УДК: 631.674:633/635:004(575.111)(043)

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ СХЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ПОЛИВОМ С ПРИМЕНЕНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Арифжанов А.Ш.
К.т.н.,профессор,профессор кафедры АТПиУ НИУ ТИИИМСХ,
E-mail: arifjanov@yandex.ru
Абдуғаниев А.А.
Ассистент кафедры АТПиУ НИУ ТИИИМСХ,
E-mail: azizabduganiyev69@gmail.com

Аннотация. Мақолада “Буюмлар Интернети” технологияси ва LoRaWAN маълумотларни симсиз узатиш технологиясига асосланган замонавий ахборот-коммуникация технологияларидан фойдаланган ҳолда кичик фермер хўжаликларида суғоришни бошқаришнинг автоматлаштирилган "ақлли" тизимини яратиш учун аппарат-дастурий комплекснинг концептуал схемаси кўриб чиқилган.

Калит сўзлар: суғориладиган деҳқончилик, суғоришни автоматлаштириш, “Буюмлар Интернети” технологияси, LoRaWAN маълумотларни симсиз узатиш технологияси, ўсимликларни суғориш режимини бошқариш.

Аннотация. В работе рассмотрена концептуальная схема аппаратно-программного комплекса для создания автоматизированной системы «Умного» управления поливом в малых фермерских хозяйствах с применением современных информационно-коммуникационных технологий на базе технологии «Интернета вещей» и технологии беспроводной передачи данных LoRaWAN.

Ключевые слова: Орошаемое земледелие, автоматизация полива, IoT-технология, технология беспроводной передачи данных LoRaWAN, управление режимом полива растения.

Annotation. The paper considers a conceptual scheme of a hardware and software complex for creating an automated "Smart" irrigation management system in small farms using modern information and communication technologies based on the “Internet of Things” technology and LoRaWAN wireless data transmission technology.

Keywords: Irrigated agriculture, automation of irrigation, IoT technology, LoRaWAN wireless data transmission technology, plant irrigation mode control.

ВВЕДЕНИЕ.

Тщательное соблюдение агротехнических требований к влажности почвы является залогом высокой эффективности растениеводства.

ISSN 3030-3907

Поскольку влажность почвы зависит от вида растений, от периода вегетации и от многочисленных погодных факторов, важное значение приобретает автоматизация контроля и регулирования влажности почвы в корневой зоне растений. Регулирование влажности почвы в корневой зоне растений осуществляется путем полива - разового искусственного увлажнения почвы под сельскохозяйственными культурами и насаждениями. Поддержание оптимальной влажности почвы в корневой зоне сельскохозяйственных культур – залог высокого урожая, поскольку растения не могут развиваться, если влаги в грунте недостаточно. Для сельскохозяйственных культур оптимальный уровень влажности может быть разным в зависимости от их фазы роста и развития. Например, для зерновых культур нормальным показателем считается 50 %-70 % от максимальной емкости грунта, а для овощных — 60 %-80 % [1,2].

В условиях аридного климата Узбекистана полив является основным методом искусственного увлажнения почвы для обеспечения оптимального уровня её влажности, когда естественных осадков недостаточно, с целью повышения урожайности и создания оптимальных условий для роста растений.

Площадь орошаемой земельной площади республики составляет 4,3 млн гектаров. В условиях высокой нагрузки на водные ресурсы и дефицита поливной воды Узбекистан, как и другие страны Центральной Азии, практически исчерпал свой потенциал экстенсивного развития орошаемого земледелия. Сельское хозяйство страны забирает до 90 процентов от общего объема водопотребления республики, треть воды в аграрном секторе просто теряется из-за неэффективности ирригационных сетей. Неэффективно используется вода и на полях из-за устаревающей инфраструктуры и неэффективной практики ведения сельского хозяйства [3].

Одним из ключевых достижений, трансформирующих традиционные методы ведения сельского хозяйства, является автоматизация процессов полива сельхоз культур в фермерских хозяйствах. Автоматизация полива — это не просто удобство, а ключевой элемент интеллектуального управления ресурсами в современном сельском хозяйстве, делающий его более продуктивным и устойчивым. Это нововведение не только модернизирует сельское хозяйство, но и существенно влияет на способы выращивания сельскохозяйственных культур и управления водными ресурсами.

С учетом мирового опыта, в Узбекистане в последние годы принимаются весьма серьезные и действенные меры по развитию сельскохозяйственного сектора, внедрению в сельское хозяйство

ISSN 3030-3907

современных инновационных технологий. Однако, в сельском хозяйстве Узбекистана уровень автоматизации находится пока ещё на начале пути. За последние 20 лет в автоматике для полива изменилось многое. Тем не менее, разнообразие, точность датчиков, а главное их доступность для сельхозпроизводителей остаются на низком уровне. Для успешного решения этих задач необходимо широкое внедрение «умного» сельского хозяйства, которое позволяет максимально автоматизировать сельскохозяйственную деятельность.

