

УДК 662.997:662.99:771.449.2:681.5

UDC 662.997:662.99:771.449.2: 681.5

05.00.00 Технические науки

Technical sciences

**АППАРАТНЫЕ СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ ГЕЛИОВОДОПОДОГРЕВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

**THE HARDWARE SOURCES OF THE AUTOMATION OF THE SOLAR WATER HEATING OF THE AGRICULTURE PLANTS**

Газалов Владимир Сергеевич  
ведущий научный сотрудник отдела электроэнергетики РИНЦ SPIN-код=8031- 5708  
*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (ФГБНУ СКНИИМЭСХ),*  
д-р техн. наук, профессор кафедры энергетики Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО ДГАУ в г.Зернограде, Зерноград, Россия  
*E-mail: gazalv@rambler.ru*

Gazalov Vladimir Sergeyevich  
senior research scholar of the Energy department RSCI SPIN-code=8031- 5708  
*Federal State financed scientific institution North Caucasus scientific- research institute of mechanization and electrification of agriculture (FSBSI NCSRIMEA),*  
Dr.Sci.Tech., professor of the Energy Chair Azov-Blacksea engineering Institute FSBEI DSAU in t.Zernograd, Zernograd, Russia  
*E-mail: gazalv@rambler.ru*

Брагинец Андрей Валерьевич  
младший научный сотрудник отдела электроэнергетики РИНЦ SPIN-код=6352-1932  
*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (ФГБНУ СКНИИМЭСХ), Зерноград, Россия*  
*E-mail: al.55552015@yandex.ru*

Braginets Andrey Valeryevich  
junior research scholar of the Energy department RSCI SPIN-code=6352-1932  
*Federal State financed scientific institution North Caucasus scientific- research institute of mechanization and electrification of agriculture (FSBSI NCSRIMEA), Zernograd, Russia*  
*E-mail: al.55552015@yandex.ru*

Моренко Константин Сергеевич  
к. т. н., младший научный сотрудник отдела электроэнергетики РИНЦ SPIN-код=2485-0038  
*Федеральное государственное бюджетное научное учреждение Северо-Кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства (ФГБНУ СКНИИМЭСХ), Зерноград, Россия*  
*E-mail: morenko\_k@mail.ru*

Morenko Konstantin Sergeyevich  
Cand.Tech.Sci., junior research scholar of the Energy deptment, RSCI SPIN-code=2485-0038  
*Federal State financed scientific institution North Caucasus scientific- research institute of mechanization and electrification of agriculture (FSBSI NCSRIMEA), Zernograd, Russia*  
*E-mail: morenko\_k@mail.ru*

Беленов Виталий Николаевич  
к. т. н., доцент кафедры энергетики РИНЦ SPIN-код=9492-4950  
*Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО ДГАУ в г.Зернограде, Зерноград, Россия*  
*E-mail: vetal\_belenov@mail.ru*

Belenov Vitaly Nikolaevich  
Cand.Tech.Sci., associate professor of the Energy Chair, RSCI SPIN-code=9492-4950  
*Azov-Black sea engineering Institute FSBEI DSAU in Zernograd, Zernograd, Russia*  
*E-mail: vetal\_belenov@mail.ru*

Рассмотрена необходимость постоянного контроля качества работы гелиосистем. Указаны преимущества микроконтроллерных систем, получивших значительное развитие за последние десятилетия. Указаны возможности применения микроконтроллерных систем для проведения контроля качества работы. Показана электрическая принципиальная схема устройства автоматического управления гелиоводоподогревом, позволяю-

The article deals with the necessity of the uninterrupted control of the work quality of the solar heating system. The advantages of the microcontroller systems, which gave their evolution in the last years, are shown. The possibilities of the usage of the microcontroller systems for carrying the work quality control are shown. The electrical principal scheme of the system of the automatic control of the solar water heating which allow to control the work quality con-

шая контролировать качество работы установки. Установка разделена на взаимосвязанные части. Рассмотрены методы измерения температуры с помощью электронных датчиков температуры 18B20, расхода воды с помощью оптической пары с открытым каналом и счётчика воды с оптическим колесом, уровня воды в баке с помощью ультразвукового датчика расстояния и уровня солнечного излучения с помощью пиранометра. Произведены необходимые расчёты геометрических размеров бака и скорости протекания воды через солнечный коллектор. Рассмотрены соответствующие им аппаратные средства микроконтроллеров марки PIC: аппаратные счётчики, таймер с режимом разрешения счёта времени по внешнему сигналу (Gate Control), аналого-цифровой преобразователь и источник опорного напряжения. Приведены алгоритмы управления температурой воды в баке и заполнением бака горячей водой из солнечного коллектора. Указаны способы передачи информации оператору. Рассмотрены преимущества применения микроконтроллерного управления

