

преимуществ интегральной проводимости и использования пространства, что, как следствие, привело к предметному противостоянию, которое в основном имеют те же цели в окончательном общем преимуществе.

3.2. Интеллектуальное управление подачей воды (Фартуков В.А, Ханов Н.В.)

Орошаемые земли являются одним из главных факторов обеспечения стабильности сельскохозяйственного производства и обеспечения продовольственной безопасности. На орошаемых землях, составляющих менее 20% площади пашни, производится более 40% продукции растениеводства. Ежегодный рост орошаемого земледелия на 15%, с целью получения высоких, гарантированных урожаев при снижении водопотребления и затрат на электроэнергию, а так же трудозатрат, применение регулирования производительности поливной системы для каждого сектора поля. Результатом регулирования подачи воды для полива растений является получение устойчивого, стабильного урожая, и экономия водных ресурсов. Отсутствие постоянного контроля над состоянием почвы и растений, образование поверхностного стока воды, луж, ухудшает структуру почвы и её энергетическое состояние, приводит к неэффективному использованию воды и энергии (перерасход воды или её недостаточное количество) при поливе сельскохозяйственных культур и как следствие к увеличению финансовых затрат на агротехнические мероприятия [76, 93, 122,136].

Разработка и создание аппаратно-программного комплекса базирующегося на IT-технологии и интерфейса LoRaWAN, который реализует технологию дифференцированной подачи воды каждому растению в нужное время [136]. Определяющими задачами аппаратно-программного комплекса - постоянный контроль за состоянием почвы и растения,

дифференцированная адресная точечная поставка воды и минеральных удобрений на поле в необходимых объемах, уменьшение энерго и водопотребления при поливе, снижение трудозатрат.

Применение беспроводного интерфейса связи (LoRaWAN) обеспечивает радио обмен между модулями входящими в состав аппаратно-программного комплекса, образует единую локальную сеть, которая обеспечивает выход в интернет и осуществляет дистанционный контроль и управление за поливаемым полем.

Объектно-ориентированный аппаратно-программный комплекс базируется на технологии LoRaWAN, имеет встроенную защиту передачи данных внутри сети. Разработанная архитектура беспроводной локальной сети представлена на рисунке 3.3, позволяет осуществлять двухстороннюю связь между модулями комплекса по радиоканалу связи частотного диапазона 868 МГц.

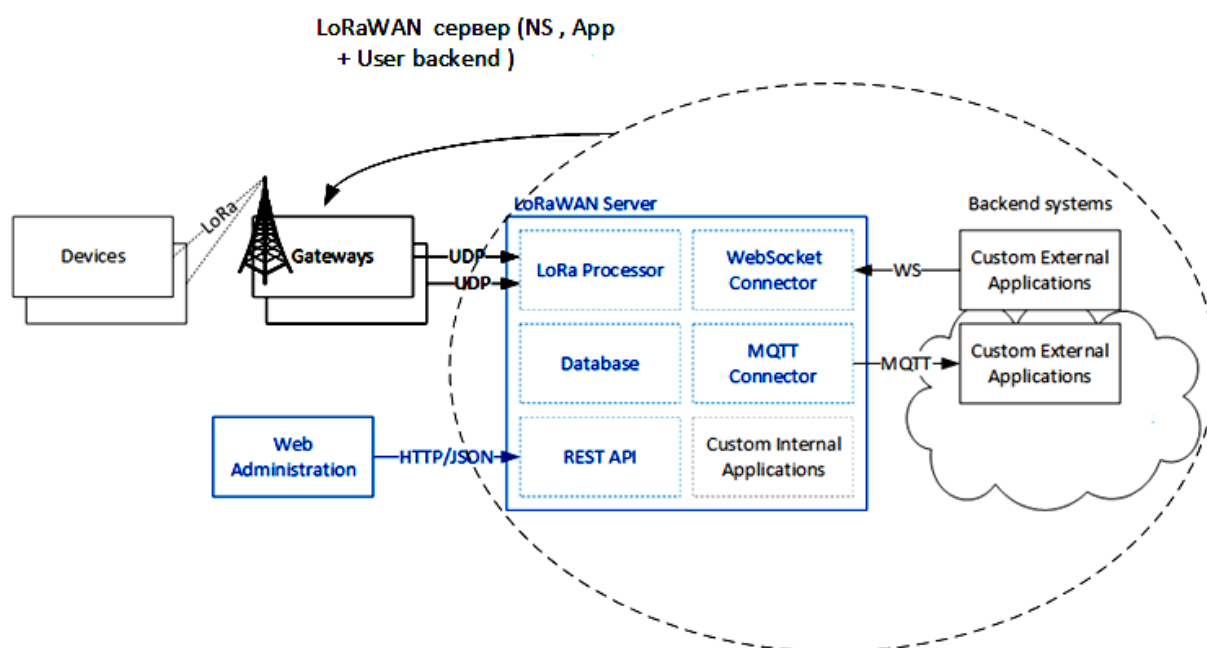


Рисунок 3.3 – Автономная система локального подключения модулей комплекса к одному шлюзу

