

## К ВОПРОСУ ОБ АВТОМАТИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ОРОШЕНИЯ И ПОЛИВА В ОТКРЫТОМ ГРУНТЕ

**АБДРАЗАКОВ Фярид Кинжаевич**, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

**МИХЕЕВА Ольга Валентиновна**, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

**СЕРЕБРЕННИКОВ Федор Васильевич**, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

**МИХЕЕВ Иван Александрович**, Физико-технический лицей № 1

*В статье рассмотрена возможность автоматизации режимов орошения с использованием микроконтроллеров ESP32 и интегрированным радиомодулем. Предложенная модель дает практически полную возможность автоматизации в назначении норм и сроков поливов с учетом особенностей выращиваемой культуры.*

70

**Введение.** В настоящее время все большее внимание уделяется восстановлению орошаемых площадей в засушливых зонах. Это позволяет значительно увеличить урожайность сельскохозяйственных культур по сравнению с богарными площадями.

В Российской Федерации при производстве растениеводческой сельскохозяйственной продукции в условиях орошаемого земледелия основное внимание уделяют возделыванию кормовых культур. Для сохранения высокой культуры земледелия в состав орошаемых севооборотов включены зерновые культуры [2].

Проблема получения высоких, устойчивых урожаев решается по многим направлениям, главным из которых является создание оптимальных условий для роста и развития растений, которые достигаются рядом факторов, из которых одну из ведущих ролей занимает наличие доступной для растений влаги.

Подача необходимого количества воды в нужные сроки является одной из важнейших задач мелиорации.

Цель исследования – разработка и программирование микроконтроллера для нужд оросительных мелиораций. В задачу входит программирование микроконтроллера таким образом, чтобы обеспечить расширяемость конструкции и возможность добавления дополнительных модулей.

**Методика исследований.** Если рассматривать баланс почвенной влаги, то известно, что он будет складываться из ее накопления и расхода. Таким образом, общее уравнение водного баланса ограниченного по площади участка орошаемой территории для всей толщи почвогрунтов до водоупора рассматриваемого конечного промежутка времени будет иметь следующий вид [3, 4]:

$$X + M + Z_m + Z_x + Y_{п.п} + Y_{п.поч} + Y_{п.г} - Y_{п} - Y_{г} - Y_{поч} - E - E_b - M_{сб} + \Delta U + \Delta q = 0 \quad (1)$$

где

$$\Delta U = \Delta U_{подз} + \Delta U_{пов}; \quad (2)$$

$$\Delta U_{подз} = \Delta W_H + \Delta U_{гp}; \quad (3)$$

$$\Delta U_{пов} = \Delta U_{сн} + \Delta U_{пон}; \quad (4)$$

где  $X$  – атмосферные осадки;  $M$  – оросительные нормы;  $Z_m, Z_x$  – фильтрация воды из магистральных и хозяйственных оросительных каналов;  $Y_{п.п}, Y_{п.поч}, Y_{п.г}$  – приток поверхностных, внутрипочвенных и грунтовых вод;  $Y_{п}, Y_{г}, Y_{поч}$  – сток (отток) поверхностных, грунтовых и внутрипочвенных вод;  $E$  – суммарное испарение;  $E_b$  – испарение с водной поверхности;  $M_{сб}$  – сток (сброс) поливных вод через дренаж;  $\Delta U$  – изменение (накопление или убыль) запасов воды;  $\Delta U_{подз}$  – в толще почвогрунтов и в водоносном слое;  $\Delta U_{пов}$  – на поверхности;  $\Delta W_H$  – в почвогрунтах зоны аэрации;  $\Delta U_{гp}$  – в грунтовых водах;  $\Delta U_{сн}$  – в снеге;  $\Delta U_{пон}$  – в понижениях рельефа;  $\Delta q$  – показатель водообмена верхнего водоносного слоя с нижележащими.