Анализ практики проведения аграрных реформ и управления процессами полива сельскохозяйственных культур в других странах показывает, что наиболее рациональным вариантом решения проблемы является разработка бюджетной (недорогой) системы, позволяющей автоматизировать контроль состояния влажности почвы в корневой зоне растения и управлять режимами полива для обеспечения оптимальной влажности почвы в период вегетации растений в малых и средних фермерских хозяйствах (в т.ч., площадь которых не превышает 0,5-1га).

Учитывая изложенное, в настоящей работе рассмотрена концептуальная схема аппаратно-программного комплекса для создания автоматизированной системы «Умного» управления поливом в малых фермерских хозяйствах с применением современных информационно-коммуникационных технологий на базе технологии «Интернета вещей» и технологии беспроводной передачи данных LoRaWAN, позволяющей фермерам автоматизировать процессы полива и сократить потребление воды.

Материалы и методы. Технология «Интернета вещей» (IoT-Internet of Things) представляет систему взаимодействия и обмена информацией между различными устройствами и машинами, которая позволяет автоматизировать процессы управления и контроля посредством различных «умных устройств» и значительно снизить участие в них человека. Примеров применения технологии IoT в автоматизация ирригации весьма ограничены (K.Murali [4], Zhang Siyuan and Qian Yue [5], S. Zhang [6], N.Suresh [7], Электронные ресурсы [8]). В работах (А.Ш.Арифжанов, А.А. Абдуганиев [9-14]) рассмотрены вопросы применения технологии IoT для автоматизации управления процессом полива путем мониторинга и анализа состояния влажности грунта и метеоусловий.

Аппаратно-программный комплекс автоматизированной системы управления поливом с применением технологии "Интернета вещей" (IoT) и технологии беспроводной передачи данных LoRaWAN включает датчики влажности почвы, которые измеряют влажность почвы, микроконтроллер

ISSN 3030-3907

(например, на базе Arduino или Raspberry Pi) для обработки данных, модуль связи (Wi-Fi или LoRa) для передачи данных и облачную платформу IoT под названием Thingspeak в режиме реального времени или сетевой сервер, где данные хранятся, анализируются и визуализируются, а также могут запускать автоматизированные системы управления поливом.

Рассмотрим основные компоненты аппаратно-программного комплекса:

***1.*Аппаратная часть.** На объекте размещается сеть взаимосвязанных устройств. В почву на разной глубине устанавливаются датчики, которые измеряют ключевые параметры: влажность, температуру, уровень засолённости почвы и содержание питательных веществ. Также используются метеодатчики, которые отслеживают температуру и влажность воздуха, интенсивность солнечного излучения, скорость ветра и количество выпавших осадков.

***2.*Контроллер (микропроцессорный контроллер).** Получает информацию со всех датчиков через специальный шлюз, который отвечает за сбор данных и их передачу в облако по беспроводным сетям. Контроллер управляет исполнительными устройствами — электромагнитными клапанами и насосами, открывая и закрывая подачу воды в конкретные зоны полива.

3.Сервер данных и приложение / Облачная платформа. Это программное ядро системы, которое с помощью сложных алгоритмов машинного обучения проводит глубокий анализ собранных данных. Модели, построенные с применением методов искусственного интеллекта (AI-модель), учитывая тип культуры, фазу её роста, характеристики почвы, исторические данные и актуальный прогноз погоды, вычисляет точную потребность растений в воде.

4.Пользовательский интерфейс. Доступный с любого устройства через веб-браузер или мобильное приложение. Пользователь видит на экране виртуальную карту полей или газонов в реальном времени, где наглядно отображается статус влажности почвы, работа клапанов и ход полива.

Алгоритм работы автоматизированной системы управления поливом с применением технологии "Интернета вещей" (IoT) изображен на рисунке 1.