На рисунке 3.3 условно изображены модули комплекса (devices), датчики контроля влажности, температуры почвы и воздуха, оборудованные

радио модулями связи по каналу LoRaWAN, исполнительные модули, осуществляющие управление подачей воды, сервер LoRaWAN и Web administrator организующий администрирование всей системы и комплексом в целом.

Разработанная на основе этой архитектуры сети реализуется технология дифференцированной адресной и точечной подачи воды на поле каждому растению [148, 155]. Технология позволяет в реальном масштабе времени и с учетом физических свойств поля, в частности – фильтрационной способности, осуществлять точное поддержание заданных значений влажности, создавая тем самым наилучшие условия развития растений (рисунок 3.4).

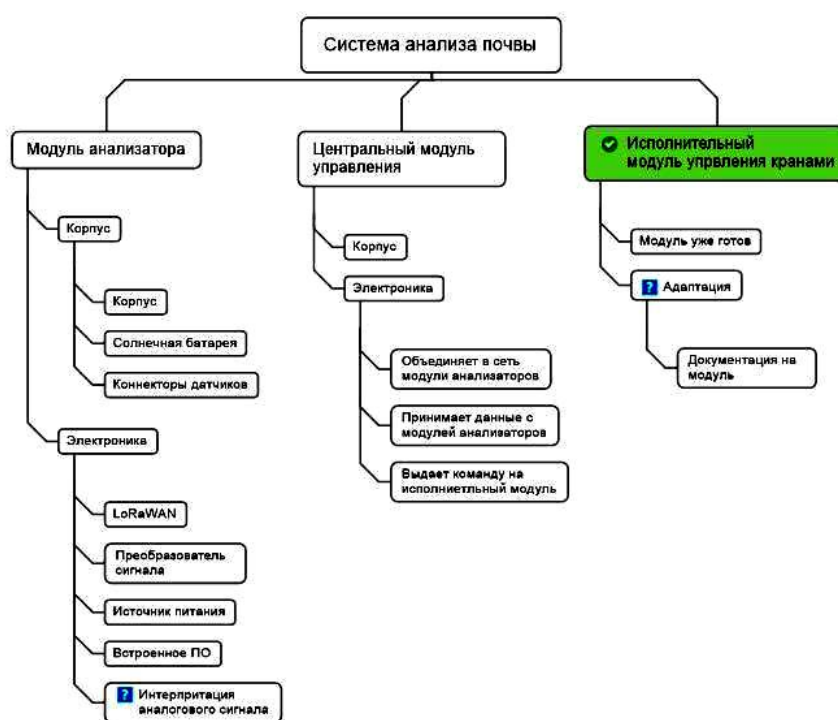


Рисунок 3.4 – Функциональная схема системы интеллектуальной подачи воды

Система содержит устройство управления, содержащее блок обработки первоначальных данных и центральный блок управления. Блок обработки первоначальных данных, выполненный с возможностью: получения первоначальных данных, характеризующих: количество посаженных

культур; координаты посаженных культур; нормы полива; и первоначальную влажность почвы; формирования карты полива, определяющей участок полива и режим полива на основе анализа полученных первоначальных данных. Центральный блок управления управляет системой дифференцированного полива сельскохозяйственных культур в соответствии с картой полива. Полученная информация о действительных значениях влажности почвы на участке полива на различной глубине и определенная фильтрация почвы позволяет центральному блоку осуществить корректировку режима полива на участке поля с учетом фильтрационных свойства почвы и корректирует в реальном масштабе времени карту полива в соответствии с уточненным режимом полива. В результате повышается точность дифференцированного полива.

По мере развития (роста) растений необходимы разные значения влажности почвы, предлагаемая система позволяет эти значения легко устанавливать, контролировать и поддерживать, тем самым, способствовать снижению водопотребления и повышению урожая.

