

Д. С. Захаров

**РАЗРАБОТКА РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ
СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА РАДИАЦИОННОГО ФОНА НА МЕСТНОСТИ**

Волгоградский государственный технический университет

danila.zaharov1@yandex.ru

Потребность людей в тех или иных вещах с каждым годом возрастает. Для того, чтобы данные вещи из-готовить, нужны различные заводы, фабрики и предприятия. В процессе производства товаров накапливаются различные остатки, которые вывозят на полигоны отходов, в том числе и радиоактивные. Актуальной задачей становится мониторинг радиационного фона мест, где расположены полигоны отходов, предприятия и т. д. В основе системы лежит датчик – индикатор-сигнализатор радиоактивности с трубкой J305 и GSM модуля для мониторинга фона в режиме онлайн.

Ключевые слова: ионизирующее излучение, мощность дозы

D. S. Zakharov

**DEVELOPMENT OF A DISTRIBUTED INFORMATION AND MEASUREMENT SYSTEM
FOR MONITORING THE RADIATION BACKGROUND ON THE GROUND**

Volgograd State Technical University

Nowadays, people's need for certain things is increasing every year. In order to make these things, various factories, factories and enterprises are needed. In the process of manufacturing these goods, various wastes remain, which are exported to landfills, including radioactive ones. Monitoring of the radiation background of places where waste landfills, enterprises, etc. are located becomes an urgent task. The system is based on a sensor indicator, a radioactivity detector with a J305 handset and a GSM module for online background monitoring.

Keywords: ionizing radiation, dose rate

Радиоактивный вред, наносимый предприятиями, относится к негативным последствиям, связанными с выбросами радиоактивных веществ или работой с радиоактивными материалами на предприятиях. Это может происходить в различных отраслях, включая ядерную энергетику, горнодобывающую промышленность, медицину, исследования и другие.

Одним из основных рисков является загрязнение окружающей среды и водных ресурсов. Радиоактивные выбросы могут попадать в атмосферу, почву и воду, что приводит к загрязнению и угрозе здоровья людей и животных.

Несмотря на все предосторожности, радиоактивный вред от предприятий может быть сложно контролируемым и иметь долгосрочные последствия. Поэтому важно принимать меры для контроля радиационного фона.

Известен способ мониторинга химически опасных объектов (Патент РФ 2458350 G01N 35/00). Определение параметров облака выброса достигается путем решения обратной задачи распространения примеси в атмосфере с учетом граничных условий, которые определяются с использованием датчиков, расположенных по периметру объекта у поверхности земли и на фиксированной высоте над поверхностью. При аварийном выбросе определяют координаты первых трех сработавших датчиков, время срабатывания, интервалы, в течение которых датчики показывали превышение допустимой концентрации. Полученные данные представляют как мгновенные концентрации токсичного химиката в отдельных точках динамически изменяющегося непрерывного поля концентраций

облака аварийного выброса. На основе этого представления определяют необходимые для прогнозирования заражения приземного слоя атмосферы исходные данные, включая массу выброшенного химиката, начальные координаты центра облака выброса. При этом количество датчиков больше восьми, высота датчиков над поверхностью земли не менее двух метров. Предложенный способ позволяет повысить достоверность прогноза динамики химического заражения приземного слоя воздуха на начальном этапе развития аварии на стационарных химически опасных объектах. Предлагаемый способ не позволит оценить параметры аварии нестационарных источников.

Для обнаружения радиоактивности используется готовая плата индикатора-сигнализатора. Она работает от напряжения 4–6 В и поддерживает счетчики J305, M4011, STS-5, SMB20. Рабочее напряжение – 330–600 В. Прибор предупреждает о повышении уровня радиации звуковым и световым сигналами при прохождении через датчик Гейгера. Трубка J305 используется в этой системе.

Трубку составляет корпусная цилиндрическая структура, оксид олова на катоде. Рабочее напряжение варьируется от 330 до 600 Вольт, ток от 15 до 0,02 миллиампера. Диапазон температур от –40 до +55 градусов Цельсия, длина трубки 102 мм, диаметр 10 мм. Чувствительность к гамма-излучению – 0,1 МэВ, собственный фон – 0,2 импульса в секунду. Может использоваться для измерения гамма-излучения от 10 до 120 микроРентген в час и бета-излучения от 100 до 1800 изменений индекса в минуту.