Ключевые слова: СОЛНЕЧНЫЕ КОЛЛЕКТОРЫ, ГЕЛИОРВОДОПОДОГРЕВ, ГЕЛИОТЕХНИКА, АВТОМАТИЗАЦИЯ

trol are shown. The system was divided into interconnected parts. The methods of the temperature control by the electronic temperature sensors 18B20, water control by the optical pair with open channel and water quantity meter with the optical wheel, water level in the tank by the ultrasonic sensor of the distance and level of the solar radiation by the pyranometer are shown. The necessarily calculation of the geometric tank sizes and water velocity in the solar collector are carried out. The corresponding hardware resources of the PIC microcontrollers like hardware counters, timer with the ability to allow counting by the external signal (Gate Control), analog-digital converter and fixed voltage reference module are described. The algorithms of the control of the water temperature in the tank and the control of the filling the tank with the hot water from the solar collector are described. The methods of the transmitting information to the operator are shown. The advantages of the microcontroller control are described

Keywords: SOLAR COLLECTORS, HELIORADIATION, HELIO TECHNICS, AUTOMATION

## 1 Введение

Эффективность и экономическая целесообразность применения ге-лиосистем [1-6] для покрытия нужд сельского хозяйственных объектов, как удалённых, так и имеющих постоянную связь с энергосетями, обуславливается наличием постоянного контроля над качеством их работы. Мониторинг основных показателей эффективности при помощи автоматизированных систем позволяет вести дальнейшую настройку оборудования, подстраивая её под климатическую зону, в которой она расположена с целью максимизации получения солнечной энергии и сокращению тепловых потерь. Накопление информации позволяет составлять отчётность по итогам работы за год и использовать полученную информацию в научных работах.

Значительный прогресс в области микроэлектроники за последние десятилетия способствует росту общей автоматизации современных

устройств. В первую очередь следует отметить микроконтроллеры, как наиболее универсальное средство автоматизации, поскольку они способны выполнять программы, что позволяет реализовывать различные по назначению устройства с использованием одной и той же элементной базы.

Прогресс в технологиях производства интегральных схем позволил значительно снизить их стоимость. Тем не менее, в связи с усложнением самих интегральных схем, и переходом на программируемые микросхемы (микроконтроллеры), квалификация персонала, осуществляющего разработку устройств с применением микроконтроллеров, должна быть значительно выше. Кроме знаний и навыков в области электроники им так же необходимы знания в области программирования, поскольку такие устройства без программ бесполезны.

Вместе с указанными издержками у микроконтроллерных систем есть так же неоспоримые преимущества:

- универсальность — использование одной и той же элементной базы позволяет реализовывать различные устройства автоматизации;
- гибкость — при проведении разработки устройства в ходе испытаний образцов нередко выясняются дополнительные аспекты функционирования, которые требуют изменения поведения устройства; в случае с микроконтроллером часто это может быть выполнено изменением управляющей программы без изменения схемы;
- дешевизна — реализация устройства со сложным алгоритмом управления может быть выполнена на небольшом числе элементов, в то время как реализация подобного алгоритма на микросхемах низкой или высокой степени интеграции требует гораздо большего числа элементов и отличается более высоким энергопотреблением;
- энергоэффективность — сложность устройства микроконтроллера компенсируется возможностью снизить энергопотребление переводом его в «спящий» режим, что снижает энергопотребление на рабо-

ту компонентов микроконтроллера (в современных микроконтроллерах ток в режиме «сна» может быть менее 80 нА [7]).

- аппаратная совместимость — широкий список встроенных периферийных модулей позволяет уже внутри устройства реализовывать интерфейсы шин передачи данных, аналого-цифровое преобразование, цифро-аналоговое преобразование и другие операции.

Таким образом, вышеизложенные позиции делают микроконтроллерные устройства крайне полезными не только при проведении автоматизации установок, но и для сбора данных в целях научных исследований. Низкое энергопотребление позволяет устанавливать их автономно для сбора данных и не прибегать к проведению питающих шин в труднодоступные места, а возможность работы с периферийными модулями позволяет записывать информацию, например, на SD-карту, которая затем может быть извлечена и подключена к персональному компьютеру для последующей обработки результатов.