ISSN 3030-3907

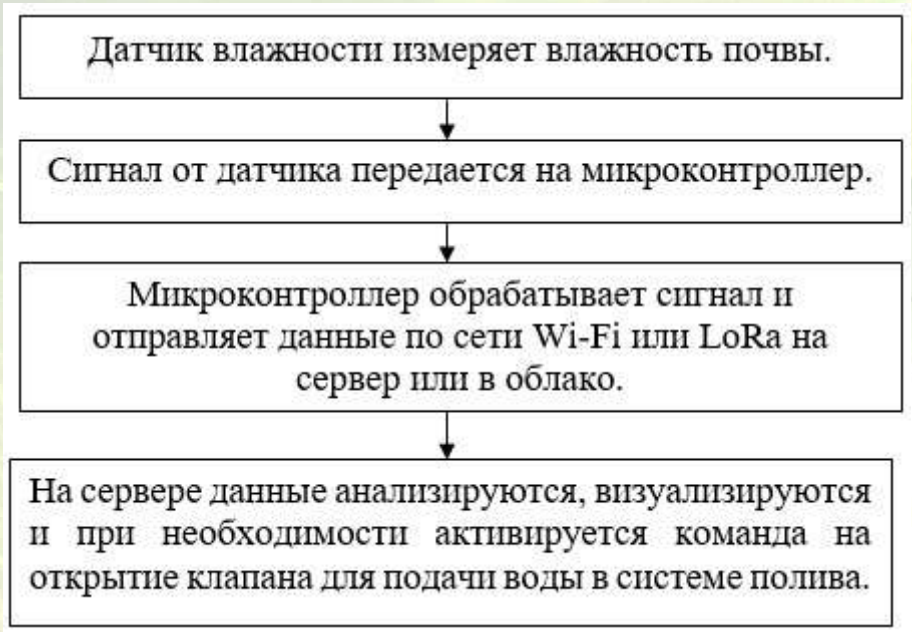


Рисунок 1.Алгоритм работы системы мониторинга влажности почвы и управления поливом с использованием технологии "Интернета вещей" (IoT)

Результаты. Нами разработана концептуальная схема аппаратно-программного комплекса интеллектуальной системы управления поливом - «Умного полива» сельскохозяйственных культур, позволяющая минимизировать нерациональное использование воды без ущерба для растений.

Структурная схема автоматизации управления поливом с применением технологии «Интернета вещей» приведена на рис.2.

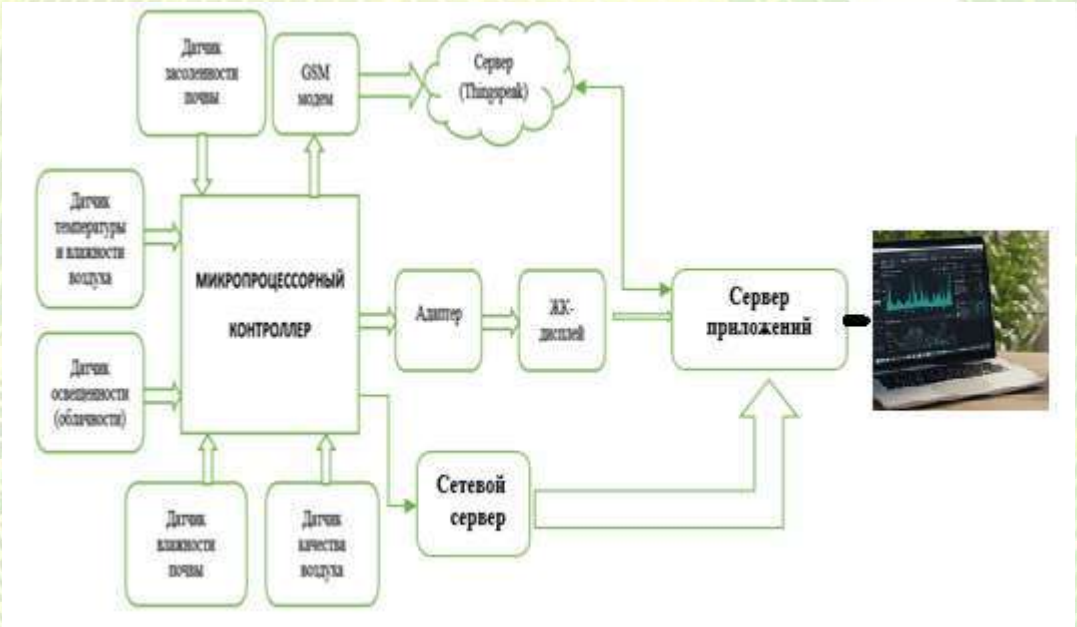


Рисунок 2. Структурная схема автоматизации управления поливом с применением технологии «Интернета вещей».

ISSN 3030-3907

На рис.3 представлена концептуальная схема системы «Умного полива» с применением капельного орошения сельхозкультур на площади 1 га.

