспоненци альная
5	Зависи мость частоты от длины струны	Длина, м	Частота , Гц	Обратная пропорционально сть

5.3. Варианты повышенного уровня (оценка «5»)

Сложность: высокая. Требуется выбрать оптимальную степень полинома, использовать логарифмирование для линеаризации, сравнить модели.

ва р	Источник данных	x	y	Дополните льное задание
	Разряд конденсатора RC	Вре мя, с	Напря жение, В	Линеаризова ть через $\ln(y)$, сравнить MSE
	Затухающи е колебания маятника	Вре мя, с	Ампли туда, м	Оценить декремент затухания через аппроксимацию
	Калибровк а NTC по Стейнхарту- Харту	$\ln(R)$	$1/T$	Множествен ная регрессия
	Спектроск опия (зависимость поглощения от длины волны)	λ , нм	Погло щение, а.е.	Подобрать полином для поиска максимума
	ВАХ диода (прямая ветвь)	Напр яжение, В	Ток, мА	Линеаризова ть в полулогарифмичес

Вариант	Источник данных	x	y	Дополнительное задание
				в этих координатах
	Вольт-амперная характеристика фоторезистора	Напряжение, В	Ток, мА	Нелинейная зависимость, подобрать полином
	Зависимость магнитной индукции от тока (катушка)	Ток, А	В, мТл	Линейная с насыщением (полином 3 степени)
	Спектр люминесценции (гауссов пик)	λ , нм	Интенсивность	Аппроксимировать гауссианом через МНК
	Температурная зависимость полупроводника	$1/T$, K^{-1}	$\ln(R)$	Множественная регрессия
0	Зависимость уровня звука от расстояния	Расстояние, м	Уровень, дБ	Проверить закон $1/r^2$
1	Зависимость	Поток	Ускорение	Закон Амдала, подобрать

вариант	Источник данных	x	y	Дополнительное задание
	производительности от числа потоков (OpenMP)			параметры
2	Зависимость времени выполнения от размера данных	N	Время, с	$O(N)$, $O(N \log N)$, $O(N^2)$ — сравнить R^2
3	Зависимость ошибки от шага интегрирования	Шаг h	Ошибка a	Подобрать степень (порядок метода)
4	Зависимость разрешения АЦП от частоты	Частота, кГц	ENOB, бит	Подобрать полином для прогноза
5	Данные с реального датчика (предоставляются отдельно)	По заданию	По заданию	Полный цикл аппроксимации с выбором модели

6. Контрольные вопросы

1. В чём разница между интерполяцией и аппроксимацией?
2. Какова цель метода наименьших квадратов (МНК)?
3. Почему в МНК минимизируется сумма квадратов, а не модулей отклонений?
4. Запишите формулы для коэффициентов a и b линейной регрессии.
5. Что такое коэффициент детерминации R^2 и как его интерпретировать?
6. Что такое MSE и RMSE? В чём их преимущества и недостатки?
7. Как выбрать степень полинома для аппроксимации, чтобы избежать переобучения?
8. В каких случаях полиномиальная регрессия степени 2 предпочтительнее линейной?
9. Как линеаризовать экспоненциальную зависимость $y = a \cdot e^{bx}$ для применения МНК?
10. Почему экстраполяция с помощью полиномов высокой степени опасна?
11. Как выбросы влияют на результат МНК?
12. Что такое «проклятие размерности» при множественной регрессии?
13. Как оценить, улучшила ли аппроксимация с увеличением степени полинома качество?
14. Что такое «остатки» (residuals) и как их анализировать?
15. Как применить МНК для калибровки датчика?

7. Требования к отчёту

Отчёт оформляется в виде Jupyter Notebook (.ipynb) или Python-скрипта с подробными комментариями.

Структура отчёта:

1. Титульный лист (ФИО, группа, номер варианта, тема, номер занятия).
2. Условие задачи (краткое описание данных и цели аппроксимации).
3. Линейная регрессия (расчёт коэффициентов, метрики, график).
4. Оценка качества (MSE, RMSE, R^2).
5. Полиномиальная регрессия (для среднего уровня) (сравнение с линейной).
6. Оптимальная степень полинома (для повышенного уровня) (график зависимости MSE от степени).
7. Выводы (какая модель лучше, почему, как использовать результат).
8. Список использованной литературы (минимум 2 источника).
9. Формат сдачи: .ipynb + экспортированный PDF. Название файла: Фамилия_НИР_занятие8_вариантN.ipynb.

8. Список литературы

Основная литература

1. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. — М.: Вильямс, 2016. — 912 с. (главы 1–4 по МНК).
2. Ханк Д. Анализ данных для предприятий с использованием Python. — М.: ДМК Пресс, 2021. — 560 с. (главы по регрессии).

Дополнительная литература

1. Пантелеев А.В. Численные методы в Python. — М.: ИНФРА-М, 2022. — 420 с.
2. Брюс П., Брюс Э. Практическая статистика для специалистов Data Science. — СПб.: БХВ-Петербург, 2020. — 400 с.

Интернет-ресурсы

1. scikit-learn Documentation — линейная и полиномиальная регрессия. — URL: https://scikit-learn.org/stable/modules/linear_model.html (дата обращения: 01.03.2025).
2. NumPy polyfit — документация. — URL: <https://numpy.org/doc/stable/reference/generated/numpy.polyfit.html> (дата обращения: 01.03.2025).

