

# АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ РЕПРОДУКТИВНОЙ СФЕРЫ САМОК ЖИВОТНЫХ

*Юрий Мегель<sup>1)</sup>, Марина Самынина<sup>2)</sup>, Виктор Шигимага<sup>3)</sup>, Александр Торба<sup>4)</sup>,  
Иванка Калиманова<sup>5)</sup>*

<sup>1,3)</sup> ХНТУСХ им. П.Василенко, 61002, Украина, ул. Артема, 44, Харьков, Web address:

<sup>2)</sup> ИЖ НААН, 62404, Украина, ул. 7-й Гвардейской Армии, 3, пгт. Кулинич,  
Харьковский р-н, Харьковская обл.,

<sup>4)</sup> ХНУР, 61166, Украина, пр. Науки, 14, Харьков, Web address:

<sup>5)</sup> ТУ - София, бул. Кл. Охридски 8, 1000, www.tu-sofia.bg

e-mails: <sup>1)</sup> megel\_ye@mail.ru, <sup>2)</sup> radugadata@mail.ru, <sup>3)</sup> vash105@gmail.com,

<sup>4)</sup> biovidoc@gmail.com, <sup>5)</sup> ikaliman@tu-sofia.bg

*Резюме:* В работе приведено техническое описание устройства для измерения температурных параметров с целью диагностики репродуктивной функции самок животных, проводимой в соответствии с разработанным методом. Показана целесообразность проектирования беспроводного портативного устройства и построения на его основе системы сбора и обработки данных.

*Ключевые слова:* термометрия, измерительное устройство, температурные параметры, репродуктивная функция.

## Введение

В данное время ведется работа по усовершенствованию аппаратуры и методов, основанных на контактных измерениях температуры тела самок животных для прогнозирования успешности биотехнологических методов размножения [1]. Результаты собственных исследований в направлении разработки метода термометрии, основанного на измерении разностного температурного параметра в половых путях, показали его перспективность для диагностики репродуктивной сферы у самок крупного рогатого скота [2]. Это позволило наметить новое направление для разработки концепции автоматизации измерения температурных показателей, что будет способствовать сокращению времени и облегчению процедуры измерений температурного параметра с целью получения своевременной информации о состоянии репродуктивной сферы животных.

## Основная часть

Разрабатываемая измерительная аппаратура должна учитывать следующие основные требования: 1) надежность, малые размеры устройства, биологически совместимый материал упаковки для герметизации и низкое энергопотребление; 2) обеспечение необходимой

частоты измерений; 3) снижение затрат труда и времени для получения данных измерений; 4) отсутствие фиксации животного и влияния наблюдателя во время измерений.

Для выполнения этих требований в проектируемом устройстве предусмотрено использование датчиков, которые размещены в половых путях в течение длительного времени. Это позволит сократить период получения данных вследствие исключения времени для подготовки к каждому измерению (которое включает перемещение животного в станок, санитарную обработку вульвы и термочувствительного датчика), а также исключения времени для размещения датчика и уравнивания его температуры и температуры в половых путях, необходимого для точного измерения.

С целью применения дифференциальной термометрии для диагностики репродуктивной сферы самок животных спроектирован автоматизированный вариант на современной элементной базе. Общая структурная схема системы измерения и блок-схема показаны на рис. 1. Схема содержит следующие блоки: модуль датчиков 1, блок усиления 2, микроконтроллер (МК) 3, интегральные импульсные стабилизаторы напряжения 4, радиомодуль передатчика 5, блок напряжения питания 6, радиомодуль приемника 7, USB-интерфейс 8, ЭВМ 9.

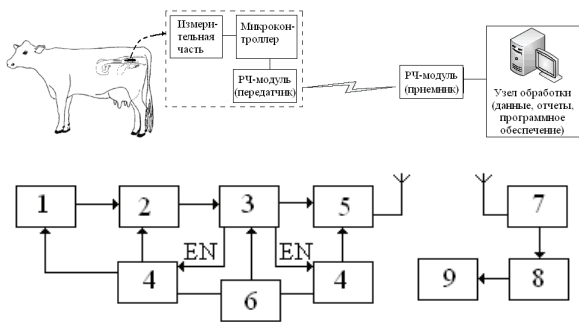


Рис. 1. Общая структурная схема системы измерения и блок-схема для автоматизации диагностики состояния репродуктивной сферы

Режимы работы блоков 1-5 задаются программой МК, который формирует сигналы разрешения для импульсных стабилизаторов, с помощью внутренних АЦП преобразует в цифровые коды уровни напряжения с выходов датчиков, сохраняет серию результатов измерений для последующей передачи на ЭВМ, а также переводит блоки 1-5 в режим останова.