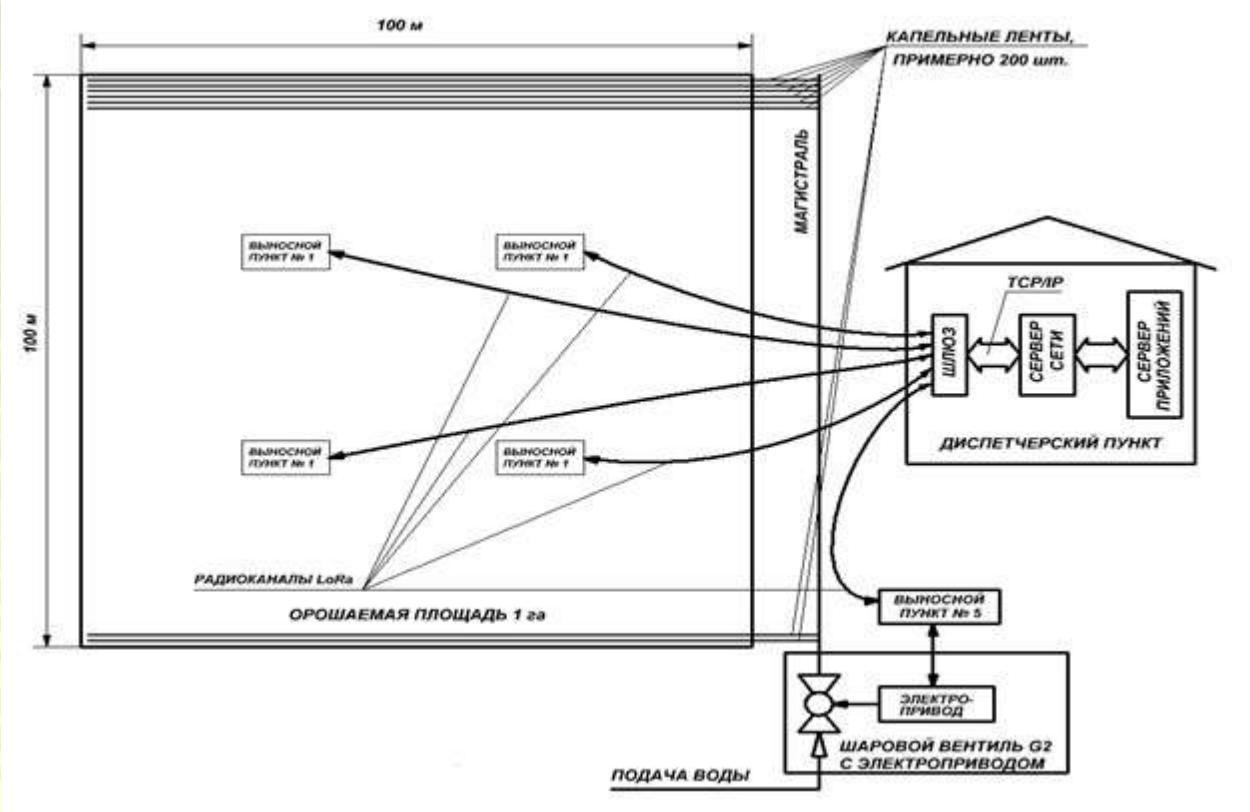


Рисунок 3. Концептуальная схема системы «Умного полива».

Система капельного орошения состоит из магистрали, капельных лент, шарового вентиля с электроприводом, регулирующего подачу воды и аппаратно-программного комплекса управления поливом, использующим технологию беспроводной передачи данных LoRaWAN [15-18].

LoRaWAN – это беспроводная технология, получившая значительное распространение в последние годы, в первую очередь благодаря своей способности обеспечивать связь между устройствами IoT на большом расстоянии и низкому энергопотреблению. Технология основана на протоколе LoRaWAN, который оптимизирован для устройств с батарейным питанием и предназначен для работы в нелицензируемом промышленном, научном и медицинском (ISM – англ. Industrial, Scientific, Medical) диапазоне.

LoRaWAN получила значительное распространение в последние годы благодаря своей способности обеспечивать связь на большие расстояния, низкому энергопотреблению и низкой стоимости. Это делает ее идеальной технологией для IoT-приложений, требующих связи на большом расстоянии и низкого энергопотребления.

ISSN 3030-3907

Технологический стек LoRaWAN состоит из нескольких уровней, которые обеспечивают безопасную двунаправленную связь, мобильность и услуги локализации. Эти уровни включают в себя (рис.4):

Конечные устройства: Это устройства с поддержкой LoRaWAN, которые могут взаимодействовать со шлюзами.

•**Шлюзы**: Это устройства, которые действуют как мост между конечными устройствами и сетевым сервером. Они принимают сигналы от конечных устройств и направляют их на сетевой сервер.

•**Сетевой сервер**: Это центральное устройство, которое управляет сетью LoRaWAN. Он аутентифицирует устройства, маршрутизирует сообщения между конечными устройствами и серверами приложений и управляет безопасностью сети.

