

излучения с областью спектральной чувствительности 0,3-1,1 мкм, максимальной спектральной характеристикой 0,75-0,85 мкм, рабочим напряжением 10В, интегральной токовой чувствительностью не менее 3,5мА/лм полученный график приведен на рисунке 1.

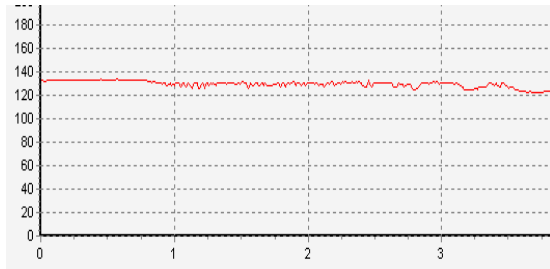


Рисунок 3 – График изменения оптической плотности при протекании загрязнения в виде сырой нефти и красном источнике излучения

Аналогичные опыты проведены с двумя источниками излучения с длиной волны  $\lambda = 0,4$  мкм и  $\lambda = 0,7$  мкм, графики приведены на рисунках 2 и 3.

На графиках наглядно видны изменения, полученные в результате замены лазерного излучателя. Меняя лазерный излучатель, можно зафиксировать изменения показателей импульсного сигнала.

УДК 621.3.049.77: 681.586

### ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ МОДУЛЬ КОНТРОЛЯ ЛИНЕЙНЫХ ПЕРЕМЕЩЕНИЙ

Здоровцев С.В., Кушнеров Д.П., Паршков А.В., Сушко В. А.

Открытое акционерное общество «МНИПИ», Минск, Республика Беларусь

В устройствах контроля линейных перемещений (расстояния до объекта) применяются чувствительные элементы (датчики), основанные на различных принципах работы: емкостные, стрикционные, потенциометрические, индуктивные, магнитометрические, оптические, ультразвуковые и др.

Одним из наиболее распространенных датчиков линейных перемещений являются ультразвуковые (УЗ) датчики [1-2], в состав которых входят излучатель и приемник ультразвуковых волн. Излучатель формирует короткие импульсы звука с определенной периодичностью. Импульсы отражаются от предметов и препятствий и возвращаются обратно, где фиксируются при помощи приемника. Структурная схема УЗ-датчика показана на рисунке 1. На рисунке 2 представлена временная диаграмма, иллюстрирующая работу УЗ-датчика. Фиксируя время между посылкой импульса и приходом отраженного сигнала (эхо-импульса) и зная скорость распространения звука рассчитывается расстояние до объекта по формуле:

$$L = \frac{t * V}{2}, \quad (1)$$

где L – расстояние t – время эхо-импульса, V – скорость ультразвука.

Эксперименты показывают, что с помощью трехчастотного зондирования можно наиболее точно распознать вид загрязнения, улучшить показатели качества на выходе сточных вод. По результатам экспериментов может быть составлена база данных, использование которой позволяет выбрать зависимость для каждого конкретного случая.

1. Алексеев В.А., Усольцев В.П., Юран С.И. Контроль загрязнений сточных вод и промышленных стоков с использованием двухчастотного лазерного зондирования // Безопасность в техносфере, 2017, №1. – С. 3–9.
2. Алексеев В.А., Усольцев В.П., Юран С.И. Система интерполяционного контроля загрязнений сточных вод природно-промышленных территориальных комплексов / Приборостроение - 2016 : материалы 9-й Международной научно-технической конференции, 23-25 ноября 2016 года, Минск, Республика Беларусь / пред. редкол. Гусев О. К.; ред. Гурина Е. В. [и др.]. – Минск : БНТУ, 2016. – С. 15–16. – 480 с.
3. Усольцев В.П., Юран С.И. Достоверность санитарно-эпидемиологического анализа сточных вод при большом количестве случайных воздействий и отсутствии доминирующего фактора // Теоретическая и прикладная экология. – 2016. – № 3. – С. 19–24.

