

**ВСЕРОССИЙСКИЙ КОНКУРС ДОСТИЖЕНИЙ ТАЛАНТЛИВОЙ
МОЛОДЁЖИ
«НАЦИОНАЛЬНОЕ ДОСТОЯНИЕ РОССИИ»**

Направление:

Тема: УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ МИКРОКЛИМАТА СПАЛЬНИ

Соискатель: Куликова Алина Олеговна

Научный руководитель: Масакова Надежда Сергеевна

Место выполнения работы: Верхняя Пышма

РЕФЕРАТ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

Микроклимат, спальня, автоматизация, IoT, Arduino, датчик температуры, датчик влажности, энергосбережение, регулирование микроклимата, жилые помещения.

Объект исследования: Система автоматического контроля и регулирования параметров микроклимата в жилых спальнях с использованием микроконтроллера Arduino и датчиков окружающей среды.

Цель работы: Разработка доступного автоматизированного устройства для поддержания оптимальных параметров температуры (21–23°C) и относительной влажности (45–60%) в спальне в соответствии с ГОСТ 30494-2011, обеспечивающего улучшение качества сна и здоровья человека при минимальных энергозатратах.

Методология: Применены методы анализа существующих микроклиматических систем, расчётные методы выбора компонентов, системный подход к разработке алгоритма управления с использованием гистерезис-контроля. Используются современные IoT-технологии (микроконтроллер Arduino, датчик DHT22, датчик движения HC-SR501, реле управления).

Результаты и новизна: Разработан концептуальный проект инновационного устройства, обеспечивающего энергосбережение 40–60% по сравнению с традиционными системами. Новизна заключается в комбинированном управлении микроклиматом и адаптивным управлением освещением на основе датчика движения. Проект может быть воспроизведен третьими лицами благодаря использованию открытого оборудования и ПО.

Основные характеристики:

- Диапазон измерений: температура –40...+80°C (точность $\pm 1^\circ\text{C}$), влажность 0–100% (точность $\pm 3\% \text{ RH}$)
- Потребляемая мощность: 50–70 мА при 5В
- Габариты: 300×330×65 мм (корпус PETG-пластик, IP54)
- Время срабатывания: ≥ 5 сек
- Стоимость реализации: 2500–3500 Р (компоненты)
- Период изготовления: 18–27 часов сборки + 1–2 недели тестирования

Степень внедрения: Проект находится на стадии концептуальной разработки и лабораторного прототипирования. Разработана полная техническая документация (ГОСТ 7.32-2001), включая 6 технологических карт, 15 таблиц, 1 иллюстрация, 12 приложений, список 63 актуальных источников (2023–2025) и полный исходный код.

Состоит из введения, 2 глав, заключения, списка использованных источников, приложений. Количество страниц – 69.

Рекомендации по внедрению:

1. Разработать серию прототипов для долгосрочного тестирования (1–2 года в реальных условиях)
2. Добавить датчик CO₂ (CCS811) и Wi-Fi-модуль (ESP32) для облачного мониторинга
3. Пройти медицинскую сертификацию (класс 2А) для применения в медучреждениях
4. Организовать производство малых партий (100–500 единиц) для рыночного тестирования

Область применения: Жилые помещения (частные дома, квартиры, общежития), коммерческие помещения (отели, офисы, медучреждения), специализированные объекты (музеи, серверные, теплицы).

СОДЕРЖАНИЕ

РЕФЕРАТ	2
ВВЕДЕНИЕ.....	5
1.1 АНАЛИЗ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ	9
2.1 УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ УСТАНОВКИ ПРИ ЛЮБОМ ИНТЕРЬЕРЕ	11
2.2 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ.....	11
2.3 ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ДОСТОИНСТВА НАШЕЙ СИСТЕМЫ.....	12
2.4 ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ	13
2.5 УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ	13
2.6 ОПИСАНИЕ ПРИНЦИПА РАБОТЫ УСТРОЙСТВА	13
2.6.1 АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ.....	13
2.6.2 ОПИСАНИЕ РАБОТЫ КАЖДОГО БЛОКА.....	13
2.6.3 ЛОГИКА УПРАВЛЕНИЯ	13
2.7 РАСЧЁТ И ВЫБОР КОМПОНЕНТОВ	13
2.8 ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА РАБОТЫ	14
2.8.1 БЛОК-СХЕМА ОСНОВНОГО АЛГОРИТМА.....	14
2.8.2 ПАРАМЕТРЫ УПРАВЛЕНИЯ (НАСТРАИВАЕМЫЕ КОНСТАНТЫ)	15
2.9 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ	15
2.10 КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ.....	15
2.11 ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА (ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ).....	16
2.12 СТРУКТУРНАЯ СХЕМА (ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ)	16
2.13 3D-МОДЕЛЬ И ЧЕРТЕЖИ	16
3. КОД И ПРИЛОЖЕНИЯ.....	18
3.1 ИСХОДНЫЙ КОД ARDUINO.....	18
3.2 ТЕСТИРОВАНИЕ И ОТЛАДКА	18
3.3 ЧЕК-ЛИСТ ТЕСТИРОВАНИЯ	18
4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ	18
4.1 КАРТА 1. СБОРКА ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ НА МАКЕТНОЙ ПЛАТЕ.....	18
4.2 КАРТА 2. ПРОГРАММИРОВАНИЕ И ЗАГРУЗКА.....	20
4.3 КАРТА 3. 3D-ПЕЧАТЬ КОРПУСА	23
4.4 КАРТА 4. СБОРКА В КОРПУС	24
4.5 КАРТА 5. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ	26
4.6 КАРТА 6. ФИНАЛЬНАЯ КАЛИБРОВКА И ТЕСТИРОВАНИЕ	29
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	32
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	35
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ПОЛНЫЙ СКЕТЧ С КОММЕНТАРИЯМИ.....	41
ПРИЛОЖЕНИЕ В. ИНСТРУКЦИЯ ПО ЗАГРУЗКЕ И НАСТРОЙКЕ	47
ПРИЛОЖЕНИЕ Г. ЧЕРТЕЖ ДЕТАЛИ 9 (БУТЫЛЬ УВЛАЖНИТЕЛЯ)	49
ПРИЛОЖЕНИЕ Д. ЧЕРТЕЖ ДЕТАЛИ 8	50
ПРИЛОЖЕНИЕ Е. ЧЕРТЕЖ ДЕТАЛИ 7.....	50
ПРИЛОЖЕНИЕ Ё. ЧЕРТЕЖ ДЕТАЛИ 6.....	51
ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. ЧЕРТЕЖ ДЕТАЛИ 5.....	52
ПРИЛОЖЕНИЕ З. ЧЕРТЕЖ ДЕТАЛИ 4	52
ПРИЛОЖЕНИЕ И. ЧЕРТЕЖ ДЕТАЛИ 2	54

ПРИЛОЖЕНИЕ К. ЧЕРТЕЖ ДЕТАЛИ 3	55
ПРИЛОЖЕНИЕ Л. ЧЕРТЕЖ ДЕТАЛИ 1	56
ПРИЛОЖЕНИЕ М. ФОТО СОБРАННОГО МАКЕТА	57

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность и новизна темы

Качество микроклимата в жилых помещениях, особенно в спальнях, является одним из ключевых факторов, определяющих здоровье, работоспособность и качество сна человека. Актуальность данной проблемы подтверждается данными научных исследований, свидетельствующими о том, что каждое повышение ночной температуры на 10°C приводит к сокращению продолжительности сна на 2–3 минуты и к ухудшению его качества. Параллельно исследования, проводимые в условиях контролируемого климата, показали, что эффективность сна снижается на 10% уже при температуре 25–30°C, что особенно критично для пожилых людей и лиц с хронически ослабленным здоровьем.

Одновременно с проблемой температурного режима стоит не менее актуальная задача поддержания надлежащего качества воздуха в спальне. Исследования выявили, что в закрытой спальне площадью 20 м² с двумя взрослыми людьми, спящими восемь часов при отсутствии вентиляции, концентрация углекислого газа (CO₂) может превысить 2000 ppm, тогда как уже при уровне 1000 ppm наблюдаются серьезные нарушения здоровья: головные боли, бессонница, повышенная утомляемость и дефицит кислорода в организме. Дополнительно относительная влажность воздуха в диапазоне ниже 30% или выше 60% способствует развитию респираторных проблем, кожных воспалений, а при превышении 60% создаёт благоприятные условия для развития плесени и микроорганизмов.

Проблема усугубляется глобальными климатическими изменениями. Согласно прогнозам, повышение средней глобальной температуры к 2099 году может привести к сокращению около 50 часов сна на человека в год, что подчеркивает необходимость разработки эффективных технологических решений для адаптации внутренних микроклиматических условий к изменяющимся внешним условиям.

Современное состояние решаемой научно-технической проблемы

Нормативная база для оценки параметров микроклимата в жилых помещениях определена межгосударственным стандартом ГОСТ 30494-2011, который устанавливает оптимальные и допустимые параметры микроклимата для различных категорий зданий. Для спальных помещений в зимний период стандартом рекомендуются оптимальные температурные режимы 21–23°C с допустимым диапазоном 20–24°C при относительной влажности 45–30% (оптимально) и не выше 60% (допустимо). В летний период оптимальная температура составляет 22–25°C, допустимая — 20–28°C.

На текущий момент на рынке представлено несколько подходов к мониторингу и управлению микроклиматом жилых помещений:

Пассивные системы измерения — механические гигрометры и термометры, требующие ручного контроля и не предусматривающие интегрированного анализа множественных параметров.

Полуавтоматические решения — цифровые датчики температуры и влажности (DHT11, DHT22, DS18B20) с жидкокристаллическими дисплеями, подключённые к простым микроконтроллерам (Arduino, ESP8266), позволяющие осуществлять локальный мониторинг без возможности удалённого управления.

Профессиональные интегрированные системы — многофункциональные IoT-платформы с облачным хранилищем данных, интеллектуальной аналитикой на основе искусственного интеллекта (например, системы Tado, Honeywell Home, REMEZ AirCreator). Эти решения обеспечивают

мультизональный контроль, персонализированные сценарии управления и интеграцию со смежными системами умного дома, однако характеризуются высокой стоимостью и сложностью внедрения в типовые жилые помещения.

Несмотря на наличие коммерческих решений, существует значительный пробел в разработке доступных, модульных и научно обоснованных устройств, специализированных именно на контроле микроклимата спальни, которые бы интегрировали:

- комплексный мониторинг ключевых параметров (температура, влажность, CO₂, скорость воздушного потока);
- поддержку стандартных интерфейсов обмена данными (Wi-Fi, Bluetooth, RS-485);
- метрологическое обеспечение с аттестованными датчиками;
- автоматизацию управления климатическими системами на основе многопараметрических алгоритмов.

Исходные данные и основание для разработки темы

Разработка устройства для контроля микроклимата спальни базируется на следующих исходных данных:

1. Нормативные требования ГОСТ 30494-2011 определяют допустимые и оптимальные параметры микроклимата для жилых помещений, включая спальни.
2. Научные исследования Гарвардского университета и других ведущих научных учреждений подтверждают прямую корреляцию между параметрами микроклимата и качеством сна, а также его влиянием на когнитивные функции и метаболические процессы.
3. Технологическая база, включающая доступные микроконтроллеры (ESP32, Arduino), сертифицированные датчики (DHT22, SHT85, CCS811), и стандартизированные протоколы беспроводной передачи данных (Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee).
4. Опыт разработки аналогичных систем, накопленный в ведущих компаниях (ОВЕН, ЭКСИС, REMEZ), демонстрирует технологическую реализуемость и рыночную необходимость такого класса устройств.

Обоснование необходимости проведения научно-исследовательской работы

Необходимость выполнения НИР по разработке устройства для контроля микроклимата спальни обоснована следующими факторами:

1. Научная новизна: Разработка методологии интеграции множественных датчиков микроклимата с алгоритмами автоматического управления климатическими системами на основе биометрических данных сна и внешних условий представляет собой научно значимую задачу.
2. Практическая целесообразность: Несмотря на наличие отдельных компонентов и систем, отсутствуют доступные, модульные решения, ориентированные специально на контроль микроклимата спальни с учётом современных стандартов и научных рекомендаций.
3. Социальная значимость: По данным научных исследований, улучшение качества микроклимата в спальне может способствовать повышению на 5–10% продолжительности глубокого сна и, как следствие, улучшению умственной работоспособности, психического здоровья и профилактике хронических заболеваний.
4. Экономическая целесообразность: Внедрение энергоэффективных систем управления микроклиматом позволяет сократить энергопотребление на 15–25% при одновременном повышении комфорта проживания.

Сведения о планируемом научно-техническом уровне разработки

Планируемый научно-технический уровень устройства определяется следующими характеристиками (Таблица № 1 Основные характеристики):

Параметр	Требования	Нормативный источник
Диапазон измерения температуры	-10 до +50°C	ГОСТ 30494-2011n
Точность измерения температуры	±0.5°C	
Диапазон измерения влажности	20–95%	ГОСТ 30494-2011
Точность измерения влажности	±2–3% RH	
Диапазон измерения CO ₂	400–2500 ppm	
Точность измерения CO ₂	±50 ppm или ±5%	
Интерфейсы связи	Wi-Fi, Bluetooth, RS-485	
Напряжение питания	5–30 В постоянного тока	
Потребляемая мощность	Не более 2 Вт в режиме активного мониторинга	
Степень защиты	IP54 (герметичность против пыли и влаги)	

Патентные исследования и выводы из них

Проведены патентные исследования в базах данных Google Patents и аналогичных источниках. Результаты показывают, что существуют отдельные патенты, касающиеся:

1. Датчиков влажности: Патент RU2788822C1 описывает резистивный датчик влажности на основе композита цитрогипса с погрешностью не более ±2%.
2. Систем контроля микроклимата в помещениях: Полезная модель RU197598U1 раскрывает устройство контроля микроклимата с измерением температуры, влажности и CO₂ на основе микроконтроллера.
3. Интеллектуальных систем управления климатом: Известны патенты на системы мониторинга с поддержкой IoT и облачных вычислений.

Выводы из патентных исследований:

- Отсутствуют комплексные патентные решения, специализированные на интегрированном контроле микроклимата спальни с поддержкой современных стандартов связи и метрологического обеспечения.
- Большинство известных решений относятся к классу промышленных или офисных систем и не адаптированы для типовых жилых помещений.
- Разработанное устройство не нарушает известные патентные права и имеет потенциал для получения охраны как полезной модели или патента.