Если рассматривать конкретный опытный участок, то для условий опытного участка уравнение водного баланса будет существенно меняться вследствие следующих особенностей.

1. Уклон поверхности поля, интенсивность дождя при поливе или атмосферных осадках таковы, что весь объем поступившей воды полностью впитывается и поверхностный сток практически отсутствует, таким образом:

$$Y_{п.п}, Y_{п} = 0. \quad (5)$$



2. Уровень грунтовых вод для условий Саратовской области лежит значительно ниже 3 м от поверхности почвы, поэтому:

$$Y_{п.г}, Y_{г} = 0. \quad (6)$$

3. На орошаемых участках Саратовского Заволжья, как правило, нет искусственной дренажной системы, следовательно:

$$M_{сб} = 0. \quad (7)$$

4. Магистральный и хозяйственные каналы, как правило, находятся за пределами зоны влияния на орошаемый массив, поэтому:

$$Z_{м}, Z_{х} = 0; \quad (8)$$

$$E_{в} = 0. \quad (9)$$

5. Внутрипочвенный приток и отток воды отсутствуют вследствие особенностей орошаемого участка:

$$Y_{п.поч}, Y_{поч} = 0. \quad (10)$$

Таким образом, уравнение водного баланса для исследуемых условий модифицируется. Входящее в него водопотребление культуры определяется как остаточный член при условии, что остальные члены баланса определены независимо друг от друга, а уравнение водного баланса приобретает следующий вид:

$$E = X + M + \Delta U + \Delta q = 0, \text{ мм.} \quad (11)$$

Вопрос об оптимальной для растений влажности почвы был впервые поставлен на научную основу в середине 19-го века. Было установлено, что гибель растений от недостатка влаги происходит в то время, когда в почве имеется еще заметное количество воды, но, видимо, в недоступной для культур форме [3, 4].

Под оптимизацией водного режима почв и влагообеспеченности растений в настоящее время подразумевается такая система гидромелиоратив-

ных мероприятий, которая обуславливает получение рациональных экономически обоснованных урожаев сельскохозяйственных культур [5]. На практике решение данной задачи сводится к двум моментам: к определению оптимального интервала влажности почвы и поддержанию оптимума увлажнения в течение всего периода вегетации.

Растения могут нормально развиваться и максимально производить полезную продукцию только при условии оптимального содержания почвенной влаги и элементов питания [1].

Для решения задачи управления пространственным распределением влажности почвы необходимо осуществлять полив и контролировать электропроводности почвы в нескольких точках [7]. Для этого необходима система, состоящая из исполнительных устройств и нескольких датчиков. Определение оптимального интервала влажности почвы возможно с использованием датчиков влажности, которые могут быть как стандартной конструкции, так и представлять собой конструкцию из графитовых стержней, являющейся наиболее экологически чистой, т.к. конструкция практически не окисляется [6, 7].

Нами предложено использование датчиков влажности, которые будут сигнализировать о переходе через допустимый диапазон влажности и необходимости подачи оросительной воды культуре.

**Результаты исследований.** В отличие от орошения культур в теплицах или на небольших участках дачных или крестьянских (фермерских) хозяйств орошение на больших площадях возможно лишь при согласованности всей системы. Поэтому было выбрано управление датчиками на основе радиомодуля, который при помощи протокола LoRa (сокращение от Long Range – дальнобойный) может подавать сигнал на десятки километров по открытой незастроенной местности.

Предложено устройство, способное подключаться к поливному агрегату и подавать на него команды о необходимости включения оросительной машины и подачи на поле необходимого количества оросительной воды. Помимо этого, данный контроллер способен контролировать и другие устройства.

