

Автоматизация управления капельным поливом тепличных культур

И.З. Аширов, к.т.н., В.А. Шахов, д.т.н., профессор, С.В. Горячев, к.т.н., А.П. Козловцев, к.т.н., А.А. Сорокин, к.т.н., А.М. Старожуков, ст. преподаватель, ФГБОУ ВО Оренбургский ГАУ

Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации и настоящая внешнеполитическая и экономическая ситуация обусловили бурное развитие тепличного хозяйства в стране. Несмотря на целый ряд проблем, число проектов в этой отрасли увеличивается. По данным Союза производителей овощей, производство тепличных культур по итогам 2016 г. составило около 900 тыс. т, что на 17% выше аналогичного показателя 2015 г., а доля КФХ в структуре производства овощей составила 12% [1].

Одна из проблем при выращивании овощей в теплицах – это качественный, своевременный полив растений. Сегодня в теплицах КФХ в основном используется капельный полив, который позволяет дозированно насыщать растения влагой локально у корней. В этом случае, в отличие от полива из шланга или оросительных систем, удаётся сэкономить до 70% воды и одновременно вносить растворённые минеральные удобрения.

В настоящее время управление капельным поливом в теплицах КФХ осуществляется вручную, таймером времени или датчиком влажности почвы. Устройства автоматизации полива на основе датчика влажности почвы позволяют обеспечить своевременное и точное дозирование воды. Однако современные доступные устройства автоматизации полива на основе датчика влажности имеют и ряд недостатков: отсутствие постоянного мониторинга влажности почвы (измерения проводятся через достаточно длительные промежутки времени); длительность полива регулируется таймером времени, в результате чего появляется необходимость периодически вносить коррективы (потребление влаги у растений зависит от вегетативного периода и температуры окружающей среды); один канал измерения, что не позволяет одним устройством обслуживать различные культуры [2, 3].

Настоящее исследование было проведено в Оренбургском ГАУ с целью разработки автоматического устройства управления капельным поливом.

Материал и методы исследования. Для устранения выявленных недостатков существующих систем разработано устройство автоматизации управления капельным поливом (рис. 1), которое позволяет производить непрерывное измерение влажности почвы одновременно по пяти каналам и выводить значения на ЖК-дисплей. Это даёт возможность управлять поливом на пяти разных участках в теплице.

В предлагаемом устройстве в качестве датчика влажности используется резистивный датчик. Он измеряет сопротивление почвы, которое зависит от влажности, так как основным проводником тока в почве является его жидкая часть – почвенный раствор. Как всякая проводящая жидкость, почвенный раствор является электролитом и обладает ионной проводимостью, и, чтобы исключить влияние электрохимических процессов на показания датчика, последний запитывается переменным напряжением.

Устройство определяет сопротивление почвы следующим образом. Переменное напряжение подаётся с понижающего трансформатора 1 (рис. 1) на датчик 4 через шунт 5. В зависимости от сопротивления почвы и напряжения источника в цепи датчика устанавливается определённый ток I .

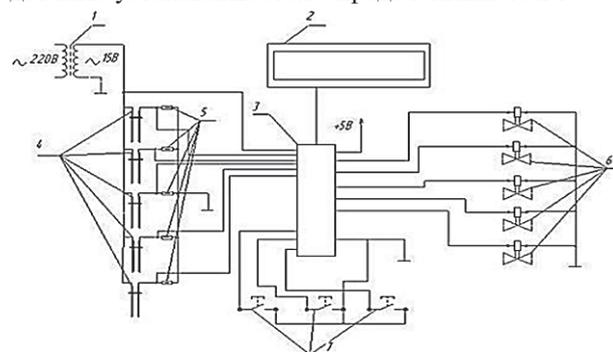


Рис. 1 – Структурно-функциональная схема устройства управления капельным поливом почвы: 1 – понижающий трансформатор ТП115–10; 2 – ЖК-индикатор МТ-16S2D-2YLG; 3 – микроконтроллер АТmega16; 4 – резистивный датчик; 5 – шунт; 6 – электромагнитный клапан; 7 – кнопка управления

На выводы микроконтроллера 3 поступает напряжение от источника тока U и с шунта $U_{ш}$. Алгоритм работы микроконтроллера представлен на рисунке 2.