## **2 Аппаратные средства**

### **2.1 Общие принципы построения системы**

Система автоматизации осуществляет управление подачей воды через солнечный коллектор, накопление воды в баке и контроль качества воды, отбираемой из бака, а так же контроль поступающего солнечного излучения. Принципиальная электрическая схема приведена на рисунке (рис.1).

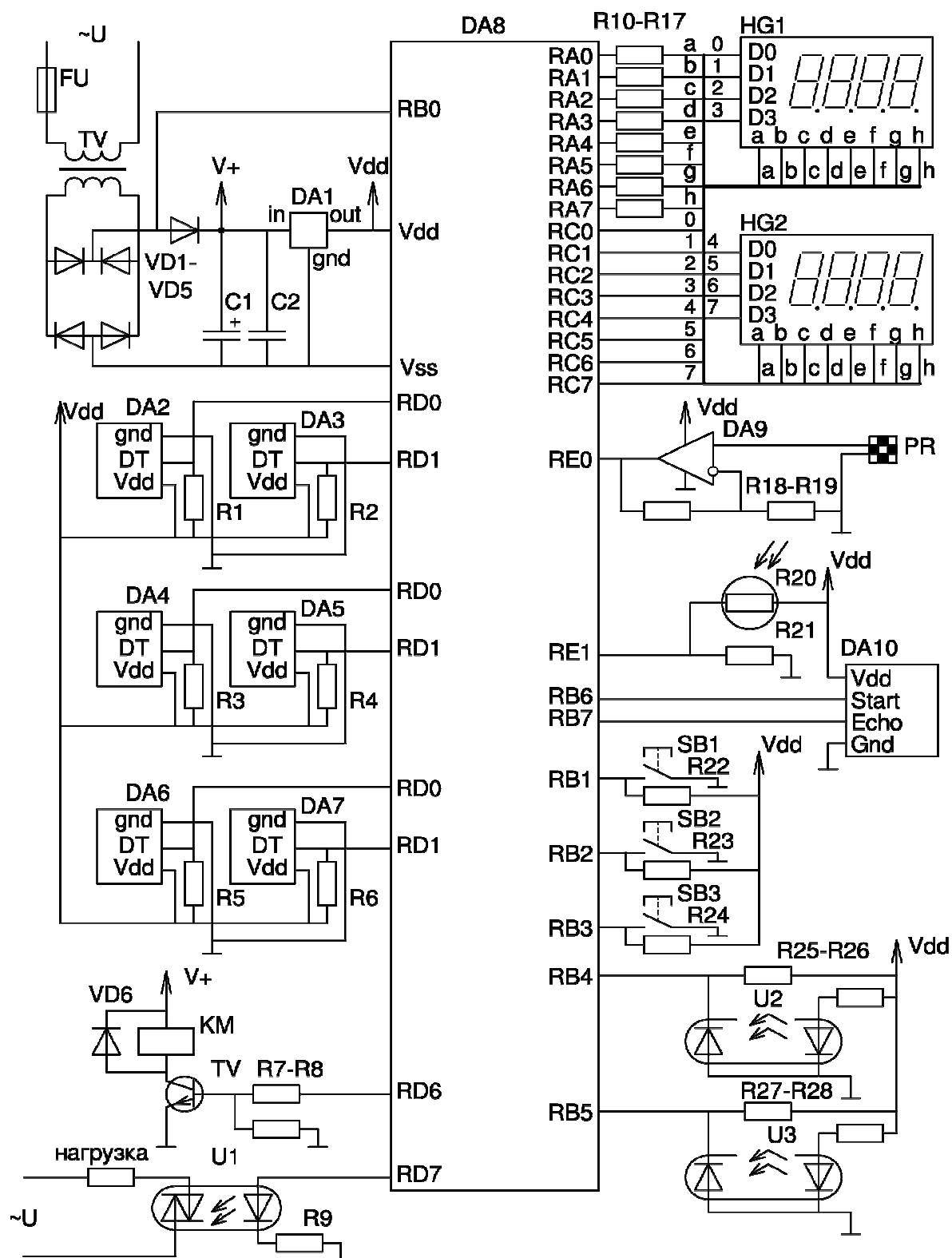


Рисунок 1 - Принципиальная электрическая схема устройства автоматизации гелиоводоподогрева сельскохозяйственных объектов

Вся установка разделена на несколько взаимосвязанных частей:

- блок нагрева воды (солнечный коллектор);
- блок накопления воды (бак с нагревателями);
- блок измерения параметров окружающей среды.

