

## ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ ВОДОСНАБЖЕНИЕМ ОБЪЕКТОВ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА

*Поленов Дмитрий Юрьевич*, к.т.н., доцент НИУ МГСУ, Российская Федерация, 129337, г. Москва, Ярославское шоссе 26, e-mail: [PolenovDYu@mgsu.ru](mailto:PolenovDYu@mgsu.ru)

**Аннотация.** В статье предлагается решение актуальной задачи – контроля и управления водоснабжением объектов сельского хозяйства – агрокомплексов. Задача решена путем разработки телеметрической системы. При ее создании приняты во внимание факторы, влияющие на продуктивность растений, берется опыт создания телеметрических систем ракетно-космической отрасли, предложено внедрение искусственного интеллекта. Разработана структурная схема работы телеметрической системы контроля и управления водоснабжением объектов сельского хозяйства. Обоснован состав блоков телеметрической системы контроля и управления водоснабжением объектов сельского хозяйства. Приведены ориентировочные варианты функционального назначения модулей, входящих в блоки разрабатываемой телеметрической системы. Рассчитана ориентировочная стоимость системы телеметрической системы контроля и управления водоснабжением объектов сельского хозяйства на примере агрокомплекса, состоящего из 10 участков с разными сельскохозяйственными культурами.

**Ключевые слова:** контроль и управление водоснабжением, агрокомплекс, продуктивность растений, телеметрическая система, диспетчеризация.

## TELEMETRIC SYSTEM OF CONTROL AND MANAGEMENT OF WATER SUPPLY OF AGRICULTURAL OBJECTS

*Polenov Dmitry Yurevich*, Candidate of Engineering Sciences, docent of Moscow State University of Civil Engineering, Russian Federation, 129337, Moscow, Yaroslavskoye Shosse 26, e-mail: [PolenovDYu@mgsu.ru](mailto:PolenovDYu@mgsu.ru)

**Annotation.** The article proposes a solution to the urgent problem of monitoring and managing the water supply of agricultural facilities, namely, agricultural complexes. The problem is solved by developing a telemetry system. During its development, factors affecting plant productivity are taken into account, the experience of creating telemetry systems for the rocket and space industry is taken, the introduction of artificial intelligence is proposed. A block diagram of the telemetry system for monitoring and managing the water supply of agricultural facilities has been developed. The composition of the blocks of the telemetric system for monitoring and managing the water supply of agricultural facilities is proposed. Approximate options for the functional purpose of the modules included in the blocks of the developed telemetry system are given. The estimated cost of the telemetry system for monitoring and managing the water supply of agricultural facilities is calculated using the example of an agricultural complex consisting of 10 plots with different crops.

**Key words:** control and management of water supply, agricultural complex, plant productivity, telemetry system, dispatching.

Сельское хозяйство является важной отраслью экономики, направленной на обеспечение жизнедеятельности человека. Среди объектов сельского хозяйства можно выделить три крупные группы: животноводческую, агро- и обрабатывающую/перерабатывающую подотрасли. Рассматриваемая в настоящей статье телеметрическая система главным образом подходит для второй группы объектов сельского хозяйства: агрокомплексы. Но она имеет возможность применения и в остальных группах ввиду своей универсальности.

Для эффективной работы объектов сельского хозяйства необходим ряд условий, среди которых: наличие развитой инфраструктуры, поддержание требуемого объема электроэнергии, водоснабжения и др. Применительно к сельскому хозяйству в деятельности агрокомплексов водоснабжение может быть:

- природным - объем водоснабжения того или иного участка зависит от объема выпавших осадков;
- искусственным - водоснабжение регулируется человеком в ручном и/или автоматическом режиме;
- комплексным (природное и искусственное водоснабжение одновременно).

Водоснабжение оказывает прямое влияние на продуктивность растений, достижение максимальных значений их роста и урожайности. Как известно, на продуктивность растений также влияют и другие факторы: кислотность почвы, температура окружающей среды, освещенность и т.д. При этом изменяя значения одних факторов, можно компенсировать недостаточные значения других [1, 2]. Учитывая это, можно сделать вывод: управляя комплексным водоснабжением растений, можно регулировать их продуктивность.

Управление комплексным водоснабжением должно зависеть от объема имеющегося природного и искусственного водоснабжения, а в идеальном случае - еще и от прогноза выпадения осадков в ближайшее время. Таким образом, важен контроль состояния почвы,

окружающей среды и других факторов, как на данную минуту, так и в ближайшей перспективе.

Рассматривая агрокомплексы с точки зрения занимаемых ими площадей, становится понятным: подобные системы занимают площади, как правило, от десятков и сотен квадратных метров, до аналогичных цифр в гектарах. Необходимо принимать во внимание, что на большой площади могут присутствовать сельскохозяйственные культуры, отличающиеся по значению факторов, необходимых для их продуктивности. В связи с чем, важно разделять агрокомплекс на отдельные участки, после чего управлять и контролировать водоснабжение каждого участка в отдельности.