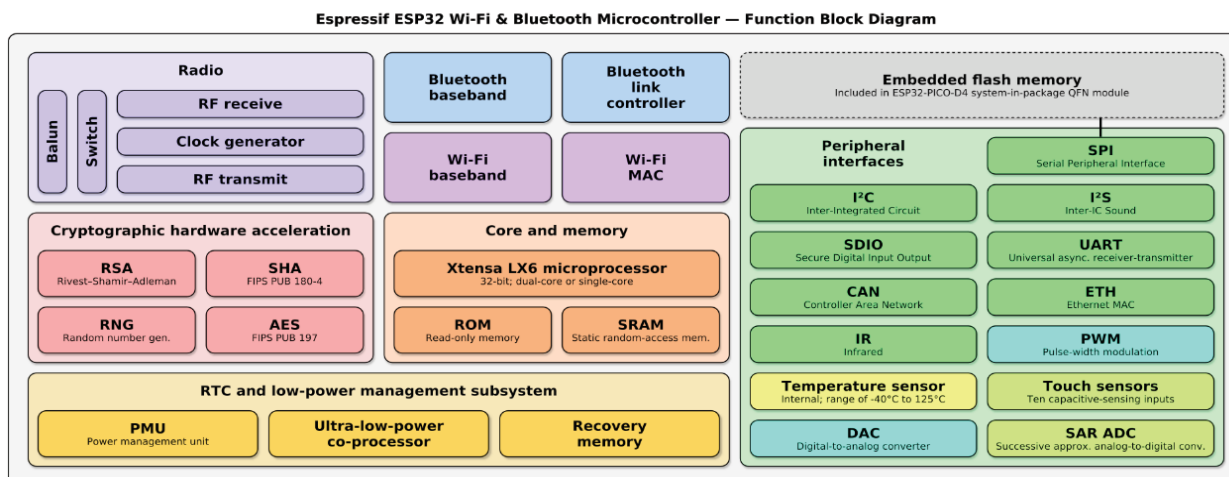


Рис. 1. Структурная схема микроконтроллера ESP32





Микроконтроллер разработан на базе микроконтроллеров ESP32 (рис. 1).

Датчики влажности, установленные в корнеобитаемом слое почвы по краям и в центральной части поля, подают сигналы микроконтроллеру о текущем состоянии влажности почвогрунта, микроконтроллер собирает данные и анализирует их, составляя общую картину влажности почвогрунтов на данный момент времени. Как только влажность почвы понижается до уровня близкой к граничной влажности, микроконтроллер подает сигнал или непосредственно на оросительную машину, если у используемой техники есть такая возможность или оператору на компьютер, расположенный в зоне действия беспроводных и проводных интерфейсов модуля (Wi-Fi, Bluetooth) или отправляет смс-сообщение на указанный номер о необходимости полива при наличии GSM-модуля, позволяющего использовать мобильные сети для связи.

Достоинствами данной системы является ее расширяемость и возможность использования большого количества модулей-датчиков (датчики влажности, температуры, давления) и модулей-исполнителей (поливальная машина, электронагреватель, увлажнитель воздуха), которые будут взаимодействовать друг с другом по разным сценариям, используя головной модуль, который в свою очередь будет передавать необходимые данные после предварительной обработки пользователю.

Приемник (рис. 2) содержит в себе OLED экран, обмен информации с которым происходит через интерфейс I2S, радиомодуль SX1278, работающий на частоте 433 МГц по протоколу LoRa и конвертер USB to Serial, через который передаются данные на внешнее устройство (к примеру, компьютер) и производится питание через USB-порт.

Передачик (рис. 3) содержит в себе не только радиомодуль и USB to Serial конвертер, но также высокоточный датчик температуры, давления и влажности воздуха BME280 и 12-разрядный аналогово-цифровой преобразователь (АЦП), к которому подключен датчик влажности, измеряющий сопротивление почвы и с помощью АЦП преобразующий в цифровой вид и переводящий данные в процентное соотношение.