В блок нагрева воды входят:

- датчики температуры холодной и горячей воды (DA2–DA3, R1–R2);
- оптический модуль контроля количества воды (U2, R25–R26);
- блок управления электромагнитным клапаном (R7–R8, TV, KM, VD6).

В блок накопления воды входят:

- датчик уровня воды в баке (DA10);
- датчик температуры воды в баке (DA4, R3);
- блок управления ТЭНом (U1, R9).
- блок подсчёта количества отобранной воды (DA5, R4, U3, R27–R28).

В блок измерения параметров окружающей среды входят:

- датчики температуры воздуха внутри солнечного коллектора и снаружи (DA6–DA7, R5–R6);
- датчик освещённости (R20–R21);
- пиранометр (PR, DA9, R18–R19).

Другие вспомогательные блоки устройства:

- блок питания (FU, TV, VD1–VD5, C1–C2, DA1);
- блок взаимодействия с пользователем и вывода информации (HG1–HG2, R10–R17, R22–R24, SB1–SB3).

## **2.2 Измерение температуры**

Измерение температуры осуществляется с помощью датчиков температуры марки 18B20 фирмы Dallas Semiconductors. Согласно [8] точность измерения температуры с помощью этого датчика составляет  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , при

этом рабочий диапазон температур составляет  $-50 - +125$  °С. Указанный диапазон температур позволяет эксплуатировать установку круглосуточно, и не проводить дополнительные консервационные операции на период холодного времени года.

Максимальная разрешающая способность датчиков составляет 12 бит и разрешающая способность по температуре составляет  $0,0625$ °С. Время измерения температуры при этом составляет не более  $0,8$  С.

### 2.3 Измерение расхода воды

Количество воды, прошедшей через коллектор, и отобранной из бака, измеряется с помощью счётчиков воды СГВ-15, предназначенных для учёта количества горячей воды температурой до  $90$ °С с максимальным расходом  $1,5$  м<sup>3</sup>/час. Данные счётчики оборудованы оптическим колесом, позволяющим осуществлять измерение количества прошедшей воды с помощью оптической пары с открытым каналом, собранных на элементах U1–U2 и R25–R28. При этом на один импульс приходится объём воды в  $V_{\text{имп}}=8,14$  мл. При максимальном расходе частота следования импульсов составит:

$$f_{\text{имп}} = \frac{1,5}{3600} \cdot \frac{1}{8,14 \cdot 10^{-6}} = 51 \text{Гц}. \quad (1)$$

Для того, чтобы упростить программный код, можно воспользоваться одним из встроенных в микроконтроллер восьмибитных счётчиков, измерение показаний которых производится каждую секунду. Из предыдущих расчётов ясно, что переполнения счётчика в этом случае не происходит. Разрешающая способность по расходу при измерении количества импульсов за одну секунду составляет:

$$dV = \frac{V_{\text{имп}}}{1} = \frac{8,14 \cdot 10^{-6}}{1} = 8,14 \text{мл/с} = 29,3 \text{л/ч}. \quad (2)$$

Поскольку порог чувствительности счётчика составляет не более  $15$  л/ч [7], то следует использовать метод нагрева воды, при котором нагретая в солнечном коллекторе вода заменяется на холодную воду циклически.

При этом для обеспечения качества выходящей воды установлен температурный гистерезис, рассмотренный ниже.

#### 2.4 Измерение уровня воды в баке

Уровень воды в баке измеряется с помощью герметичного ультразвукового измерителя расстояния DA10 HC-SR04. Измерение производится путём определения расстояния от места установки датчика до зеркала воды в баке определением времени прохождения ультразвуковых колебаний, при этом в [9] указано, что расстояние до объекта в сантиметрах определяется с помощью уравнения:

$$L_{об} = \frac{T_{изм}}{58}, \quad (3)$$

где  $T_{изм}$  — интервал времени между восходящим фронтом импульса старта измерений на входе TRIG и восходящим фронтом импульса на выходе ЕСНО, мкс.

Так же в технической документации указано, что погрешность измерений не превышает  $dL=3$ мм.

Применение встроенного аппаратного шестнадцатиразрядного таймера так же позволяет упростить процедуру измерений. Таймер запускается одновременно с подачей на вход импульса начала измерений, и останавливается при изменении состояния на измерительном входе микроконтроллера (режим «Gate Control»), то есть при появлении высокого уровня на выходе ЕСНО измерительного устройства.

