

*Иргит С.Д., аспирант*

*1 курс, Бурятский государственный университет им.ДоржиБанзарова,*

*Россия, г. Улан-Удэ*

*Машанов А.А., кандидат технических наук, доцент*

*доцент кафедры общей и теоретической физики*

*Бурятский государственный университет им. Доржи Банзарова,*

*Россия, г. Улан-Удэ*

## **РАЗРАБОТКА МАЛОГАБАРИТНОГО СЧЕТЧИКА ГЕЙГЕРА НА ПЛАТФОРМЕ ARDUINO**

**Аннотация:** В статье рассматривается разработка портативного дозиметра на базе микроконтроллерной платформы Arduino (модуль WeMos D1 mini) и детектора RadSens v1.2 с трубкой Гейгера–Мюллера СБМ-20. Приведены схема подключения компонентов, алгоритм работы программного обеспечения и результаты экспериментальных измерений радиационного фона в различных локациях. Показана возможность применения устройства в образовательных целях благодаря низкой стоимости, открытой архитектуре и наглядности демонстрируемых физических принципов.

**Ключевые слова:** дозиметр, счетчик Гейгера–Мюллера, Arduino, ионизирующее излучение, радиационный контроль, учебный эксперимент.

**Annotation:** The article discusses the development of a portable dosimeter based on the Arduino microcontroller platform (WeMos D1 mini module) and a RadSens v1.2 detector with a SBM-20 Geiger–Mueller tube. The connection diagram of components, the software algorithm and the results of experimental measurements of background radiation in different locations are presented. The possibility of using the device for educational purposes due to its low cost, open architecture and clear demonstration of physical principles is shown.

**Key words:** dosimeter, Geiger–Mueller counter, Arduino, ionizing radiation, radiation monitoring, educational experiment.

В условиях роста интереса к ядерной энергетике, медицинским технологиям и экологическим исследованиям проблема радиационного контроля становится всё более актуальной. Ионизирующее излучение, способное вызывать необратимые изменения в живых организмах, требует постоянного мониторинга. Однако многие существующие дозиметрические приборы отличаются высокой стоимостью и сложностью эксплуатации, что ограничивает их доступность для широкого круга пользователей, в том числе для образовательных учреждений [1-2].

Современные микроконтроллерные платформы, такие как Arduino, открывают новые возможности для создания компактных, недорогих и простых в использовании дозиметрических устройств. Использование открытой архитектуры и доступных компонентов позволяет не только сконструировать функциональный прибор, но и глубоко изучить физические принципы регистрации излучений, освоить основы программирования и схемотехники.

Целью данной работы является разработка портативного дозиметра на базе Arduino, отличающегося компактностью, надёжностью и доступностью, а также создание учебно-методического обеспечения для его применения в образовательном процессе.

В основе разработанного устройства лежит микроконтроллерная платформа WeMos D1 mini, построенная на чипе ESP8266EX. Этот модуль обладает встроенным Wi-Fi, 11 цифровыми и 1 аналоговым входами/выходами, поддержкой интерфейсов I2C, SPI, UART, а также совместим со средой разработки Arduino IDE. Компактные размеры (34×25 мм) и низкое энергопотребление делают его идеальным для портативных устройств [3].

В качестве детектора ионизирующего излучения выбран модуль RadSens v1.2 с установленной трубкой Гейгера–Мюллера СБМ-20 (рис. 1). Модуль включает в себя высоковольтный преобразователь (до 400 В), необходимый для работы счётчика, предварительный усилитель и