На основании проведенных теоретических исследований и предложенной блок-схемы сформулированы следующие технические требования к характеристикам устройства:

- диапазон измерения температуры 36...42°C;
- точность измерения температуры: 0,1°C;
- шаг квантования измерения температуры 0,02°C;
- диапазон измерения разности температур -0,2...+0,4°C;
- точность измерения разности температур 0,01°C;
- шаг квантования измерения разности температур 0,001°C;
- питание измерительной части, микроконтроллера и РЧ-передатчика от батареи 3...4,5 В;
- питание РЧ-приемника от шины +5 В USB-порта компьютера;
- измерение каждые 5 мин;
- передача данных каждые 15 ÷ 60 мин.

Согласно сформулированным техническим требованиям выполнено проектирование устройства.

В измерительной системе предусматривается использование беспроводной технологии для передачи данных с автономного датчика с помощью РЧ модулей [3] (передатчика и приемника), работающих в ISM-полосе 433 МГц, непосредственно на ПК для их дальнейшей обработки.

Микроконтроллер передает информацию о температуре, разности температур и напряжении источника питания. Предусматривается, что после каждого сеанса измерения и передачи информации микроконтроллер по заданной программе переводит систему в спящий режим с минимальным энергопотреблением.

Разрядность АЦП для измерения температуры должна быть не менее:

$$N1 = \lceil \log_2 ((42 - 36) / 0,1) \rceil = 6.$$

Разрядность АЦП для измерения разности температур должна быть не менее:

$$N2 = \lceil \log_2 ((0,4 - (-0,2)) / 0,001) \rceil = 10.$$

Точность измерения температуры и разности температур определяется средствами калибровки датчиков температуры.

В качестве датчиков температуры предлагается использовать кремниевые транзисторы MTS102, MTS103 или MTS105 [4], у которых выводы базы и коллектора соединены друг с другом. Указанные транзисторы отсортированы заводом-изготовителем по температурному коэффициенту и коэффициенту усиления тока  $h_{21}$ . Это обеспечивает симметрию параметров в схеме измерения разности температур и хорошую взаимозаменяемость датчиков.

Схема модуля датчиков температуры и разности температур приведена на рис. 2.

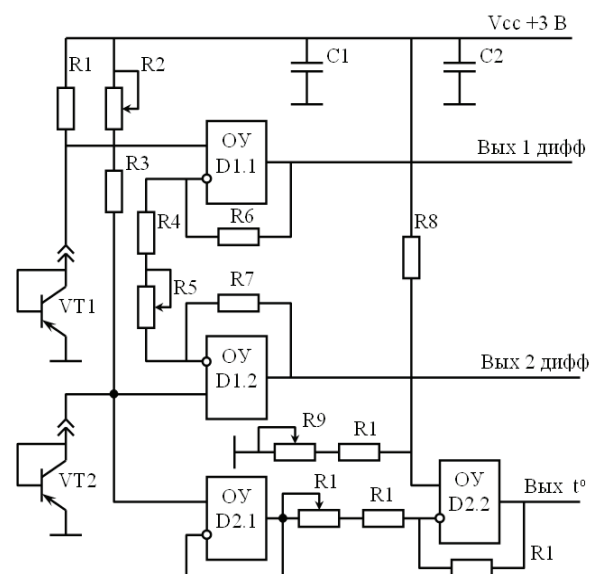


Рис. 2. Схема принципиальная модуля датчиков

Ток датчиков температуры VT1 и VT2 задается резистором R1 (для датчика VT1) и резисторами R2, R3 (для датчика VT2).

Для удобства калибровки датчиков разности температур выбирается максимальный диапазон измерения разности температур от  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Для такого диапазона шаг квантования (при 14-ти разрядном АЦП) составляет  $0,0002^{\circ}\text{C}$ , что с большим запасом удовлетворяет заданным техническим требованиям к системе.

При этом коэффициенты усиления нормирующих операционных усилителей D1.1 и D1.2 должны быть:

$$K = U_{max} / (t_{max} \cdot k) = 1,2 / (4 \cdot 2 \cdot 10^{-3}) = 150,$$

где:  $U_{max} = 1,2\text{ В}$  – максимальное входное напряжение АЦП;

-  $t_{max} = 4\text{ }^{\circ}\text{C}$  – максимальное значение измеряемой разности температур;

-  $k = 2\text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$  – температурный коэффициент датчика.

На этапе регулировки модуля датчиков разности температур, сначала резистором R2 устанавливаются одинаковые напряжения на дифференциальных выходах при полном тепловом контакте обоих датчиков, т.е. при нулевой разности температур. После этого задается калиброванная разность температур для двух датчиков, и резистором R5 устанавливается аналогичное значение на выходе АЦП.

Для удобства калибровки датчика температуры VT2 выбирается максимальный диапазон измерения температуры от  $0^{\circ}\text{C}$  до  $+64^{\circ}\text{C}$ . Для такого диапазона изменения температуры шаг квантования (при 14-ти разрядном АЦП) составляет  $0,004^{\circ}\text{C}$ . Это с большим запасом удовлетворяет техническим требованиям.

