

## УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОПТОЭЛЕКТРОННОГО ДАТЧИКА ВЛАЖНОСТИ ВОЗДУХА

Н. УМАРАЛИЕВ<sup>1</sup>, М. М. МАТБАБАЕВ<sup>2</sup>, К. М. ЭРГАШЕВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ферганский филиал Ташкентского университета информационных технологий,  
150118, Фергана, Узбекистан,  
E-mail: nurtuhammad@bk.ru

<sup>2</sup> Ферганский политехнический институт, 150122, Фергана, Узбекистан

Представлена установка для изучения принципа работы оптоэлектронного датчика относительной влажности воздуха. Приведены описание и структурная схема датчика мониторинга влажности воздуха в контролируемом объекте. Рассмотрены устройство для калибровки датчиков влажности и реализующий его алгоритм.

**Ключевые слова:** цифровые измерительные приборы, относительная влажность воздуха, микроклимат, оптоэлектронный датчик влажности, эталонная величина, калибровка измерительных приборов

Измерение и регулирование относительной влажности воздуха, создание определенного микроклимата являются важнейшими условиями не только жизнедеятельности живых организмов, но и функционирования различных объектов в целом ряде отраслей.

Необходимый микроклимат обеспечивается системой автоматического регулирования температуры и влажности воздуха, в которой относительная влажность воздуха измеряется различными датчиками: оптоэлектронными, абсорбционными, емкостными и т.д. В помещениях с повышенной влажностью чувствительность абсорбционных датчиков при непрерывном режиме эксплуатации быстро уменьшается. Для восстановления нормальной работоспособности необходимо их периодически высушивать и калибровать. Оптоэлектронные датчики относительной влажности воздуха, в отличие от абсорбционных, не требуют таких технически сложных операций.

Разные типы оптоэлектронных датчиков относительной влажности воздуха рассматриваются, например, в работах [1—8], где предложены различные схемотехнические решения для уменьшения влияния таких внешних факторов, как засветка, загрязненность апертуры измерительных преобразователей, температура, электростатическое поле и т.д.

В настоящей статье приведены основные принципы построения оптоэлектронных датчиков (в частности, при организации лабораторных работ) и современных средств мониторинга измерительных данных; также рассматриваются вопросы калибровки измерительных устройств (датчиков) на примере одного из способов измерения относительной влажности воздуха и реализующего этот способ оптоэлектронного датчика.

Предлагаемая лабораторная оптоэлектронная установка оснащена микроконтроллером, предназначенным для изучения принципов косвенного измерения и постоянного мониторинга относительной влажности воздуха выбранного закрытого объекта, а также для автоматизированного дистанционного управления относительной влажностью. Структурно-функциональная схема приведена на рис. 1.



Рис. 1

Рассмотрим принцип работы оптоэлектронного датчика относительной влажности воздуха, построенного по интегральному методу на просвет. Известно, что в основе интегральных методов измерения на просвет лежит уравнение Бугера — Ламберта — Бера [1, 2]. Согласно этому уравнению, поток  $F$  монохроматического излучения с длиной волны  $\lambda$ , прошедший через некоторый объект, равен

$$F_1 = F_0 \exp(-D_\lambda),$$

где  $D_\lambda$  — оптическая плотность объекта,  $F_0$  — поток излучения, направленный на объект.

Оптоэлектронные первичные преобразователи можно разделить, в соответствии с алгоритмом преобразования информации, на следующие типы:

— устройства измерения с логарифмическими усилителями, выполняющими функцию линейризации;

— устройства измерения с функциональной разверткой в приемной части, при этом функцию линейризации выполняет фотоприемник, питание которого осуществляется обратно пропорционально закону изменения потока излучения  $F$ ;

— устройства измерения с функциональной разверткой в приемной части, при этом функцию линейризации выполняет источник излучения, формирующий потоки излучения по соответствующему закону изменения оптической плотности в зависимости от измеряемого параметра исследуемого объекта.

Преимущества и недостатки этих принципов преобразования достаточно подробно рассмотрены в работе [2].

С развитием микропроцессорной техники стало возможным реализовать функцию преобразования программно, также с развитием микроэлектронной техники чувствительность фотоприемников возросла на несколько порядков. В этих условиях нет необходимости в линейризации аналогового сигнала. Это обстоятельство позволяет упростить датчик, исключив все элементы, кроме самого преобразователя измеряемого параметра в напряжение, которое непосредственно подается на аналоговый вход микроконтроллера. Далее осуществляется цифровая обработка информации по соответствующему алгоритму в микроконтроллере. Как правило, этот алгоритм строится на основе математического описания измеряемого параметра, определяемого сигналом на входе АЦП.