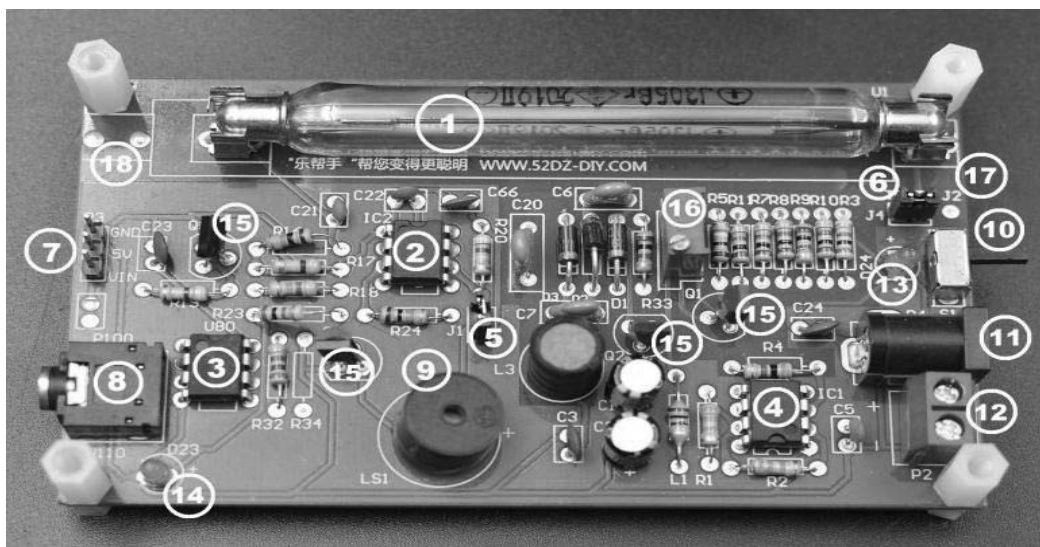


Рис. 1. Простой индикатор-сигнализатор радиоактивности с трубкой J305

На рис. 1 показан простейший индикатор-сигнализатор радиоактивности, где:

- 1 – трубка J305;
- 2, 4 – микросхемы 555;
- 3 – LM358P, двухканальный операционный усилитель;
- 5 – переключатель J1 – отключает бужер для отключения индикации;
- 6 – переключатель J4 – калибровочная переключатель;
- 7 – контакты 5 V, INT, GND, первый и последний из которых – для подключения питания 4–6 В. Контакт INT – сигнальный, используется для подключения к MCU, к разъему, настроенному на получение внешних прерываний, и, соответственно, с последующей обработкой полученных импульсов;
- 8 – разъем 3,5 мм AudioJack. Для подключения к дозиметру смартфона, для снятия показаний;
- 9 – бужер, издает щелчок при регистрации импульса;
- 10 – сдвижной выключатель, проще говоря, ВКЛ/ВЫКЛ;
- 11 – DC-разъем питания 5 В (5,5x2,5 мм);
- 12 – контактная колодка для подключения питания 5 В к модулю;
- 13 – светодиод, горит постоянно, если на модуль подается питание;
- 14 – светодиод, кратко мигает при регистрации импульса;
- 15 – NPN-транзисторы S8050;
- 16 – калибровочный потенциометр;
- 17 – калибровочный контакт J2;
- 18 – дополнительные контакты под зажим (если планируется установить СБМ20).

Важно следить за индикаторами радиационного фона для обеспечения безопасности. Если количество пиков или вспышек превышает 25 в минуту, значит место или предмет заражены. Постоянная индикация сигнализирует о критическом уровне радиации. Счетчик Гейгера имеет специальную схему для стабильного поддержания выходного напряжения.

Этот счетчик Гейгера получает напряжение 400 В через токоограничительный резистор, который сохраняет стабильное выходное напряжение даже при изменении напряжения питания. Поэтому возможно использовать этот прибор с любым источником питания от 5 до 13 В – блок питания от зарядного устройства или аккумуляторные батареи. Благодаря этому чувствительность к измерению фона радиации оста-

ется неизменной, что очень важно при работе в полевых условиях.

В состоянии покоя сопротивление счетчика Гейгера стремится к бесконечности, но когда заряженная частица проходит через резистор, происходит его короткое замыкание, и сопротивление становится низким. Резистор служит нагрузкой для счетчика Гейгера. Напряжение на резисторе в покое находится на низком уровне, почти на нуле. Однако когда заряженная частица пролетает через трубку, напряжение резко возрастает, причем его рост ограничивается диодом, который не позволяет ему превысить напряжение питания, а также происходит прямое падение на этом диоде.