Операционный усилитель D2.1 с единичным коэффициентом усиления и максимальным входным сопротивлением необходим для развязки цепи датчика температуры VT2 и нормирующего усилителя D2.2 с относительно небольшим входным сопротивлением.

Коэффициент усиления нормирующего операционного усилителя D2.2 должен быть:

$$K = U_{max} / (t_{max} \cdot k) = 1,2 / (64 \cdot 2 \cdot 10^{-3}) = 9,3,$$

где:  $U_{max} = 1,2\text{ В}$  – максимальное входное напряжение АЦП;

-  $t_{max} = 64^{\circ}\text{C}$  – максимальное значение измеряемой температуры;

-  $k = 2\text{ мВ}/^{\circ}\text{C}$  – температурный коэффициент датчика.

На неинвертирующем входе операционного усилителя D2.2 необходимо установить

напряжение, примерно равное напряжению на выходе датчика VT2 при нулевой температуре.

На этапе регулировки модуля датчиков сначала резистором R9 устанавливают нулевое напряжение на «выходе to» при нулевой температуре датчика VT2. После этого задается калиброванная температура для датчика VT2 и резистором R11 устанавливается аналогичное значение на выходе АЦП.

Основу измерительной части составляет микроконтроллер. Им же потребляется основной ток от батареи питания. Остальные модули потребляют ток только в течение 2...5 секунд (время на завершение переходных процессов) с периодичностью 5 минут. Время цикла измерения или передачи данных через радиоканал – значительно меньше 1 секунды.

Питание приемного радиомодуля [3] осуществляется напряжением 3 В от выходного напряжения USB-порта через импульсный стабилизатор.

Выходные сигналы радиомодуля, соответствующие интерфейсу UART, подаются на вход TxD микроконтроллера, в котором также реализован аппаратный интерфейс USB. Все принятые радио-модулем сигналы преобразуются в сигналы USB-порта и передаются в компьютер.

Вместо микроконтроллера можно использовать специализированную микросхему FT232R, в которой указанные функции преобразования сигналов интерфейса UART в сигналы USB-порта реализованы аппаратно.

## Заключение

Разработанное автоматизированное устройство для измерения температурных параметров позволяет проводить дистанционную диагностику репродуктивной функции у самок животных и обеспечивает снижение затрат труда и времени для получения данных измерений, а также необходимую частоту измерений и длительную эксплуатацию за счет низкого энергопотребления аппаратуры.

## Литература

[1] **R. A. Eigenberg, R. A. Bucklin, T. M. Brown-Brandl.** Chapter 6: Instrumentation for Research and Management in Animal Agriculture. In J.A. DeShazer, ed. Livestock Energetics and Termal Environmental Management, 2009, P. 131-149.

[2] **М. Г. Самынина.** Применение дифференциальной термометрии для повышения достоверности оценки температуры тела. Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2011, № 6/5(54), С. 30-33.

[3] Радиомодули HOPE-RF. – Режим доступа: \www/URL:http://78.my1.ru/publ/radiomoduli\_radioupravlenie/radiomoduli/radiomoduli\_hope\_rf/55-1-0-62 – 30.09.14 г. – Загл. с экрана.

[4] Транзисторы в качестве датчиков температуры. – Режим доступа: \www/URL:http://azdesign.ru/Support/HardWare/Motorola/D19791011Elc042.shtml – 30.09.14 г. – Загл. с экрана.

### Сведения об авторах

**Мегель Юрий Евгеньевич.** Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени П.Василенко. Д.т.н. (2004), профессор (2005); Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени П.Василенко, кафедра кибернетики. Научные интересы: автоматизация биотехнологических процессов.

**Самынина Марина Геннадиевна.** Институт животноводства НААН (2005). Научный

сотрудник (2014); Институт животноводства НААН, отдел биотехнологии репродукции. Научные интересы: термометрия.

**Шигимага Виктор Александрович.** Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени П.Василенко (2015). Д.т.н. (2014) с.н.с. (2002); Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени П.Василенко, кафедра ТСТЖ. Научные интересы: биофизика клетки, репродуктивная биотехнология.

**Торба Александр Алексеевич.** Харьковский национальный университет радиоэлектроники (1978). К.т.н. (1988), доцент (1993); Харьковский национальный университет радиоэлектроники, кафедра электронных вычислительных машин. Научные интересы: цифровая обработка сигналов на основе микропроцессоров и микроконтроллеров, генерация и тестирование свойств последовательностей случайных чисел.