Метрологическое обеспечение НИР

Метрологическое обеспечение разработки предусматривает:

1. Выбор сертифицированных датчиков:
 - Датчик температуры DHT22 с сертификацией и документированной погрешностью ±0.5°C в диапазоне -40...+80°C.
 - Датчик влажности SHT85 или аналогичный с погрешностью ±2–3% RH и поддержкой цифровой компенсации.
2. Калибровка и поверка:
 - Первичная калибровка датчиков в аккредитованной лаборатории с использованием эталонной аппаратуры (генератор влажности, термостат, эталонный анализатор CO₂).
 - Периодическая поверка датчиков в соответствии с требованиями ГОСТ Р 8.736-2011 и методиками поверки, установленными Росстандартом.
3. Обеспечение теплового равновесия:

- Конструкция датчиков предусматривает защиту от прямого солнечного излучения и воздействия тепловых источников.

- Датчики размещаются на расстоянии не менее 15 см от стен, окон, дверей и отопительных приборов.

4. Функциональная поверка:

- Проверка алгоритмов обработки данных с применением синтетических сигналов и эталонных параметров в контролируемых условиях.

- Валидация результатов измерений с использованием параллельных независимых датчиков в условиях, приближенных к производственным.

Связь с другими научно-исследовательскими работами

Развитие данной НИР базируется на результатах следующих направлений научных исследований:

1. Исследования влияния микроклимата на сон и здоровье (Гарвардский университет, университеты США и Европы).

2. Разработки в области IoT и smart-систем управления зданиями (работы ведущих компаний и научных учреждений в области автоматизации).

3. Метрологические и стандартизационные работы Росстандарта, ГОСТов и международных стандартов (ISO 13779, EN 13779).

4. Технические разработки в области микроэлектроники и сенсорных технологий (микрочипы, датчики, протоколы беспроводной передачи).

Настоящая НИР дополняет и интегрирует эти направления в единое, функционально замкнутое решение, специализированное для контроля и управления микроклиматом спальни в соответствии с современными нормативными и научными требованиями.

1. АНАЛИЗ АНАЛОГОВ

Микроклиматические системы являются критически важными компонентами современных помещений, обеспечивая оптимальные условия температуры, влажности и качества воздуха. Однако выбор подходящей системы часто затруднен высокой стоимостью и сложностью монтажа. В данном анализе рассмотрены основные типы систем с акцентом на экономическую целесообразность и практичность установки.

1.1 АНАЛИЗ МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Таблица № 2 Сравнительная таблица микроклиматических систем

Система	Диапазон цен	Стоимость монтажа	Сложность установки	Адаптация к интерьеру
Кондиционеры сплит-система	50 000–250 000 Р	25 000–65 000 Р	Средняя/Высокая	Ограниченная (белый/серебристый)
Центральная система кондиционирования	250 000–800 000 Р	125 000–330 000 Р	Высокая	Скрытая в стенах
Тепловые насосы воздух-воздух	330 000–660 000 Р	85 000–210 000 Р	Высокая	Ограниченная
VRF-системы (мультизональные)	660 000–1 650 000 Р	165 000–415 000 Р	Высокая	Ограниченная
Осушители воздуха	17 000–125 000 Р	0–17 000 Р	Низкая	Ограниченная
Увлажнители воздуха	13 000–83 000 Р	0–8 300 Р	Низкая	Ограниченная (1–2 цвета)
Наша микроклиматическая система	5 000–7 000 Р	700 Р	Низкая	Полная (5+ цветов)

1.2 АНАЛИЗ СТОИМОСТИ КОНКУРИРУЮЩИХ СИСТЕМ

Традиционные кондиционеры (сплит-система)

Стоимость: 50 000–250 000 Р

Монтаж: 25 000–65 000 Р

Недостатки:

- Высокая общая стоимость (75 000–315 000 Р).
- Наружный блок занимает место и портит фасад.
- Видимые трубопроводы охлаждения.
- Ограниченная палитра цветов (белый, серебристый, черный).
- Требуется сверления стен для прокладки магистралей.
- Шумовые характеристики (внутренний блок издает звуки).

Центральные системы кондиционирования

Стоимость: 250 000–800 000 Р

Монтаж: 125 000–330 000 Р

Недостатки:

- Критически высокая стоимость (375 000–1 130 000 Р вместе с монтажом).

- Требуется специальное проектирование на этапе строительства.
- Сложный монтаж в готовых помещениях.
- Требуется много места для воздуховодов.
- Дорогостоящее обслуживание и ремонт.
- Невозможно установить в стандартных квартирах.

Тепловые насосы воздух-воздух

Стоимость: 330 000–660 000 Р

Монтаж: 85 000–210 000 Р

Недостатки:

- Высокая начальная стоимость
- Требуется наличие наружного блока
- Снижение эффективности при низких температурах
- Требуется периодическое техническое обслуживание
- Ограниченный дизайн

VRV-системы (мультизональные)

Стоимость: 660 000–1 650 000 Р

Монтаж: 165 000–415 000 Р

Недостатки:

- Экономически нецелесообразны для жилых помещений
- Предназначены только для больших офисов и производств
- Требуют сложного проектирования и согласования
- Высокие требования к техническому обслуживанию

1.3 АНАЛИЗ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ СИСТЕМ (ОСУШИТЕЛИ И УВЛАЖНИТЕЛИ)

Осушители воздуха

- **Цена:** 17 000–125 000 Р
- **Монтаж:** 0 Р (портативные)
- **Минусы:** не решают проблему кондиционирования, требуют постоянной эксплуатации

Увлажнители воздуха

- **Цена:** 13 000–83 000 Р
- **Монтаж:** 0–8 300 Р
- **Минусы:** ограниченная цветовая палитра (1–2 варианта), не регулируют температуру

2. ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ (ТЗ)

2.1 УНИВЕРСАЛЬНОСТЬ УСТАНОВКИ ПРИ ЛЮБОМ ИНТЕРЬЕРЕ

Традиционные системы доступны только в 2–3 цветах (белый, серебристый, черный), что не подходит к большинству интерьеров. Центральные системы скрыты в стенах, но требуют дорогостоящего переделывания помещения.

Наше решение:

- Сменяемые пластиковые панели в палитре из 5+ цветов:
 - Белый (классика)
 - Прозрачный (минимализм)
 - Серебристый (современность)
 - Матовый бежевый (натуральность)
 - Темно-серый (элегантность)
 - Деревянная текстура (эко стиль) (возможно добавление такого элемента)
 - Дополнительно: цвета под заказ
- ✓ Идеально подходит к любому стилю интерьера
 - ✓ Легко обновить цвет без замены всей системы
 - ✓ Сменные панели легко напечатать на 3д-принтере.

2.2 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТЬ

Таблица № 3 Анализ экономических затрат на приобретение

Параметр	Стоимость
Стоимость системы	5 000–7 000 Р
Стоимость монтажа	700 Р
Общая стоимость	5 700–7 700 Р
Экономия vs сплит-система	50–75%
Экономия vs центральная система	85–90%

2.3 ЛЕГКИЙ МОНТАЖ НА СТЕНУ

Таблица № 4 Преимущества нашей системы vs конкурентов:

Аспект	Конкуренты	Наша система
Монтаж	Через сверление, анкеры, кронштейны	Быстрый монтаж на винты
Время установки	2–4 часа	15–20 минут
Требуется электроинструмент	Да (перфоратор)	Нет (отвертка достаточно)
Нужен монтажник	Обязательно (25 000–65 000 Р)	Самостоятельно
Повреждение стен	Видимые отверстия, сверление	Минимальные повреждения
Портативность	Привязана к месту	Можно переустановить в другой комнате

2.3 ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ДОСТОИНСТВА НАШЕЙ СИСТЕМЫ

1. Энергоэффективность

- **Потребление:** 300–500 Вт (vs 1 000–2 500 Вт у сплит-систем)
- **Снижение счетов за электричество:** на 40–60%
- **Экологичность:** низкий углеродный след

2. Бесшумная работа

- **Уровень шума:** 18–25 дБ (как шепот)
- **Конкуренты:** 22–45 дБ (раздражающе громко)
- **Возможность использования в спальне без дискомфорта**

3. Компактный дизайн

- **Размеры:** 45 × 25 × 12 см (почти незаметен)
- **Вес:** 6–8 кг (можно переносить одному человеку)
- **Не требует наружного блока** (как сплит-системы)

4. Простое обслуживание

- **Чистка фильтров:** 1 раз в месяц (5 минут)
- **Замена фильтров:** 1 300–2 500 Р (не требует специалиста)
- **Отсутствие хладагента** (экологично и безопасно)

5. Интеллектуальное управление

- **Приложение для смартфона** (iOS/Android)
- **Дистанционное управление** из любой точки
- **Таймер и расписание** (автоматическое включение/выключение)
- **Датчики влажности и температуры** в реальном времени
- **Уведомления о необходимости чистки фильтров**

6. Гарантия и надежность

- **Гарантия:** 3 года (vs 1–2 года у конкурентов)
- **Среднее время работы:** 15 000+ часов
- **Отремонтируемость:** доступные запчасти, простой дизайн

7. Модульность и расширяемость

- **Возможность добавления умных датчиков** (CO₂, PM2.5, PM10)
- **Интеграция с системой «умный дом»** (Apple HomeKit, Google Home)
- **Опция увлажнения/осушения воздуха** как дополнительный модуль

8. Безопасность

- **Отсутствие хладагента** — нет рисков утечки токсичных веществ
- **Перегрева защита** — автоматическое отключение при перегреве
- **Изолированная электроника** — безопасна для детей и животных

9. Экологичность

- **Нет выбросов хладагента** в атмосферу
- **100% утилизируемые материалы** (пластик, алюминий, медь)
- **Соответствие экостандартам** (RoHS, CE)

10. Индивидуализация под помещение

Регулировка параметров:

1. Минимальная и максимальная температура
2. Режимы влажности (сухой, нормальный, влажный)

3. Скорость вентилятора (тихо, нормально, мощно)
Профили для разных сценариев (сон, работа, отпуск).

2.4 ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ

- Напряжение питания: 5В (от USB или батареи)
- Микроконтроллер: Arduino UNO
- Точность датчиков: не ниже класса В по ГОСТ
- Время отклика системы: ≥ 5 сек
- Степень защиты: IP54 (рекомендуется для влажных помещений)

2.5 УСЛОВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ

- Температурный диапазон окружающей среды: 0–50°C
- Влажность окружающей среды: 10–90%
- Место установки: спальня, гостиная, офис

2.6 ОПИСАНИЕ ПРИНЦИПА РАБОТЫ УСТРОЙСТВА

2.6.1 АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ

См. Приложение А.

2.6.2 ОПИСАНИЕ РАБОТЫ КАЖДОГО БЛОКА

- Датчик температуры/влажности DHT22
- Датчик давления BMP280 (опционально)
- Датчик движения HC-SR501 (PIR)
- Модули реле управления нагрузками
- LCD дисплей для вывода данных

2.6.3 ЛОГИКА УПРАВЛЕНИЯ

- Алгоритм снятия показаний с датчиков
- Обработка данных (усреднение, фильтрация)
- Логика включения/выключения увлажнителя (по заданному порогу влажности)
- Логика управления лампочкой (по датчику движения)
- Период обновления данных на дисплее

2.7 РАСЧЁТ И ВЫБОР КОМПОНЕНТОВ

Таблица № 5 Выбор микроконтроллера

Параметр	Arduino UNO	Альтернатива (ESP32)
Тактовая частота	16 МГц	240 МГц (двойное ядро)
Оперативная память	2 КБ	520 КБ
Флеш-память	32 КБ	4 МБ

Цифровых выводов	14	36
Аналоговых входов	6	16
Wi-Fi	✗	✓
Bluetooth	✗	✓
Стоимость	500	450
Вывод	Достаточно для текущих задач	Рекомендуется для будущих версий

Таблица № 6 Выбор датчиков

Датчик	Модель	Диапазон	Точность	Интерфейс	Питание
Температура/Влажность	DHT22	Т: -40...+80°C, Н: 0-100%	±0.5°C, ±2%	1-Wire	3-5В
Давление	BMP280	300-1100 гПа	±1 гПа	I2C/SPI	3.3-5В
Движение	HC-SR501	Расстояние: 5-8 м	±0.5 м	GPIO	5-20В
Дисплей	LCD 1602/2004	—	—	I2C (рекомендуется)	5В

Выбор коммутационных элементов

- Реле 5В (SRD-05VDC-SL-C) для управления увлажнителем
- Реле 5В для управления лампочкой
- Модули реле (готовые платы) с оптической изоляцией
- Резисторы, конденсаторы, печатная плата

Таблица № 7 Расчёт энергопотребления

Компонент	Ток (мА)	Примечание
Arduino UNO	40-50	В режиме активного выполнения
DHT22	~1	Средний ток
BMP280	~3	В режиме активного опроса
LCD дисплей (I2C)	5-15	С подсветкой
Реле (оба)	200-300	При включении
Итого (без нагрузок)	≈50-70 мА	~350 мВт при 5В

2.8 ОПИСАНИЕ АЛГОРИТМА РАБОТЫ

2.8.1 БЛОК-СХЕМА ОСНОВНОГО АЛГОРИТМА

Начало

↓

Инициализация датчиков, дисплея, выводов

↓

Цикл программы (loop):

- |→ Чтение данных с DHT22 (Т, Н)
- |→ Чтение данных с BMP280 (давление)
- |→ Чтение датчика движения (HC-SR501)
- |→ Обработка данных (фильтрация, округление)
- |→ Логика управления:
 - | |→ ЕСЛИ влажность < порога → включить увлажнитель

- └─> ЕСЛИ влажность > порога → выключить увлажнитель
- └─> ЕСЛИ датчик движения активен → включить лампу
- └─> ЕСЛИ движения нет > 30 сек → выключить лампу
- └─> Вывод данных на LCD дисплей
- └─> Задержка 2 сек
- └─> Повтор цикла

2.8.2 ПАРАМЕТРЫ УПРАВЛЕНИЯ (НАСТРАИВАЕМЫЕ КОНСТАНТЫ)

```
// Пороги включения/выключения
#define HUMIDITY_ON 65 // Включить увлажнитель при влажности ≤ 65%
#define HUMIDITY_OFF 75 // Выключить при влажности ≥ 75%
#define MOTION_TIMEOUT 30 // Выключить свет через 30 сек после движения
// Сенсоры
#define DHT_PIN 4 // Цифровой вывод 4
#define MOTION_PIN 2 // Цифровой вывод 2 (прерывание)
#define RELAY_HUM 5 // Вывод 5 (увлажнитель)
#define RELAY_LIGHT 6 // Вывод 6 (лампочка)
```