На основании закона Ома сопротивление почвы определяется равенством:

$$R_{п} = \frac{U_{д}}{I}, \text{ Ом}, \quad (1)$$

где $U_{д}$ – напряжение на датчике, В.

Напряжение на датчике определяется разностью напряжений источника тока и шунта:

$$U_{д} = U - U_{ш}, \text{ В}. \quad (2)$$

Ток цепи рассчитывается по выражению,

$$I = \frac{U_{ш}}{R_{ш}}, \text{ А}. \quad (3)$$

где $R_{ш}$ – сопротивление шунта, Ом.

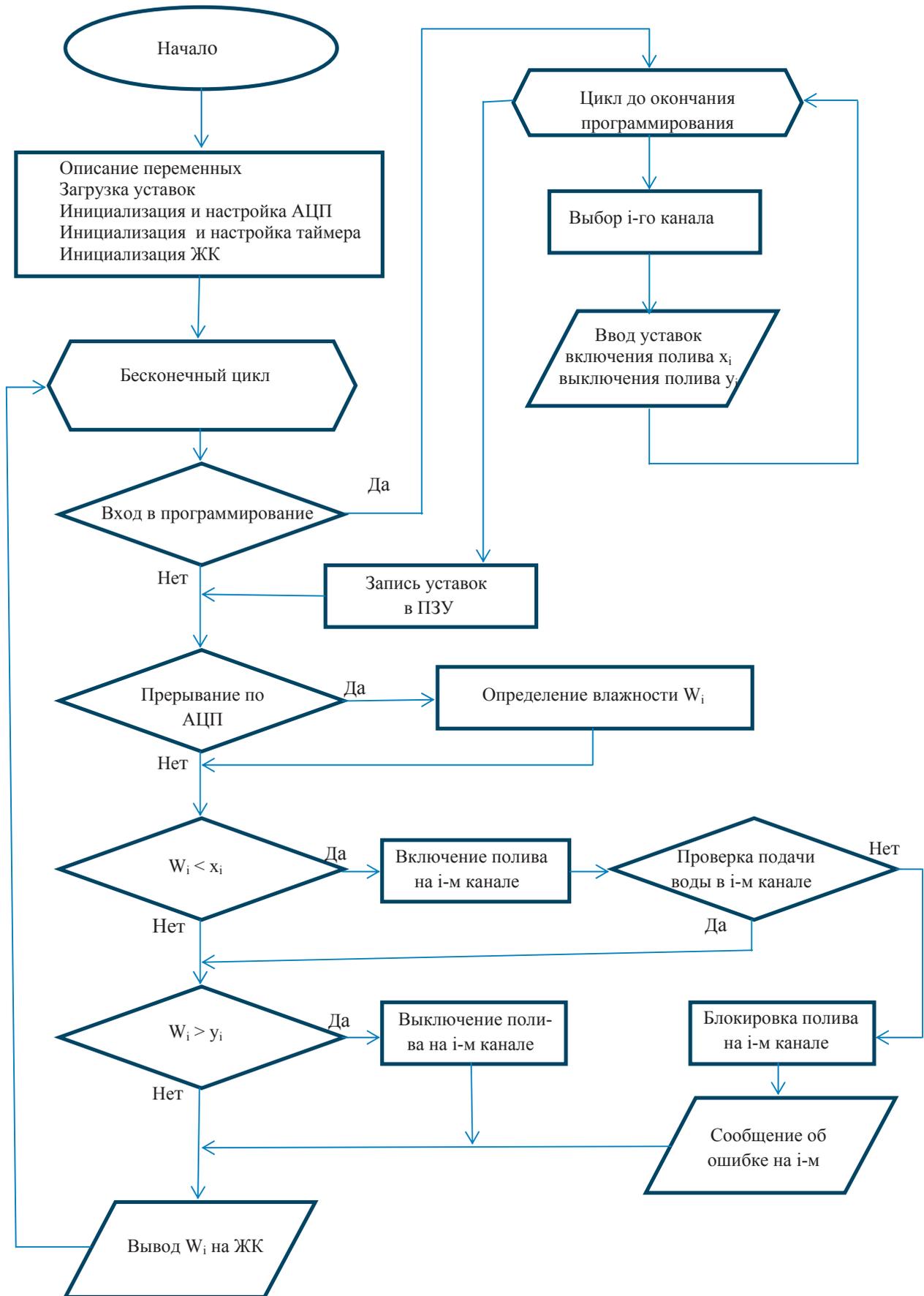


Рис. 2 – Алгоритм работы микроконтроллера

Используя выражения (2) и (3), формулу (1) можно представить следующим образом:

$$R_{II} = R_{III} \left(\frac{U}{U_{III}} - 1 \right), \text{ Ом.} \quad (4)$$

Из полученного выражения видно, что сопротивление почвы определяется двумя напряжениями – на источнике и на шунте.

Напряжение на источнике с течением времени может колебаться. Однако эксперимент показал, что на сопротивление почвы не влияет напряжение на датчике, а напряжение на шунте зависит только от тока в цепи.

Для удобства пользователя устройства на ЖК-индикатор 2 выводится не величина сопротивления почвы, а данные по количеству доступной влаги в почве $W\%$, определяемой зависимостью:

$$W = 100 \left(1 - \frac{R_{II}}{R_{3AB}} \right) \quad (5)$$

где R_{3AB} – сопротивление почвы при влажности завядания, Ом.

Выражение (5) устанавливает линейную зависимость свободной влаги от сопротивления почвы. Следовательно, значение $W = 0\%$ показывает, что свободная влага отсутствует, а $W = 100\%$ соответствует полному насыщению почвы свободной влагой. Как показывают исследования, сопротивление почвы на этом участке имеет не совсем линейную зависимость от влажности. Т.е. показания между 0 и 100% будут незначительно отличаться от действительных.