Важно учитывать, что импульсы, регистрируемые счетчиком Гейгера, имеют крайне малую длительность. Если подавать их непосредственно на звукоизлучатель, то звуковые сигналы будут также очень короткими, напоминающими одиночные щелчки. Не все из них будут достаточно заметны для человеческого слуха. Мигание светодиода в этом случае вообще будет практически незаметным. Для более эффективного восприятия информации человеческими органами чувств необходимо увеличить продолжительность импульса, растянув его до оптимального размера. Для этой цели используется микросхема типа LM358P, на которой размещены два односторонних вибратора.

В качестве передатчика выступает модуль GSM, GPRS на чипе SIM800L – это миниатюрный GSM-модем, который можно использовать в различных проектах, таких как охрана дачи или дома, сигнализация в машине и многое другое. Данный модуль (рис. 2) по функционалу ничем не уступает обычному сотовому телефону, и с его помощью можно отправлять SMS-сообщения, совершать или принимать телефонные звонки, подключаться к Интернету через GPRS, TCP / IP и многое другое. А также модуль поддерживает четырехдиапазонную сеть GSM / GPRS.



Рис. 2. GSM-модуль на чипе SIM800L

Для обработки данных, полученных с дозиметра, служит плата Arduino UNO CH340G.

Измерительный комплекс позволяет измерять фон ИИ и передавать показания по GSM-сети.

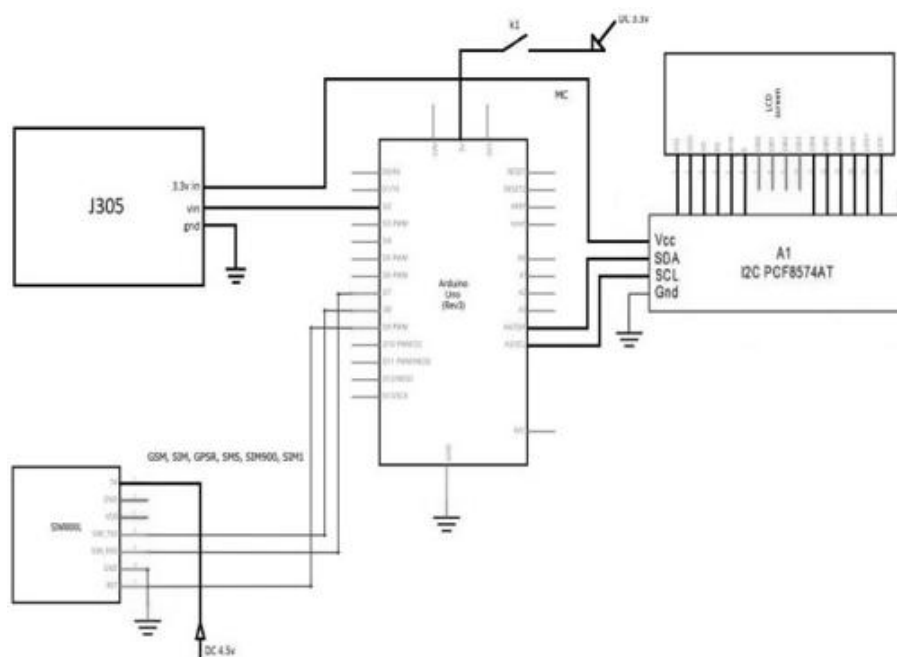


Рис. 3. Принципиальная схема датчика

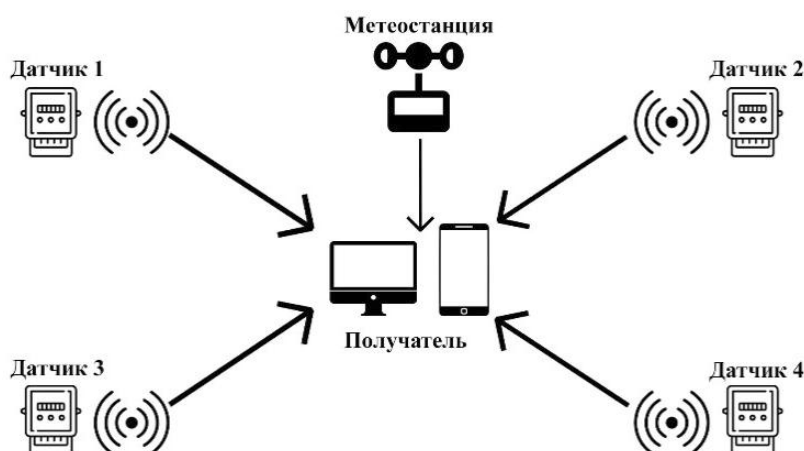


Рис. 4. Принцип работы системы

Принцип работы данной системы (рис. 4) состоит в следующем: по периметру предприятия устанавливаются датчики (дозиметры) с подключенными сим-картами для передачи данных. При определенном времени данные с датчика пересылаются на сервер. В это же время происходит сбор информации с метеостанции о влажности, скорости и направлении ветра, температуре и т. д. При сборе всех данных на сервере видно состояние датчиков, мощность излучения и наличие опасных зон для пребывания на них людей. В случае аварии

поступает уведомление о повышении уровня ионизирующего излучения и направлении радиоактивного облака.