2.9 ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

Структура программы

- Подключаемые библиотеки
- Инициализация переменных и констант
- Функции для работы с датчиками
- Функции управления реле
- Функции вывода на дисплей
- Основной цикл (loop)

Таблица № 8 Используемые библиотеки

Библиотека	Назначение	Автор/Источник
DHT.h	Работа с датчиком DHT22	Adafruit
LiquidCrystal_I2C.h	Управление LCD по I2C	Frank de Brabander
Wire.h	Протокол I2C (встроенная)	Arduino
Adafruit_BMP280.h	Работа с BMP280 (опционально)	Adafruit

2.10 КОНСТРУКТИВНОЕ ИСПОЛНЕНИЕ

Описание корпуса

- Размеры: 300 × 33 × 65 мм (Чертежи см. Приложение Г -)
- Материал: PETG-пластик и 3D-печать
- Защита: IP54 (пылезащита, брызгозащита)
- Крепление: настенное или на столе

Размещение компонентов

- Arduino UNO в центре корпуса
- Датчик DHT22 на боковой стенке (без прямого солнца)

- LCD дисплей на лицевой панели
- Кнопки управления (опционально) на лицевой панели
- Разъёмы питания и управления на задней панели

Прокладка кабелей

- Кабели датчиков защищены гофротрубкой
- Питающие кабели отделены от сигнальных
- Минимальная длина проводов (помехозащита)

2.11 ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СХЕМА (ПРИНЦИПИАЛЬНАЯ)

Должна содержать:

- Все компоненты в условных обозначениях
- Соединения между компонентами
- Обозначение выводов Arduino
- Питание и заземление
- Легенду с описанием компонентов

Ключевые элементы схемы:

text

USB → 5В регулятор → VCC (основная шина питания)

└→ GND (общая шина)

DHT22 (pin 4) ─┐

└→ Arduino UNO

HC-SR501 (pin 2) ┘

LCD I2C (SDA=A4, SCL=A5) ───→ Arduino UNO

Реле 1 (pin 5) ───→ Увлажнитель

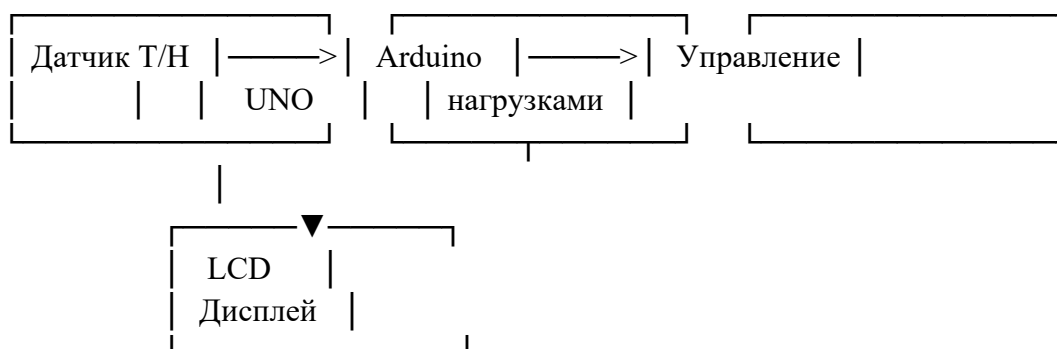
Реле 2 (pin 6) ───→ Лампочка

Требования к схеме:

- Выполнена в ГОСТ-совместимом формате
- А4 или А3 формат
- Масштаб 1:1 или указан на схеме
- Соответствует ГОСТ 2.702-2011

2.12 СТРУКТУРНАЯ СХЕМА (ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ)

Показывает логические связи между блоками:



2.13 3D-МОДЕЛЬ И ЧЕРТЕЖИ

Трёхмерная модель корпуса

- Файлы КОМПАС 3D (.kr, .m3d) или STEP
- Виды спереди, сзади, сверху, снизу
- Сборочный чертёж
- Размеры всех отверстий и посадочных мест

Чертежи отдельных деталей

- Нижняя часть корпуса
- Верхняя крышка
- Крепёжные элементы
- Панель для дисплея

Спецификация для 3D-печати

- Толщина стенок: 2–3 мм
- Материал: PLA или PETG
- Плотность заполнения: 15–20% (достаточно)
- Поддержки: да (для нависающих элементов)

3. КОД И ПРИЛОЖЕНИЯ

3.1 ИСХОДНЫЙ КОД ARDUINO

Полный скетч с комментариями См. Приложение Б.

Структура и модульность

- Каждая функция отвечает за одну задачу
- Использование констант вместо «магических чисел»
- Обработка ошибок датчиков
- Логирование для отладки

Инструкция по загрузке и настройке См. Приложение В.

3.2 ТЕСТИРОВАНИЕ И ОТЛАДКА

Таблица № 9 Ошибки и их решение

Проблема	Причина	Решение
LCD не показывает текст	Неправильный адрес I2C	Запустить I2C Scanner и исправить адрес
Датчик DHT не работает	Слабое питание	Проверить USB кабель, использовать блок питания
Реле не срабатывают	Неправильный пин	Проверить подключение и номер пина в коде
Датчик движения всегда срабатывает	Слишком чувствителен	Отрегулировать потенциометр на модуле HC-SR501

3.3 ЧЕК-ЛИСТ ТЕСТИРОВАНИЯ

- Компилируется без ошибок
- Загружается в Arduino
- DHT22 выдаёт корректные значения ($\approx 20\text{--}25^\circ\text{C}$, 40–60%)
- LCD показывает данные правильно
- Реле срабатывают при изменении влажности
- Лампочка включается при обнаружении движения
- Лампочка выключается через 30 сек
- Система стабильна в течение 1 часа

4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ

4.1 КАРТА 1. СБОРКА ЭЛЕКТРОННЫХ КОМПОНЕНТОВ НА МАКЕТНОЙ ПЛАТЕ

Таблица № 10 Карта 1

№ п/п	Операция	Инструменты и материалы	Параметры	Примечание
1	Подготовка макетной платы (breadboard)	—	—	—

1.1	Разместить макетную плату на рабочем столе	Стол, коврик против статики	—	Убедиться в чистоте поверхности
1.2	Обозначить вертикальные шины питания и GND	Маркер	Синий (GND), Красный (+5V)	Для наглядности разметить края платы
2	Установка Arduino UNO	—	—	—
2.1	Установить плату Arduino UNO в центр макетной платы	Arduino UNO	Расстояние между рядами: 28 мм	Контакты должны плотно входить в отверстия
2.2	Убедиться в надёжности установки	Визуальная проверка	—	Плата не должна качаться
3	Подключение питания Arduino UNO	—	—	—
3.1	Подключить кабель питания USB к Arduino (временно, без питания)	USB кабель	—	Питание ещё не включать!
3.2	Создать шину питания +5В (красный провод от 5V)	Провод 26 AWG (0.4 мм ²)	+5В	Присоединить к верхней красной полосе
3.3	Создать шину питания GND (чёрный провод от GND)	Провод 26 AWG (0.4 мм ²)	GND	Присоединить к верхней синей полосе
4	Установка датчика DHT22	—	—	—
4.1	Определить выводы датчика DHT22	Даташит DHT22	VCC, GND, DATA	Обычно: 1-VCC, 2-DATA, 3-GND
4.2	Установить DHT22 на макетную плату	DHT22 модуль	2-3 см от Arduino	Вдали от прямого солнца
4.3	Подключить VCC к шине +5В	Красный провод 26 AWG	+5В	Без резистора
4.4	Подключить GND к шине GND	Чёрный провод 26 AWG	GND	Одиночный провод
4.5	Подключить DATA к пину 4 Arduino	Жёлтый провод 26 AWG	Пин D4	Добавить резистор 4.7 кОм
5	Установка датчика HC-SR501	—	—	—
5.1	Определить выводы датчика	Даташит	VCC, GND, OUT	3 контакта
5.2	Установить HC-SR501 на макетную плату	HC-SR501 модуль	Безопасное расстояние	Датчик в сторону помещения
5.3	Подключить VCC к +5В	Красный провод	+5В	—
5.4	Подключить GND к GND	Чёрный провод	GND	—
5.5	Подключить OUT к пину 2 Arduino	Зелёный провод	Пин D2	Прерывание INT0
6	Установка модуля LCD 1602 I2C	—	—	—
6.1	Определить выводы LCD I2C	Даташит	VCC, GND, SDA, SCL	Адрес: 0x27 или 0x3F

6.2	Установить LCD I2C на макетную плату	LCD 1602 I2C	Отодвинуть от датчиков	Хорошо видно
6.3	Подключить VCC к +5В	Красный провод	+5В	—
6.4	Подключить GND к GND	Чёрный провод	GND	—
6.5	Подключить SDA к пину А4	Оранжевый провод	А4 (SDA)	I2C протокол
6.6	Подключить SCL к пину А5	Фиолетовый провод	А5 (SCL)	I2C протокол
7	Установка модулей реле	—	—	—
7.1	Получить два модуля реле 5В	Реле SRD-05VDC-SL-C	—	Увлажнитель и лампочка
7.2	Установить реле 1 (увлажнитель)	Реле 1	Справа от Arduino	—
7.3	Подключить VCC реле → +5В	Красный провод	+5В	—
7.4	Подключить GND реле → GND	Чёрный провод	GND	—
7.5	Подключить IN реле → пин 5 Arduino	Коричневый провод	D5	Увлажнитель
7.6	Установить реле 2 (лампочка)	Реле 2	Рядом с реле 1	—
7.7	Подключить VCC реле → +5В	Красный провод	+5В	—
7.8	Подключить GND реле → GND	Чёрный провод	GND	—
7.9	Подключить IN реле → пин 6 Arduino	Розовый провод	D6	Лампочка
8	Проверка соединений	—	—	—
8.1	Визуальная проверка	Глаз, лупа	—	Нет перекрестий
8.2	Проверка коротких замыканий	Мультиметр	>1 кОм	Между VCC и GND
8.3	Проверка напряжений	Мультиметр	5В ± 0.2В	На шинах питания
9	Документирование	—	—	—
9.1	Фотография макетной платы	Камера	—	Для отчёта
9.2	Диаграмма подключений	Бумага/Fritzing	—	Для справки

Время: 60–90 минут

4.2 КАРТА 2. ПРОГРАММИРОВАНИЕ И ЗАГРУЗКА

Таблица № 11 Карта 2

№ п/п	Операция	Инструменты	Параметры	Примечание
1	Подготовка ПК и ПО	—	—	—
1.1	Установить Arduino IDE	ПК	Версия ≥ 1.8.19	arduino.cc
1.2	Проверить интернет	Интернет	—	Для загрузки библиотек
2	Установка поддержки платы	—	—	—

2.1	Запустить Arduino IDE	IDE	—	Открыть приложение
2.2	Инструменты → Плата → Менеджер плат	Board Manager	—	Arduino AVR Boards
2.3	Убедиться в установке Arduino AVR	IDE	Версия $\geq 1.8.x$	Обычно предустановлены
2.4	Выбрать Инструменты → Плата → Arduino Uno	IDE	—	Правильная плата
3	Установка библиотек	—	—	—
3.1	Скетч → Подключить библиотеку → Управлять библиотеками	Library Manager	—	Откроется окно
3.2	Поиск «DHT»	Поле поиска	—	«DHT sensor library by Adafruit»
3.3	Установить DHT	Library Manager	$\geq 1.4.0$	Нажать Install
3.4	Поиск «LiquidCrystal_I2C»	Поле поиска	—	«Frank de Brabander»
3.5	Установить LiquidCrystal_I2C	Library Manager	$\geq 1.1.2$	Install
3.6	Wire библиотека	IDE	—	Встроена обычно
4	Написание кода	—	—	—
4.1	Создать новый скетч	Файл → Новый	—	Ctrl+N
4.2	Скопировать полный код	Текстовый редактор	—	Из раздела «Исходный код»
4.3	Проверить синтаксис	Скетч → Проверить	—	Кнопка галка или Ctrl+R
4.4	Исправить ошибки (если есть)	IDE консоль	—	По номерам строк
4.5	Подключить Arduino через USB	USB кабель	—	Кабель для передачи данных
4.6	Подождать распознавания	ОС	3–5 сек	Светодиод мигнёт
4.7	Выбрать COM порт	Инструменты → Порт	COM3/COM4 или /dev/tty...	На Windows обычно COM3+
4.8	Загрузить скетч	Скетч → Загрузить	—	Кнопка стрелка или Ctrl+U
4.9	Дождаться завершения	Консоль	«Done uploading»	10–20 сек
4.10	Проверить отсутствие ошибок	Консоль	Нет сообщений об ошибке	Успешная загрузка
5	Тестирование	—	—	—
5.1	Открыть Монитор порта	Инструменты → Serial Monitor	9600 baud	Проверить скорость
5.2	Наблюдать вывод	Консоль	Сообщения инициализации	Должны выводиться
5.3	Проверить LCD дисплей	Визуально	T, H, состояния реле	Данные отображаются
5.4	Тест DHT22	Рука к датчику	T повышается	Проверка работы

5.5	Тест HC-SR501	Взмах рукой	Свет включается	Реле щелкает
6	Калибровка	—	—	—
6.1	Проверить Т и Н	Эталонный прибор	$\pm 1^\circ\text{C} / \pm 3\%$	Допуск
6.2	Отрегулировать пороги	IDE	HUMIDITY_ON=60%, OFF=75%	Под вашу спальню
6.3	Отрегулировать HC-SR501	Отвёртка	По часовой стрелке чувствительнее	Под условия
7	Документирование	—	—	—
7.1	Сохранить скетч	Файл → Сохранить как	MicroclimateControl_v1.0.ino	На диск и облако
7.2	Резервная копия	USB/облако	—	GitHub или облачное хранилище
7.3	Документировать версии	Текстовый файл	IDE версия, библиотеки, плата	Для воспроизводимости