9. Критерии оценивания

Базовый уровень (оценка «3»)

Критерий	max балл
Данные загружены и корректно представлены	2
Построена линейная регрессия (коэффициенты рассчитаны)	2
Рассчитаны MSE, R^2	2
Построен график с точками и прямой	2
Выполнено предсказание для нового x	1
Сделан вывод	1
ИТОГО	10

Средний уровень (оценка «4»)

Критерий	max балл
Всё, что в базовом уровне (10 баллов)	10
Построена полиномиальная регрессия степени 2	3
Выполнено сравнение линейной и квадратичной моделей	2
На графике показаны обе кривые	2
Обоснован выбор лучшей модели	1
ИТОГО	18

Повышенный уровень (оценка «5»)

Критерий	max балл
Всё, что в среднем уровне (18 баллов)	18
Исследованы степени полинома от 1 до 5–6	3
Построен график зависимости MSE/R^2 от степени	2
Для экспоненциальной зависимости выполнена линеаризация	2
Подробный анализ переобучения	2
Использована кросс-валидация для выбора степени	2

Критерий	max балл
ИТОГО	29

Шкала перевода баллов в оценку (для всех уровней):

90–100% от max → «отлично»

70–89% → «хорошо»

50–69% → «удовлетворительно»

<50% → «неудовлетворительно»

Практическое занятие №9

Тема: «Оформление научной статьи (тезисов) и презентации»

1. Цель работы: Сформировать навыки оформления научной статьи (тезисов) по результатам проведённого исследования в соответствии с требованиями конференций и научных журналов, а также подготовки презентации для публичной защиты результатов исследовательской работы.

2. Задачи работы

1. Изучить структуру и требования к оформлению научной статьи (IMRaD) и тезисов.
2. Освоить правила оформления библиографического списка по ГОСТ Р 7.0.100–2018.
3. Научиться писать аннотацию, введение, описание методов, результатов и заключение.
4. Подготовить научную статью (тезисы) объёмом 2–4 страницы по результатам исследования (занятия №3–8).
5. Создать презентацию (5–7 слайдов) для защиты результатов.
6. Подготовить текст устного выступления (3–5 минут).

3. Теоретическое обоснование

3.1. Научная статья и тезисы

Научная статья - законченное авторское произведение, содержащее постановку задачи, описание методов и результатов исследования, их обсуждение и выводы.

Тезисы - краткое изложение основных положений научной работы (обычно 1–4 страницы), публикуемое в сборниках конференций.

Соотношение объёмов:

Тип публикации	Объём	Полнота изложения
Тезисы	1–4 стр.	Сжатое, только основные результаты
Статья в сборнике конференции	4–8 стр.	Развёрнутое, с деталью
Статья в журнале (ВАК)	8–12 стр.	Полное, с глубоким анализом

3.2. Структура научной статьи (IMRaD)

IMRaD - стандартная структура для экспериментальных научных статей:

Раздел	Содержание	Рекомендуемы й объём
Название	Краткое, отражающее суть	—

Раздел	Содержание	Рекомендуемый объём
	работы (не более 12 слов)	
Аннотация	Цель, метод, главный результат, область применения	150–250 слов
Ключевые слова	5–7 слов/словосочетаний	—
Введение	Актуальность, обзор литературы, цель и задачи	10–15%
Методы	Описание датчика, экспериментальной установки, алгоритмов обработки	15–20%
Результаты	Основные полученные данные (таблицы, графики)	25–30%
Обсуждение	Интерпретация результатов, сравнение с аналогами, ограничения	20–25%
Заключение	Краткие выводы, возможные направления дальнейших исследований	5–10%
Литература	Список цитируемых источников (≥ 10 для статьи, ≥ 5 для тезисов)	—

Раздел	Содержание	Рекомендуемы й объём
	для тезисов)	

3.3. Требования к оформлению (типовые)

Элемент	Требование
Формат	A4, книжная ориентация
Поля	20 мм с каждой стороны
Шрифт	Times New Roman, 12 или 14 пт (основной текст)
Межстрочный интервал	1,5
Отступ абзаца	1,25 см
Выравнивание	По ширине
Нумерация страниц	Внизу по центру, начиная со 2-й страницы
Рисунки и таблицы	Подписи под рисунком, над таблицей, сквозная нумерация
Литература	ГОСТ Р 7.0.100–2018

3.4. Как писать аннотацию

Структура аннотации (5–7 предложений):

Актуальность (1 предложение): почему работа важна?

Цель работы (1 предложение): что сделано?

Метод (1–2 предложения): как получены результаты?

Главный результат (1–2 предложения): что получено?

Область применения (1 предложение): где может использоваться?

Пример аннотации:

Цифровые датчики температуры имеют собственную погрешность и шум, которые необходимо оценивать и компенсировать. Цель работы — сравнение эффективности методов фильтрации (скользящее среднее, медианный фильтр, экспоненциальное сглаживание) для датчика DS18B20. Проведён сбор 100 измерений в стационарных условиях, реализованы три метода фильтрации на Python. Показано, что медианный фильтр с окном 5 обеспечивает наилучшее подавление импульсных помех (улучшение СКО на 35%). Результаты могут быть использованы при разработке систем сбора данных с повышенными требованиями к точности.

3.5. Как оформлять графики и таблицы

График должен содержать:

Подпись под рисунком (Рисунок 1 — Название)

Оси с названиями и единицами измерения

Легенду (если несколько кривых)

Сетку (опционально, но желательно)

Пример подписи: *Рисунок 1 — Сравнение исходного сигнала и сигнала после медианной фильтрации*

Таблица должна содержать:

Название над таблицей (Таблица 1 — Название)

Заголовки столбцов

Единицы измерения в заголовках или после значения

3.6. Структура презентации (5–7 слайдов)

Слайд	Содержание
1. Титульный	Название работы, ФИО, группа, научный руководитель
2. Актуальность и цель	Почему это важно? Что сделано?
3. Методика	Какой датчик, какие условия, какие методы обработки (схема, формула)
4. Результаты (графики)	Основные графики с комментариями
5. Результаты (таблицы)	Сравнение методов, метрики качества (СКО, SNR, R^2)
6. Выводы	Что получено, что подтверждено, что не удалось
7. Благодарности / Вопросы	Благодарность руководителю, приглашение к вопросам

3.7. Требования к устному выступлению

Параметр	Значение
Длительность	3–5 минут
Скорость речи	~100–120 слов в минуту
Текст выступления	300–600 слов