•**Сервер приложений:** Это сервер, который получает данные от конечных устройств, обрабатывает их и доставляет в приложение.

Аппаратно-программный комплекс управления системой орошения состоит из 5 выносных пунктов, шлюза, сервера сети, сервера приложений и шарового крана с электроприводом.

Выносные пункты (ВП) имеют в своём составе следующие датчики: температуры и влажности воздуха, температуры и влажности почвы, а также датчик освещённости. Измерительные данные от этих датчиков по интерфейсу I2C поступают в блок управления (БУ). БУ выносного пункта принимает измерительную информацию, обрабатывает её, формирует её в кадр и управляет её передачей. Информация, сформированная БУ поступает на вход радио модуля LoRa и отправляются в ***шлюз***, который принимает эти данные, переформатирует их в протокол TCP/IP и передаёт в ***сетевой сервер***.

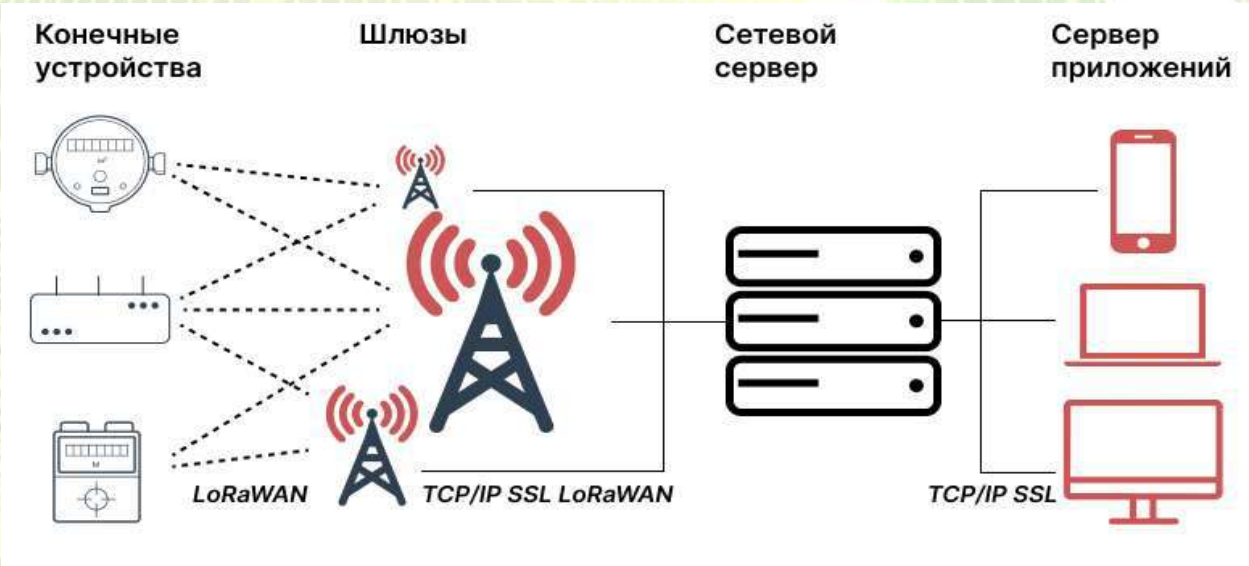


Рисунок 4.Структурная схема уровней технологического стека LoRaWAN [15].

ISSN 3030-3907

Выносные пункты (ВП) №1-№4 равномерно распределены по площади в 1 га. Структура выносных пунктов №1-№4 приведена на рис.5.