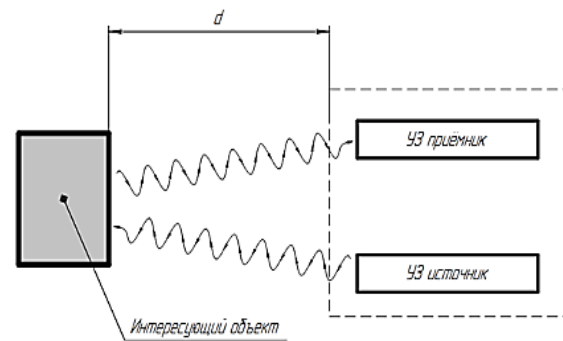


Рисунок 1 – Структурная схема УЗ-датчика

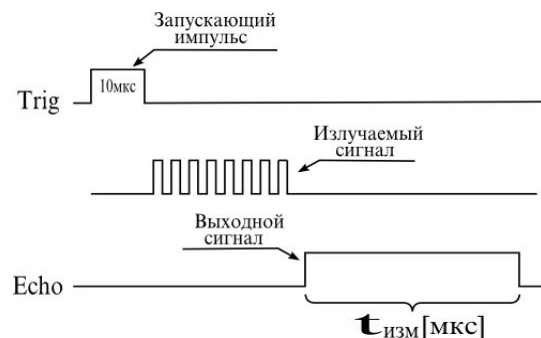


Рисунок 2 – Временная диаграмма, иллюстрирующая работу УЗ датчика

В работе представлены результаты разработки функционального электронного модуля (ФЭМ) контроля линейных перемещений на базе УЗ-датчика HC-SR04, работающего на центральной частоте 40 кГц, диаграмма направленности которого показана на рисунке 3.

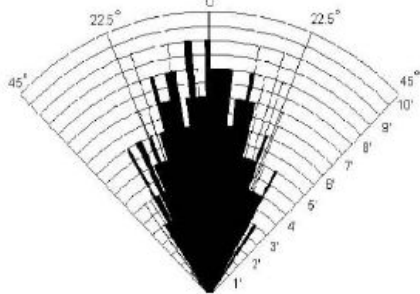


Рисунок 3 – Диаграмма направленности УЗ-датчика HC-SR04

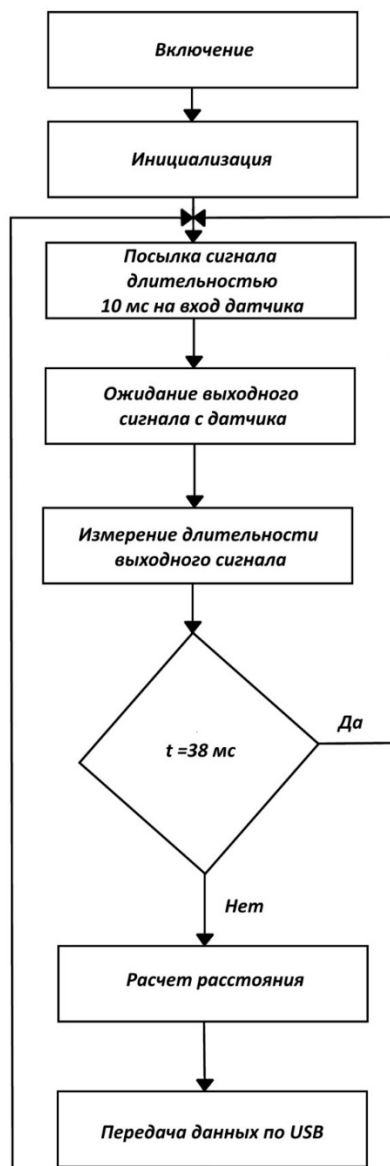


Рисунок 4 - Алгоритм функционирования ФЭМ на базе УЗ-датчика HC-SR04

Выбранный датчик обеспечивает возможность измерения линейного расстояния в пределах 0,02–4,0 м с точностью 5–10 мм.

Для цифровой обработки измерительных сигналов, поступающих в измерительную схему ФЭМ с УЗ-датчика, использовался 32-разрядный микроконтроллер семейства STM на ядре ARM Cortex-M3, основными преимуществами которого являются:

- наименьшее энергопотребление для обеспечения одинакового значения производительности по сравнению с другими ядрами при более низкой тактовой частоте;
- возможность программирования с оптимизацией либо скорости 32-разрядного ядра ARM, либо с оптимизацией размера программного кода при использовании 16-разрядных Thumb-команд, обеспечивающих максимальную гибкость при проектировании;
- наличие встроенной Flash-памяти, обеспечивающей высокую производительность, возможность универсального программирования, возможность секторной защиты записи от нежелательной записи.

На рисунке 4 представлен алгоритм функционирования ФЭМ на базе УЗ-датчика HC-SR04.

В качестве регистратора данных ФЭМ был использован персональный компьютер (ПК) Intel Pentium G 2.8 ГГц с характеристиками: объем ОЗУ не менее 2 Гбайт, разрешение экрана монитора не менее 10254x746 пикселей, наличие порта USB.

На рисунке 5 представлены виртуальные панели измерительных окон ПК, подключенного к ФЭМ.

