

### Эффективные решения по автоматизации локализованных ирригационных систем

**Николай Вячеславович Островский, Владимир Владимирович Ванжа, Юрий Николаевич Самойлюков, Михаил Александрович Бандурин, Елена Владимировна Дегтярева**

Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, г. Краснодар, Россия  
nik-ostrovskij@yandex.ru

**Аннотация.** Автоматизация процесса полива сельскохозяйственных и несельскохозяйственных ландшафтов и объектов является гарантией достижения производственной или дизайнерской цели. В настоящее время для управления автоматизированным поливом используют микроконтроллеры. В широком доступе находятся свободно используемые универсальные микроконтроллерные платформы. Открытый программный код обеспечивает возможность эффективной адаптации этого оборудования к управлению ирригационными системами. Исследовано и подтверждено соответствие технических параметров универсальных микроконтроллерных платформ системным требованиям и структуре локализованных ирригационных систем. Показана экономическая целесообразность использования универсальных микроконтроллерных платформ для автоматизации локализованных ирригационных систем.

**Ключевые слова:** автоматизация; локализованная ирригационная система; микроконтроллер; среда программирования; системный алгоритм; датчик; управляющий сигнал; пульт управления.

**Для цитирования:** Островский Н. В., Ванжа В. В., Самойлюков Ю. Н., Бандурин М. А., Дегтярева Е. В. Эффективные решения по автоматизации локализованных ирригационных систем // Аграрный научный журнал. 2021. № 11. С. 102–107. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i11pp102-107>.

#### AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

### Effective solutions for automation of localized irrigation systems

**Nikolai V. Ostrovsky, Vladimir V. Vanja, Yuri N. Samoilyukov, Mikhail A. Bandurin, Elena V. Degtyareva**

Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilin. Krasnodar, Russia  
nik-ostrovskij@yandex.ru

**Abstract.** The automation of the process of irrigation of agricultural and non-agricultural landscapes and objects is a guarantee of achieving a production or design goal. Today, microcontrollers are in use to control the automated irrigation. Freely used universal microcontroller platforms are widely available. Effective adaptation of this equipment to the management of irrigation systems is possible due to the open-source software. It was investigated and confirmed that the technical parameters of universal microcontroller platforms correspond to the system requirements and structure of localized irrigation systems. The economic efficiency of using universal microcontroller platforms for the automation of localized irrigation systems is shown.

**Keywords:** automation; localized irrigation system; microcontroller; programming environment; system algorithm; sensor; control signal; control panel

**For citation:** Ostrovsky N. V., Vanja V. V., Samoilyukov Yu. N., Bandurin M. A., Degtyareva E. V. Effective solutions for automation of localized irrigation systems. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2021;(11):102–107. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2021i11pp102-107>.

**Введение.** На сегодняшний день организация автоматизированного полива территорий различного назначения является предметом деятельности как крупных известных международных компаний с известными брендами, так и малоизвестных предприятий. И те и другие компании осуществляют производство широкого ряда комплектующих для организации всех известных способов полива. Производятся дождеватели, капельницы, капельные ленты, сопла, поливные трубопроводы, фитинги, насосное оборудование, накопительные емкости и т.д. При этом производители с малоизвестными брендами стремятся выпускать универсальные комплектующие, совместимые с оборудованием известных производителей. Универсальность комплектующих и низкий ценовой сегмент гарантируют потребительский спрос и прибыль, что обеспечивает актуальность присутствия на рынке неименованных производителей.

Потребителями оборудования для автоматизированного полива являются крупные сельскохозяйственные производители, средние и малые фермерские хозяйства, владельцы приусадебных участков. Отдельным направлением автоматизированного орошения является ландшафтный полив. Здесь также представлено несколько направлений с соответствующими способами и оборудованием полива – это полив придорожных насаждений, полив насаждений застраиваемых территорий, полив парковых территорий, полив спортивных сооружений (стадионов), полив приусадебных территорий [1, 3, 4]. Материал настоящей статьи ориентирован на бизнес малого, среднего уровня и некоммерческий сектор, использующих средства автоматизации ирригационных систем непромышленного назначения и ирригационных систем, ориентированных на сельхозпроизводство. Для крупных производителей отмечается тенденция использования брендированных оросительных установок с возможностью расширенного сервиса. Высокие затраты здесь окупаются за счет масштаба производства. Эффективность производства мелкого и частного производителя при использовании недорогого универсального оросительного оборудования определяется правильностью выбора способа и комплектующих, отвечающим локальным условиям орошения. Основным элементом в составе комплекса оборудования локальной системы полива является контроллер. Присутствие контроллеров в блоке