В программе отслеживания влажности почвы,

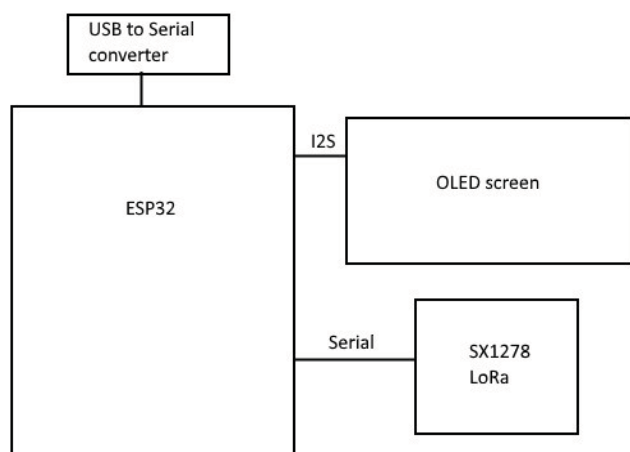


Рис. 2. Структурная схема приемника

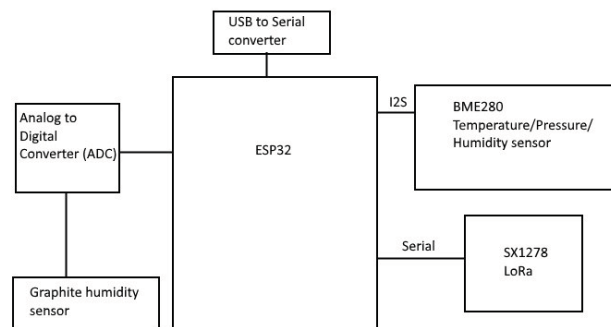


Рис. 3. Структурная схема передатчика

```
void printValues() {
    Serial.print("Temperature = ");
    Serial.print(bme.readTemperature());
    Serial.println(" *C");

    Serial.print("Pressure = ");

    Serial.print(bme.readPressure() / 100.0F);
    Serial.println(" hPa");

    Serial.print("Approx. Altitude = ");
    Serial.print(bme.readAltitude(SEALEVELPRESSURE_HPA));
    Serial.println(" m");

    Serial.print("Humidity = ");
    Serial.print(bme.readHumidity());
    Serial.println(" %");
}
```

Рис. 4. Пример программы отслеживания влажности почвы, температуры и влажности воздуха, используемой для корректной работы микроконтроллера

температуры и влажности воздуха, используемой для корректной работы микроконтроллера (рис. 4) можно задать граничные условия влажности почвы, которые необходимы для поддержания оптимальной влажности культуры. Так, например, нижний порог влажности для озимой пшеницы составляет 65 % наименьшей влагоемкости. Как только средняя влажность по полю приближается к 65% наименьшей влагоемкости, но не достигает ее, подается команда об осуществлении полива. Поливная норма может быть подана, как из учета возможностей дождевальной техники используя многолетние за культурой наблюдения, так и микроконтроллер может подать команду об отключении техники при достижении средней влажности почвы близкой к наименьшей влагоемкости.

**Заключение.** Таким образом, предложенная модель дает возможность практически полностью автоматизировать систему полива, режимы орошения сельскохозяйственных культур и тем самым сделать полив не только автоматизированным, но и ресурсосберегающим.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Затицацкий С.В., Михеева О.В. Разработка и создание информационно-советующей службы обеспечения ресурсосберегающего нормирования орошения сельскохозяйственных культур // Научная жизнь. – 2012. – № 3. – С. 132–135.

2. Исследования нормирования орошения озимой пшеницы расчетной обеспеченности по дефициту водного баланса зоны недостаточного и неустойчивого увлажнения / Ф.К. Абдразаков [и др.] // Аграрный научный журнал. – 2018. – № 11. – С. 46–51.

3. Михеева О.В. Построение динамики влажности на темно-каштановых почвах Саратовского Заволжья с помощью модели SWAP // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. – 2007. – № 3. – С. 72–73.

4. Михеева О.В. Совершенствование нормирования водосберегающих режимов орошения озимой пшеницы в условиях Саратовского Заволжья: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Саратов, 2005.