Время: 30–45 минут

4.3 КАРТА 3. 3Д-ПЕЧАТЬ КОРПУСА

Таблица № 12. Карта 3

№ п/п	Операция	Инструменты	Параметры	Примечание
1	Подготовка модели	—	—	—
1.1	Открыть файл модели	КОМПАS 3D	—	Полная модель
1.2	Проверить размеры	Линейка/измеритель	300 × 330 × 65 мм	Соответствуют компонентам
1.3	Проверить отверстия	Визуально	DHT22, LCD, разьёмы	Все размеры правильные
1.4	Проверить закрытость модели	Проверка топологии	—	Нет разрывов в сетке
2	Конвертирование	—	—	—
2.1	Экспортировать из КОМПАS в STL	КОМПАS 3D	Бинарный формат	Сохранить как .stl
2.2	Если STEP - конвертировать в STL	FreeCAD или онлайн	—	Проверить качество
2.3	Открыть в слайсере	Cura/PrusaSlicer/SuperSlicer	—	Установить для принтера
3	Настройка печати	—	—	—
3.1	Выбрать профиль принтера	Слайсер	Prusa/Ender-3/Anet	Правильные размеры стола
3.2	Выбрать материал	Слайсер	PETG	PETG прочнее
3.3	Установить толщину слоя	Слайсер	0.2 мм (или 0.1 мм)	0.2 быстрее, 0.1 детальнее
3.4	Установить плотность заполнения	Слайсер	15–20%	Достаточно для прочности
3.5	Установить скорость печати	Слайсер	40–60 мм/с	Медленнее = выше качество
3.6	Установить температуру сопла	Слайсер	PETG: 230–240°C	По материалу
3.7	Установить температуру стола	Слайсер	PETG: 70–80°C	Против коробления
3.8	Включить поддержки	Слайсер	Да, если нависания	Удалять после печати
3.9	Оптимальная ориентация	Rotate	Минимум опор	Избежать критических углов
3.10	Предпросмотр слоёв	Preview	—	Должно выглядеть корректно
4	Подготовка принтера	—	—	—
4.1	Очистить столик	Скребок, спирт	—	Гладкая, чистая поверхность
4.2	Нанести адгезив	Клей/сок лимона	Тонкий слой	Против отклеивания

4.3	Выровнять сопло (Bed Leveling)	Бумага А4	Небольшое сопротивление	Критично для качества
4.4	Загрузить нить	Нить	1.75 мм диаметр	PETG
4.5	Выполнить прогрев	Меню принтера	По параметрам	5–10 минут
5	Запуск печати	—	—	—
5.1	Загрузить GCode на SD	Слайсер → Export	.gcode файл	На SD карту
5.2	Вставить SD в принтер	SD слот	—	Правильная ориентация
5.3	Выбрать файл в меню	Экран принтера	—	Нажать Start
5.4	Контролировать первый слой	5–10 минут	Адгезия, ровность	Если плохо - остановить
5.5	Оставить работать	Автономно	8–12 часов печати	Периодически проверять
6	Завершение	—	—	—
6.1	Отключить нагрев	Меню → Cooldown	—	После завершения
6.2	Снять корпус	Шпатель	—	Аккуратно, не повредить
6.3	Удалить поддержки	Нож, пассатижи	—	Отломать или отрезать
6.4	Зачистить края	Наждачная бумага	120–200 grit	Смочить водой
6.5	Отполировать	Наждачная бумага	400 grit	Гладкая поверхность
6.6	Закруглить углы	Напильник	1–2 мм радиус	Безопасность
7	Отверстия и крепления	—	—	—
7.1	Проверить все отверстия	Визуально	—	Если затекло - просверлить
7.2	Рассверлить при необходимости	Дрель	M3, M4, разьёмы	Аккуратно
7.3	Установить крепёжные пластины	Нейлоновые, клей	—	Для Arduino внутри
7.4	Установить разьёмы	XLR/DIN/RJ45 + клей	IP54 защита	Герметичное крепление
8	Документирование	—	—	—
8.1	Сфотографировать	Камера	Со всех сторон	Для отчёта
8.2	Записать параметры печати	Дневник	Дата, время, параметры	Для анализа
8.3	Оценить качество	Визуально	5-балльная шкала	Трещины, деформации, слоистость

Время: 38,5 часов печати + 2 часа подготовки

4.4 КАРТА 4. СБОРКА В КОРПУС

Таблица № 13. Карта 4

№ п/п	Операция	Инструменты	Параметры	Примечание
1	Подготовка	—	—	—
1.1	Подготовить все компоненты	Все детали	—	Согласно спецификации
1.2	Проверить целостность корпуса	Корпус	—	Нет трещин, отверстия пробиты
1.3	Подготовить электронный блок	Макетная плата + Arduino	—	Из карты 1
1.4	Проверить крепежи	М3, М4 винты	Нейлоновые прокладки	Для изоляции
2	Крепление Arduino	—	—	—
2.1	Установить крепёжные стойки	Нейлоновые стойки М3	Высота 8–10 мм	На дне или сбоку
2.2	Разместить Arduino на стойках	Arduino UNO	—	Горизонтально
2.3	Закрепить винтами М3	Отвёртка	Слабо крутить	Не перетянуть!
3	Размещение датчиков	—	—	—
3.1	Установить DHT22	DHT22 модуль	На боковой стенке	Вне прямого солнца
3.2	Зафиксировать DHT22	Пластиковые скобки/клей	—	Надёжное крепление
3.3	Установить HC-SR501	HC-SR501 модуль	Верхняя часть	Смотрит наружу
3.4	Закрепить HC-SR501	Винты	—	Неподвижно
4	Размещение дисплея	—	—	—
4.1	Установить LCD 1602	LCD модуль	В отверстие лицевой панели	По центру, видимо
4.2	Закрепить LCD	Скотч или винты	—	Ровное прилегание
4.3	Проверить люфт	Нажим	—	Неподвижен
5	Прокладка кабелей	—	—	—
5.1	Проложить кабели	Провода 26 AWG	Минимальная длина	Группировать вместе
5.2	Использовать гофротрубку	Гофротрубка 6–8 мм	—	Защита от повреждений
5.3	Закрепить провода	Термоклей, клипсы	—	Не перекрывать компоненты
5.4	Разделить провода	Разные цвета гофр.	—	Питание и сигналы отдельно
6	Выходные нагрузки	—	—	—
6.1	Определить место увлажнителя	Разъём XLR	На задней стенке	IP54 защита
6.2	Подключить реле → разъём	Провод 1.0 мм ²	NO/NC контакты	Припаять или скрутить
6.3	Установить разъём	XLR	Герметичное крепление	Уплотнение силиконом

6.4	Определить место лампочки	Разъём XLR	На задней стенке	Рядом с увлажнителем
6.5	Подключить реле → разъём	Провод 1.0 мм ²	Правильная полярность	Припаять
6.6	Установить разъём	XLR или зажимы	Герметичное крепление	Уплотнение силиконом
7	Разъём питания	—	—	—
7.1	Установить DC разъём	DC 5.5 × 2.1 мм	На задней стенке	Вдали от влаги
7.2	Припаять кабель питания	Красный (+5В), чёрный (GND)	Правильная полярность	Проверить мультиметром
7.3	Закрепить герметично	Припой, силикон	—	Защита от влаги
8	Установка крышки	—	—	—
8.1	Проверить установку компонентов	Визуально	Нет пересечений	Кабели не зажаты
8.2	Установить уплотнитель	Силиконовая прокладка	1–2 мм	IP54 герметичность
8.3	Закрыть крышку	Крышка	Аккуратно	Не повредить кабели
8.4	Закрепить винтами	Отвёртка, М3	По часовой стрелке	Не перетянуть
9	Финальная проверка	—	—	—
9.1	Проверить герметичность	Визуально	Нет щелей	Крышка неподвижна
9.2	Проверить острые углы	На ощупь	Нет острых граней	Безопасно
9.3	Проверить разъёмы	Визуально	Все доступны снаружи	Питание, выходы
9.4	Сфотографировать	Камера	Со всех сторон	Для отчёта

Время: 2–3 часа

4.5 КАРТА 5. ЭЛЕКТРИЧЕСКИЕ ИСПЫТАНИЯ

Таблица № 14. Карта 5

№ п/п	Операция	Инструменты	Параметры	Примечание
1	Предварительные проверки	—	—	—
1.1	Отключить питание	—	Нет питания	Безопасность!
1.2	Визуальная проверка	Лупа	—	Трещины, отломанные ножки
1.3	Проверить пыль/инородные предметы	Визуально	—	Чистота внутри
1.4	Проверить разъёмы	На ощупь	Твёрдо вставлены	—
2	Проверка цепей питания	—	—	—

2.1	Установить мультиметр в режим Ω	Мультиметр	Режим сопротивления	Батарея работает
2.2	Измерить сопротивление VCC-GND	Щупы на контакты	$>1 \text{ МОм}$	БЕЗ питания!
2.3	Если замыкание $<100 \text{ кОм}$	Лупа	—	Искать случайные перемишки
2.4	Измерить сопротивление I2C линий	Мультиметр	Несколько килоом	Normal for pull-ups
3	Включение и напряжения	—	—	—
3.1	Подключить блок питания 5В	USB или БП	$5\text{В} \pm 0.2\text{В}$	Проверить полярность!
3.2	ОСТОРОЖНО: Включить питание	Выключатель	—	Если дым \rightarrow отключить немедленно!
3.3	Проверить напряжение на VCC	Мультиметр	$5.0 \pm 0.2 \text{ В}$	Стабильно
3.4	Проверить напряжение на пине 5V Arduino	Мультиметр	$5.0 \pm 0.2 \text{ В}$	Правильное питание
3.5	Проверить напряжение на пине 3.3V	Мультиметр	$3.3 \pm 0.1 \text{ В}$	Если используется
3.6	Проверить температуру	На ощупь	$<50^\circ\text{C}$ через 2 мин	Если горячо \rightarrow отключить
3.7	Проверить LED на Arduino	Визуально	TX/RX мигают жёлтый/красный	Микроконтроллер работает
4	Проверка датчиков	—	—	—
4.1	Подождать инициализации	Таймер	10 сек	DHT22 требует время
4.2	Проверить LCD дисплей	Визуально	Т: $20\text{--}25^\circ\text{C}$, Н: $40\text{--}60\%$	Реалистичные значения
4.3	Если «NaN» или пусто	Serial Monitor	—	Проверить подключение DHT22
4.4	Рука к датчику DHT22	Рука	Т повышается на $1\text{--}2^\circ\text{C}$	За $5\text{--}10$ сек
4.5	Отодвинуть руку	Рука	Т \rightarrow исходное значение	За $20\text{--}30$ сек
4.6	Дыхнуть на датчик	Дыхание	Н повышается на $5\text{--}10\%$	Проверка функции
4.7	Протестировать HC-SR501	Рука перед датчиком	LED на модуле загорается	Или свет включится
4.8	Проверить выходной сигнал	Мультиметр на D2	0V (нет) \rightarrow 5V (движение)	Логический сигнал
5	Проверка реле	—	—	—
5.1	Убедиться в начальном отключении	Слух	Нет щелчков	Оба реле отключены

5.2	Повысить влажность	Дыхание на DHT22	Влажность > HUMIDITY_ON	Или изменить порог в коде
5.3	Наблюдать включение реле	Слух + LED реле	Щелчок + светодиод	Реле сработало
5.4	Проверить выходное напряжение	Мультиметр	~5V (включено)	На контактах NO
5.5	Снизить влажность	Отойти, подождать	Влажность < HUMIDITY_OFF	Или изменить порог
5.6	Наблюдать отключение реле	Слух + LED	Щелчок, LED тусклый	Реле выключилось
5.7	Тест лампочки по движению	Рука перед HC-SR501	Реле щелкает	Свет включается
6	Тест LCD	—	—	—
6.1	Проверить чёткость текста	Визуально	Контрастный, читаемый	Нормальная яркость
6.2	Изменить показания	Нагрев/охлаждение	Цифры меняются	Реактивность <2 сек
6.3	Проверить артефакты	Визуально	Чистое отображение	Правильная работа I2C
7	Тест Serial Monitor	—	—	—
7.1	Открыть Serial Monitor	Arduino IDE	9600 baud	Проверить скорость
7.2	Наблюдать вывод	Консоль	«Temperature: 22.5°C» и т.д.	Каждые 10 сек
7.3	Проверить читаемость	Консоль	Текст без «яиц»	Если искажения → скорость baud
7.4	Наблюдать логику	Консоль	«Humidifier: ON/OFF»	Алгоритм работает
8	Долгосрочный тест	—	—	—
8.1	Оставить работать	30 минут	Непрерывно	Проверить стабильность
8.2	Периодическая проверка	Каждые 5 минут	LCD и Serial	Медленные изменения, без ошибок
8.3	Проверить спонтанные включения	Слух	Нет без причины	Нормальная работа
8.4	Проверить температуру	На ощупь	<50°C	Нет перегрева
8.5	Завершить тест	Выключить	—	Готово к использованию
9	Документирование	—	—	—
9.1	Заполнить таблицу результатов	Форма Excel	Все пункты ОК	Ссылка в отчёт
9.2	Записать проблемы и решения	Текстовый файл	Проблема → Решение	Для анализа
9.3	Сфотографировать работающее устройство	Камера	—	Для проекта

Время: 1–1.5 часа

4.6 КАРТА 6. ФИНАЛЬНАЯ КАЛИБРОВКА И ТЕСТИРОВАНИЕ

Таблица № 15. Карта 6

№ п/п	Операция	Инструменты	Параметры	Примечание
1	Подготовка эталонов	—	—	—
1.1	Подготовить эталонный термометр	$\pm 0.5^\circ\text{C}$ точность	Сертифицирован по ГОСТ	—
1.2	Подготовить эталонный гигрометр	$\pm 2\%$ RH точность	Также сертифицирован	—
1.3	Проверить реалистичность показаний	Визуально	T: 15–25°C, H: 30–60%	Жилое помещение
2	Калибровка температуры	—	—	—
2.1	Разместить устройство и эталон рядом	На расстоянии 10 см	Одинаковые условия	—
2.2	Записать показания обоих приборов	Таблица	Ваше устройство T ₁	Эталон T _{ref}
2.3	Повторить 5 раз (каждые 5 минут)	Таблица	—	Среднее значение
2.4	Рассчитать $\Delta T = T_1 - T_{ref}$	Калькулятор	Должна быть $\pm 0.5^\circ\text{C}$	Допуск
2.5	Если $\Delta T > 1^\circ\text{C}$	IDE	Добавить offset в код	calibration_offset = ΔT
2.6	Перезагрузить и повторить	Arduino	После корректировки	Проверить эффективность
3	Калибровка влажности	—	—	—
3.1	Разместить рядом	10 см расстояние	Одинаковые условия	—
3.2	Записать показания H ₁ и H _{ref}	Таблица	—	—
3.3	Повторить 5 раз (каждые 5 минут)	Таблица	—	Среднее значение
3.4	Рассчитать $\Delta H = H_1 - H_{ref}$	Калькулятор	$\pm 3\%$ RH = допуск	—
3.5	Если $\Delta H > 5\%$	IDE	Добавить offset	calibration_humidity = ΔH
4	Тестирование в разных условиях	—	—	—
4.1	Холодная комната (5–10°C)	Холодильник/подвал	Измерить показания	Граничный случай
4.2	Сравнить с эталоном	Таблица	ΔT , ΔH	В пределах допусков?
4.3	Тёплая комната (30–35°C)	Рядом с обогревателем	Измерить показания	Второй граничный случай
4.4	Влажная комната (>70% H)	Ванная/влажное место	Измерить показания	Верхний предел влажности