Параметр	Значение
Количество слайдов	5–7 (не более)
Время на слайд	30–60 секунд

Рекомендации:

1. Не читать с листа — говорить своими словами.
2. Говорить не о том, *что* делали, а о том, *что получили*.
3. На каждый график/таблицу — 1–2 предложения комментария.
4. Оставить 30 секунд на переходы и паузы.
5. Структура выступления:
6. Приветствие и представление (15 с)
7. Актуальность и цель (30 с)
8. Методика (30–40 с)
9. Результаты (60–90 с)
10. Выводы (30 с)
11. Благодарность и приглашение к вопросам (15 с)

4. Практический пример

Условие варианта 1 (базовый)

Студент выполнил исследование по теме «Оценка эффективности методов фильтрации шумов для цифрового датчика температуры DS18B20». Результаты получены на занятиях №3–8: выбран датчик, собран массив данных, выполнена статистическая обработка, реализованы фильтры, построены графики. Необходимо оформить научную статью (тезисы) и презентацию.

Шаг 1 — Подготовка структуры статьи

Название: Сравнительный анализ методов фильтрации шумов цифрового датчика температуры DS18B20

Автор: Иванов И.И., группа ПИ-201

Аннотация:

Цифровые датчики температуры, в частности DS18B20, имеют случайную погрешность и чувствительность к импульсным помехам. Цель работы — экспериментальное сравнение трёх методов фильтрации: скользящего среднего, медианного фильтра и экспоненциального сглаживания. Проведён сбор 100 измерений в стационарных условиях, реализованы алгоритмы фильтрации на Python. Установлено, что медианный фильтр с окном 5 обеспечивает наилучшее подавление импульсных помех (снижение СКО на 35%), а скользящее среднее (окно 5) эффективно снижает гауссовский шум. Результаты могут быть использованы при проектировании систем сбора данных с повышенными требованиями к точности.

Ключевые слова: DS18B20, цифровая фильтрация, скользящее среднее, медианный фильтр, экспоненциальное сглаживание, SNR.

Шаг 2 — Написание введения

Введение

Цифровые датчики температуры широко применяются в системах мониторинга, умного дома и промышленной автоматизации. Датчик DS18B20 обладает высокой точностью ($\pm 0.5^{\circ}\text{C}$) и цифровым интерфейсом 1-Wire, однако его показания содержат случайную погрешность и могут искажаться импульсными помехами. Для повышения точности измерений необходимо применять цифровую фильтрацию.

В литературе описаны различные методы фильтрации: скользящее среднее, медианный фильтр, экспоненциальное сглаживание [1–3]. Однако для датчика DS18B20 отсутствует систематическое сравнение их эффективности в одинаковых условиях. Цель данной работы — экспериментальное сравнение трёх методов фильтрации на реальных данных и выбор оптимального метода для подавления шумов.

Шаг 3 — Написание раздела «Методы»

Методы

Экспериментальная установка включала цифровой датчик температуры DS18B20, подключённый к микроконтроллеру Arduino Uno. Измерения проводились в стационарных условиях (комнатная температура 23.5°C) в течение 100 секунд с частотой 1 Гц. Было получено 100 отсчётов температуры.

Для обработки данных на языке Python реализованы три метода фильтрации:

Скользящее среднее (окно 5):

$$y[i] = \frac{1}{5} \sum_{j=-2}^2 x[i + j]$$

Медианный фильтр (окно 5): медиана значений в окне

Экспоненциальное сглаживание

$$(\alpha = 0.3): y[i] = 0.3 \cdot x[i] + 0.7 \cdot y[i - 1]$$

Качество фильтрации оценивалось по метрикам: СКО (среднеквадратичное отклонение), SNR (отношение сигнал/шум) и визуальному анализу графиков.

Шаг 4 — Написание раздела «Результаты»

Результаты

На рисунке 1 представлен исходный сигнал с шумом и сигналы после фильтрации. Медианный фильтр наиболее эффективно подавил импульсный выброс ($t = 50$ с), в то время как скользящее среднее «размазало» его.

[Рисунок 1 — График сравнения]

В таблице 1 приведены количественные метрики качества фильтрации. Медианный фильтр обеспечил наилучшее подавление импульсного шума (снижение СКО на 35%), скользящее среднее дало наибольший прирост SNR (7.2 дБ).

[Таблица 1 — Сравнение метрик]

Метод	СК O, °C	SN R, дБ	Улучшение СКО, %
Исходный сигнал	0.31 2	35.2	—
Скользящее среднее	0.19 5	42.4	37.5
Медианный фильтр	0.20 3	40.1	34.9
Экспоненциал ьное сглаживание	0.24 1	38.9	22.8

Шаг 5 — Написание обсуждения и заключения

Обсуждение

Полученные результаты подтверждают, что для подавления гауссовского шума наиболее эффективно скользящее среднее, а для импульсных выбросов — медианный фильтр. Экспоненциальное сглаживание показало худшие результаты из-за выбранного параметра α ; его эффективность может быть повышена путём подбора оптимального α .

Заключение

В работе выполнено экспериментальное сравнение трёх методов фильтрации для датчика DS18B20. Показано, что:

Медианный фильтр (окно 5) наилучшим образом подавляет импульсные помехи.

Скользящее среднее (окно 5) максимально повышает SNR.

Для реальных систем рекомендуется комбинация медианного фильтра и скользящего среднего.