управления характерно для современных автоматизированных ирригационных систем высокого уровня [3]. Именованные производители оросительного оборудования уделяют значительное внимание производству контроллеров и специализированного программного обеспечения. При этом отмечается высокий процент стоимости контролирующей автоматики в составе общей стоимости комплекса оборудования для орошения локального участка. Применение дорогостоящей контролирующей автоматики не выгодно мелкому массовому пользователю, использующему стандартное недорогое поливное оборудование, что обуславливает возникновение задачи поиска недорогих надежных контроллеров, адаптированных к локальным условиям и способам поливов. Направление решения этой задачи подсказывается развитием в России рынка универсальных программируемых платформ (микроконтроллеров) с возможностью построения пользовательского программного кода и комплектования оборудования под широкий спектр производственных задач пользователя. Данное оборудование, как правило, находится в свободном доступе и имеет статус «гее», т.е. результат его использования является собственностью пользователя.

Цель исследований – обоснование возможности применения универсального, свободного используемого микроконтроллерного оборудования и программного обеспечения для автоматизированного контроля локализованных ирригационных систем в сфере сельскохозяйственного производства и непромышленного назначения. Локализация в данном контексте подразумевает локальную обособленность, автономность и формирование требуемого объема водных ресурсов внутри системы. Для ирригационных систем такого рода предполагается отсутствие подключения к внешним сетям водоснабжения с контролируемым давлением.

**Методика исследований.** Цель исследований достигается на основе адаптации свободно распространяемых международных аппаратных платформ и интегрированных сред программирования. При построении структуры универсальных автоматизированных систем с учетом общей ориентации на разработку малозатратных ирригационных систем реализован междисциплинарный подход с максимальной степенью симплификации. Итоговая результативность выбора микроконтроллеров и разработки прикладного программного кода в рамках исследований обоснована методом контроля функционирования действующих макетов базовых элементов автоматизированных локализованных ирригационных систем. Макетирование в целях имитации внутрисистемных процессов проводилось без соблюдения масштаба (макет – натура), что в данном случае не требовалось для обоснования работоспособности системы.

**Результаты исследований.** Обобщая и укрупненно рассматривая назначение и состав элементов современных автоматически управляемых ирригационных систем, представим их основные элементы в виде принципиальной схемы (рис. 1).

Принципиальная схема включает в себя базовые подсистемы, необходимые для эффективной реализации конечной цели системы – эффективного орошения. Данная принципиальная схема отражает достаточный набор элементов для обеспечения реального функционирования и научного анализа. Такого рода интеграция систем автоматического управления в структуру ирригационных систем, как правило, обеспечивает энергоэффективность и экономию водных ресурсов [9].

Центральной подсистемой и ядром, обеспечивающим функционирование системы, является контроллер. Применительно к ирригационным системам контроллер регулирует взаимодействие двух подсистем – «полива» и «водообеспечения».

В целом, система работает как регулятор давления в гидравлической системе водоводов с участками отбора воды. Основная задача регулятора – это поддержание заданной величины давления в блоке «напорные системы» подсистемы водообеспечения. Система контролируется по замкнутому циклу. Возмущающие воздействия формируются в блоке «распределители» подсистемы полива. По сети распределительных и магистральных водоводов возмущающие воздействия передаются в блок «напорные системы» подсистемы водообеспечения. Здесь реализуется естественная гидравлическая связь. В блоке «напорные системы» в результате возмущения происходит снижение давления. Реакцией системы на возмущение является запуск исполнительных механизмов для поддержания требуемого давления в системе, либо поддержания уровня напорных емкостей в заданном диапазоне.

Контрольно-управляющие функции внутри системы возложены на центральную подсистему (контроллер и подсистема мониторинга). Инициализация запуска системных и подсистемных процессов является функцией контроллера. Например, старт полива в «подсистеме полива» осуществляется открытием электромагнитных клапанов на водоводах по команде контроллера, инициированной на основе обработки контроллером сигнала от датчиков влажности почвы. При старте полива контроллер одновременно выполняет опрос сенсоров подсистемы водообеспечения и обеспечивает ее регулирование.