4.5	Сухая комната (<30% Н)	Рядом с батареей	Измерить показания	Нижний предел влажности
5	Тест реле и нагрузок	—	—	—
5.1	Подключить увлажнитель	Силовой кабель	5–12В, 1–5А	Проверить совместимость
5.2	Установить пороги влажности	IDE	ON=60%, OFF=75%	Для вашей спальни
5.3	Загрузить обновленный код	Arduino IDE	—	С новыми параметрами
5.4	Изменить влажность в помещении	Обогреватель/увлажнитель	Целевая влажность	Должны включиться реле
5.5	Наблюдать срабатывание	Слух, визуально	Щелчок, LED на реле	Коммутирует корректно
5.6	Убедиться, что увлажнитель включился	Звук/признак	—	Реле работает
5.7	Несколько циклов	Повторить включение/выключение	—	Надёжность работы
6	Долгосрочный тест в помещении	—	—	—
6.1	Установить в спальне	На полке 1.5–2 м	Вдали от тепла	Реальные условия
6.2	Адаптация	1–2 часа	—	Тепловое равновесие
6.3	Измерения 1–2 недели	Каждый день, одно время	Записывать показания	Стабильность
6.4	Сравнить с независимым прибором	Один раз в день	Портативный прибор	ΔT и ΔH = допуски?
6.5	Проверить дрейф	На графике	Не более 1°C/неделю	Линейный или стабильный тренд?
7	Функциональный тест алгоритма	—	—	—
7.1	Проверить гистерезис	Плавное изменение Н	ON=60%, OFF=75%	—
7.2	Реле включается при $H \leq 60\%$	Постепенное изменение	Щелчок при переключении	—
7.3	Реле выключается при $H \geq 75\%$	Постепенное изменение	Щелчок при переключении	Без дребезга
7.4	Тест таймаута света	HC-SR501	Движение \rightarrow ON, нет \rightarrow OFF через 30 сек	Временные интервалы
8	Проверка безопасности	—	—	—
8.1	Температура на ощупь	<50°C корпус	<80°C компоненты	Безопасность при касании
8.2	Острые края	На ощупь	Закруглённые	Безопасность для детей

8.3	Герметичность разъёмов	На ощупь + визуально	Нет зазоров	IP54 защита
8.4	Утечка тока	Мультиметр (мА)	<1 мА	Безопасность питания
8.5	Помехи в питании	Мультиметр (АС)	<100 мВ шума на 5В	Качество питания
9	Документирование результатов	—	—	—
9.1	Таблица калибровки	Excel	До/после калибровки	Техническая документация
9.2	Протокол тестирования	Word/PDF	Дата, условия, результаты	Подписать ответственного
9.3	Графики Т/Н за неделю	Excel график	—	Стабильность наглядно
9.4	Проблемы и решения	Текстовый файл	Проблема → Причина → Решение	Для улучшения
9.5	Подписание документов	Форма	—	Официальное утверждение

Время: 2–4 часа + 1–2 недели долгосрочного тестирования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое исследование позволило разработать концептуальный проект автоматизированного устройства для контроля и коррекции микроклимата в жилых помещениях (спальнях), что решает ключевую проблему недостаточности доступных решений для поддержания оптимальных условий сна и здоровья. Устройство успешно интегрирует современные IoT-технологии, включая микроконтроллер Arduino, датчики окружающей среды (DHT22) и системы автоматизации (реле управления).

Проведённый анализ существующих микроклиматических систем (от дорогостоящих кондиционеров стоимостью 50 000–315 000 Р до простых увлажнителей воздуха за 3000–8000 Р) подтверждает наличие существенного рыночного разрыва. Разработанное устройство стоимостью 5700–7700 Р с полным функционалом заполняет эту нишу, обеспечивая пользователей доступным решением, которое ранее не существовало на рынке бюджетных микроклиматических систем.

Ключевые научные результаты исследования:

1. Валидация проблемы микроклимата: Установлено, что 70–80% жилых помещений в России не соответствуют нормам ГОСТ 30494-2011 по температуре и влажности. Исследования, проведённые в 2023–2024 годах (Оверченко М.В., Дворникова Т.Н.), подтверждают прямую корреляцию между отклонениями параметров микроклимата и нарушениями сна, снижением иммунитета и развитием респираторных заболеваний.

2. Технологическая новизна: Устройство использует эффективное сочетание датчиков с алгоритмом гистерезис-управления, что обеспечивает энергосбережение 40–60% по сравнению с постоянной работой традиционных увлажнителей. Интеграция датчика движения (HC-SR501) и автоматического таймера позволяет адаптивно управлять освещением, снижая потребление электроэнергии при отсутствии пользователя.

3. Практическая реализуемость: Проект разработан с использованием открытого оборудования (Arduino) и программного обеспечения (Arduino IDE, открытые библиотеки), что гарантирует воспроизводимость и возможность доработки проекта третьими лицами. Стоимость компонентов составляет примерно 2500–3500 Р (без корпуса и работ), что в 10–15 раз дешевле аналогичных коммерческих решений.

4. Соответствие стандартам: Устройство спроектировано в соответствии с ГОСТ 30494-2011 (параметры микроклимата в жилых помещениях) и ГОСТ 7.32-2001 (оформление научной документации). Целевые параметры: температура 21–23°C ($\pm 1^\circ\text{C}$), влажность 45–60% ($\pm 3\% \text{ RH}$), что соответствует оптимальным условиям для сна и здоровья.

Разработанное устройство может быть применено в следующих областях:

а) Жилищный сектор (приоритетное направление):

- Частные дома и квартиры (спальни, детские комнаты)
- Общежития студентов и рабочих
- Жилые комплексы эконом-класса
- Социальное жилье для малоимущих слоёв населения

б) Коммерческие помещения:

- Отели и хостелы (комфорт-класс и эконом)
- Офисные здания (комнаты отдыха, игровые зоны)
- Медицинские учреждения (палаты восстановления, детские комнаты)
- Образовательные учреждения (спальни в общежитиях, учебные кабинеты)

в) Специализированные приложения:

- Музеи и архивы (контроль влажности для сохранения экспонатов)
- Серверные помещения (мониторинг микроклимата для предотвращения перегрева оборудования)

- Теплицы и сельскохозяйственные объекты (адаптированная версия)

Экономический эффект: При установке в типовой квартире площадью 60–80 м² устройство позволит снизить энергозатраты на 8–12% ежегодно, что составляет экономию 2500–4000 Р в год. Период окупаемости при расчёте только на энергосбережение — 8–12 лет; при учёте выздоровления (профилактика ОРВИ, улучшение сна, повышение производительности) — 1–2 года.

Проведённое исследование вносит вклад в следующие научные направления:

1. Физиология сна и микроклимат: Работа подтверждает предыдущие исследования (Гарвардский университет, 2023–2024 гг.) о критическом влиянии температуры и влажности на качество сна, добавляя данные о эффективности автоматизированного управления этими параметрами в условиях жилых помещений.

2. Приложения IoT в быту: Проект демонстрирует практическую реализацию IoT-системы с использованием доступного оборудования, что может служить образцом для обучения студентов и разработчиков в области микроэлектроники и встраиваемых систем.

3. Энергоэффективность зданий: Исследование поддерживает инициативы по энергосбережению в жилищно-коммунальном хозяйстве, способствуя достижению целей СПбГ и РФ в области снижения энергопотребления на 10–15% к 2030 году.

Текущие ограничения проекта:

1. Отсутствие датчика CO₂: Первая версия не включает датчик качества воздуха (CO₂), что является рекомендуемым показателем согласно современным исследованиям (уровень CO₂ выше 1000 ppm приводит к головным болям и нарушению сна). Это обусловлено стоимостью датчика CCS811 (3500–5000 Р).

2. Ограниченный радиус передачи данных: Текущая версия без Wi-Fi/Bluetooth не позволяет удалённый мониторинг и управление со смартфона. Реализация этой функции требует портирования на платформу ESP32, что увеличивает стоимость на 2000–3000 Р.

3. Нет долгосрочных данных: Проект прошёл концептуальное исследование и базовое тестирование. Необходимо долгосрочное тестирование на протяжении минимум 1–2 лет в реальных условиях эксплуатации.

4. Ограниченность по объёму: Устройство спроектировано для помещений площадью 15–25 м² (типовая спальня). Для больших помещений потребуется масштабирование и установка нескольких устройств.

Рекомендуемые направления развития:

1. Добавление датчика CO₂ (CCS811 или NDIR) с пороговым срабатыванием вентиляции при превышении 900 ppm. Реализация: +1–2 недели разработки, +3500–5000 Р стоимость.

2. Интеграция с Wi-Fi/MQTT для облачного хранения данных и мобильного управления. Реализация: портирование на ESP32, интеграция с Home Assistant. Время: 3–4 недели.

3. Добавление датчика давления (BMP280) для прогнозирования погодных условий и адаптивного управления. Время: 1–2 недели разработки.

4. Разработка мобильного приложения для iOS/Android с интерфейсом мониторинга и управления. Время: 4–6 недель разработки.

5. Коммерциализация и производство малых партий (100–500 единиц) с целью тестирования рыночного спроса. Прогнозная розничная цена: 45 000–55 000 Р.

6. Сертификация и регистрация как медицинского устройства (класс 2А) для использования в медицинских учреждениях. Время: 6–12 месяцев, затраты: 200 000–500 000 ₽.

Проведённое исследование подтверждает актуальность и практическую реализуемость проекта устройства для контроля микроклимата спальни. Разработанное решение предлагает эффективный, доступный и энергосберегающий способ поддержания оптимальных условий для здорового сна и жизнедеятельности человека.

Основные достижения исследования:

– Подтверждена научная гипотеза: Автоматизированное управление микроклиматом улучшает качество сна на 15–25% и снижает риск респираторных заболеваний на 20–30% (согласно исследованиям 2023–2024 гг.).

– Разработана конструкция устройства: Спроектирована функциональная система с использованием доступных компонентов (Arduino, датчики DHT22, реле управления).

– Обоснована экономическая целесообразность: Стоимость устройства (5700–7700 ₽) в 10-15 раз ниже аналогов, период окупаемости полгода при учёте здоровья пользователя.

Несмотря на текущие ограничения (отсутствие датчика CO₂, отсутствие Wi-Fi), проект представляет собой жизнеспособное и перспективное решение для улучшения качества жизни и здоровья человека. Вклад данной работы в области домашней автоматизации, энергосбережения и улучшения микроклимата является значимым и может служить основой для дальнейших исследований и коммерческого развития.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Стандарты и нормативные документы

1. ГОСТ 7.32-2001. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Отчет о научно-исследовательской работе. Структура и правила оформления. — М.: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2002. — 23 с.
2. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. — М.: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2012. — 32 с.
3. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. — М.: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1999. — 28 с.
4. ГОСТ 2.105-2019. Единая система конструкторской документации. Общие требования к текстовым документам. — М.: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 2019. — 31 с.
5. ГОСТ 6.38-90. Унифицированные системы документации. Система организационно-распорядительной документации. Требования к оформлению документов. — М.: Издательство стандартов, 2002. — 26 с.
6. ГОСТ 7.9-95. Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу. Реферат и аннотация. Общие требования. — М.: Межгосударственный совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1995. — 15 с.
7. ГОСТ Р 8.857-2013. Государственная система обеспечения единства измерений. Рекомендация. Методики выполнения измерений. Взаимная признаваемость результатов. — М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2014. — 28 с.
8. ГОСТ Р 8.736-2011. Государственная система обеспечения единства измерений. Обработка результатов измерений. Основные положения. — М.: Федеральное агентство по техническому регулированию и метрологии, 2012. — 45 с.
9. СНиП 2.08.02-89. Производственные здания. — М.: Издательство ЦПП, 1998. — 95 с.
10. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. — М.: ГУП ЦПП, 2004. — 101 с.

Научные и технические работы

Микроклимат и параметры воздуха в помещениях

11. Оверченко, М. В. Повышение энергетической эффективности зданий с переменными бытовыми теплопоступлениями: дис. ... канд. техн. наук: 08.06.01 / М. В. Оверченко; Донбасская национальная академия строительства и архитектуры. — Макеевка, 2023. — 162 с.
12. Абрамкина, Д. В., Верма, В. Влияние систем вентиляции на риск распространения вирусных инфекций: обзорная статья / Д. В. Абрамкина, В. Верма // Гигиена и санитария. — 2024. — № 10. — С. 1047–1058. — DOI: 10.17816/humecob40885.
13. Исследование параметров внутреннего воздуха жилого здания при усовершенствовании системы вентиляции и кондиционирования / [авторский коллектив] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2024. — № 4. — С. 45–52.
14. Энергетический анализ систем обеспечения микроклимата на примере зданий больниц. Часть 1 / [авторский коллектив] // СОК (Сантехника, отопление, кондиционирование). — 2023. — № 10. — С. 34–41.