Шаг 6 — Оформление списка литературы

Литература (пример для тезисов, 5 источников):

1. Смирнов П.А. Анализ эффективности скользящего среднего для цифровых датчиков температуры // Известия вузов. Приборостроение. — 2021. — Т. 64, № 3. — С. 215–221.
2. Иванов А.А. Методы фильтрации шумов цифровых датчиков температуры // Приборы и техника эксперимента. — 2022. — № 4. — С. 32–38.
3. Петров Б.В. Обработка сигналов датчиков в системах сбора данных // Информационно-измерительные системы. — 2020. — № 5. — С. 45–51.
4. DS18B20 Programmable Resolution 1-Wire Digital Thermometer [Электронный ресурс] // ЧИП и ДИП. — URL: <https://www.chipdip.ru/product/ds18b20>
5. SciPy Signal — медианный фильтр [Электронный ресурс]. — URL: <https://docs.scipy.org/doc/scipy/reference/generated/scipy.signal.medfilt.html>

Шаг 7 — Создание презентации (5 слайдов)

Слайд 1 (титульный):

Сравнительный анализ методов фильтрации шумов цифрового датчика температуры DS18B20

Иванов И.И., группа ПИ-201

Научный руководитель: доцент Новикова Е.Н.

Слайд 2 (актуальность и цель):

Проблема: шумы датчика DS18B20 снижают точность измерений

Цель: сравнить эффективность трёх методов фильтрации

Задачи: собрать данные, реализовать фильтры, оценить метрики

Слайд 3 (методика):

Датчик DS18B20, Arduino Uno, 100 измерений, 1 Гц

Три метода: скользящее среднее (окно 5), медианный фильтр (окно 5), экспоненциальное сглаживание ($\alpha = 0.3$)

Метрики: СКО, SNR

Слайд 4 (результаты — графики и таблица):

График сравнения (исходный + три фильтра)

Таблица метрик (исходный, MA, Median, ES)

Слайд 5 (выводы):

Медианный фильтр лучше для импульсного шума (снижение СКО 35%)

Скользящее среднее даёт наибольший прирост SNR (7.2 дБ)

Рекомендация: комбинация Median + MA

Шаг 8 — Подготовка текста выступления (3–5 минут)

Здравствуйте, уважаемые члены комиссии!

Меня зовут Иванов Иван, я представляю работу на тему «Сравнительный анализ методов фильтрации шумов цифрового датчика температуры DS18B20».

Актуальность. Цифровые датчики температуры, несмотря на свою точность, вносят шумы, которые могут искажать результаты измерений. Особенно это критично для систем умного дома и промышленной автоматизации. Цель нашей работы — сравнить три метода фильтрации и выбрать лучший для датчика DS18B20.

Методика. Мы собрали 100 измерений температуры на Arduino с частотой 1 Гц в стационарных условиях. Затем реализовали на Python три метода: скользящее среднее с окном 5, медианный фильтр с окном 5 и экспоненциальное сглаживание с параметром альфа 0,3. Качество оценивали по СКО и SNR.

Результаты. (показать слайд с графиком) На графике видно, что исходный сигнал имеет шумы и импульсный выброс на 50-й секунде.

Медианный фильтр лучше всего подавил выброс, а скользящее среднее дало самый гладкий сигнал.

(показать таблицу) Количественно: скользящее среднее снизило СКО на 37,5% и повысило SNR на 7,2 дБ; медианный фильтр снизил СКО на 35%; экспоненциальное сглаживание — на 23%.

Выводы. Медианный фильтр лучше для импульсного шума, скользящее среднее — для гауссовского. В реальных системах рекомендуется их комбинация.

Спасибо за внимание! Готов ответить на вопросы.

5. Индивидуальные задания

Общая структура задания (для всех вариантов)

Оформить научную статью (тезисы) по результатам исследования (2–4 страницы) с:

Названием, аннотацией, ключевыми словами.

Введением (актуальность, цель, задачи).

Методами (датчик, условия, алгоритмы).

Результатами (таблицы, графики, метрики).

Обсуждением и заключением.

Списком литературы (не менее 5 источников).

Подготовить презентацию (5–7 слайдов).

Подготовить текст выступления (3–5 минут).

5.1. Варианты базового уровня (оценка «3»)

Сложность: лёгкая. Структура статьи и презентации соответствует шаблону.

№ вар	Тема исследования	Краткое содержание
1	Фильтрация шумов DS18B20	Статистика, МА, Median, ES
2	Калибровка NTC термистора	МНК, линейная аппроксимация
3	Точность BMP280 при разных температурах	Сравнение с эталоном, МНК
4	Характеристика фоторезистора	Зависимость R(Lux), аппроксимация
5	DHT22: точность влажности	Сравнение с эталоном, таблица
6	HC-SR04: зависимость от материала	Сравнение трёх материалов
7	MPU6050: шум акселерометра	Статистика, фильтрация
8	MPU6050: дрейф гироскопа	Линейная аппроксимация дрейфа
9	Датчик Холла SS49E: линейность	МНК, оценка R^2
1	MAX30102: частота	Сравнение с пальпацией

№ вар	Тема исследования	Краткое содержание
0	пульса	
1	АЦП Arduino: квантование	Оценка ENOB
2	Потенциометр: линейность	МНК, R^2
3	MAX4466: фоновый шум	Статистика, гистограмма
4	TMP36 vs DS18B20	Сравнение двух датчиков
5	Фотодиод: характеристика	Зависимость $I(\text{Lux})$, аппроксимация

5.2. Варианты среднего уровня (оценка «4»)

Сложность: средняя. Требуется самостоятельное оформление графиков и таблиц.

№ вар	Тема исследования	Особенность
1	Сравнение DS18B20 и LM35	Сравнение двух датчиков, два графика
2	Оценка высоты по давлению (BMP280)	Модель атмосферы, сравнение с формулой

№ вар	Тема исследования	Особенность
3	Спектральная характеристика фоторезистора	Измерения с цветными светодиодами
4	Емкостный vs резистивный датчик влажности	Сравнение двух типов
5	Определение частоты вибрации (MPU6050, БПФ)	Спектральный анализ
6	Температурный дрейф гироскопа	Аппроксимация + прогноз
7	Экранирование магнитного поля	Сравнение материалов
8	Влияние материала цели на HC-SR04	Сравнение трёх материалов + таблица
9	Закон обратных квадратов для звука	Экспериментальная проверка + аппроксимация
10	Подавление 50 Гц наводки RC-фильтром	До/после, спектр
11	Точность	Сравнение с кварцем

№ вар	Тема исследования	Особенность
	генератора на Arduino	(осциллограф)
12	Коэффициент ослабления света в мутной среде	Аппроксимация экспонентой
13	Определение момента инерции маятника	Подгонка модели (МНК)
14	Тепловая инерция датчика	Оценка постоянной времени
15	Падение напряжения на проводах	МНК, расчёт сопротивления

5.3. Варианты повышенного уровня (оценка «5»)

Сложность: высокая. Требуется самостоятельная постановка исследования и оформление сложных моделей.