Перед эксплуатацией устройства пользователь вносит в память микроконтроллера уставку (ко-

личество доступной влаги в почве в процентах), при которой будет происходить запуск, и уставку остановки полива для каждого канала. Далее в процессе эксплуатации пользователь корректирует, если необходимо, уставки включения и отключения полива.

Включение и отключение полива осуществляется электромагнитными клапанами. На случай отказа клапана, отсутствия воды, обрыва провода датчика устройство сигнализирует об отказе и прекращает полив на соответствующем канале (контроль ведётся по изменению влажности во время полива и напряжению на шунтах).

Выводы. Разработанное устройство позволяет осуществлять автоматический полив овощных культур на пяти разных участках теплицы, ведёт постоянный мониторинг влажности, сообщает о неполадках в системе полива.

Неточное отображение влажности не сказывается на качестве полива, так как уставки изменяются, если необходимо, в соответствии с указанием специалиста.

В настоящее время устройство проходит производственные испытания, в ходе которых в устройство была добавлена функция по контролю температуры внутри теплицы.

Литература

1. Котов В.П., Адрицкая Н.А., Пущь Н.М. Овощеводство: учебное пособие. М.: «Лань», 2017.
2. Бессонов Л.А. Теоретические основы электротехники. Электрические цепи. 9-е изд. М.: «Высшая школа», 1996. 638 с.
3. Евстифеев А.В. Микроконтроллеры AVR семейств Tiny и Mega фирмы ATMEL, 5-е изд., стер. М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2008. 560 с.