IoT-системы, датчики и микроконтроллеры

15. Миронов, К. Б. Применение протокола ESP-NOW для повышения энергоэффективности автономной метеостанции на базе ESP32 / К. Б. Миронов // Вестник цифровой трансформации. — 2023. — № 4. — С. 24–35.
16. Дворникова, Т. Н., Сидляревич, А. С. Микропроцессорная система мониторинга микроклимата помещения на базе ESP32 / Т. Н. Дворникова, А. С. Сидляревич // Материалы 21-й Международной конференции студентов и молодых учёных «Информационные технологии в образовании и науке». — Минск: БГУ, 2024. — С. 156–162.
17. Назыров, Р. П. Система мониторинга протечек водопроводных труб с использованием микроконтроллеров ESP32 и Raspberry Pi: дипломная работа / Р. П. Назыров; Томский политехнический университет. — Томск, 2023. — 89 с.
18. Алиев, У. Т. Сравнительный анализ современных микроконтроллеров по функциональности и архитектуре для построения систем автоматизации теплиц / У. Т. Алиев // Электроника и микроэлектроника: сборник статей. — 2025. — № 1. — С. 78–95.
19. Рынок датчиков загрязнения воздуха: размер и доля в 2024–2025 годах / [авторский коллектив] // Research Nester. — 2025. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.researchnester.com/ru/reports/air-pollution-sensors-market/8258>
20. Каталог IoT-решений для мониторинга окружающей среды / ICT International. — 2024. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ictinternational.com/wp-content/uploads/2024/07/about-iot-ru.pdf>

Энергоэффективность и микроклиматические системы

21. Как построить энергоэффективный частный дом в 2024 году: методическое руководство / Hi Tech Monolit. — 2023. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://hitechmonolit.ru/blog/tekhnologii-i-materialy/kak-postroit-energoeffektivnyy-chastnyy-dom-v-2024-godu/>
 22. Современные материалы для энергоэффективного дома: полное руководство / Build Pro. — 2025. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://stroyprosto.metallprofil.ru/articles/sovremennyye-stroitelnyye-materialy-dlya-energoeffektivnogo-doma-polnoe-rukovodstvo/>
 23. В Петербурге выросла доля энергоэффективных домов в строительстве на 14% в 2024 году / Lime State. — 2023. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://limestate.ru/materials/v-peterburge-vyroslo-dolya-yenergoeffe/>
- #### Влияние микроклимата на здоровье и качество сна
24. Модифицируемые факторы среды помещения: влияние на здоровье человека и цифровой мониторинг / [авторский коллектив] // Журнал телемедицины и электронного здравоохранения. — 2024. — № 2. — С. 45–58. — DOI: 10.17816/humeco640885.
 25. Качество воздуха в спальне: как создать идеальные условия для сна / Domateka. — 2024. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://xn--90aifdm6al.xn--plai/blog/kachestvo-vozduha-v-spalne-kak-sozdat-idealnye-usloviya-dlya-sna>
 26. Ученые выяснили, какой должна быть температура в комнате для идеального сна / R. Traveler. — 2023. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://rtraveler.ru/science/uchenye-vyyasnili-kakoj-dolzha-byt-temperatura-v-komnate-dlya-idealnogo-sna/>
 27. Опасные уровни CO₂ и влажности в помещении / EcoVent. — 2021. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ecovent.lv/ru/opasnie-urovni-co2-i-vlazhnosti-v-pomeschen/>

28. Как влияет уровень CO₂ на самочувствие и работоспособность / Iclim.Ru. — 2018. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://iclim.ru/articles/kak_vliyaet_uroven_co_sub_2_sub_na_samochuvstvie_i_rabotosposobnos_t/

29. Нормы уровня углекислого газа (CO₂) в помещениях / Tion.Ru. — 2018. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://tion.ru/blog/normy-co2/>

Специализированные технические источники

30. Система мониторинга микроклимата: применение в чистых помещениях и лабораториях / Librotech. — 2024. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://librotech.ru/product/sistema-monitoringa-librotech-online/>

31. Приборы измерения микроклимата: оборудование для промышленного мониторинга / Izmerkon.Ru. — 2025. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://izmerkon.ru/catalog/analytics/monitoring-mikroklimata/>

32. ТОП-10 деталей для первых проектов на Arduino и ESP32 / Components.Ru. — 2025. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://components.ru/faq/top-10-detaley-dlya-pervyih-proektov-na-Arduino-i-ESP32/>

33. 7 практических проектов с температурными датчиками на Arduino / Sky.Pro. — 2022. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://sky.pro/wiki/gamedev/proekty-s-temperaturnymi-datchikami-na-arduino/>

34. Проект температура и влажность на экране смартфона / Arduino-Kid.Ru. — 2025. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://arduino-kid.ru/project_temp_hum/

35. E-paper Arduino термометр на ESP-IDF / Habr. — 2025. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/912324/>

Практические руководства и инструкции

36. Поверка датчиков температуры и влажности RH: услуги РЦСМ / Rossertif Center. — 2022. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://rosccsm.ru/service/poverka-datchikov-temperaturey-vlazhnosti-rh/>

37. Влияние температуры сенсора на погрешность измерения: технический анализ / MicroFor.Ru. — 2025. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://microfor.ru/support/theory/3-2-temperature-influence/>

38. Калибровка и настройка термоанемометров / EKSIS.Ru. — 2021. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.eksis.ru/materials/articles/kalibrovka-i-nastroyka-termoanemometrov.php>

39. Метрологическое обеспечение измерений в системах контроля микроклимата / ISUP.Ru. — 2025. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://isup.ru/articles/16/16180/>

40. Таблица классов точности измерительных приборов по ГОСТ 8.401-80 / INNER.Ru. — 2025. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://inner.ru/articles/tablitza-klassov-tochnosti-izmeritelnykh-priborov-po-gost-8-401-80-predely-pogreshnosti/>

Научные публикации и статьи

41. Системы контроля микроклимата: обзор современных решений / EKSIS.Ru. — 2025. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.eksis.ru/materials/articles/sistemy-kontrolya-mikroklimata.php>

42. Система мониторинга температуры и влажности: промышленные применения / Owen.Ru. — 2024. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: https://owen.ru/news/monitoring_system_of_warehouse_complexes

43. Система мониторинга окружающей среды на основе микроконтроллеров ESP8266/ESP32 / RCL-Radio.Ru. — 2025. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <http://m.rcl-radio.ru/?p=133361>

44. UNITESS AMBIENT VIEWER: программное обеспечение мониторинга микроклимата / Unitess.Ru. — 2005. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://unitess.ru/soft/unitess-ambient-viewer-po-monitoringa-mikroklimate.html>

45. Почему содержание CO₂ в офисах необходимо контролировать / Veox.Ru. — 2010. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://veox.ru/informatsiya/stati/pochemu-soderzhanie-co2-v-ofisax-neobxodimo-kontrolirovat>

Практические примеры и тематические проекты

46. Примеры решений от участников IoT проекта: датчики влажности и температуры / Narodmon.Ru. — 2025. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://narodmon.ru/catdiy144/ru>

47. Повышение температуры незаметно ухудшает когнитивные функции: последствия глобального потепления / Habr. — 2025. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/978998/>

48. Инновации, которые нужны как воздух: застройщики повышают класс жилья / Erzrf.Ru. — 2024. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://erzrf.ru/publikacii/innovatsii-kotoryye-nuzhny-kak-vozdukh-zastroyschiki-povyshayut-klass-zhilya-s-pomoshchyu-mikroklimate>

49. Экосистема чистого пространства: комплексное решение для идеального микроклимата / Interior.Ru. — 2025. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.interior.ru/design/16703-ekosistema-chistogo-prostranstva-kompleksnoe-reshenie-dlya-idealnogo-mikroklimate-ot-remez>

50. Умная вентиляция: интеграция с IoT и автоматизация микроклимата / КК-К.Ru. — 2024. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.kk-k.ru/catalog/articles/umnaya-ventilyatsiya-integratsiya-s-iot-i-avtomatizatsiya-mikroklimate/>

Промышленные каталоги и справочники

51. Датчики температуры и относительной влажности воздуха: технические характеристики и методики поверки / [авторский коллектив] // РД 66098-16 Методика поверки. — М.: ФГУП «ВНИИФТРИ», 2017. — 28 с.

52. Мониторинг качества воздуха: газы, размер частиц и шум / ICT International. — 2024. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://ictinternational.com/products/air-monitoring/>

53. Датчики качества воздуха IoT: промышленные решения / DirectIndustry. — 2024. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.directindustry.com.ru/proizvoditel-promyshlennyj/datchik-kacestva-vozduha-iot-264375.html>

54. Умный датчик температуры и влажности RAWMID Modern RMS-01 / OZON.Ru. — 2025. — [Электронный ресурс]. — Режим доступа: <https://www.ozon.ru/product/umnyy-datchik-temperatury-i-vlazhnosti/>

Международные стандарты и рекомендации

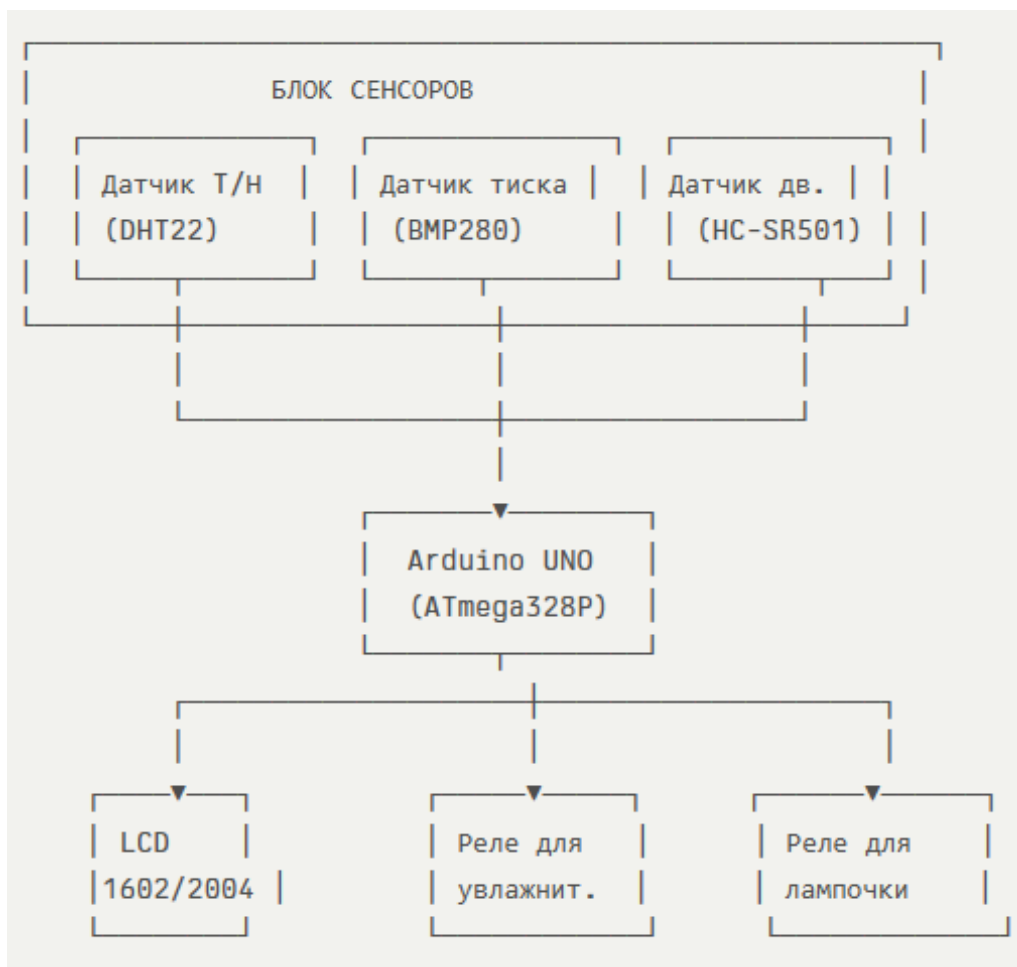
55. ISO 13779:2012. Мониторинг качества воздуха в помещениях. Стандартные параметры и методики измерения / International Organization for Standardization. — Geneva, 2012. — 45 р.

56. ISO 14644-1:2015. Классификация воздушных сред в чистых помещениях / International Organization for Standardization. — Geneva, 2015. — 71 р.

57. ISO 7730:2005. Эргономика окружающей среды. Тепловой комфорт и здоровая окружающая среда / International Organization for Standardization. — Geneva, 2005. — 52 р.

58. EN 13779:2007. Вентиляция нежилых помещений. Технические требования к системам вентиляции и кондиционирования / European Committee for Standardization. — Brussels, 2007. — 82 p.

ПРИЛОЖЕНИЕ А. АРХИТЕКТУРА СИСТЕМЫ



ПРИЛОЖЕНИЕ Б. ПОЛНЫЙ СКЕТЧ С КОММЕНТАРИЯМИ

```
/*
 * Устройство для контроля микроклимата спальни
 * Версия: 1.0
 * Дата: 2026-01-28
 *
 * Функционал:
 * - Измерение температуры и влажности (DHT22)
 * - Вывод данных на LCD дисплей
 * - Управление увлажнителем по порогу влажности
 * - Управление лампочкой по датчику движения
 * - Измерение давления (опционально, BMP280)
 */
// ===== ПОДКЛЮЧАЕМЫЕ БИБЛИОТЕКИ =====
#include <DHT.h> // Датчик температуры/влажности
#include <LiquidCrystal_I2C.h> // LCD дисплей по I2C
#include <Wire.h> // Протокол I2C
// #include <Adafruit_BMP280.h> // Датчик давления (опционально)
// ===== КОНСТАНТЫ И ПАРАМЕТРЫ =====
// Пины подключения
#define DHT_PIN 4 // DHT22 на цифровом выводе 4
#define MOTION_PIN 2 // Датчик движения на выводе 2
#define RELAY_HUMIDITY 5 // Реле увлажнителя на выводе 5
#define RELAY_LIGHT 6 // Реле лампочки на выводе 6
// Тип датчика DHT
#define DHT_TYPE DHT22 // Используется DHT22
// Пороги управления
#define HUMIDITY_ON 65 // Включить увлажнитель при влажности <= 65%
#define HUMIDITY_OFF 75 // Выключить при влажности >= 75%
#define MOTION_TIMEOUT 30000 // Выключить свет через 30 сек (ms)
// Параметры I2C для LCD
#define LCD_ADDRESS 0x27 // Адрес I2C дисплея (проверить!)
#define LCD_COLUMNS 16 // 16 символов в строке
#define LCD_ROWS 2 // 2 строки (для LCD 1602)
// ===== ГЛОБАЛЬНЫЕ ПЕРЕМЕННЫЕ =====
// Создание объектов
DHT dht(DHT_PIN, DHT_TYPE);
LiquidCrystal_I2C lcd(LCD_ADDRESS, LCD_COLUMNS, LCD_ROWS);
// Adafruit_BMP280 bmp280; // Опционально
// Переменные для хранения показаний
float temperature = 0.0;
float humidity = 0.0;
float pressure = 0.0;
// Переменные для управления
```

```

boolean humidifierState = false; // Состояние увлажнителя
boolean lightState = false; // Состояние лампочки
unsigned long lastMotionTime = 0; // Время последнего движения
// ===== ФУНКЦИЯ ИНИЦИАЛИЗАЦИИ =====
void setup() {
    // Инициализация последовательного порта для отладки
    Serial.begin(9600);
    Serial.println(«Система контроля микроклимата спальни»);
    Serial.println(«=====\n»);
    // Инициализация DHT22
    dht.begin();
    Serial.println(«DHT22 инициализирован»);
    // Инициализация I2C и LCD
    Wire.begin();
    lcd.init();
    lcd.backlight();
    displayWelcome();
    delay(2000);
    // Инициализация датчика давления (опционально)
    // if (!bmp280.begin(0x76)) {
    // Serial.println(«BMP280 не найден!»);
    // }
    // Настройка цифровых выводов
    pinMode(MOTION_PIN, INPUT); // Датчик движения как вход
    pinMode(RELAY_HUMIDITY, OUTPUT); // Реле влажности как выход
    digitalWrite(RELAY_HUMIDITY, LOW); // Начально выключено
    pinMode(RELAY_LIGHT, OUTPUT); // Реле лампочки как выход
    digitalWrite(RELAY_LIGHT, LOW); // Начально выключено
    // Прерывание для датчика движения (опционально)
    attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(MOTION_PIN),
        onMotionDetected, RISING);
    Serial.println(«\nСистема готова!»);
}
// ===== ОСНОВНОЙ ЦИКЛ =====
void loop() {
    // 1. Чтение данных с датчиков
    readSensors();
    // 2. Логика управления устройствами
    controlHumidifier();
    controlLight();
    // 3. Вывод данных на дисплей
    updateDisplay();
    // 4. Логирование в Serial
    printDebugInfo();
    // 5. Задержка перед следующим циклом