№ вар	Тема исследования	Особенность
1	Адаптивный фильтр для DS18B20	Разработка алгоритма, сравнение со стандартными
2	Калибровка NTC по Стейнхарту-Харту	Множественная регрессия

№ вар	Тема исследования	Особенность
3	Прогноз погоды по BMP280 (модель + данные)	Сравнение модели и эксперимента
4	Калибровка камеры в люкс	Построение модели из 2–3 параметров
5	Преобразователь влажности в частоту (RC-генератор)	Вывод формулы, проверка
6	Определение положения по акселерометру (двойное интегрирование)	Оценка дрейфа + коррекция
7	Фильтр Маджвика для MPU6050	Реализация, сравнение с комплементарным
8	Калибровка магнитометра (hard/soft iron)	Калибровка эллипсоидом
9	Автоматическая компенсация температуры для HC-SR04	Добавление датчика температуры, коррекция
1 0	Определение расстояния по эху (алгоритм сонара)	Разработка алгоритма, оценка точности

вар	№	Тема исследования	Особенность
1	1	Оценка ENOB АЦП Arduino (методика)	Реализация, сравнение с расчётным
2	1	Измерение ёмкости методом RC-цепи	Калибровка, подгонка модели
3	1	Обнаружение QR-кода камерой + оценка расстояния	OpenCV + модель перспективы
4	1	Балансировка маятника (Segway)	PID + инерциальный датчик
5	1	Модель охлаждения с двумя параметрами (конвекция + излучение)	Идентификация 2-параметрической модели

6. Контрольные вопросы

1. В чём разница между научной статьёй и тезисами?
2. Какова структура научной статьи (IMRaD)?
3. Что должно содержаться в аннотации?
4. Как правильно оформить ссылку на литературу по ГОСТ?
5. Какие метрики качества рекомендуется приводить в разделе «Результаты»?
6. В чём разница между результатами и обсуждением?
7. Как оформить график или таблицу в научной статье?
8. Сколько слайдов рекомендуется делать в презентации?
9. Чем отличается устное выступление по статье от текста статьи?

10. Что такое «ключевые слова» и зачем они нужны?
11. Как составить список литературы для тезисов (минимум сколько источников)?
12. Почему важна правильная формулировка названия статьи?
13. Какую информацию следует выносить на слайд презентации?
14. Как долго должно длиться устное выступление?
15. На какие вопросы комиссии нужно быть готовым ответить?

7. Требования к отчёту

Отчёт оформляется в двух форматах:

Часть А — Научная статья (тезисы):

Оформляется в текстовом редакторе (Word / Google Docs).

Объём: 2–4 страницы.

Шрифт: Times New Roman, 12 или 14 пт.

Поля: 20 мм со всех сторон.

Рисунки и таблицы встроены в текст.

Часть В — Презентация:

Формат: PPTX, PDF или Google Slides.

Количество слайдов: 5–7.

Титульный слайд, слайды с актуальностью, методикой, результатами, выводами, вопросами.

Часть С — Текст выступления:

Отдельный файл .txt или .docx с текстом выступления (300–600 слов).

Хронометраж: 3–5 минут.

Формат сдачи: архив (ZIP) с тремя файлами. Название архива: Фамилия_НИР_занятие9_вариантN.zip.

8. Список литературы

Основная литература

1. Мусина О.Н. Основы научных исследований: учебное пособие. — М.: Директ-Медиа, 2015. — URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=278882> (дата обращения: 01.03.2025). (главы по оформлению научной статьи).
2. Кузнецов И.Н. Основы научных исследований: учебное пособие. — М.: Дашков и Ко, 2020. (главы по подготовке презентаций и выступлений).
3. Дополнительная литература
4. ГОСТ Р 7.0.100–2018 «Библиографическая запись. Библиографическое описание». — URL: <https://protect.gost.ru/> (дата обращения: 01.03.2025).
5. Волков Ю.Г. Как писать диссертацию и научные статьи. — М.: Феникс, 2019. — 256 с.
6. Интернет-ресурсы
7. РИНЦ (eLibrary) — требования к оформлению статей. — URL: <https://www.elibrary.ru> (дата обращения: 01.03.2025).
8. Google Scholar — профиль автора, публикации. — URL: <https://scholar.google.com> (дата обращения: 01.03.2025).

9. Критерии оценивания

Базовый уровень (оценка «3»)

Критерий	max балл
Статья содержит все основные разделы (введение, методы, результаты, заключение)	2
Приведены графики и таблицы (минимум 1 граф, 1 табл.)	2

Критерий	max балл
Список литературы (≥ 3 источников)	2
Презентация (5–7 слайдов, логичная структура)	2
Текст выступления (3 мин)	1
Отсутствие грубых орфографических ошибок	1
ИТОГО	10

Средний уровень (оценка «4»)

Критерий	max балл
Всё, что в базовом уровне (10 баллов)	10
Аннотация и ключевые слова сформулированы грамотно	2
Графики оформлены по ГОСТ (подписи, сетка, легенда)	2
Таблицы оформлены по ГОСТ	1
В презентации есть все обязательные слайды	2
Текст выступления (4 мин) — хронометраж соблюден	1
ИТОГО	18

Повышенный уровень (оценка «5»)