Как известно [9, 10], водяные пары имеют высокую степень поглощения на очень многих длинах волн, например в частотном диапазоне  $\lambda=2,5 \dots 2,8$  мкм. Согласно этому в качестве источника излучения выбран светодиод марки LED-270-NS [11], рабочая длина волны излучения которого  $\lambda=2,74$  мкм [12], а в качестве приемника излучения — фотодиод PD36-01, чувствительная зона которого лежит в спектральном диапазоне  $\lambda=2,55 \dots 3,45$  мкм [13].

Упрощенная схема первичного измерительного преобразователя приведена на рис. 2, где  $UI$  — микроконтроллер Atmega328P,  $D1$  — излучатель,  $D2$  — приемник, КО — контролируемый влагосодержащий объект,  $R1$ — $R2$  — режимные резисторы,  $U2$  — операционный усилитель.

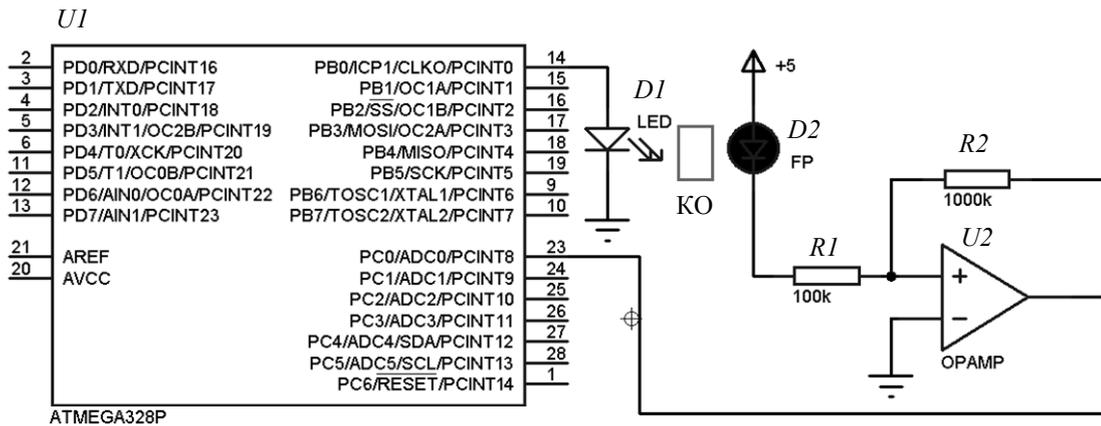


Рис. 2

Датчик работает следующим образом. При поступлении на излучатель  $D1$  импульса тока он генерирует излучение в ИК-области. Оптическое излучение, проходя через контролируемый объект, ослабляется, оптический сигнал поступает на приемник  $D2$ , формируется электрический импульс. Электрический сигнал в виде импульса напряжения поступает на вход операционного усилителя  $U2$  и затем на аналоговый вход микроконтроллера. Далее обработанный сигнал, т.е. выделенная информация о влажности контролируемого объекта, передается в индикатор или базу данных для дальнейшей обработки.

Для калибровки любого измерительного прибора, в том числе оптоэлектронных датчиков относительной влажности воздуха, требуется знание множества эталонных параметров или необходимы эталонные образцы с заранее известными измеряемыми параметрами. В рассматриваемом случае использовались образцы с известными концентрациями относительной влажности воздуха, значения которых лежат в диапазоне от 25 до 90 % по объему.

Было разработано устройство, формирующее несколько эталонных значений влажности воздуха для калибровки оптоэлектронных датчиков влажности. Схематическое изображение устройства приведено на рис. 3, где 1 — трубка, объем которой рассчитан на максимальное значение относительной влажности воздуха, 2 — кварцевая трубка (кювета), 3 — 3' — вентили для заправки системы влажным воздухом, 4 — вентили для подключения следующего объема, 5 — калиброванные емкости, заполненные сухим воздухом, 6 — датчик температуры, 7 — датчик влажности воздуха.

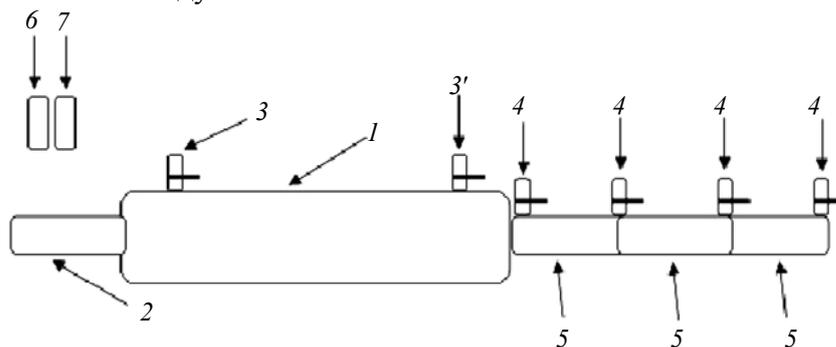


Рис. 3

Для обеспечения точности формирования эталонных значений концентрации необходимо провести предварительную калибровку эталонных емкостей в следующем порядке:

— заливается каждая емкость отдельно до контрольной риски на стеклянной трубке эталонным количеством воды, масса которой предварительно измеряется прецизионным весовым устройством;

— в случае несовпадения емкости с эталонным количеством воды необходимо изменить объем калибруемой емкости с помощью калибровочных винтов.