Таким образом, в таймере по возвращении сигнала будет присутствовать интервал времени между посылкой сигнала начала измерений и появлением сигнала ЕСНО, обработка которого согласно формуле (3) позволит получить расстояние до зеркала воды. Далее объём воды в баке определяется следующей формулой:

$$V_{воды} = (L_{бак} - L_{об}) \cdot S_{осн}, \quad (4)$$

где  $S_{осн}$  — площадь основания бака, м<sup>2</sup>;



$L_{\text{бак}}$  — высота установки датчика уровня воды относительно дна бака, м.

Предел измерений таймера составляет 65536 мкс, в то время как измерение максимального расстояния в 4,00 м занимает:

$$t_{\text{измmax}} = 400 \cdot 58 = 23200 \text{ мкс}, \quad (5)$$

что меньше предела измерения таймера, поэтому переполнения таймера в нормальном режиме произойти не может. Его переполнение может произойти только в случае отказа датчика, что может быть использовано для диагностирования неполадки в системе.

В инструкции [10] так же отмечено, что плоский угол излучения при измерении составляет не более  $\alpha=30^\circ$ , поэтому для устранения ошибки, вызванной отражением излучаемого сигнала от стенок зоны измерения, необходимо, чтобы излучённый сигнал в первую очередь достигал поверхности, до которой производится измерение расстояния, то есть поверхности воды (рис.2).

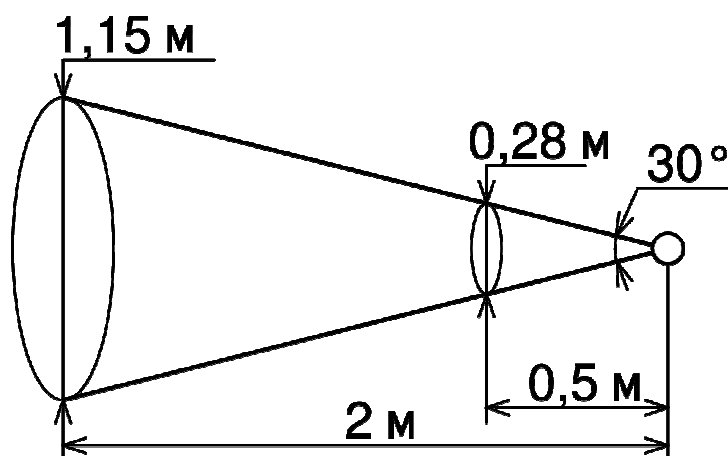


Рисунок 2 – Распространение ультразвуковой волны

Расчёты показывают, что при измерении максимального расстояния  $L_{\text{max}}=0,5$  м диаметр окружности основания бака (или диаметр вписанной окружности в случае бака с другой формой основания) составляет:

$$D = 2 \cdot L_{max} \cdot \operatorname{tg} \frac{30^\circ}{2} = 2 \cdot 0,5 \cdot \operatorname{tg} \frac{30^\circ}{2} = 0,27 \text{ м}, \quad (6)$$

площадь основания которого составит:

$$S = \pi \cdot \frac{D^2}{4} = 3,14 \cdot \frac{0,272}{4} = 0,057 \text{ м}^2. \quad (7)$$

Таким образом для указанного бака объёмом:

$$V = S \cdot (L_{max} - L_{min}) = 0,057 \cdot (0,5 - 0,02) = 0,027 \text{ м}^3, \quad (8)$$

точность измерения объёма воды составляет:

$$dV = dL \cdot S = 0,003 \cdot 0,057 = 0,17 \text{ л}. \quad (9)$$

Успешное вычисление объёма воды в баке на основании измерении уровня воды ультразвуковым датчиком возможно при соблюдении условия:

$$\frac{D}{2 \cdot L} > \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \approx 0,267 \quad (10)$$

В качестве бака для проведения исследований используется цилиндрический бак с диаметром основания  $D=70$  см и высотой  $H=57$  см, для которого условие (10)

$$\frac{D}{2 \cdot L} = \frac{0,7}{2 \cdot 0,57} = 0,614 > \operatorname{tg} \frac{30^\circ}{2} \approx 0,267 \quad (11)$$

выполняется. Допустимый объём воды в баке составляет:

$$V_{\text{воды}} = \pi \cdot \frac{D^2}{4} \cdot (H - L_{min}) = 3,14 \cdot \frac{0,72^2}{4} \cdot (0,57 - 0,02) = 211 \text{ л}, \quad (12)$$

$L_{min}$  — минимальное расстояние от ультразвукового датчика до измеряемого объекта,  $L_{min}=0,02$  м,

а разрешающая способность по объёму составит:

$$dV = dL \cdot S = dL \cdot \pi \cdot \frac{D^2}{4} = 0,003 \cdot 3,14 \cdot \frac{0,72^2}{4} = 1,15 \text{ л}, \quad (13)$$

что составляет  $1,15/211=0,54\%$  объёма бака.