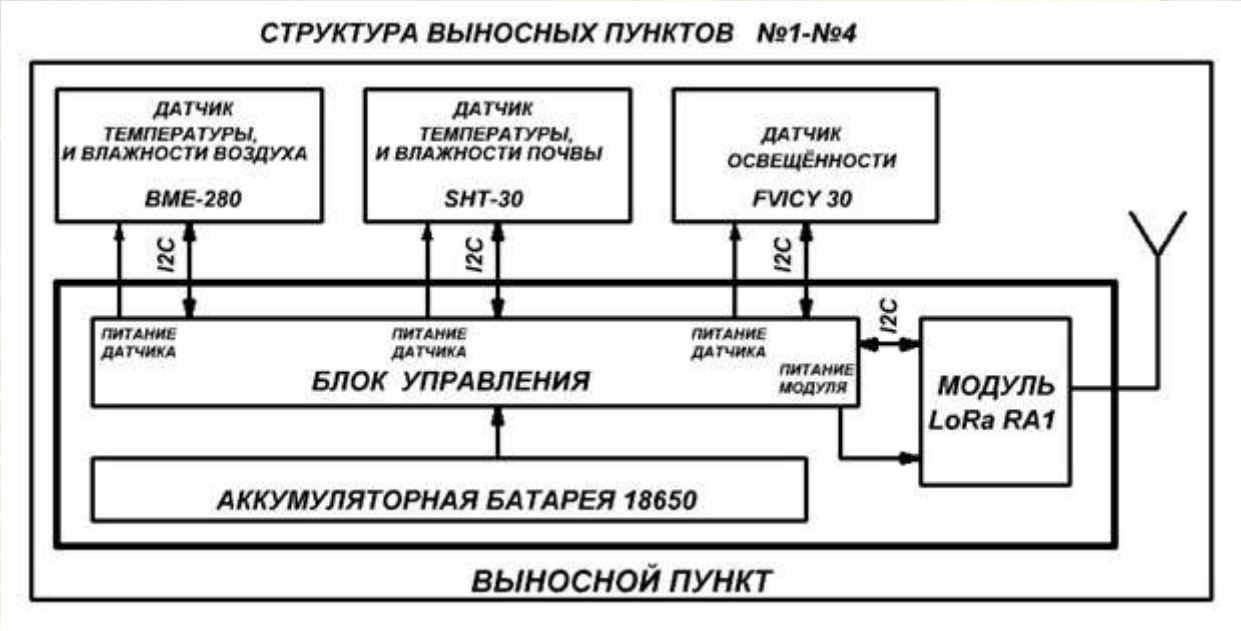


Рисунок 5. Структура выносных пунктов №1-4.

В целях экономии электроэнергии БУ кроме того управляет кратковременным включением питания всех измерительных датчиков. Время работы ВП от одной аккумуляторной батареи, осуществляющей его питание, составляет минимум 1 год. Шлюз передаёт информацию от ВП в сетевой сервер, который управляет работой сети: временем выхода ВП в эфир, длительностью и мощностью передачи и многими другими параметрами сети, оптимизируя её работу.

Информация от сетевого сервера поступает ***в сервер приложений***, который на основе полученной информации открывает и закрывает шаровой вентиль, регулируя таким образом необходимый полив сельскохозяйственных культур. Открывает и закрывает шаровой вентиль электропривод, управляемый ВП №5, структурная схема которого приведена на рис.6.

ISSN 3030-3907

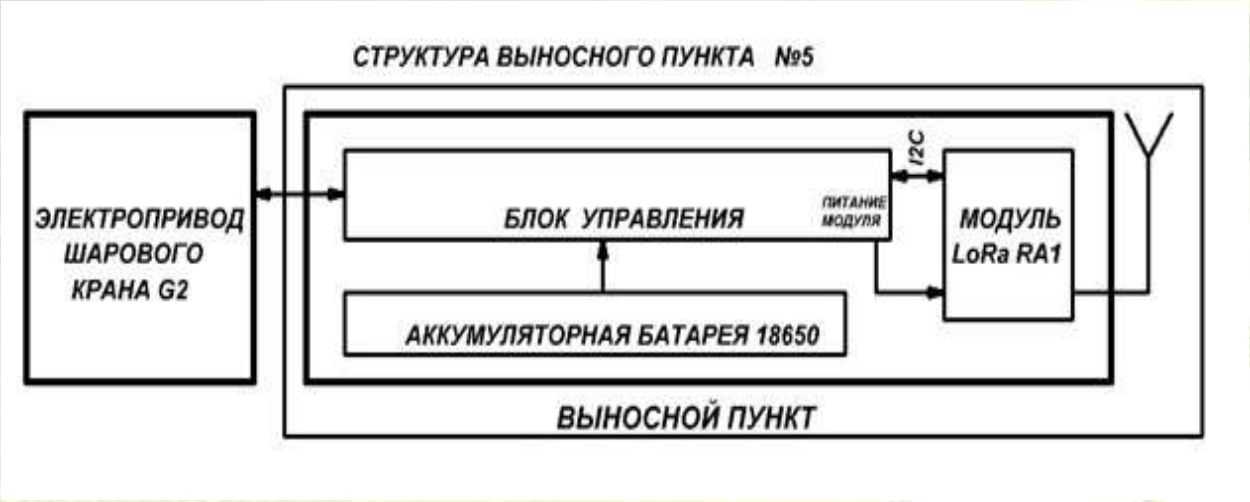


Рисунок 6. Структура выносного пункта №5.

Таким образом фермер может получать доступ к данным о состоянии почвы удалённо и дистанционно управлять поливом.

Поскольку дальность радиосвязи, использующей технологию LoRa составляет на открытом пространстве до 10 км, а одна сеть по протоколу LoRa может состоять из множества устройств (оконечные узлы-выносные пункты, промежуточные-шлюзы), то полей, обвязанных одной системой LoRa может быть множество (несколько десятков) (рис.7).