Первоначальные данные с датчиков, установленных в поле, посредством беспроводной технологии LoRaWAN, передают данные о координате места установки датчика, первоначальную влажность почвы; максимальные и минимальные значения влажности почвы на контролируемой глубине. На основе анализа полученных первоначальных данных формируется цифровая карта полива. Осуществляется синхронизация местоположения средства полива с цифровой картой полива в случае применения дождевальная машины. Полученная информация о значениях влажности, температуры почвы и воздуха формирует базу данных о поливаемом поле и после обработки и анализа данных осуществляет корректировку режима полива.

Осуществляется полив сельскохозяйственных культур при помощи средства полива в соответствии с уточненной цифровой картой полива, при этом в процессе полива осуществляется закрытие крана форсунки

исполнительным модулем комплекса в случае выполнения одного из условий:

$W_{IV} > W_{maxB}$, $W_{Ic} > W_{maxc}$, $W_{IH} > W_{maxH}$, где W_{IV} - текущее значение влажности верхнего уровня, W_{Ic} - текущее значение влажности среднего уровня; W_{IH} - текущее значение влажности нижнего уровня; W_{maxB} , W_{minB} - заданные значения max и min влажности верхнего уровня; W_{maxc} , W_{minc} - заданные значения max и min влажности среднего уровня, W_{maxH} , W_{minH} - заданные значения max и min влажности нижнего уровня.

Значение W_{IV} устанавливается для недопущения образования поверхностного стока воды на поверхности почвы. Таким образом, при контроле поддерживаемого уровня влажности, например, на среднем уровне, при подаче воды и не достижении необходимого значения влажности, но наличии влажности на верхнем уровне влажности W_{maxB} , выполняется команда на закрытие крана. Вода, проходит ниже по вертикали, достигает среднего уровня, повышая значение влажности. Если значение влажности на среднем уровне не достигнуто, процессор управления стремится ещё добавить воду открывая кран, но это будет возможно при падении уровня влажности на верхнем (поверхностном) уровне ниже W_{minB} , за счет прохождения воды, фильтрацией, ниже. Это потребует временной задержки в подаче воды, но за счёт постоянного мониторинга контроля влажности по всем уровням, обеспечивается установка необходимого значения влажности на уровне контроля (в данном примере – средний уровень по глубине), но при этом – недопущение образования поверхностного стока воды на почве.

Установленные значения влажности на среднем и нижнем уровне по глубине являются фокусными, к которым стремится система при регулировании подачи воды кранами, а верхний уровень – для недопущения образования поверхностного стока, а по факту – создание контролируемой паузы в работе кранов, определяемой фильтрационной способностью данной почвы на участке поля.

За счёт «обратной связи» система подстраивается под любой тип почвы, обеспечивая необходимую (выставленную) влажность на выбранном уровне по глубине.

Работа системы дополнительно содержит этап, на котором определяют состояние сельскохозяйственных культур на одном участке полива, причем один режим полива на одном участке полива корректируют с учетом состояния сельскохозяйственных культур на участке полива [192, 222].

Система управления дифференцированным поливом при применении дождевальных машин, позволяет осуществлять разделение поля на участки произвольной формы, выполненное с определением координат участков полива по их границам и местоположения машины на поле, в реальном масштабе времени.

Связанные между собой центральный блок (2) управления, рисунок 3.3, и блок (1) обработки первоначальных данных реализованы на базе микрокомпьютера Raspberry Pi3. Центральный блок (2) управления и блок (2) обработки первоначальных данных связаны с блоком (6) связи, который представляет собой приемопередатчик данных посредством каналов связи GSM, Wi-Fi и LoRaWan.

Блок определения местоположения представляет собой приемник систем GPRS или ГЛОНАСС, который передает координаты местоположения ДМ на центральный блок (2) управления.