Таким образом, подготовленное устройство может обеспечивать достаточную точность эталонных емкостей.

С помощью трубки с вентилем 3 в систему запускается нагретый водяной пар при открытом вентиле 3', остальные вентили закрыты, затем вентиль 3' закрывается. Таким образом, в первом отсеке и в кювете устанавливается 100%-ная относительная влажность воздуха. Проводим измерение и определяем, используя датчики 6 и 7, первую точку для калибровочной кривой. Открываем вентиль 4 следующего отсека, заполненного воздухом, — формируется новое значение концентрации влажности. Проводим измерение и определяем вторую точку для калибровочной кривой. Открываем вентиль 4 следующего отсека, заполненного воздухом, — формируется следующее значение концентрации влажности. Проводим измерение и определяем очередную точку для калибровочной кривой. В результате записываем показания калибруемого датчика, соответствующие всем имеющимся эталонным значениям измеряемого параметра — относительной влажности воздуха. Далее, используя метод наименьших квадратов, можно построить эмпирическую математическую модель измерительного прибора, т.е. получить калибровочную кривую исследуемого датчика. Затем реализуем программную обработку сигнала датчика с помощью математической модели, чтобы получить значение влажности на выходе прибора.

Разработанное устройство позволяет многократно воспроизводить эталонные значения влажности воздуха с достаточной точностью и осуществлять калибровку датчиков влажности.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матбабаев М. М. Оптоэлектронный метод и устройство контроля влажности воздуха крутильных и ткацких производств: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ташкент. политехн. ин-т им. А. Р. Беруни. Ташкент, 1990.
2. Умаралиев Н. Оптоэлектронные первичные измерительные преобразователи линейной плотности шелка-сырца и нитей из натурального шелка: Автореф. дис. ... канд. техн. наук / Ташкент. гос. техн. ун-т. Ташкент, 1991.
3. Фрайден Дж. Современные датчики: Справочник. М.: Техносфера, 2005. 592 с.
4. Мухитдинов М., Мусаев Э. С. Оптические методы и устройства контроля влажности. М.: Энергоатомиздат, 1986. 96 с.
5. Берлинер М. А. Измерения влажности. М.: Энергия, 1973. 400 с.
6. Мухитдинов М., Мусаев Э. С., Рожков В. М. Применение функционального управления потоками излучения для измерения плотности и влажности объектов // Измерительная техника. 1981. № 3. С. 66—67.
7. А. с. 802856 СССР. Способ измерения влажности / М. Мухитдинов, Э. С. Мусаев, В. М. Рожков // Б. И. 1981. № 5.
8. А. с. 842423 СССР. Устройство для измерения влажности / М. Мухитдинов, Э. С. Мусаев, В. М. Рожков // Б. И. 1981. № 24.
9. <https://mash-xxl.info/info/362665/>
10. Зуев В. Е., Макушкин Ю. С., Пономарев Ю. Н. Спектроскопия атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1987. 247 с.
11. <http://www.ibsg.ru>
12. [http://www.ibsg.ru/led/LED\\_Data/LED\\_PDF/LED\\_NS/LED-270-NS.pdf](http://www.ibsg.ru/led/LED_Data/LED_PDF/LED_NS/LED-270-NS.pdf)
13. [http://www.ibsg.ru/PDF\\_Data/PD36-01\\_RU.pdf](http://www.ibsg.ru/PDF_Data/PD36-01_RU.pdf)

#### Сведения об авторах

- Нурмамат Умаралиев** — канд. техн. наук; Ферганский филиал Ташкентского университета информационных технологий, кафедра телекоммуникации и инжиниринга; E-mail: nurmuhammad@bk
- Махмуд Мирзаевич Матбабаев** — канд. техн. наук, доцент; Ферганский политехнический институт, кафедра электротехники, электромеханики и электротехнологии
- Кахрамон Мухомолович Эргашев** — Ферганский политехнический институт, кафедра метрологии, стандартизации и менеджмента качества продукции; ст. преподаватель; E-mail: muxammadboras@gmail.com

**Ссылка для цитирования:** Умаралиев Н., Матбабаев М. М., Эргашев К. М. Установка для изучения оптоэлектронного датчика влажности воздуха // Изв. вузов. Приборостроение. 2020. Т. 63, № 3. С. 237—241.