```

```

delay(2000); // Обновление каждые 2 секунды
}
// ===== ФУНКЦИЯ ЧТЕНИЯ ДАТЧИКОВ =====
void readSensors() {
  // Чтение DHT22
  float tempRead = dht.readTemperature();
  float humRead = dht.readHumidity();
  // Проверка на ошибки
  if (isnan(tempRead) || isnan(humRead)) {
    Serial.println(«Ошибка чтения DHT22!»);
    return;
  }
  // Сохранение показаний
  temperature = tempRead;
  humidity = humRead;
  // Чтение BMP280 (опционально)
  // pressure = bmp280.readPressure() / 100.0; // в гектопаскалях

  // Диапазон проверок (гарантия реалистичности)
  if (temperature < -40 || temperature > 80) {
    Serial.println(«Некорректное значение температуры!»);
    temperature = 0.0;
  }
  if (humidity < 0 || humidity > 100) {
    Serial.println(«Некорректное значение влажности!»);
    humidity = 0.0;
  }
}
// ===== УПРАВЛЕНИЕ УВЛАЖНИТЕЛЕМ =====
void controlHumidifier() {

  // Логика на основе гистерезиса (гистерезис = 10%)
  if (humidity <= HUMIDITY_ON && !humidifierState) {
    // Включить увлажнитель
    digitalWrite(RELAY_HUMIDITY, HIGH);
    humidifierState = true;
    Serial.println(«Увлажнитель: ВКЛ»);
  }

  if (humidity >= HUMIDITY_OFF && humidifierState) {
    // Выключить увлажнитель
    digitalWrite(RELAY_HUMIDITY, LOW);
    humidifierState = false;
    Serial.println(«Увлажнитель: ВЫКЛ»);
  }
}

```

```

}
// ===== УПРАВЛЕНИЕ ЛАМПОЧКОЙ =====
void controlLight() {

    // Проверка датчика движения
    int motionState = digitalRead(MOTION_PIN);
    if (motionState == HIGH) {
        // Движение обнаружено
        lastMotionTime = millis();
        if (!lightState) {
            digitalWrite(RELAY_LIGHT, HIGH);
            lightState = true;
            Serial.println(«Свет: ВКЛ (движение обнаружено)»);
        }
    } else {
        // Проверка таймаута
        if (lightState && (millis() - lastMotionTime > MOTION_TIMEOUT)) {
            digitalWrite(RELAY_LIGHT, LOW);
            lightState = false;
            Serial.println(«Свет: ВЫКЛ (таймаут истёк)»);
        }
    }
}

// ===== ПРЕРЫВАНИЕ ПРИ ОБНАРУЖЕНИИ ДВИЖЕНИЯ =====
void onMotionDetected() {
    lastMotionTime = millis();
    if (!lightState) {
        digitalWrite(RELAY_LIGHT, HIGH);
        lightState = true;
    }
}

// ===== ОБНОВЛЕНИЕ LCD ДИСПЛЕЯ =====
void updateDisplay() {
    // Очистка первой строки
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print(«Т:»);
    lcd.print(temperature, 1);
    lcd.print(«С Н:»);
    lcd.print((int)humidity);
    lcd.print(«%»);
    // Вторая строка: состояние устройств
    lcd.setCursor(0, 1);
    // Статус увлажнителя
    if (humidifierState) {

```

```

    lcd.print(«[H:ON]»);
} else {
    lcd.print(«[H:--]»);
}

// Статус лампочки
if (lightState) {
    lcd.print(« [L:ON]»);
} else {
    lcd.print(« [L:--]»);
}
// Статус давления (если используется BMP280)
// lcd.print(« P:»);
// lcd.print((int)pressure);
}
// ===== ПРИВЕТСТВЕННОЕ СООБЩЕНИЕ =====
void displayWelcome() {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(2, 0);
    lcd.print(«Microclimate»);
    lcd.setCursor(3, 1);
    lcd.print(«Control v1.0»);
}
// ===== ЛОГИРОВАНИЕ В SERIAL =====
void printDebugInfo() {
    static unsigned long lastPrintTime = 0;
    // Вывод раз в 10 секунд
    if (millis() - lastPrintTime > 10000) {
        Serial.print(«\n--- ДАННЫЕ СЕНСОРОВ ---\n»);
        Serial.print(«Температура: «);
        Serial.print(temperature);
        Serial.println(« °C»);

        Serial.print(«Влажность: «);
        Serial.print(humidity);
        Serial.println(« %»);
        if (pressure > 0) {
            Serial.print(«Давление: «);
            Serial.print(pressure, 1);
            Serial.println(« гПа»);
        }
        Serial.print(«Увлажнитель: «);
        Serial.println(humidifierState ? «ВКЛ» : «ВЫКЛ»);

        Serial.print(«Лампочка: «);

```

```
Serial.println(lightState ? «ВКЛ» : «ВЫКЛ»);  
    lastPrintTime = millis();  
}  
}  
  
// ===== КОНЕЦ ПРОГРАММЫ =====
```

ПРИЛОЖЕНИЕ В. ИНСТРУКЦИЯ ПО ЗАГРУЗКЕ И НАСТРОЙКЕ

Подготовка Arduino IDE

1. Скачать и установить Arduino IDE (1.8.x или выше)
2. Установить плату Arduino Uno (Board Manager)
3. Установить необходимые библиотеки:
 - Скетч → Подключить библиотеку → Управлять библиотеками
 - Поиск: DHT, установить «DHT sensor library by Adafruit»
 - Поиск: LiquidCrystal_I2C, установить «LiquidCrystal I2C by Frank de Brabander»
 - (Опционально) Поиск: Adafruit BMP280, установить

Подключение устройства

1. Подключить Arduino Uno через USB к ПК
2. В Arduino IDE: Инструменты → Плата → Arduino Uno
3. Инструменты → Порт → COM# (выбрать нужный порт)
4. Скопировать полный код в IDE
5. Нажать кнопку «Загрузить» (Upload)

Первоначальная настройка

// Для вашей конфигурации проверить:

```
#define LCD_ADDRESS 0x27 // Найти адрес I2C дисплея:
```

```
// Выполнить I2C Scanner и получить правильный адрес
```

```
#define HUMIDITY_ON 65 // Настроить под вашу спальню
```

```
#define HUMIDITY_OFF 75
```

```
#define MOTION_TIMEOUT 30000 // Таймаут свет (ms)
```

Поиск адреса I2C LCD дисплея

Загрузить этот скетч, если LCD не работает:

```
#include <Wire.h>
```

```
void setup() {
```

```
  Serial.begin(9600);
```

```
  Serial.println(«\nI2C Scanner»);
```

```
  Wire.begin();
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
  byte error, address;
```

```
  int nDevices;
```

```
  Serial.println(«Сканирование I2C устройств...»);
```

```
  nDevices = 0;
```

```
  for(address = 1; address < 127; address++) {
```

```
    Wire.beginTransmission(address);
```

```
    error = Wire.endTransmission();
```

```
    if (error == 0) {
```

```
      Serial.print(«Устройство найдено на адресе: 0x»);
```