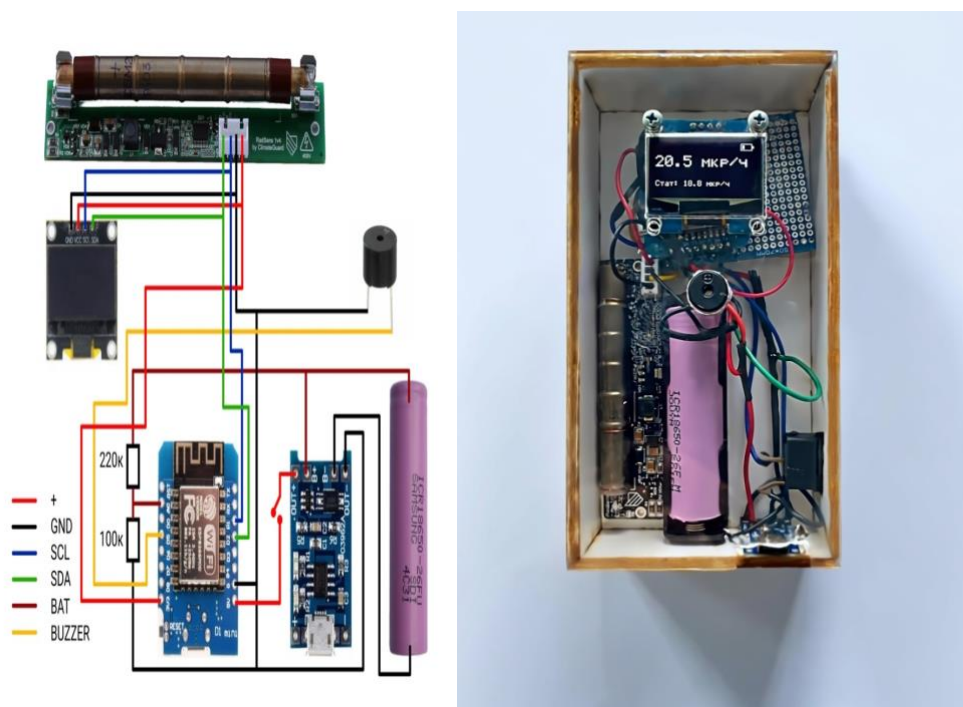
микроконтроллер STM32, который выполняет первичную обработку сигналов [4].

Для визуализации данных применён монохромный OLED-дисплей с диагональю 1,3 дюйма и разрешением 128×64 пикселей на контроллере SSH1106, подключаемый по I2C. Дисплей обеспечивает чёткое изображение в любую погоду и при любом освещении, потребляя минимум энергии.

Звуковая индикация реализована с помощью пассивного пьезоизлучателя, который издаёт короткие «щелчки» при каждом зарегистрированном импульсе, а также подаёт предупредительный сигнал при превышении порога излучения.

Питание устройства осуществляется от литий-ионного аккумулятора типоразмера 18650, установленного в держатель. Для зарядки используется плата TP4056 с защитой от переразряда и перезаряда. Контроль уровня заряда выполняется путём измерения напряжения на аккумуляторе через резистивный делитель (220 и 100 кОм) и аналоговый вход микроконтроллера.

Все компоненты размещены на макетной плате размером 7×3 см, что позволило добиться компактности конечного устройства. Монтаж выполнен навесным способом с использованием пайки для надёжности контактов.



*Рис. 1. Схема подключения портативного дозиметра*

Программа для микроконтроллера написана в среде Arduino IDE с использованием следующих библиотек[5, 6]:

- CG\_RadSens.h – для работы с модулем RadSens через I2C (чтение интенсивности, счётчика импульсов, настройка чувствительности);
- GyverOLED.h – для управления OLED-дисплеем (вывод текста, рисование примитивов, масштабирование).

### **Основные функции устройства**

Программная реализация обеспечивает четыре основные функции. При старте выполняется инициализация пинов, I2C, OLED, проверка связи с RadSens и звуковое приветствие. Каждые 250 мс считываются накопленные импульсы: разность определяет число событий за интервал, на каждое выдаётся короткий щелчок (3500 Гц, 13 мс), а при более чем пяти импульсах за цикл добавляется трёхкратное предупреждение.

Каждую секунду на экран выводятся динамическая и статическая интенсивность излучения (динамическое значение – укрупнённым шрифтом). Раз в 5 секунд измеряется напряжение батареи, и по порогам АЦП отображается пиктограмма заряда. Такая организация обеспечивает отзывчивую звуковую индикацию в реальном времени, секундное обновление показаний и своевременный контроль питания.

### **Обработка результатов измерений**

Для проверки работоспособности и оценки точности разработанного дозиметра были проведены измерения в шести различных локациях. Выбор мест обусловлен возможным различием радиационного фона.

Перед каждым измерением прибор оставляли включённым на 2–3 минуты для стабилизации показаний (выхода на тепловой режим и установления усреднённых значений). Измерения проводились в ночное время при ясной погоде и отсутствии ветра, чтобы минимизировать влияние внешних факторов. Для каждого места фиксировались как динамическое, так и статическое значение интенсивности, считываемые с экрана прибора.

Динамическое значение позволяет оценить мгновенные флуктуации, статическое – даёт более надёжную оценку среднего фона за 500 секунд.