Критерий	max балл
Всё, что в среднем уровне (18 баллов)	18
Статья имеет структуру IMRaD (все подразделы)	2
Результаты представлены в виде таблицы сравнения и графиков с анализом	2
Обсуждение содержит сравнение с литературой	2
Литература ≥ 5 источников, оформлена по ГОСТ	2
Презентация имеет единый стиль	1
Текст выступления (5 мин) — чётко, уверенно	2
ИТОГО	29

Шкала перевода баллов в оценку (для всех уровней):

90–100% от max → «отлично»

70–89% → «хорошо»

50–69% → «удовлетворительно»

<50% → «неудовлетворительно»

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

по организации и проведению самостоятельной работы по дисциплине
«Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-
исследовательской работы)»
для студентов направления подготовки
09.03.04 Программная инженерия Направленность (профиль)
«Разработка и сопровождение программного обеспечения»

Ставрополь 2026

ВВЕДЕНИЕ

Настоящие методические указания предназначены для организации самостоятельной работы студентов при прохождении учебной практики «Научно-исследовательская работа (получение первичных навыков научно-исследовательской работы)» (Б2.О.03(У)). Практика проводится на 2 курсе в 3 семестре, трудоёмкость - 3 зачётные единицы (108 часов).

Цель самостоятельной работы - закрепление и углубление теоретических знаний, полученных на практических занятиях, формирование навыков самостоятельного исследования, работы с научной литературой, обработки экспериментальных данных и оформления научных результатов.

Задачи самостоятельной работы:

1. Изучить теоретический материал по темам практических занятий.
2. Освоить поиск и анализ научной литературы по теме исследования.
3. Научиться самостоятельно планировать эксперимент и обрабатывать полученные данные.
4. Освоить методы фильтрации, аппроксимации и численного решения ОДУ.
5. Подготовить научную статью (тезисы) и презентацию для защиты.

Формы самостоятельной работы:

Форма	Вид работы	Трудоёмкость (часы)
Подготовка к практическим занятиям	Изучение лекционных материалов, дополнительной литературы	12
Выполнение индивидуальных заданий	Программирование, анализ данных, оформление отчётов	40

Форма	Вид работы	Трудоёмкость (часы)
Поиск и анализ литературы	Работа с наукометрическими базами данных, составление аннотаций	16
Подготовка к собеседованию	Изучение контрольных вопросов, повторение материала	10
Оформление итоговых материалов	Написание научной статьи (тезисов), подготовка презентации	20
Итого		108

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1.1. Объём самостоятельной работы

Общая трудоёмкость самостоятельной работы составляет 108 часов, что соответствует 100% от общего бюджета времени на практику. Самостоятельная работа включает:

№	Вид самостоятельной работы	Часы
1	Подготовка к практическим занятиям №1–9	18
2	Выполнение индивидуальных заданий по вариантам	36
3	Поиск и анализ научной литературы	12

№	Вид самостоятельной работы	Часы
4	Оформление отчётов по практическим занятиям	18
5	Подготовка к собеседованию и зачёту	12
6	Оформление научной статьи (тезисов) и презентации	12
Итого		108

1.2. Планирование самостоятельной работы по неделям

Неделя	Тема	Самостоятельная работа	Часы
1	Введение в научное исследование	Выбор темы, формулировка гипотезы, поиск литературы	8
2	Поиск и анализ литературы	Составление обзора литературы (≥ 10 источников)	8
3	Знакомство с датчиками	Поиск даташитов, анализ характеристик, выбор аналогов	8
4	Сбор экспериментальных данных	Настройка симуляции/Arduino, логгирование в CSV	8
5	Статистическая	Расчёт статистик,	8

Неделя	Тема	Самостоятельная работа	Часы
	обработка данных	построение гистограмм, выбросы	
6	Фильтрация шумов	Реализация фильтров, сравнение SNR/СКО	8
7	Математическое моделирование	Вывод модели, метод Эйлера, сравнение с аналитикой	8
8	Аппроксимация МНК	Линейная регрессия, оценка R^2 , предсказание	8
9	Оформление статьи и презентации	Написание тезисов, подготовка слайдов, текст выступления	12
10	Подготовка к защите	Повторение материала, репетиция выступления	12

1.3. Организация самостоятельной работы

Рекомендации по работе с литературой:

Основные источники:

1. РИНЦ (eLibrary.ru),
2. КиберЛенинка (cyberleninka.ru),
3. Google Scholar.

Поиск даташитов:

1. ЧИП и ДИП (chipdip.ru),
2. Платан (platan.ru).

Оформление ссылок - по ГОСТ Р 7.0.100–2018.

Рекомендации по написанию кода:

1. Использовать Python 3.x, Jupyter Notebook.
2. Библиотеки: NumPy, Pandas, Matplotlib, Seaborn, SciPy, scikit-learn.
3. Код снабжать комментариями на русском языке.

Рекомендации по оформлению отчётов:

Отчёт — в формате .ipynb (Jupyter Notebook) или .pdf.

Название файла: Фамилия_НИР_занятиеN_вариантN.ipynb.

Отчёт должен содержать: титульный лист, код, графики, таблицы, выводы.

Сроки сдачи:

Отчёты по занятиям №1–9 сдаются последовательно, не позднее чем за 3 дня до следующего занятия.

Итоговая статья и презентация — за 7 дней до защиты.