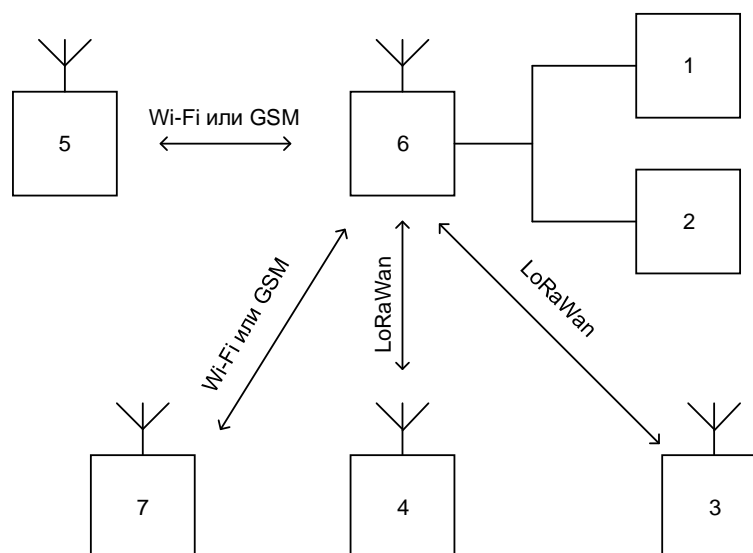


Рисунок 3.3 – Блок-схема системы. 1 – блок обработки первоначальных данных; 2 – центральный блок управления; 3 – датчик определения параметров окружающей среды и его местоположения; 4 – форсунки; 5 – средство разделения поля на участки; 6 – блок связи; 7 – средство управления и контроля

Управление и контроль дождевальнoй машиной осуществляется удалено через диспетчерский пункт, оснащенный компьютером, ноутбуком, планшетом, каналу связи GSM или Wi-Fi. Интерфейс управления системой представлен на рисунке 3.4. Интерфейс позволяет оператору в интерактивном режиме проводить конфигурирование системы, разбивку на поля с различными видами поливаемых растений, устанавливать необходимые значения влажности почвы на контролируемой глубине и другое. В левой части интерфейса представлены размеры поливаемого участка поля и график изменения (поддержания) влажности на контролируемой глубине. В правой части интерфейса приведена схема поливаемого поля дождевальнoй машиной кругового движения с разбивкой на участки и место установки датчика влажности.

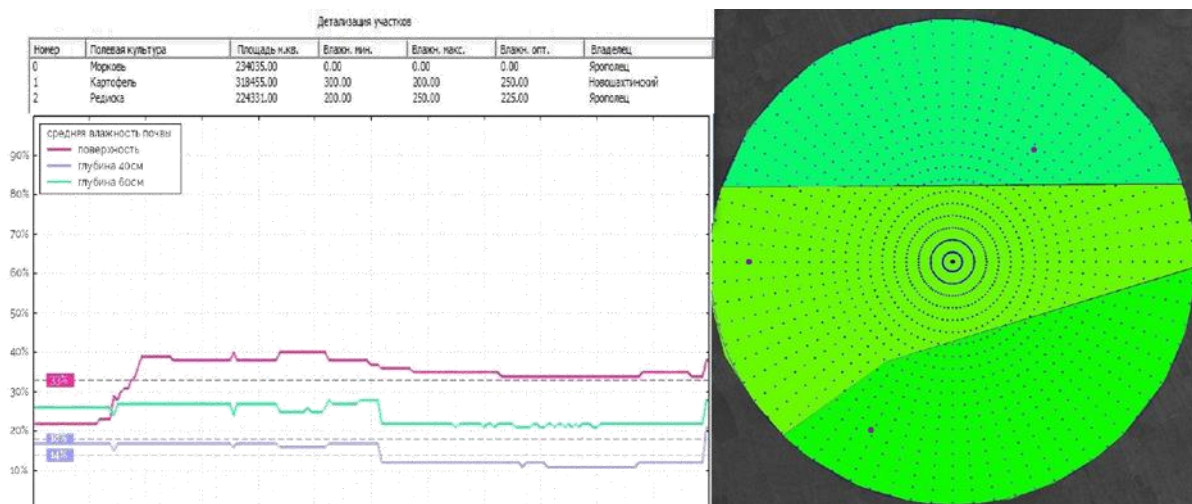


Рисунок 3.4 – Интерфейс оператора системы

Разработана и составлена архитектура системы интеллектуальной подачи воды на поле. Разработан аппаратно-программный комплекс, реализующий технологию дифференцированной, адресной, точечной подачи воды в необходимом объеме в нужное время, который осуществляет: постоянный контроль за состоянием почвы и растения, анализирует и формирует базу данных и отчетов по работе всей системы в целом и по отдельным участкам [156]. Комплекс осуществляет диспетчерский контроль за работой системы, дифференцирование поливаемого поля на отдельные участки, с целью посадки на нем различных культур и применение единой оросительной системы, мониторинг качества полива, автоматическую корректировку цифровой карты полива, определение действительного коэффициента фильтрации почвы, расчет и выполнение режима полива на основе полученных и обработанных данных. Установлена дальность распространения устойчивого сигнала передачи данных измеренных значений датчиком и управление работой комплексом, по радио каналу платформы LoRaWAN, которая составила 3.0 км.