Таким образом, для эффективного функционирования локализованной ирригационной системы требуется проводить общий анализ функционирования системы, анализ внутрисистемных взаимосвязей и проводить обоснованный выбор управляющих элементов (контроллеров), отвечающих задачам и структуре системы.

В ходе эволюции микроконтроллерных аппаратных платформ сложилась их общая типовая схема, включающая несколько функциональных блоков для взаимодействия контроллера с элементами управляемой системы: блок питания микроконтроллера, сенсорный блок, блок ввода-вывода электрических управляющих импульсов. Одной из наиболее распространенных свободных платформ, имеющей широкий спектр аппаратных плат и внешних компонентов, является Arduino [8, 10]. Производимые платформы могут отличаться физическим размером, спектром выполняемых задач, ориентацией на определенные цели, количеством аналоговых и цифровых контактов ввода-вывода, брендом производителя, стоимостью. При этом общий принцип их функционирования платформ однотипен. Принципиальная схема платформы микроконтроллера показана на рис. 2.

Цифровые контакты ввода-вывода могут использоваться как сенсорные входы для восприятия управляющих воздействий со стороны оператора (реакция на нажатие кнопок, прием дистанционных управляющих импульсов и

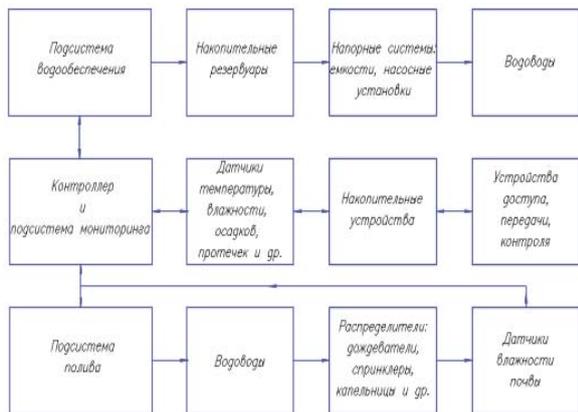


Рис. 1. Принципиальная схема автоматизированной ирригационной системы

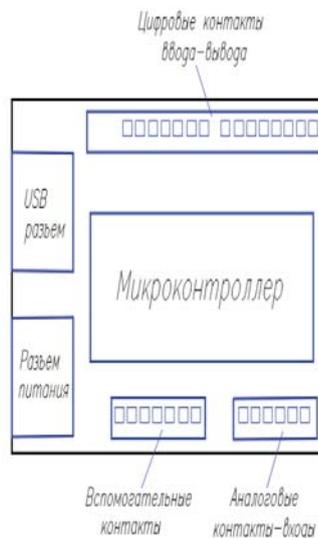


Рис. 2. Симулицированная принципиальная схема платформы микроконтроллера

т.п.) и как элемент для трансляции управляющих воздействий контроллера.

Стандартной задачей использования аналогового входа является подключение датчиков контроля состояния окружающей среды или протекающих внутрисистемных процессов [1, 2]. Например, подключен датчик влажности почвы. От датчика на вход поступает значение влажностного индекса, который в соответствии с разрядностью аналого-цифрового преобразователя преобразуется в значение фактического входного напряжения, функцией которого является измеренное значение влажности. Применительно к десятиразрядному контроллеру Arduino UNO измеренная влажность на основе зависимости (1) приводится к цифровым значениям:

$$W = f(V_R); V_R = \frac{Val}{2^{10} - 1} \cdot V_{DD} , \quad (1)$$

где  $V_R$  – фактическое значение напряжения, В;  $Val$  – индекс на аналоговом входе Arduino, передаваемый датчиком влажности почвы;  $V_{DD}$  – значение опорного напряжения, В;

На основе измеренного значения влажности почвы контроллер может остановить либо включить полив.

Условием применения датчиков влажности почвы разных производителей является их предварительная тарировка с использованием инструментальных методов [6] для установления функциональной связи значения измеряемого влажностного индекса и фактического значения влажности почвы.