## INSTALLATION FOR STUDYING AN OPTOELECTRONIC HUMIDITY SENSOR

N. Umaraliyev<sup>1</sup>, M. M. Matbabayev<sup>2</sup>, K. M. Ergashev<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tashkent University of Information Technologies, Fergana Branch,  
150118, Fergana, Uzbekistan,  
E-mail: nurmuhammad@bk.ru

<sup>2</sup>Fergana Polytechnic Institute, 150122, Fergana, Uzbekistan

An installation is proposed for studying the principle of operation of an optoelectronic sensor for measuring relative air humidity. Description and structure schematic of a device for continuous monitoring of air humidity in a controlled object are presented. A device developed for calibrating humidity sensors, and algorithm for humidity sensors calibration are considered.

**Keywords:** digital measuring instruments, relative humidity, microclimate, optoelectronic humidity sensors, reference value, calibration of measuring instruments

### REFERENCES

1. Matbabayev M.M. *Optoelektronnyy metod i ustroystvo kontrolya vlazhnosti vozdukha krutil'nykh i tkatskikh proizvodstv* (Optoelectronic Method and Device for Controlling Air Humidity in Torsion and Weaving Industries), Extended abstract of candidate's thesis, Tashkent, 1990. (in Russ.)
2. Umaraliyev N. *Optoelektronnyye pervichnyye izmeritel'nyye preobrazovately lineynoy plotnosti shelkasyrtsa i nitey iz natural'nogo shelka* (Linear Density Optoelectronic Primary Transducers of Raw Silk and Natural Silk Threads), Extended abstract of candidate's thesis, Tashkent, 1991. (in Russ.)
3. Fraden J. *Handbook of Modern Sensors*, Springer, 2015, 758 p.
4. Mukhitdinov M., Musayev E.S. *Opticheskiye metody i ustroystva kontrolya vlazhnosti* (Optical Methods and Humidity Control Devices), Moscow, 1986, 96 p. (in Russ.)
5. Berliner M.A. *Izmereniya vlazhnosti* (Humidity Measurement), Moscow, 1973, 400 p. (in Russ.)
6. Mukhitdinov M., Musayev E.S., Rozhkov V.M. *Measurement Techniques*, 1981, no. 3, pp. 66–67. (in Russ.)
7. Certificate of authorship 802856 USSR, *Sposob izmereniya vlazhnosti* (Method for Measuring Humidity), M. Mukhitdinov, E.S. Musayev, V.M. Rozhkov, 1981, Bulletin 5. (in Russ.)
8. Certificate of authorship 842423 USSR, *Ustroystvo dlya izmereniya vlazhnosti* (Moisture Measuring Device), M. Mukhitdinov, E.S. Musayev, V.M. Rozhkov, 1981, Bulletin 24. (in Russ.)
9. <https://mash-xxl.info/info/362665/>. (in Russ.)
10. Zuev V.E., Makushkin Yu.S., Ponomarev Yu.N. *Spektroskopiya atmosfery* (Atmospheric Spectroscopy), Leningrad, 1987, 247 p. (in Russ.)
11. <http://www.ibsg.ru>. (in Russ.)
12. [http://www.ibsg.ru/led/LED\\_Data/LED\\_PDF/LED\\_NS/LED-270-NS.pdf](http://www.ibsg.ru/led/LED_Data/LED_PDF/LED_NS/LED-270-NS.pdf). (in Russ.)
13. [http://www.ibsg.ru/PDF\\_Data/PD36-01\\_RU.pdf](http://www.ibsg.ru/PDF_Data/PD36-01_RU.pdf). (in Russ.)

### Data on authors

- Nurmatat Umaraliyev** — PhD; Tashkent University of Information Technologies, Fergana Branch, Department of Telecommunication and Engineering; E-mail: nurmuhammad@bk
- Mahmud M. Matbabayev** — PhD, Associate Professor; Fergana Polytechnic Institute, Department of Electrical Engineering, Electromechanics, and Electrotechnology
- Kahramon M. Ergashev** — Fergana Polytechnic Institute, Department of Metrology, Standardization, and Production Quality Management; Senior Lecturer; E-mail: muxammadboras@gmail.com

**For citation:** Umaraliyev N., Matbabayev M. M., Ergashev K. M. An installation for studying optoelectronic humidity sensor. *Journal of Instrument Engineering*. 2020. Vol. 63, N 3. P. 237—241 (in Russian).

DOI: 10.17586/0021-3454-2020-63-3-237-241