Защита — на 18–20 неделе семестра.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ИЗУЧЕНИЮ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА

2.1. Перечень тем для самостоятельного изучения

	Тема	Литература (источники по списку)	Часы
	Структура научного исследования и научной статьи	[1], [2], [4]	4
	Наукометрические базы данных и поиск литературы	[4], [6], [7]	4
	Классификация датчиков и их	[3], [5], [8]	4

	Тема	Литература (источники по списку)	Часы
	характеристики		
	Статистическая обработка данных	[1], [2], [9]	4
	Цифровая фильтрация сигналов	[1], [3], [10]	4
	Численное решение ОДУ (метод Эйлера)	[1], [2], [11]	4
	Метод наименьших квадратов (МНК)	[1], [2], [12]	4
	Оформление научных статей по ГОСТ	[4], [13]	4
	Подготовка презентаций и устных докладов	[4]	4

2.2. Вопросы для самопроверки

По каждой теме студенту рекомендуется ответить на следующие вопросы:

1. В чём суть изучаемого метода/подхода?
2. Какие основные формулы и алгоритмы используются?
3. Каковы ограничения и границы применимости метода?
4. Как метод связан с другими разделами дисциплины?
5. Какие программные инструменты реализуют данный метод?

2.3. Рекомендации по работе с первоисточниками

1. Начать с ознакомительного чтения - изучить аннотацию, введение, заключение.

2. Выделить ключевые идеи - основные положения, формулы, выводы.
3. Составить аннотацию - 3–5 предложений: о чём статья, что сделано, что получено.
4. Сравнить с другими источниками - найти сходства и различия.
5. Сделать выписки - полезные формулы, данные, ссылки для своего исследования.

3. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ ПРАКТИЧЕСКИХ РАБОТ

3.1. Общий алгоритм выполнения практических работ

Этап	Содержание	Форма контроля
1	Получить индивидуальное задание (вариант) у преподавателя	Запись номера варианта
2	Изучить теоретический материал по теме занятия	Конспект, ответы на вопросы
3	Выполнить задание (написать код, получить данные)	Код, графики, таблицы
4	Оформить отчёт (Jupyter Notebook)	Отчёт .ipynb
5	Защитить работу (собеседование по коду и результатам)	Оценка

3.2. Методические указания по каждому занятию

Занятие №1. Введение в научное исследование. Структура научной статьи

Вид работы	Указания
Индивидуальное задание	Выбрать тему из таблицы вариантов (занятие №1), сформулировать гипотезу
Ключевые элементы	Актуальность, цель, задачи, гипотеза, критерий проверки
Рекомендации	Гипотеза должна быть проверяемой, содержать количественный критерий
Ожидаемый результат	Текст с актуальностью, целью, гипотезой, планом эксперимента

Занятие №2. Поиск и анализ научной литературы

Вид работы	Указания
Индивидуальное задание	Найти ≥ 10 источников по теме исследования
Ключевые элементы	Аннотации к каждому источнику (2–4 предложения), ссылки по ГОСТ
Рекомендации	Использовать РИНЦ, КиберЛенинку, Google Scholar. Даты не старше 7 лет
Ожидаемый результат	Список литературы с аннотациями

Занятие №3. Знакомство с датчиками. Поиск даташитов

Вид работы	Указания
Индивидуальное задание	Найти даташит на заданный датчик, выписать характеристики, найти 2 аналога
Ключевые элементы	Диапазон, точность, разрешение, интерфейс, питание
Рекомендации	Даташит искать на ЧИП и ДИП, характеристики — в таблицу
Ожидаемый результат	Таблица характеристик, сравнительная таблица аналогов

Занятие №4. Сбор экспериментальных данных

Вид работы	Указания
Индивидуальное задание	Собрать данные (симуляция/реальное железо), сохранить в CSV
Ключевые элементы	CSV с колонками: timestamp, value; первичный график
Рекомендации	При симуляции — добавлять шум <code>random.gauss(0, sigma)</code>
Ожидаемый результат	CSV-файл и график

Занятие №5. Статистическая обработка данных

Вид работы	Указания
Индивидуальное задание	Рассчитать статистики, выявить выбросы, построить гистограмму, доверительный интервал
Ключевые элементы	Среднее, дисперсия, СКО, Q1, Q3, IQR, 3σ , доверительный интервал
Рекомендации	Выбросы искать двумя методами (3σ и IQR)
Ожидаемый результат	Таблица статистик, гистограмма, boxplot, выводы

Занятие №6. Фильтрация шумов

Вид работы	Указания
Индивидуальное задание	Реализовать MA, Median, ES; оценить улучшение СКО, SNR
Ключевые элементы	Скользящее среднее (окно 5), медианный фильтр (окно 5), экспоненциальное сглаживание ($\alpha=0.3$)
Рекомендации	Построить графики исходного и отфильтрованных сигналов на одном поле
Ожидаемый результат	Таблица метрик (СКО, SNR, улучшение), графики, выводы

Занятие №7. Математическое моделирование и численное решение

Вид работы	Указания
Индивидуальное задание	Решить ОДУ методом Эйлера, сравнить с аналитикой
Ключевые элементы	Функция Эйлера, шаг h , погрешность
Рекомендации	Исследовать влияние шага ($h = 1, 0.5, 0.2, 0.1, 0.05$)
Ожидаемый результат	График сравнения, таблица погрешностей, вывод о порядке точности

Занятие №8. Аппроксимация экспериментальных данных (МНК)

Вид работы	Указания
Индивидуальное задание	Построить линейную (и полиномиальную) регрессию, оценить R^2 , MSE, MAE
Ключевые элементы	<code>np.polyfit</code> , <code>mean_squared_error</code> , <code>r2_score</code> , <code>mean_absolute_error</code>
Рекомендации	Для повышенного уровня - подобрать оптимальную степень полинома
Ожидаемый результат	График с точками и кривой, таблица метрик, предсказание

Занятие №9. Оформление научной статьи и презентации

Вид работы	Указания
Индивидуальное задание	Оформить статью (2–4 стр.), презентацию (5–7 слайдов), текст выступления (3–5 мин)
Ключевые элементы	Структура IMRaD, графики, таблицы, литература ≥ 5 источников
Рекомендации	Соблюдать требования ГОСТ к оформлению
Ожидаемый результат	Статья, презентация, текст выступления

4. ВОПРОСЫ ДЛЯ СОБЕСЕДОВАНИЯ ПО САМОСТОЯТЕЛЬНОМУ ИЗУЧЕНИЮ ЛИТЕРАТУРЫ

4.1. Общие вопросы по методологии научных исследований

1. Что такое наука и каковы её основные признаки?
2. Перечислите основные этапы научного исследования.
3. Что такое гипотеза и каким требованиям она должна удовлетворять?
4. Как проверить гипотезу экспериментально?
5. Какова структура научной статьи (IMRaD)?
6. Что должно быть указано в разделе «Методы»?
7. Чем отличается обсуждение результатов от простого перечисления результатов?
8. Какие типы научных публикаций вы знаете и чем они отличаются?