Рассмотрим решение задачи автоматического регулирования подсистемы водообеспечения на основе применения контроллера Arduino UNO. Демонстрация функционирования подсистемы реализована на основе построения действующего макета подсистемы (рис. 3), включающего накопительный резервуар поливной воды (резервуар чистой воды), напорный резервуар для создания напора в водоводах подсистемы полива, насос для подъема воды из накопительного в напорный резервуар. В напорном резервуаре позиционированы датчики контроля уровня воды.

Для построения схемы автоматического контроля уровня воды в напорном резервуаре реализована резистивная схема подключения датчиков уровня, адаптированная для платформы Arduino (рис. 4). Схема учитывает параметры электрических величин (ток, напряжение), характерные для слаботочных электрических цепей с подключением микроконтроллеров платформы Arduino и ее аналогов. Схема обеспечивает возможность подключения нескольких датчиков контроля уровня и датчика перелива.



Рис. 3. Макет подсистемы водообеспечения локализованной ирригационной системы: а – общий вид с резервуаром чистой воды и напорным резервуаром, б – снижение уровня воды до критической отметки (на датчике уровня); в – автоматический запуск насоса и начало наполнения

В процессе отладки электрической схемы требуется проведение измерений выходных напряжений при срабатывании датчиков для дальнейшего учета величин напряжений, как входных индексов на аналоговом входе контроллера (A0). Применение резистивной схе-

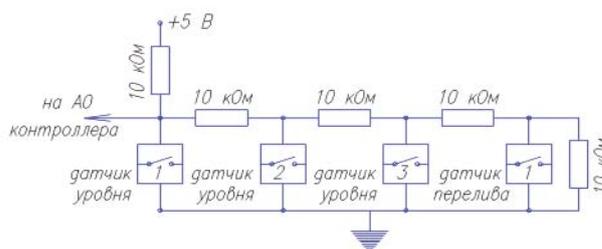


Рис. 4. Резистивная схема контроля уровня



мы подключения датчиков уровня эффективно с точки зрения рационального задействования сенсорных аналоговых входов, так как все датчики напорного резервуара подключаются на один вход. Для контроля уровня в подобных системах экономически эффективно и технически надежно применение поплавковых датчиков уровня с герконовыми элементами (см. рис. 3, б, в).

Работа подсистемы полива подчиняется несложному алгоритму реагирования подсистемы на уровень влажности почвы (рис.5). Старт полива осуществляется при снижении индекса влажности (moisture) почвы  $I_m$  (moisturecriticalthreshold) ниже критического значения  $I_{mct}$ .

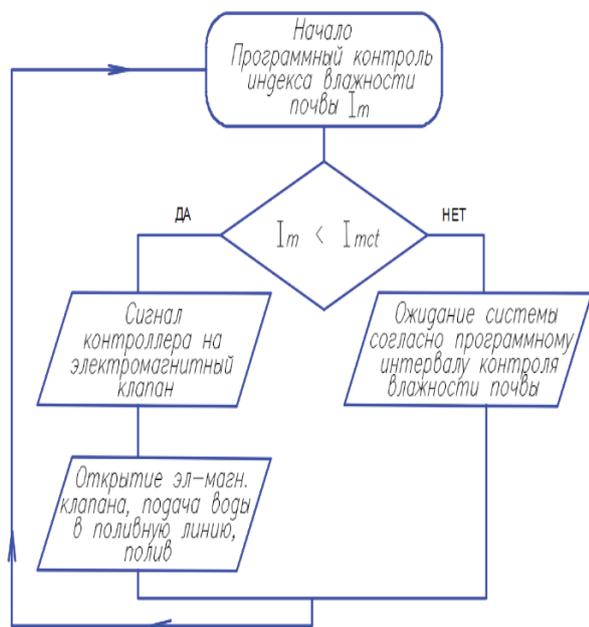


Рис. 5. Алгоритм автоматического контроля системы полива

платы микроконтроллера.

Плата микроконтроллера и элементы управления макета (реле, входные сенсорные контакты, выходные контакты передачи управляющих сигналов) технически сконцентрированы в корпусе – пульте управления (рис. 7). Дизайн и структура пульта управления разработана на основе аналогичных исследовательских и производственных разработок [7].