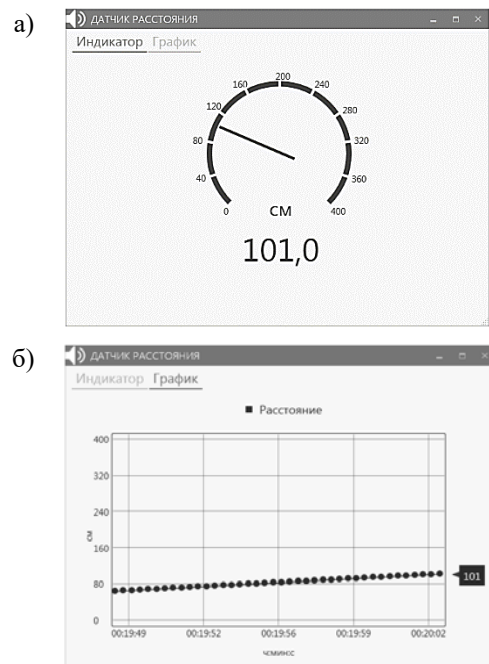


Рисунок 5 – Окно виртуальной панели ФЭМ: а) режим индикатора; б) режим графического отображения результатов

Разработанный модуль позволяет решать комплексные измерительные задачи при выполнении физических экспериментов в научных и учебных лабораториях. Разработанное ПО дает возможность обеспечивать математическую обработку полученных данных и их отображение на экране ПК в виде гистограмм, графиков, таблиц.

УДК 536.2.081.7:57.087.1

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ НЕОДНОРОДНЫХ БИОЛОГИЧЕСКИХ РАСТВОРОВ МЕТОДОМ ПРЯМОГО РАЗОГРЕВА ТЕРМИСТОРА

Матвиенко А.Н., Терещенко Н. Ф., Матвиенко С.Н.

Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, Украина

Всестороннее исследование свойств биологических материалов, в том числе и их теплофизических свойств (ТФС), а в частности теплопроводности, вызывает необходимость разработки соответствующей аппаратуры и создания методик исследований. Коэффициент теплопроводности является эффективным показателем процессов различного рода, протекающих в биологических жидкостях. Так в медицине, для определения наличия и степени иммунологической зависимости применяют метод иммунотермометрии, который заключается в сравнении отклонения ТФС смеси кровь+аллерген с теплофизическими свойствами контрольной жидкости.

К числу наиболее эффективных методов определения теплопроводности могут быть отнесены методы неразрушающего контроля. С их помощью можно получать информацию о теплопроводности при максимальном сохранении естественной структуры исследуемого биологического материала. Кроме того, с помощью неразрушающих методов может быть достигнута наиболее высокая производительность измерений, так как они не требуют трудоемкой подготовки исследуемых материалов.

По мнению исследователей [1] для определения коэффициента теплопроводности биологических материалов одним из самых эффективных методов есть метод прямого подогрева термистора, который использует способность термистора к саморазогреву при прохождении через него электрического тока. При этом коэффициент теплопроводности исследуемого материала определяется по формуле [2]

$$\lambda = \frac{P_T}{4\pi r \Delta T}, \quad (1)$$

где  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности исследуемой жидкости, Вт/(м К);  $P_T$  – мощность термистора, Вт;  $r$  – радиус термистора, м;  $\Delta T$  – температура разогрева термистора, °С.

Наличие оболочки у термистора вызывает необходимость введения в расчетную формулу

1. Джексон Р.Г. Новейшие датчики. Москва: Техносфера, 2007. –384 с.
2. Датчики для измерения параметров движения на основе MEMS-технологии. Часть 1. Инерциальные датчики средней точности. А. Тузов. //Электроника:наука, технология, бизнес. №1. – 2011.

(1) дополнительных коэффициентов пропорциональности, которые определяются путем тестирования термисторов с применением эталонных жидкостей с известными ТФС.

Учитывая этот факт формула приобретает вид [2, 3]

$$\lambda_{д.р.} = \frac{P_T}{4\pi r (\Delta T_e - \Delta T_0) * \frac{1}{K_o}}, \quad (2)$$

где  $\lambda_{д.р.}$  – коэффициент теплопроводности исследуемой жидкости, Вт/(м.К);  $P_T$  – мощность термистора, Вт;  $r$  – радиус термистора, м;  $\Delta T_e$  – измеренная с помощью исследовательской установки температура разогрева термистора, °С;  $\Delta T_0$  – температура разогрева термистора, вызванная наличием оболочки у термистора и измеренная в результате калибровочных тестов с использованием эталонных жидкостей, °С;  $K_o$  – коэффициент пропорциональности, который определяется в результате калибровочных тестов с использованием эталонных жидкостей. Он характеризует чувствительность термисторного зонда к значению коэффициента теплопроводности исследуемой жидкости, в которую помещен зонд.

В данной работе рассмотрены результаты измерений смеси крови и физраствора (0,9% раствор NaCl в дистиллированной воде), который имеет ТФС близкие к ТФС жидких аллергенов. Смесь является комплексной по составу и может со временем разделяться на фракции. Измерения коэффициента теплопроводности проводились с помощью исследовательской установки (рис.1), которая предварительно калибруется на эталонных жидкостях с известными коэффициентами теплопроводности. Установка имеет два измерительных зонда, измерительный блок и термостат. Обработка результатов измерений осуществляется с помощью персонального компьютера, подключенного к измерительному блоку.

Исследуемые жидкости в объеме 350 мкл размещаются в пробирке, помещенной в термостат. Он нагревает исследуемые смеси до темпе-