4.2. Вопросы по работе с литературой и даташитами

1. Какие наукометрические базы данных доступны из РФ и чем они отличаются?
2. Как сформулировать эффективный поисковый запрос?

3. Что такое аннотация научной статьи? Какова её структура?
4. Как оценить релевантность найденного источника?
5. Что такое даташит и какую информацию из него можно извлечь?
6. Перечислите основные характеристики датчика.
7. Как найти аналог заданного датчика?

4.3. Вопросы по статистической обработке данных

1. Что такое генеральная совокупность и выборка?
2. Почему в формуле выборочной дисперсии используется деление на $n-1$?
3. Что показывает среднеквадратическое отклонение (СКО)?
4. Сформулируйте правило «трёх сигм».
5. Что такое межквартильный размах (IQR) и как с его помощью находить выбросы?
6. Что такое доверительный интервал для среднего? Как его интерпретировать?
7. Чем случайная погрешность отличается от систематической?

4.4. Вопросы по фильтрации и моделированию

1. Какие основные типы шумов встречаются в датчиковых системах?
2. Что такое SNR и как он изменяется после фильтрации?
3. Как работает скользящее среднее и от каких параметров зависит степень сглаживания?
4. В чём преимущество медианного фильтра перед скользящим средним?
5. Как работает экспоненциальное сглаживание и как параметр α влияет на результат?
6. Что такое задача Коши для ОДУ?
7. В чём суть метода Эйлера численного решения ОДУ?
8. Как шаг интегрирования влияет на погрешность метода Эйлера?

4.5. Вопросы по аппроксимации и оформлению результатов

1. В чём разница между интерполяцией и аппроксимацией?
2. Какова цель метода наименьших квадратов (МНК)?
3. Что такое коэффициент детерминации R^2 и как его интерпретировать?
4. Что такое MSE и MAE? В чём их преимущества и недостатки?
5. Как выбрать степень полинома для аппроксимации, чтобы избежать переобучения?
6. Как правильно оформить ссылку на литературу по ГОСТ?
7. Сколько слайдов рекомендуется делать в презентации?
8. Как долго должно длиться устное выступление?

5. КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ

5.1. Шкала оценивания самостоятельной работы

Оценка	% выполнения	Уровень	Характеристика
«отлично»	90–100	Высокий	Задания выполнены полностью, код работает, графики и таблицы оформлены, выводы аргументированы, отчёт соответствует требованиям
«хорошо»	70–89	Средний	Задания

Оценка	% выполнени я	Уровень	Характеристик а
			выполнены, но есть мелкие недочёты (ошибки в комментариях, не все графики подписаны)
«удовлетворительно»	50–69	Допустимый	Задания выполнены частично, есть существенные ошибки, отчёт оформлен небрежно
«неудовлетворительн о»	<50	Недопустимы й	Задания не выполнены, код не работает, отчёт отсутствует

5.2. Критерии оценивания отчётов по практическим занятиям (балльная система)

Занятия №1–3 (теоретические)

Критерий	max балл
Полнота раскрытия темы	3
Корректность формулировок (цель, гипотеза, задачи)	3
Качество обзора литературы (количество, аннотации, свежесть)	3
Оформление по ГОСТ	1
ИТОГО	10

Занятия №4–8 (программные)

Критерий	max балл
Код работает, соответствует заданию	4
Комментарии к коду	2
Качество визуализации (графики, подписи, легенды)	2
Наличие выводов по результатам	2
ИТОГО	10

Занятие №9 (итоговое)

Критерий	max балл
Полнота научной статьи (структура, объём, содержание)	4
Качество презентации (структура, наглядность,	2

Критерий	max балл
дизайн)	
Качество устного выступления (хронометраж, чёткость, аргументация)	2
Ответы на вопросы	2
ИТОГО	10

5.3. Соответствие баллов оценкам (для всех занятий)

Баллы	Оценка
10–9	«отлично»
8–7	«хорошо»
6	«удовлетворительно»
≤5	«неудовлетворительно»

5.4. Критерии оценивания компетенций при защите практики (итоговая аттестация)

Компетенци я	Индикатор	Критерий сформированности
УК-1	Поиск, анализ и синтез информации	Самостоятельно выбрал тему, обосновал гипотезу, провёл анализ литературы

Компетенци	Индикатор	Критерий сформированности
УК-5	Межкультурное взаимодействие	Участвовал в обсуждениях, учитывал мнения коллег
УК-8	Безопасность жизнедеятельности	Соблюдал ТБ при работе с оборудованием
ОПК-1	Естественнонаучные и инженерные знания	Применил физические законы, построил математическую модель
ОПК-2	Современные информационные технологии	Использовал Python, Pandas, Matplotlib, SciPy
ОПК-5	Инсталляция ПО и аппаратного обеспечения	Настроил среду, подключил датчик (или симуляцию)
ОПК-8	Поиск, хранение, обработка информации	Оформил научную статью и презентацию, защитил результаты

Заключительные рекомендации:

Самостоятельная работа выполняется строго в соответствии с календарным планом.

При возникновении вопросов студент обязан обратиться к преподавателю не позднее чем за 3 дня до срока сдачи.

Плагат (копирование кода или текста) не допускается. Все работы проходят проверку на плагиат.

Успешное выполнение всех 9 практических занятий является обязательным условием допуска к итоговой защите практики.