Экспериментальная установка (макет) эксплуатировалась в тестовом режиме в течение 30 сут. с целью выявления возможных отказов. За этот период было зафиксировано два отказа. Первый отказ случился в результате окисления контакта внешнего соединительного шлейфа (между пультом управления и макетом). Отказ устранен с применением более качественного шлейфа. Второй отказ произошел в результате выхода из строя модельного микронасоса в резервуаре чистой воды. Была осуществлена замена на резервный насос. Случившиеся отказы произошли по причине неудовлетворительного качества внешних комплектующих. В целом моделируемая автоматизированная подсистема водообеспечения показала устойчивое функционирование согласно заложенному алгоритму исполнения моделируемой производственной задачи.

Запроектированный пульт управления (см. рис. 7) технически выполнен из комплектующих платформы Arduino в стандартном корпусе распределительной электрической коробки. Общая стоимость комплектующих и сборки составила 1,44 тыс. руб. (май 2021). В целях обоснования экономической эффективности применения универсального свободноиспользуемого микроконтроллерного оборудования и программного обеспечения для автоматизированного управления локализованными ирригационными системами произведено единовременное сопоставление ценовых предложений ведущих мировых производителей в данной отрасли (см. таблицу). Проведена выборка предложений микроконтроллерных пультов управления оросительными системами с количеством контролируемых поливных зон – 2÷4 штуки. Пульта управления такого уровня по техническим параметрам соответствуют выполненному нами экспериментальному образцу и относятся к низшему ценовому сегменту в группе автоматических контроллеров для полива.

Средняя стоимость брендированных пультов-контроллеров полива в низшем ценовом сегменте составляет 7,35 тыс. руб., что составляет 510 % стоимости экспериментального пульта полива, выполненного на основе свободно распространяемого микроконтроллерного и сопутствующего оборудования.

**Заключение.** В результате исследования обоснована возможность применения универсального свободно используемого микроконтроллерного оборудования и сред разработки программного кода для обеспечения автоматизированного контроля процесса полива локализованных ирригационных систем сельскохозяйственного и несельскохозяйственного назначения. Задача автоматизированного управления поливом решена на основе консолидации междисциплинарных методов гидротехники, мелиорации и электротехники с использованием микроконтроллерного оборудования и интегрированной среды разработки платформы Arduino. Эффективное автоматическое управление внутрисистемными процессами обеспечено на основе разработанной конструкции пульта управления поливом с от-

периодический программный контроль индекса влажности почвы с установленным пользователем временным интервалом обеспечивает продолжение, остановку и последующий запуск поливов [5].

Запуск каждой поливной линии в работу осуществляется собственным датчиком влажности, подключенным к аналоговому входу контроллера. Контроллер ArduinoUNO позволяет подключить четыре управляемые поливные линии при использовании двух аналоговых входов для контроля подсистемы водообеспечения.

Практическая реализация системных алгоритмов выполняется за счет работы микроконтроллера по заданной программе. Программный код, выполняемый в среде программирования ArduinoIDE, устанавливает номера используемых в работе цифровых и аналоговых контактов, содержит контрольные значения переменных, определяет реакцию контроллера на достижение входными переменными критических значений (например, «включить насос», «отключить насос»). На рис. 6 приведен пример программного кода для контроля подсистемы водообеспечения действующего макета (рис. 3). Датчики уровня воды в напорном резервуаре привязаны с использованием резистивной схемы к значению переменной val, а включение (HIGH) насоса (Pump) определяется значение константы LED, привязанной к цифровому выводу 9



```

constint LED=9; // The LED is connected to pin 9 - Pump
constint LED3=11; // The LED3 is connected to pin 11 - Light
int a=0; //Контрольная переменная уровня
int b=20;
byte key(){
intval = analogRead(A0);
    if (val< 50) a=b+1;
    else if (val< 600) a=b+2 ;
    else if (val< 700) a=b+3;
    else if (val< 800) a=b+4;
    else a=22;
    if (val< 50) return 1;
    else if (val< 600) return 2;
    else if (val< 700) return 3;
    else if (val< 800) return 4;
    else return 0;
}
void setup() {
pinMode (LED, OUTPUT); // Set the LED pin as an output
Serial.begin(9600);
}
void loop() {
intsensorValue = analogRead(A0);
Serial.print(«Номердатчика - «);
Serial.print(key());
if ((key())>=0.1)&&(key())<=1) Serial.print(« MIN УРОВЕНЬ - Включитьнасос!!!!!!»);
    if (key())<=0) Serial.print(« Рабочий «);
if (key())>=4) Serial.print(« MAX УРОВЕНЬ - Отключить насос!!!!!!»);
Serial.print(«Контрольная переменная сигнализации опасного уровня = «);
Serial.print(a);
Serial.print(« «);
Serial.println(sensorValue);
if (a>23) {digitalWrite(LED,HIGH); digitalWrite(LED3,HIGH);}
    else {digitalWrite(LED,LOW); digitalWrite(LED3,LOW);}; delay(5000);
a=0;
}