*Таблица 1.*

### Результаты измерений радиационного фона

№	Место измерения	Динамическое значение, мкР/ч	Статическое значение, мкР/ч
1.	Внутри бетонного здания	20,6	25,4
2.	Аудитория университета	25,3	19,6
3.	ЖД станция «Заудинский» (виадук)	15,8	16,6
4.	ЖД станция «Заудинский» (платформа)	17,2	16,3
5.	Детская площадка	19,8	18,2
6.	Рядом с выключенным телевизором	15,2	20,3

Все измеренные значения находятся в диапазоне 15,2 – 25,4 мкР/ч, что соответствует типичному естественному фону (10 – 30 мкР/ч). Наибольший статический показатель (25,4 мкР/ч) зафиксирован внутри бетонного здания – это объясняется содержанием природных радионуклидов в стройматериалах. На железнодорожной станции фон ожидаемо ниже (15,8 – 17,2 мкР/ч) из-за открытого пространства; присутствие вагонов с углём значимого повышения радиации не дало.

Интересно расхождение между динамическими и статическими значениями: в аудитории динамическое значение (25,3 мкР/ч) заметно выше статического (19,6 мкР/ч), что указывает на локальный источник, тогда как внутри бетонного здания выше статический фон – характерно для равномерного распределения. Среднеквадратичное отклонение составило  $\pm 1,4$  мкР/ч (динамика, погрешность  $\sim 6\%$ ) и  $\pm 0,9$  мкР/ч (статика,  $\sim 4,5\%$ ), что укладывается в типичные для счётчиков Гейгера–Мюллера значения.

### Применение в учебном процессе

Разработанный дозиметр обладает высокой образовательной ценностью и может использоваться от школьных кружков до университетских лабораторий. На его примере решаются несколько педагогических задач:

1. Физические основы радиационного контроля. Студенты изучают принцип работы счётчика Гейгера–Мюллера (регистрация импульсов, мёртвое время, эффективность регистрации), статистический характер распада (сравнение гистограммы измерений с распределением Пуассона) и зависимость показаний от расстояния до источника, проверяя закон обратных квадратов для гамма-излучения.

2. Цифровая обработка сигналов и программирование. В ходе работы осваиваются интерфейс I2C и регистровая модель RadSens, программирование микроконтроллера (таймеры, прерывания, дисплей, звук), а также приёмы энергосбережения – студенты могут модифицировать код, добавляя запись на SD-карту, передачу по Wi-Fi или оптимизацию энергопотребления.

3. Методическое обеспечение и доступность. Подготовлены подробные инструкции по сборке, схемы, листинг программы с комментариями и методические рекомендации для преподавателей. Стоимость компонентов одного дозиметра составляет менее 3000 рублей, что позволяет оснастить лабораторию десятками таких устройств. Открытая архитектура Arduino стимулирует творческий подход: студенты не только используют готовый прибор, но и дорабатывают его в собственных проектах.

### **Заключение**

В ходе работы разработан портативный дозиметр на базе микроконтроллерной платформы Arduino (WeMos D1 mini) и модуля RadSens v1.2 с трубкой Гейгера–Мюллера СБМ-20. Устройство отличается компактностью, автономным питанием от аккумулятора 18650, наглядным OLED-экраном и звуковой индикацией импульсов. Экспериментальные измерения подтвердили работоспособность прибора и достоверность его показаний: полученные значения радиационного фона соответствуют естественным уровням, а оцененная погрешность позволяет применять устройство в учебных и предварительных профессиональных целях.

### **Использованные источники:**

1. Машкович В.П., Панченко А.М. Основы радиационной безопасности. – М.: Энергоатомиздат, 1990. 172 с.
2. Кузнецов В.М., Никитин В.С., Хвостова М.С. Радиозэкология и радиационная безопасность: История, подходы, современное состояние. – М.: ООО «НИПКЦ Восход-А», 2011. 1208 с.
3. ESP8266EXDatasheet. EspressifSystems, version 7.1, 2025. — URL: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/0a-esp8266ex_datasheet_en.pdf) (датаобращения: 30.03.2026).
4. RadSens module: An ultracompact Arduino Dosimeter. Electronics-Lab.com, 2021. — URL: <https://www.electronics-lab.com/radsens-module-an-ultracompact-arduino-dosimeter/> (датаобращения: 30.03.2026).
5. ClimateGuard. RadSens GitHub repository. — URL: <https://github.com/climateguard/RadSens> (датаобращения: 30.03.2026).
6. Vurdalakov. RadSensBoard Arduino Library. — URL: <https://github.com/vurdalakov/radsensboard> (датаобращения: 30.03.2026).