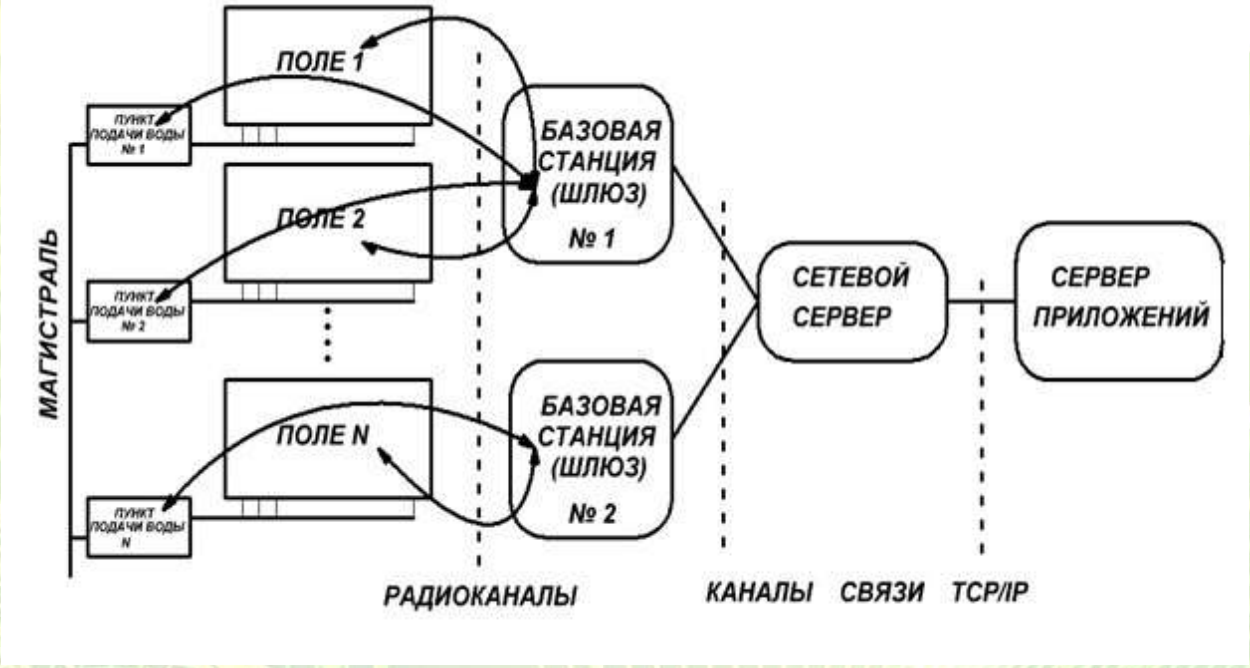


Рисунок 7. Структура множества полей, обвязанных одной системой LoRa.

Обсуждение: Основная задача интеллектуальной системы управления поливом заключается в оптимизации процесса полива растений, исходя из множества различных факторов, таких как погода, тип почвы, потребности растений и другие.

ISSN 3030-3907

Принцип работы ИСУ основан в непрерывном выполнении следующего цикла работ:

1. Анализ данных: ИСУ постоянно анализирует данные, поступающие от датчиков, чтобы определить текущие условия окружающей среды и потребности растений.

2. Принятие решений: ИСУ на основе полученных данных и заранее заданных алгоритмов принимает решение о необходимости полива, его объеме и времени проведения.

3. Управление системой полива: интеллектуальная система управления контролирует работу системы полива, включая включение и отключение насосов, клапанов, регулирование расхода воды и другие параметры.

4.После полива датчики снова фиксируют изменения, и цикл замыкается, обеспечивая постоянную адаптацию и оптимизацию.

Преимуществами использования ИСУ в системах автоматического полива являются:

1.*Экономия воды:* ИСУ позволяет оптимизировать расход воды, используя ее только в необходимом объеме и в нужный момент, исключая перерасход и избыток.

2.*Экологическая эффективность:* Благодаря точному контролю полива, ИСУ помогает минимизировать негативное влияние на окружающую среду, снижая риск пересыхания почвы и утечки химических удобрений в грунтовые воды.

3.*Экономия энергии:* ИСУ позволяет рационально распределять энергию, выделяемую на систему полива, что позволяет снизить затраты на электроэнергию.

4.*Автоматизация и удобство использования:* ИСУ позволяет полностью автоматически контролировать процесс полива, что облегчает работу садоводов и сельскохозяйственных предприятий.