```

Рис. 6. Фрагмент программного кода в ArduinoIDE для управления системой водообеспечения

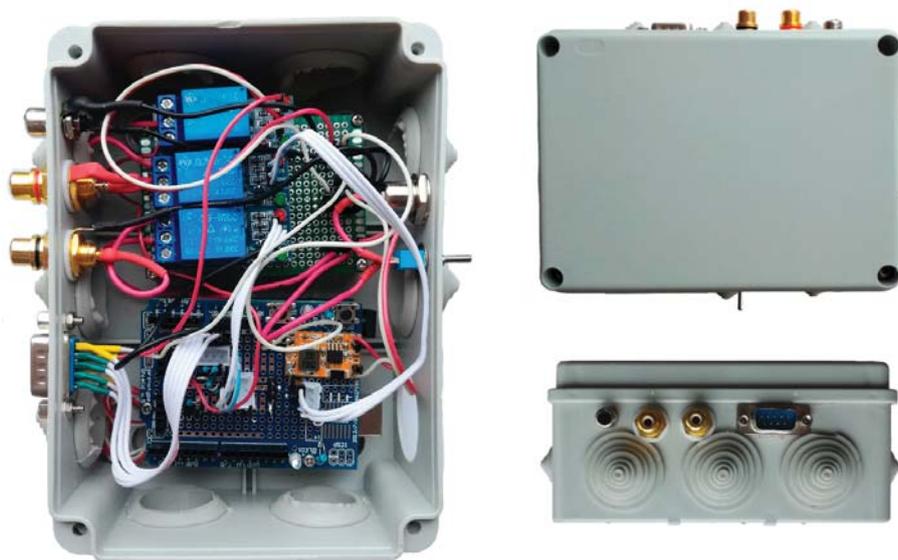


Рис. 7. Пульт управления экспериментальной установки

Пульты управления автоматизированных систем полива, ценовые предложения на май 2021

Бренд производителя	Страна-производитель	Количество поливных зон, шт.	Стоимость, тыс. руб.
Irritrol	Италия	4	5,23
Gardena	Германия	4	10,13
Rain Bird	США	4	7,85
Hunter	США	4	6,20



#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Васильев С. Н., Медведева Л. И. Анализ датчиков влажности с целью разработки автономной автоматизированной системы полива дачного участка // Научные исследования. 2017. №6(17). С. 23–26.
2. Егоров Ю. В., Бобков А. В., Кириченко А. В., Есафова Е. Н. Свойства и возможности датчиков влажности для управления поливом // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2017. № 1(147). С. 152–161.
3. Косухин М. М., Апалькова Л. В., Косухин А. М., Шарапов А. Н. Повышение эффективности водопотребления при уходе за озелененными территориями путем использования поливных автоматизированных систем // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: сб. докладов Междунар. науч.-техн. конф. Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2015. С. 478–483.
4. Небогина Е. А., Авдеева Е. В., Найдено Н. А. Автоматический полив растений на кольцевой развязке по ул. Игарская в г. Красноярске // Технологии и оборудование садово-паркового и ландшафтного строительства: сб. статей Всерос. науч.-практ. конф. – Красноярск, 2019. С. 92–95.
5. Портнов С. А., Михеева О. В., Михеев И. А. Автоматическая система полива декоративных растений в закрытом грунте на базе ARDUINO // Аграрный научный журнал. 2018. № 1. С. 58–60.
6. ГОСТ 28268-89 Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений. М., 2005. 8 с.
7. Agbetuyi Ayoade Felix. Design and implementation of an automatic irrigation systems based on monitoring soil moisture/ Agbetuyi Ayoade Felix, Orovwode Hope, A.A Awelewa, S.T Wara, Oyedira Tobiloba // Journal of Electrical Engineering. 2016. Vol. 16(2):25–30. – available online at <http://jee.ro/articles/WK1446219610W56338f5a49ec9.pdf>
8. Blum J. Exploring Arduino®: Tools and Techniques for Engineering Wizardry. Indianapolis, Indiana: John Wiley & Sons, Inc., 2013. – 357 p.
9. Nikolidakis S.A., Kandris D., Vergados D. D., Douligeris C. Energy efficient automated control of irrigation in agriculture by using wireless sensor networks // Computers and Electronics in Agriculture. 2015. Vol. 113. P. 154–163 – available online at <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169915000460>
10. System Yomi Debo-Saiye. Implementation of an Arduino-Based Smart Drip Irrigation/ System Yomi Debo-Saiye, Henry. S. Okeke, Peter. // International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD). 2020. – Vol. 5 (Issue – 1 November-December 2020). – P. 1130-1133 – available online at <https://www.ijtsrd.com/engineering/electrical-engineering/38157/implementation-of-an-arduino-based-smart-drip-irrigation-system/yomi-debosaiye>