## 2.5 Измерение уровня солнечного излучения

Уровень солнечного излучения измеряется с помощью двух устройств: пиранометра PR, операционного усилителя DA9 и резисторов

обратной связи R18–R19 и фоторезистора R20, включенного в цепи делителя R20–R21. Измерение значений напряжения осуществляется с помощью встроенного в микроконтроллер аналого-цифрового преобразователя (АЦП). Установлено, что величина выходного напряжения пиранометра не превышает  $U_{пр}=200$  мВ (что соответствует интенсивности солнечного излучения около  $1500$  Вт/м<sup>2</sup>), при этом без учёта температуры пиранометра его разрешающая способность по мощности солнечного излучения составляет:

$$dP_{пр} = 7,57 \frac{Вт}{м^2} \cdot \frac{1}{мВ}. \quad (14)$$

Разрешающая способность аналого-цифрового преобразователя составляет 10 бит. В случае использования в качестве опорного напряжения питания устройства  $U_{оп} = U_{пит} = 5В$  и отсутствии усиления сигнала пиранометра разрешающая способность АЦП по напряжению составит:

$$dU_{АЦП} = \frac{U_{оп}}{2^n} = \frac{5,00}{2^{10}} \approx 4,88 мВ, \quad (15)$$

а разрешающая способность по интенсивности солнечного излучения в Вт/м<sup>2</sup> составит:

$$dP_{АЦП} = dP_{пр} \cdot dU_{АЦП} = 7,57 \cdot 4,88 \approx 36,9 \frac{Вт}{м^2}. \quad (16)$$

Поскольку величина выходного сигнала пиранометра PR невелика, подключим его к входу операционного усилителя, включенного по схеме не инвертирующего усилителя, выходной сигнал которого поступает на вход микроконтроллера. Тогда допустимый коэффициент усиления операционного усилителя DA9, определяемый резисторами R18–R19, составляет:

$$k_{ов} = \frac{U_{оп}}{U_{пр}}. \quad (17)$$

В качестве опорного напряжения могут быть выбраны [1]:

- питающее напряжение;
- внешнее опорное напряжение, которое должно быть ниже питающего напряжения;
- стабилизированное напряжение от внутреннего стабилизатора: 1,024 В, 2,048 В или 4,096 В.

Используем в качестве опорного напряжения наибольшее напряжение внутреннего стабилизатора, то есть 4,096 В, тогда допустимый коэффициент усиления составит

$$k_{OY} = \frac{4,096}{0,200} \approx 20. \quad (18)$$

Использование внутреннего источника опорного напряжения приводит к разрешающей способности по напряжению АЦП

$$dU_{АЦП} = \frac{4,096}{2^{10}} = 4,00 мВ, \quad (19)$$

Поскольку резисторы обладают отклонением параметров в пределах, определяемых допустимыми отклонениями, после сборки печатной платы может быть проведена калибровка цепи измерения путём подключения вместо пиранометра источника образцового напряжения.

После введения операционного усилителя с ограничением коэффициента усиления величиной 20 в цепь измерений разрешающая способность по интенсивности солнечного излучения в Вт/м<sup>2</sup> составит:

$$dP_{АЦП} = \frac{dP_{нуп}}{k_{OY}} \cdot dU_{АЦП} = \frac{7,57}{20} \cdot 4,00 \approx 1,51 \frac{Вт}{м^2}. \quad (20)$$

## 2.6 Управление заполнением бака

Управление пропусканием воды через коллектор осуществляется с помощью электромагнитного клапана, катушка КМ которого управляется транзистором TV. Диод VD6 служит для защиты транзистора от самоиндукции катушки КМ, а резисторы R7–R8 задают рабочий режим транзистора.

Регулирование осуществляется с помощью датчиков температуры воды в солнечном коллекторе DA4–DA5. Для того, чтобы обеспечить надёжность работы системы, введён регулируемый гистерезис по температуре. В качестве опоры нельзя использовать объём солнечного коллектора, поскольку при подаче холодной воды неизбежно произойдёт смешивание её с горячей водой, кроме того, в результате циркуляции воды её температура в верхней части коллектора будет выше, чем в нижней.