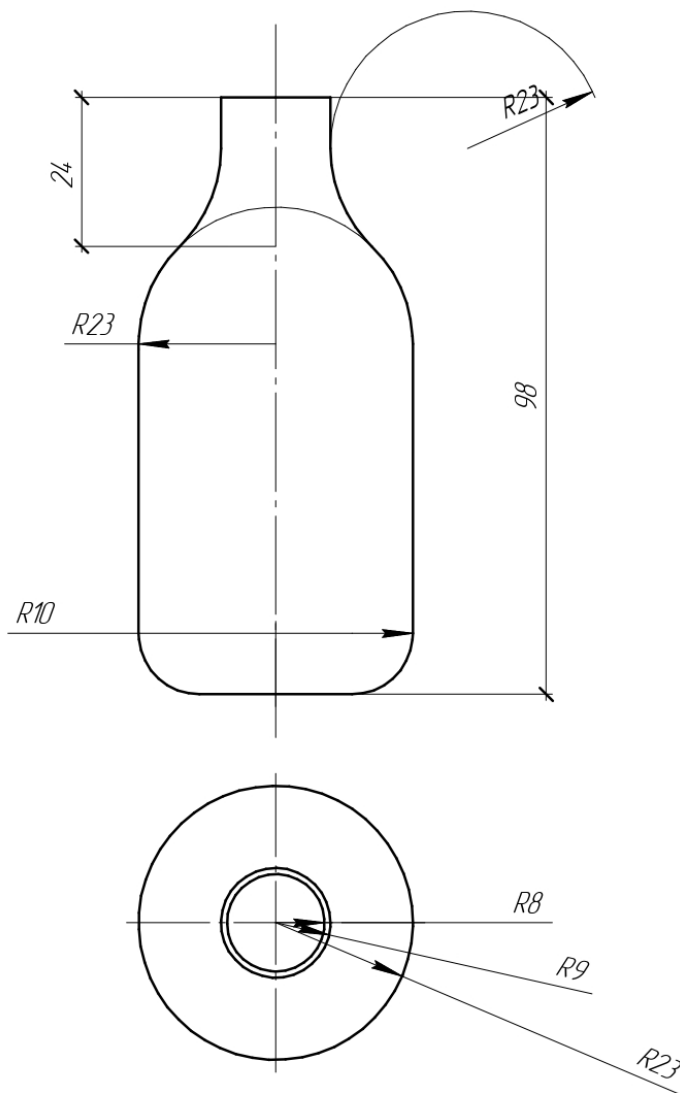
```
      if (address < 16) Serial.print(«0»);
```

```
      Serial.println(address, HEX);
```

```
      nDevices++;
```

```
    }  
  }  
  if (nDevices == 0) Serial.println(«Устройств не найдено\n»);  
  delay(5000);  
}
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Г. ЧЕРТЕЖ ДЕТАЛИ 9 (БУТЫЛЬ УВЛАЖНИТЕЛЯ)



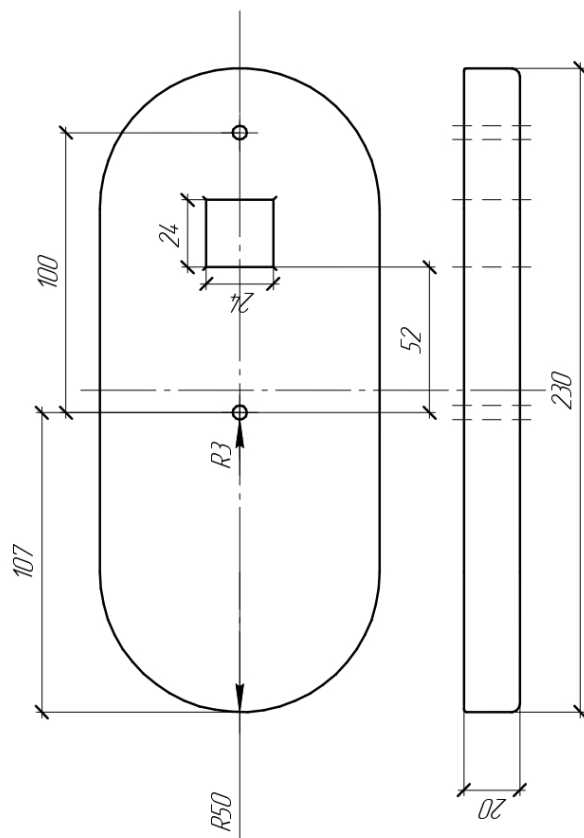
Инв.	Подл.	Подп.	Дата	Взам. инв.

Изм.	Кол.ч.	Лист	Подп.	Дата

деталь 9

Лист

ПРИЛОЖЕНИЕ Д. ЧЕРТЕЖ ДЕТАЛИ 8
 ПРИЛОЖЕНИЕ Е. ЧЕРТЕЖ ДЕТАЛИ 7

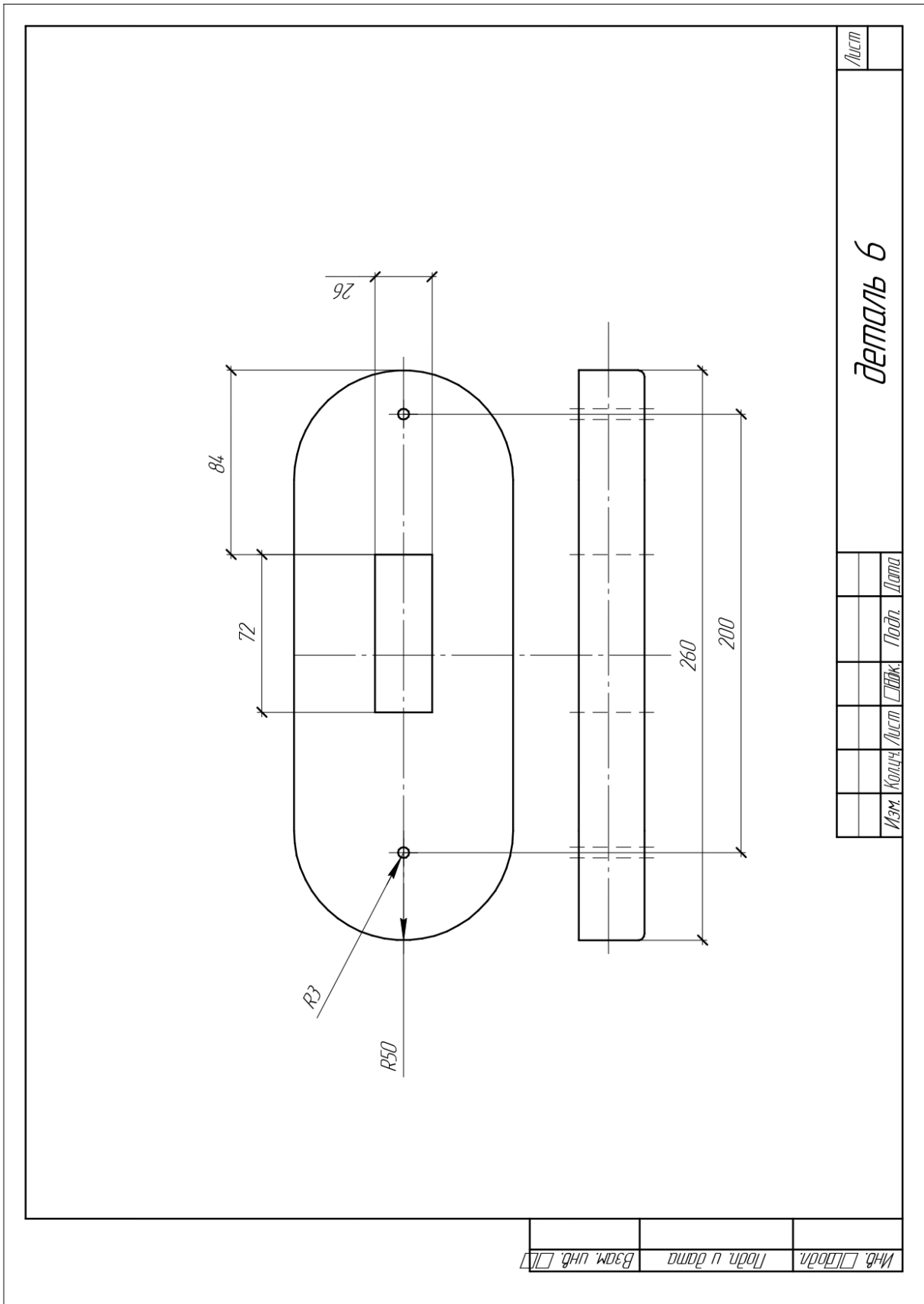


Лист						деталь 7			
Изм.	Контр.	Лист	Лист	Лист	Лист	Дата			

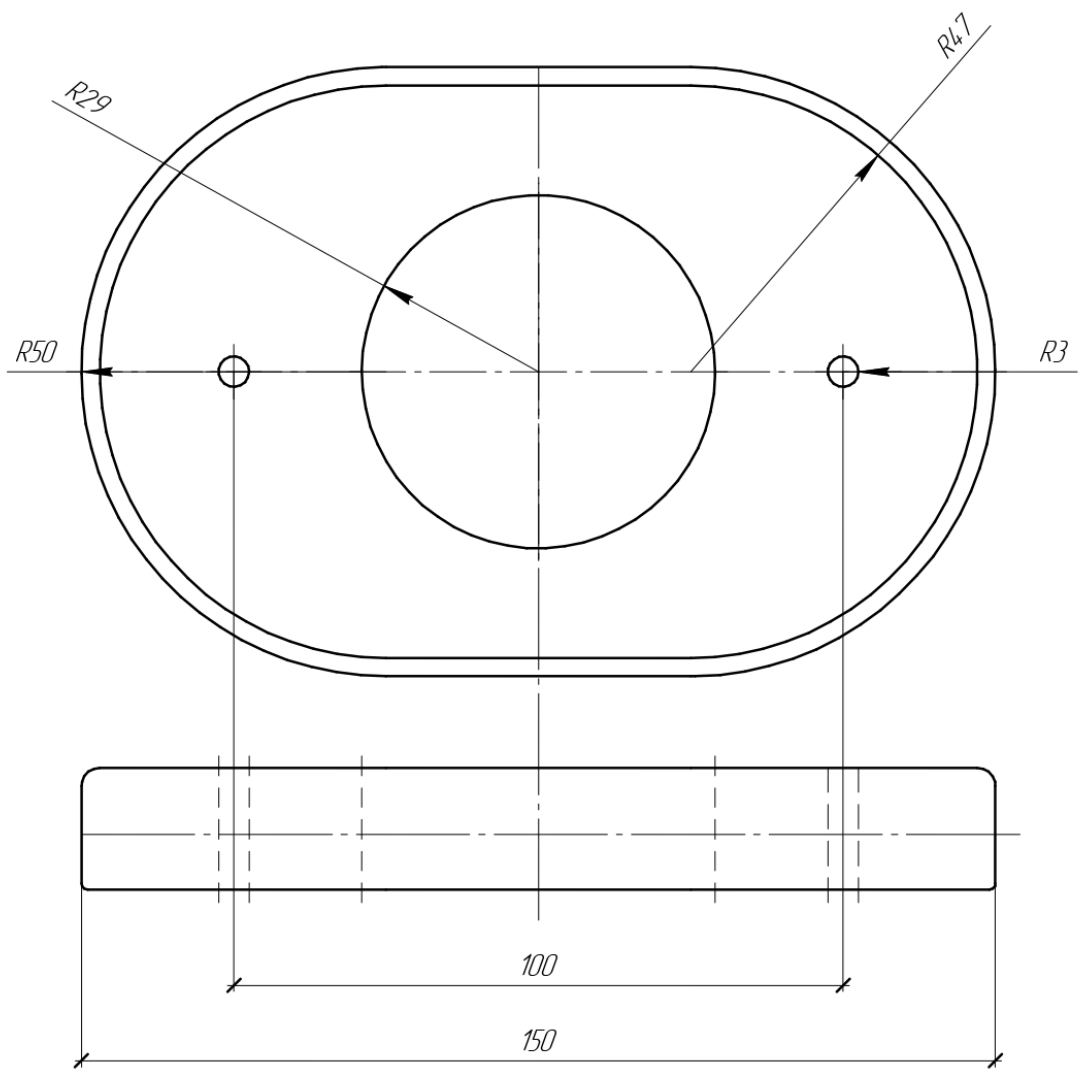
Инд. <input type="checkbox"/>	Подп. <input type="checkbox"/>	Инд. <input type="checkbox"/>	Подп. <input type="checkbox"/>	Инд. <input type="checkbox"/>	Подп. <input type="checkbox"/>	Инд. <input type="checkbox"/>	Подп. <input type="checkbox"/>
Взам. инб. <input type="checkbox"/>		Взам. инб. <input type="checkbox"/>		Взам. инб. <input type="checkbox"/>		Взам. инб. <input type="checkbox"/>	

Инд. <input type="checkbox"/>	Подп. <input type="checkbox"/>	Инд. <input type="checkbox"/>	Подп. <input type="checkbox"/>	Инд. <input type="checkbox"/>	Подп. <input type="checkbox"/>	Инд. <input type="checkbox"/>	Подп. <input type="checkbox"/>
Взам. инб. <input type="checkbox"/>		Взам. инб. <input type="checkbox"/>		Взам. инб. <input type="checkbox"/>		Взам. инб. <input type="checkbox"/>	

ПРИЛОЖЕНИЕ Ё. ЧЕРТЕЖ ДЕТАЛИ 6



ПРИЛОЖЕНИЕ Ж. ЧЕРТЕЖ ДЕТАЛИ 5
 ПРИЛОЖЕНИЕ З. ЧЕРТЕЖ ДЕТАЛИ 4



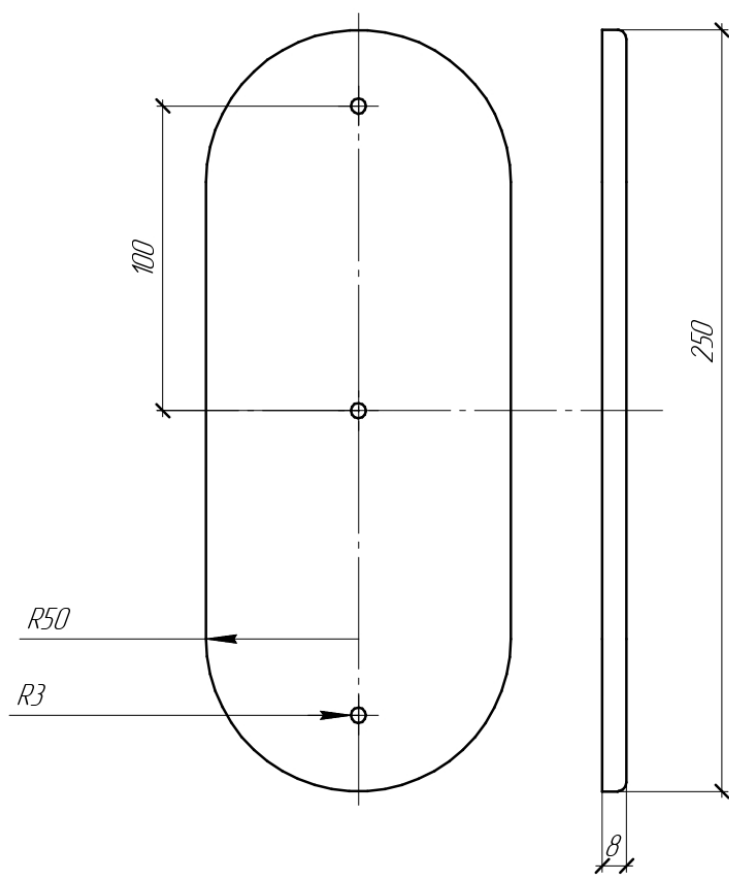
Инв.	Подп.	Подп.	Дата
Взам. инв.	инв.		

Изм.	Кол.ч.	Лист	Лист	Подп.	Дата

деталь 5

Лист

ПРИЛОЖЕНИЕ К. ЧЕРТЕЖ ДЕТАЛИ 3

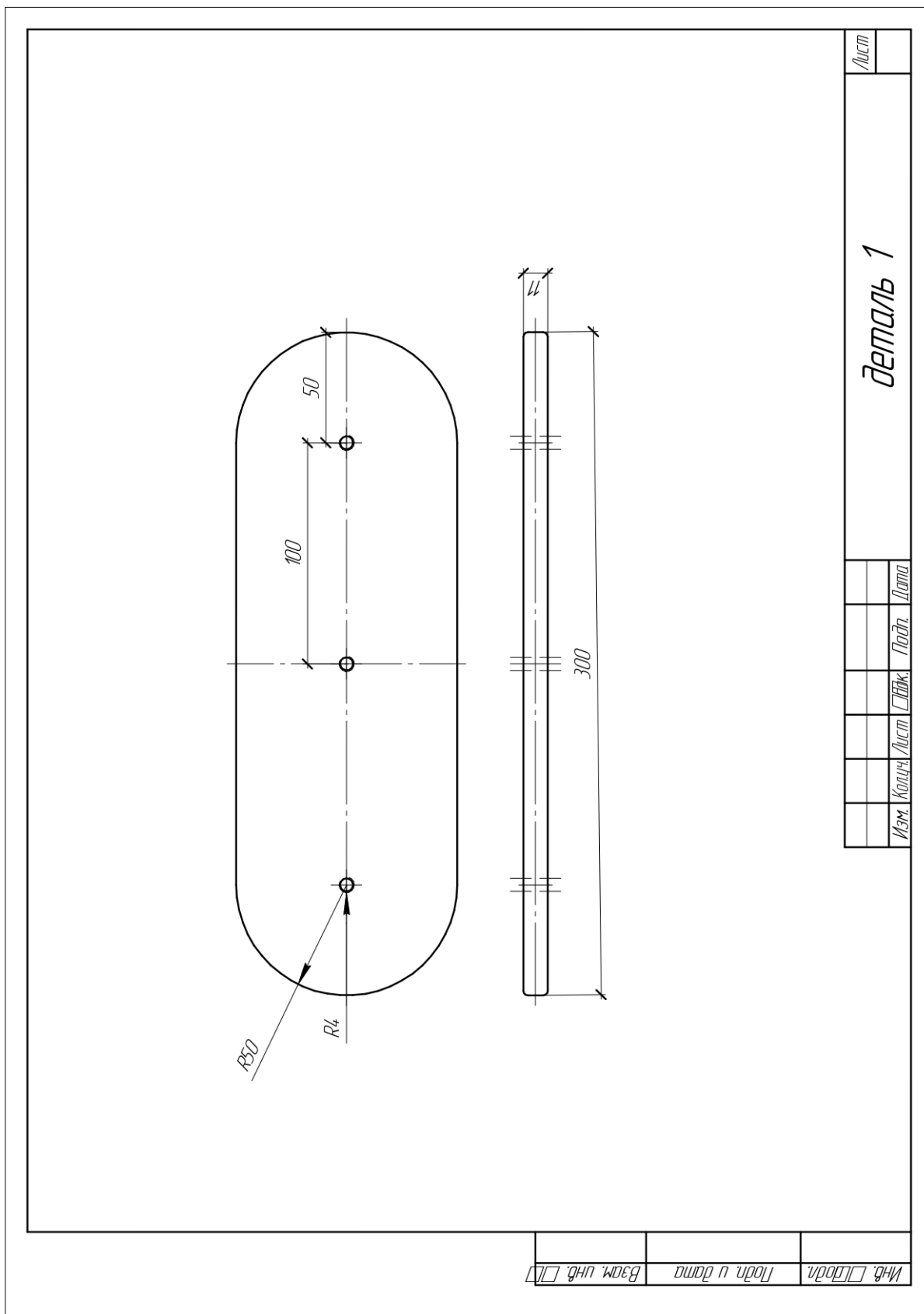


Изм.	Колуч.	Лист	Слвж.	Подп.	Дата
Инд. Слвж.	Подп. и дата	Взам. инв.			

деталь 3

Лист

ПРИЛОЖЕНИЕ Л. ЧЕРТЕЖ ДЕТАЛИ 1



ПРИЛОЖЕНИЕ М. ФОТО СОБРАННОГО МАКЕТА