5. Михеева О.В. Совершенствование нормирования водосберегающих режимов орошения озимой пшеницы в условиях Саратовского Заволжья: дис. ... канд. техн. наук. – Саратов, 2005.

6. 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.

7. Портнов С.А., Михеева О.В. К вопросу об автоматизированной системе полива декоративных растений в закрытом грунте // Аграрный научный журнал. – 2017. – № 11. – С. 51–55.

**Абдразаков Фярид Кинжаевич**, д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой «Строительство, теплогазоснабжение и энергообеспечение», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

**Михеева Ольга Валентиновна**, канд. техн. наук, доцент кафедры «Строительство, теплогазоснабжение и энергообеспечение», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

**Серебренников Федор Васильевич**, д-р техн. наук, проф. кафедры «Мелиорация, рекультивация и охрана земель», Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова. Россия.

410056, г. Саратов, ул. Советская, 60.

Тел.: (8452) 74-96-53.

**Михеев Иван Александрович**, учащийся, Физико-технический лицей № 1. Россия.

410012, г. Саратов, ул. Московская, 143.

Тел.: (8452) 26-42-35.

**Ключевые слова:** режим орошения; автоматизация системы полива; микроконтроллер.

#### TO THE QUESTION ABOUT THE AUTOMATION OF THE IRRIGATION AND WATERING SYSTEM IN AN OPEN GROUND

**Abdrakov Fyaryd Kinzhaevich**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the chair "Construction, Heat and Gas Supply and Energy Supply", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

**Mikheyeva Olga Valentinovna**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the chair "Construction, Heat and Gas Supply and Energy Supply", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

**Serebrennikov Fedor Vasilievich**, Doctor of Technical Sciences, Professor of the chair "Amelioration, Reclamation and Land Protection", Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov. Russia.

**Mikheev Ivan Alexandrovich**, Student, Physico-Technical Lyceum No. 1. Russia.

**Keywords:** irrigation mode; irrigation system automation; microcontroller.

The article discusses the possibility of automating irrigation modes using ESP32 microcontrollers with an integrated radio module. The proposed model provides almost the full possibility of automation in setting the norms and timing of irrigation, taking into account the characteristics of the cultivated crop.

УДК 631.31 (470.44)

## РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПАХОТНОГО АГРЕГАТА МТЗ-82+ПБС-ЗМ

**БОЙКОВ Василий Михайлович**, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

**СТАРЦЕВ Сергей Викторович**, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

**АГЕЕВ Алексей Владимирович**, Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова

Представлено описание конструкции и технической характеристики разработанного в Саратовском государственном аграрном университете лемешно-отвального плуга общего назначения ПБС-ЗМ, агрегируемого тракторами тягового класса 1,4. В результате экспериментальных исследований пахотного агрегата, состоящего из трактора МТЗ-82 и плуга ПБС-ЗМ по стерневому фону поля с почвой низкой влажности и высокой твердости определены эксплуатационно-технологические показатели агрегата на основной отвальной обработке почвы. Исследования проведены в трех вариантах: в трехкорпусной комплектации плуга ПБС-ЗМ, в комплектации с двумя корпусами, при снятом переднем корпусе; в комплектации с двумя корпусами, при снятом заднем корпусе. Приведены графические зависимости тягового сопротивления плуга и производительности агрегата от скорости движения МТЗ-82+ПБС-ЗМ.

**Введение.** Среди тракторов, используемых на пахотных операциях, применяются тракторы МТЗ-80, МТЗ-82, относящиеся по российской классификации к тракторам тягового класса 1,4, мощность двигателя кото-

рых не превышает 75кВт [2]. Однако работа таких тракторов с плугами ПЛН-3-35 имеет некоторые особенности. Так, колеса правой стороны трактора перемещаются в борозде, а левые колеса движутся по невспаханной части