Электромагнитный клапан подачи воды открывается, когда температура воды в баке превышает заданный уровень на величину гистерезиса. После того, как температура протекающей воды снижается до величины заданной за вычетом гистерезиса, подача воды прекращается.

## **2.7 Управление температурой воды в баке**

Для обеспечения активной стабилизации температуры воды в баке осуществляется с помощью ТЭНов, включаемых через оптосимистор U1. Для обеспечения стабильности температуры воды в баке осуществляется активное регулирование подаваемой мощности. Это регулирование осуществляется путём фазового управления симистором. Информацию о переходе фазы напряжения через нулевую точку, необходимую для фазового управления, микроконтроллер получает путём сравнения уровня напряжения после трансформатора, поступающего на вход микроконтроллера RB0 с заданным базисом.

Поскольку объект управления является инерционным, применяется ПИД-регулятор, что позволяет поддерживать температуру воды с высокой точностью при возникновении возмущающих воздействий: изменении температуры окружающей среды, поступлении воды из солнечного коллектора, отборе воды из бака и других.

## **2.8 Взаимодействие с оператором**

Взаимодействие с оператором осуществляется посредством кнопок

управления SB1–SB3 и семисегментного восьмиразрядного индикатора, собранного из двух идентичных четырёхразрядных модулей HG1–HG2.

Кнопки служат для задания параметров работы установки, желаемой температуры воды и др. Вывод текущих значений параметров, состояний установки и возникающих ошибок осуществляется на индикатор.

В нормальном режиме индикатор отображает:

- текущее количество воды в баке;
- расчётное время, за которое бак при текущем поступлении солнечной энергии будет заполнен;
- расчётное время, за которое бак при текущем расходе будет полностью опустошён;
- текущая мощность устройства активной компенсации потерь в процентах полной мощности;
- текущее состояние клапана (открыт/закрыт);
- код ошибки (в случае её возникновения).

Переключение режима работы и настройка устройства осуществляются с помощью кнопок SB1–SB3.

### **3 Выводы**

Рассмотренная система управления и автоматизации гелиоводоподогрева позволяет полностью автоматизировать процесс нагрева воды с помощью солнечного коллектора с последующим поддержанием температуры воды в баке.

Кроме этого, возможность вывода информации посредством USB позволяет осуществлять журналирование операций. Эта особенность установки позволяет проводить на её основе широкий ряд научных исследований, поскольку одновременно в виде явных или косвенных данных собирается информация:

- о поступлении солнечной энергии;

- о работе солнечного коллектора;
- реальный график расхода воды.

Применение микроконтроллера позволяет не только осуществить автоматизацию гелиоводоподогрева, но так же контролировать параметры режимов работы установки и записывать их в журнал для последующего анализа и проведения дальнейших научных исследований, направленных на дальнейшее совершенствование таких систем.

### Литература

1. Патент на полезную модель № 146885 РФ, МПК F24 J2/26. Солнечный коллектор/ В.С. Газалов, А.В. Брагинец (ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии). – №2014123052/06, заявл.: 05.06.2014, опубл.: 20.10.2014, Бюл. №29. – 2с.: ил.
2. Патент № 2550289 РФ, МПК F24 J2/26. Солнечный коллектор с концентратором для гелиоводоподогрева/ В.С. Газалов, А.В. Брагинец (ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии). – №2013146771/06, заявл.: 18.10.2013, опубл.: 10.05.2015, Бюл. №13. – 4с.: ил.
3. Патент №2471129 RU, МПК F24 J2/34. Всесезонный электрогелиоводонагреватель / В.С. Газалов, Е.Ю. Абеленцев (Северо-кавказский научно-исследовательский институт механизации и электрификации сельского хозяйства Россельхозакадемии). – №2011125361/06, заявл.: 20.06.2011, опубл.: 27.12.2012.
4. Патент № 2540192 РФ, МПК F24 J2/26. Модульный солнечный коллектор/ В.С. Газалов, А.В. Брагинец (ГНУ СКНИИМЭСХ Россельхозакадемии). – №2013127491/06, заявл.: 17.06.2013, опубл.: 27.12.2014, Бюл. №36. – 4с.: ил.
5. Газалов, В.С. Повышение эффективности поглощения энергии солнечного излучения развитой поверхностью солнечного коллектора / В.С. Газалов, А.В. Брагинец // Инновации в сельском хозяйстве. – 2014. – № 3 (8). – С. 119-123.
6. Брагинец А.В. Лабораторная установка для экспериментальных исследований образцов оборудования инновационной энергосберегающей системы автономного энергоснабжения сельскохозяйственных предприятий на базе гелиомодулей / А.В. Брагинец // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. – Краснодар: КубГАУ, 2015. – №07(111). С. 1124 – 1140. – IDA [article ID]: 1111507068. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/07/pdf/68.pdf>, 1,062 у.п.л.
7. PIC16F193X/LF193X Data Sheet [Electronic resource] / Microchip Technology Inc. — Режим доступа: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41364> (дата обращения: 2015.10.05).
8. DS18B20 Datasheet (PDF) - Dallas Semiconductor [Electronic resource] — Режим доступа: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/58557/DALLAS/DS18B20.html>. (дата обращения: 2015.10.05)
9. СХВ-15, СГВ-15 [Электронный ресурс] / ПКФ «Бетар». — Режим доступа: <http://www.betar.ru/production/791/22> (дата обращения: 2015.10.05)
10. HC-SR04 [Electronic resource] / Cytron Technologies Sdn. Bhd. — Режим доступа: <https://docs.google.com/document/d/1Y-yZnNhMYy7rwhAgy>. (дата обращения: 2015.10.05)