В данном случае установлено четыре датчика по разные стороны и одна метеостанция на высотном здании. После отправки данных с датчиков и метеостанции на сервер возможно посмотреть их показатели в любой точке с персонального компьютера или смартфона.

Для этого необходимо перейти на сайт и выбрать объект.



Рис. 5. Карта объектов России

На карте показаны объекты где необходим радиационный мониторинг. Выбираем пред-

приятие ЕвроХим и переходим на вкладку с данными.

Датчики	Мощность	Направление и скорость ветра	Информация об опасности
Северное	8 мкР/ч	12 м/с	Нормальный ерф
Южное	21 мкР/ч	12 м/с	Допустимый ерф
Западное	17 мкР/ч	12 м/с	Нормальный ерф
Восточное	69 мкР/ч	12 м/с	Опасный ерф

Рис. 6. Данные с датчиков предприятия Еврохим

Погрешность прогноза загрязнения окружающей среды в результате аварийных радиоактивных выбросов в атмосферу складывается из погрешности модели переноса примесей и погрешностей исходных данных.

В задачах прогноза распространения радиоактивных примесей в атмосфере широкое распространение получила гауссова модель рассеяния общего вида:

$$D(x, y, z) = \frac{QK}{(2\pi)^{\frac{3}{2}}\sigma_x(x)\sigma_y(x)\sigma_z(x)} \exp\left(-\frac{(x-x_u-ut)^2}{2\sigma_x(x)^2} - \frac{(y-y_u)^2}{2\sigma_y(x)^2}\right) \times \left(\exp\left(-\frac{(z+H)^2}{2\sigma_z(x)^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z-H)^2}{2\sigma_z(x)^2}\right)\right), \quad (1)$$

где D – мощность дозы (МД) в точке пространства (x, y, z) , Зв/ч; K – коэффициент перехода от активности к МД в заданных единицах измерения; x, y – координаты точки на местности, м; x_u, y_u – координаты аварийного источника, м; $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$ – дисперсии распределения примеси в облаке, м; u – скорость среднего ветра, м/с; Q – активность источника, Бк; H – высота источника, м.

Кратность ослабления гамма-излучения с высотой h аппроксимируется экспоненциальной зависимостью:

$$K(h) = \exp(ah^{0,8}). \quad (2)$$

Исследования показали, что точки неравномерно разбросаны по территории и находятся на большом расстоянии друг от друга. Это дает основание предполагать, что передача сигнала измерений через GSM-сеть будет эффективной.

Для обоснования данного выбора была разработана карта покрытия GSM-сети с отмеченными точками, требующими непрерывного мониторинга. Учитывая, что большинство точек охватывается GSM-сетью, можно считать ее использование разумным в процессе определения.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Шилин, А. А.* Анализ влияния электромагнитных помех от высоковольтной линии электропередачи на каналы передачи информации GSM/GPRS / А. А. Шилин, Ф. С. Ле // Известия ВолгГТУ : межвуз. сб. науч. ст. № 18 (145) / ВолгГТУ. – Волгоград, 2014. – (Серия «Процессы преобразования энергии и энергетические установки» ; вып. 6). – С. 72–76.
2. *Бабков, В. Ю.* Сотовые системы мобильной радиосвязи: учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 210700 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи квалификации (степени) "бакалавр" и квалификации (степени) "магистр"» / В. Ю. Бабков, И. А. Цикин. – 2-е изд., [перераб. и доп.]. – СанктПетербург : БХВ-Петербург, 2013. – 432 с.
3. Синоптические карты с фронтальным анализом // Гидрометцентр России : офиц. сайт. – 2022. Режим доступа: <https://meteoinfo.ru/mapsynop>
4. *Трамперт, В.* AVR-RISC микроконтроллеры : пер. с нем. / В. Трамперт. – Киев : МК-Пресс, 2006. – 464 с.
5. *Хала, И.* Радиоактивность, ионизирующее излучение и ядерная энергетика / И. Хала, Д. Д. Навратил ; пер. с англ. под ред. Б. Ф. Мясоедова, С. Н. Калмыкова. – Москва : ЛКИ, 2013. – 432 с.