5.*Увеличение урожайности:* Благодаря точному контролю полива, ИСУ позволяет создать оптимальные условия для роста и развития растений, в результате чего урожайность может увеличиться.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработана концептуальная схема аппаратно-программного комплекса для создания интеллектуальной автоматизированной системы «Умного» управления поливом в малых фермерских хозяйствах с применением современных информационно-коммуникационных технологий на базе технологии «Интернета вещей» и технологии беспроводной передачи данных LoRaWAN.

ISSN 3030-3907

Система предназначена для оптимизации процесса полива растений, снижения потребления воды и повышения эффективности сельскохозяйственных работ. Концептуальная схема охватывает сбор данных с датчиков влажности почвы, температуры воздуха и освещенности, их обработку и анализ с использованием микроконтроллера, а также автоматическое управление системой полива через сеть Wi-Fi. Особое внимание уделено разработке дружественного пользовательского интерфейса для мониторинга и управления системой, что делает ее доступной для использования в малых фермерских хозяйствах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Орошение овощных культур. Нормы полива. https://interagrosnab.ru/647081_oroshenie_ovoschnih_kultur_normi_poliva.html
2. Требования овощных растений к влажности почвы и воздуха. https://domir.ru/house/vlaga_rast.html
3. Концепция развития водного хозяйства Республики Узбекистан на 2020 — 2030 годы
4. Kola Murali and B. Sridhar 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 2062 012010 A smart Agriculture Irrigation System using sensor array based IoT.
5. Zhang Siyuan and Qian Yue 2016 4th International Conference on Machinery, Materials and Computing Technology Applications of Technologies of Internet of Things in Computer Monitoring System.
6. Nalina Suresh, Valerianus Hashiyana, Victor Panduleni Kulula, Shreekanth Thotappa Smart Water Level Monitoring System for Farmers 2019 https://www.researchgate.net/publication/334662554
7. IoT Based Weather Monitoring System Using Arduino https://electronics-project-hub.com/iot-based-energy-monitoring-system/
8. IoT based Smart Agriculture Monitoring System https://electronics-project-hub.com/iot-based-smart-agriculture-monitoring-system/
9. А.Ш. Арифжанов, А. А. Абдуғаниев. Анализ проблем внедрения информационных технологий в планировании водопользования и оперативном управлении водораспределением на оросительных системах. SCIENTIFIC JOURNAL “SCIENCE AND EDUCATION”, 2022, VOLUME #2, ISSUE #10. pp.166-171.
10. А.Ш. Арифжанов, А. А. Абдуғаниев. Применение умных технологий в ирригации. «Фан, таълим ва техникани инновацион ривожлантириш масалалари» мавзусидаги Халқаро илмий-амалий онлайн анжуман материаллари тўплами, 2022 йил 12 апрель, Андижон. 183-186.

ISSN 3030-3907

11. А.Ш. Арифжанов, А.А.Абдуғаниев. Информационные технологии в оперативном управлении орошением сельскохозяйственных культур. Сборник докладов Республиканской научно-практической конференции “Проблемы применения современных информационных, коммуникационных технологий и IT- образования”, Самарканд, 9 апреля 2022 года. С.112-114.
12. А.Арифжанов, А.Абдуғаниев. Интеллектуальная система управления орошением на основе технологии интернета вещей. AGRO ILM. «O‘ZBEKISTON QISHLOQ VA SUV XO‘JALIGI» журнали илмий иловси. Аграр-иқтисодий, илмий-амалий журнал. 2022 йил, 6-илова (85)-сон.95-97 бетлар.
13. А.Ш.Арифжанов, А.А.Абдуғаниев. Разработка интеллектуальной автоматизированной системы управления процессом полива. Инновацион техника ва технологияларнинг қишлоқ хўжалиги – озиқ-овқат тармоғидаги муаммо ва истиқболлари. III Халқаро илмий-техник анжуман. 5-шўъба. 184-185 сахифа. –Тошкент. ТошДТУ, 2023 йил 20-21-апрел -456 б.
14. А.Арифжанов, А.Абдуғаниев. Интеллектуальная автоматизированная система управления режимами орошения сельскохозяйственных культур. AGRO ILM. «O‘ZBEKISTON QISHLOQ VA SUV XO‘JALIGI» журнали илмий иловаси. Аграр-иқтисодий, илмий-амалий журнал. №6 [95], 2023
15. Обзор LoRaWAN и ее применение в IoT. https://nekta.tech/obzor-lorawan-i-ee-primeneniya-v-iot/
16. LoRaWAN. https://iotvega.com/about_lora
17. Плотников О. Сети LoRaWAN 2017.
18. Михайлов В.Ю., Тюрликов А.М. Проблемы построения сетей по технологии LoRaWAN при использовании автономных оконечных устройств // T-Comm: Телекоммуникации и транспорт. 2025. Том 19. №9. С. 14-22.

ISSN 3030-3907