### References

1. Patent na poleznuju model' № 146885 RF, MPK F24 J2/26. Solnechnyj kollektor/ V.S. Gazalov, A.V. Braginec (GNU SKNIIMJeSH Rossel'hozakademii). – №2014123052/06, zajavl.: 05.06.2014, opubl.: 20.10.2014, Bjul. №29. – 2s.: il.
2. Patent № 2550289 RF, MPK F24 J2/26. Solnechnyj kollektor s koncen-tratorom dlja geliowodopodogreva/ V.S. Gazalov, A.V. Braginec (GNU SKNIIMJeSH Rossel'hozakademii). – №2013146771/06, zajavl.: 18.10.2013, opubl.: 10.05.2015, Bjul. №13. – 4s.: il.
3. Patent №2471129 RU, MPK F24 J2/34. Vsesezonnyj jelektrogeliovodo-nagrevatel' / V.S. Gazalov, E.Ju. Abelencev (Severo-kavkazskij nauchno-issledovatel'skij institut mehanizacii i jelektrifikacii sel'skogo hozjajstva Ros-sel'hozakademii). – №2011125361/06, zajavl.: 20.06.2011, opubl.: 27.12.2012.
4. Patent № 2540192 RF, MPK F24 J2/26. Modul'nyj solnechnyj kollektor/ V.S. Gazalov, A.V. Braginec (GNU SKNIIMJeSH Rossel'hozakademii). – №2013127491/06, zajavl.: 17.06.2013, opubl.: 27.12.2014, Bjul. №36. – 4s.: il.
5. Gazalov, V.S. Povyshenie jeffektivnosti poglashhenija jenerгии solnechno-go izluchenija razvitoj poverhnost'ju solnechnogo kollektora / V.S. Gazalov, A.V. Braginec // Innovacii v sel'skom hozjajstve. – 2014. – № 3 (8). – S. 119-123.
6. Braginec A.V. Laboratornaja ustanovka dlja jeksperimental'nyh issledovanij obrazcov oborudovanija innovacionnoj jenergosberegajushhej sistemy avtonomnogo jenergosnabzhenija sel'skohozjajstvennyh predpriyatij na baze geliomodulej / A.V. Braginec // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU) [Jelektronnyj resurs]. – Krasnodar: KubGAU, 2015. – №07(111). S. 1124 – 1140. – IDA [article ID]: 1111507068. – Rezhim dostupa: <http://ej.kubagro.ru/2015/07/pdf/68.pdf>, 1,062 u.p.l.
7. PIC16F193X/LF193X Data Sheet [Electronic resource] / Microchip Technology Inc. — Rezhim dostupa: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41364> (data obrashhenija: 2015.10.05).
8. DS18B20 Datasheet (PDF) - Dallas Semiconductor [Electronic resource] — Rezhim dostupa: <http://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/58557/DALLAS/DS18B20.html>. (data obrashhenija: 2015.10.05)
9. SHV-15, SGV-15 [Jelektronnyj resurs] / PKF «Betar». — Rezhim dostupa: <http://www.betar.ru/production/791/22> (data obrashhenija: 2015.10.05)
10. HC-SR04 [Electronic resource] / Cytron Technologies Sdn. Bhd. — Rezhim dostupa: <https://docs.google.com/document/d/1Y-yZnNhMYy7rwhAgy>. (data obrashhenija: 2015.10.05)