#### REFERENCES

1. Vasiliev S.N., Medvedeva L.I. Analysis of humidity sensors in order to develop an autonomous automated irrigation system for a summer cottage. *Scientific research*. 2017; 6 (17): 23–26. (In Russ.).
2. Egorov Yu.V., Bobkov A. V., Kirichchenko A.V., Esafova E.N. Properties and capabilities of moisture sensors for irrigation control. *Bulletin of the Altai State Agrarian University*. 2017; 1 (147): 152–161. (In Russ.).
3. Kosukhin M.M., Apalkova L.V., Kosukhin A.M., Sharapov A.N. Increasing the efficiency of water consumption when caring for green areas by using automated irrigation systems. *Energy and resource saving environmentally friendly chemical-technological processes of environmental protection*. Belgorod; 2015: 478–483. (In Russ.).
4. Nebogina E.A., Avdeeva E.V., Naidenko N.A. Automatic watering of plants at the roundabout on the street Igaraskaya in Krasnoyarsk. *Technologies and equipment for garden and park and landscape construction*: Krasnoyarsk; 2019: 92–95. (In Russ.).
5. Portnov S.A., Mikheeva O.V., Mikheev I.A. Automatic system for watering ornamental plants in greenhouses based on ARDUINO. *Agrarian scientific journal*. 2018; 1: 58–60. (In Russ.).
6. GOST 28268-89 Soils. Methods for determination of moisture content, maximum hygroscopic moisture content and moisture content of sustainable plant wilting. Moscow; 2005: 8 p. (In Russ.).
7. Agbetuyi Ayoade Felix. Design and implementation of an automatic irrigation systems based on monitoring soil moisture/ Agbetuyi Ayoade Felix, Orovwode Hope, A.A Awelewa, S.T Wara, Oyedira Tobiloba // Journal of Electrical Engineering. – 2016. – Vol. 16(2):25 – 10 p. – available online at <http://jee.ro/articles/WK1446219610W56338f5a49ec9.pdf>
8. Blum J. Exploring Arduino®: Tools and Techniques for Engineering Wizardry. Indianapolis, Indiana: John Wiley & Sons, Inc., 2013. 357 p.
9. Nikolidakis S.A., Kandris D., Vergados D.D., Douligeris C. Energy efficient automated control of irrigation in agriculture by using wireless sensor networks. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2015; 113: 154–163. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0168169915000460>
10. System Yomi Debo-Saiye. Implementation of an Arduino-Based Smart Drip Irrigation/ System Yomi Debo-Saiye, Henry. S. Okeke, Peter. // International Journal of Trend in Scientific Research and Development (IJTSRD). 2020. Vol. 5 (Issue – 1 November-December 2020). P. 1130–1133 URL: <https://www.ijtsrd.com/engineering/electrical-engineering/38157/implementation-of-an-arduino-based-smart-drip-irrigation-system/yomi-debosaiye>.

Статья поступила в редакцию 14.07.2021; одобрена после рецензирования 03.09.2021; принята к публикации 12.09.2021.  
The article was submitted 14.07.2021; approved after reviewing 03.09.2021; accepted for publication 12.09.2021.