**Иванка Иванова Калиманова,** маг. физ. 1969, д-р 1986, доцент 1991; кафедра точной механики и измерительных приборов, Технический университет Софии; оптические, электро-оптические и лазерные приборы, оптические измерения,

## AUTOMATED MEASURING DEVICE FOR DIAGNOSTICS STATE OF REPRODUCTIVE SPHERE FEMALE ANIMALS

*Yuriy Megel<sup>1</sup>, Marina Samynina<sup>2</sup>, Viktor Shygy maga<sup>3</sup>,  
Alexandr Torba<sup>4</sup>, Ivanka Kalimanova<sup>5</sup>*

<sup>1) 3)</sup> NTUA, Artem str., 44, Kharkov, 61002, Ukraine,

<sup>2)</sup> IAS, 7-Guardia Army str., 3, Post off. Kulynychi, Kharkov. Distr., 62404, Ukraine,

<sup>4)</sup> NUR, Lenin av., 14, Kharkov, 61166, Ukraine, Web address: <http://nure.ua>

<sup>5)</sup> TU-Sofiya, Blvd. Cl. Ohridski 8, 1000, Web address: [www.tu-sofia.bg](http://www.tu-sofia.bg)

*e-mails: <sup>1</sup>megel\_ye@mail.ru, <sup>2</sup>radugadata@mail.ru, <sup>3</sup>vash105@gmail.com*

*<sup>4</sup>biovidoc@gmail.com, <sup>5</sup>ikaliman@tu-sofia.bg*

*Abstract:* The technical description of the device for measurement of temperature parameters for diagnosis of reproductive function in female animals is carried out. The expediency of designing wireless handheld devices and building on its base of data collection and processing systems is shown.

*Key words:* thermometry, measurement device, temperature parameters, reproductive function.

## References

[1] **R. A. Eigenberg, R. A. Bucklin, T. M. Brown-Brandl.** Chapter 6: Instrumentation for Research and Management in Animal Agriculture. In J.A. DeShazer, ed. *Livestock Energetics and Termal Environmental Management*, 2009, P. 131-149.

[2] **M. G. Samynina.** *Primeneniye differehcialnoy termometriyi dlya povysheniya dostovernosti ocenki temperatury tela.* *Vostochno-Europejskiy zhurnal peredovyh tehnologiy*, 2011,

№ 6/5(54), S. 30-33.

[3] Radiomoduli HOPE-RF. – Rezhym dostupa: \www/URL: [http://78.my1.ru/publ/radiomoduli\\_radioupravlenie/radiomoduli/radiomoduli\\_hope\\_rf/55-1-0-62](http://78.my1.ru/publ/radiomoduli_radioupravlenie/radiomoduli/radiomoduli_hope_rf/55-1-0-62) – 30.09.14 g. – Zagl. s ekrana.

[4] Tranzistory v kachestve datchikov temperatury. – Rezhym dostupa: \www/URL: <http://azdesign.ru/Support/HardWare/Motorola/D19791011Elc042.shtml> – 30.09.14 g. – Zagl. s ekrana.

## АВТОМАТИЗИРАНО ИЗМЕРВАТЕЛНО УСТРОЙСТВО ЗА ДИАГНОСТИКА НА СЪСТОЯНИЕТО НА СФЕРАТА НА РЕПРОДУКТИВНОСТ НА ЖЕНСКИТЕ ЖИВОТНИ

*Юрий Мегел<sup>1)</sup>, Марина Саминина<sup>2)</sup>, Виктор Шигимага<sup>3)</sup>,  
Александр Торба<sup>4)</sup>, Иванка Калиманова<sup>5)</sup>*

<sup>1,3)</sup> ХНТУСХ им. П.Василенко, 61002, Украина, ул. Артема, 44, Харьков, Web address:

<sup>2)</sup> ИЖ НААН, 62404, Украина, ул. 7-й Гвардейской Армии, 3, пгт. Кулинич,  
Харьковский р-н, Харьковская обл.,

<sup>4)</sup> ХНУР, 61166, Украина, пр. Науки, 14, Харьков, Web address: <http://nure.ua>

<sup>5)</sup> Технический университет-София, бул. Кл. Охридски 8, 1000, [www.tu-sofia.bg](http://www.tu-sofia.bg)  
*e-mails: <sup>1)</sup>mege\_l\_ye@mail.ru, <sup>2)</sup>radugadata@mail.ru, <sup>3)</sup>vash105@gmail.com*

*<sup>4)</sup>biovidoc@gmail.com, <sup>5)</sup>ikaliman@tu-sofia.bg*

*Резюме:* В работата е представено техническото описание на устройство за измерване на температурните параметри с цел диагностиране на репродуктивните функции на женските животни, провеждано в съответствие с разработения метод. Показана е целесъобразността на проектирането на безжично портативно устройство и разработването на базираща се на него система за събиране и обработване на данните.

*Ключови думи:* термометрия, измерително устройство, температурни параметри, репродуктивна функция.