Управление водоснабжением агрокомплекса может включать в себя не только работу по жестко заданному алгоритму, но и его корректировку по полученным значениям продуктивности сельскохозяйственных культур в зависимости от значений факторов, влияющих на нее. Тем самым, в системе может быть предусмотрено применение искусственного интеллекта, управляющего водоснабжением [1, 2].

Контроль состояния почвы, воздуха и т.д. в районе агрокомплекса можно осуществлять с помощью датчиков влажности, освещенности, наличия осадков, температуры и др. Кроме контроля состояния окружающей агрокомплекс среды, необходимо контролировать состояние самой системы водоснабжения. Данный контроль может осуществляться с помощью специализированных датчиков: расхода, загрязненности и кислотности воды, наличия давления в трубопроводе и т.д. Обозначим  $\vec{X}$ , как вектор входных сигналов, влияющих на продуктивность  $\vec{Y}$  сельскохозяйственных культур, что приведено на рисунке 1. При этом входными сигналами продуктивности будут являться выходные сигналы датчиков  $x_i$  состояния окружающей среды, состояния почвы и т.д., что соответствует выражению (1). Получим функцию продуктивности  $\vec{Y}$ , что соответствует выражению (2):

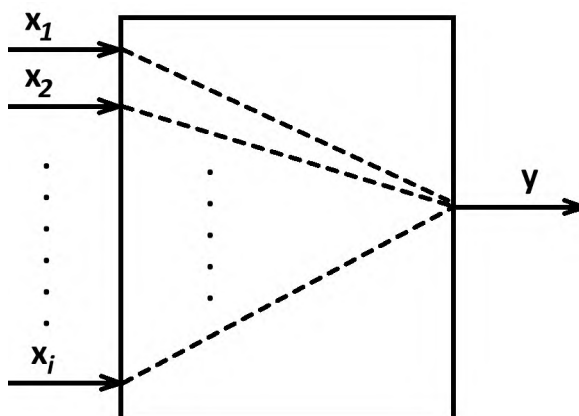


Рис. 1. Влияние различных факторов на продуктивность сельскохозяйственных культур

$$\vec{X} = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \dots \\ x_i \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где  $i = \overline{1, n}$ ,

$n$  – количество датчиков,

$$\vec{Y} = f(\vec{X}). \quad (2)$$

Таким образом, сама система контроля и управления водоснабжением представляет собой сложную систему, в которую входят: датчики контроля состояния окружающей агрокомплекс среды, датчики системы водоснабжения, фильтры, трубопровод, фитинги, клапаны, насосы и др. При этом все электронные составные части подобной системы должны быть связаны и взаимодействовать между собой. Для реализации подобного взаимодействия необходимо использовать проводную или беспроводную связь.

В случае использования проводной связи, скорее всего понадобится по всей площади агрокомплекса установить блоки сбора информации с датчиков, и предусмотреть в них модули проводной передачи данных на расстояние (используя интерфейсы Ethernet, RS-485 и др.), а также применять усилители и повторители сигналов (для территорий от десятков гектаров). Недостатками такой организации связи будут являться:

- 1) увеличение сложности системы;
- 2) повышение цены системы из-за необходимости приобретения и установки дополнительных блоков усиления и повторения сигналов (для территорий от десятков гектаров), использования проводов;
- 3) увеличение времени поиска неисправностей из-за сложности идентификации места возможной порчи проводов, ведь их прокладка осуществляется, как правило, в земле.

Беспроводная связь также предполагает установку блоков сбора информации с датчиков, в которых должны устанавливаться модули беспроводной передачи (Bluetooth, Wi-Fi и др.) данных на расстояние. Недостатком такой организации связи может явиться взаимовлияние каналов радиосвязи, что, однако, снижается в случае расположения агрокомплекса вдали от промышленных центров, крупных городов.

При построении автоматизированной системы контроля и управления водоснабжением (включение/выключение исполнительных механизмов и устройств (электромагнитных клапанов, насосов и др.) происходит с участием человека), необходимо создать отдельную систему диспетчеризации (например, на основе SCADA-систем). Она должна включать в себя отображение работоспособности системы водоснабжения: отдельных участков; агрокомплекса в целом; значений показаний датчиков; иметь возможность включения/выключения исполнительных механизмов, устройств и т.д. Таким образом, будет организована «местная телеметрия» агрокомплекса – сбор и передача показаний датчиков, состояния исполнительных механизмов и устройств агрокомплекса на расстояние – на персональный компьютер оператора (диспетчера), на который установлена система диспетчеризации. Всё это может быть реализовано с помощью способов передачи данных, предложенных выше.

Современные тенденции развития автоматизированных систем управления и контроля различных объектов зачастую ведут к установке в подобной системе удаленного управления и контроля над ней не только на близлежащей территории, но и за сотни, тысячи километров - из любой точки мира, в том числе, с помощью мобильного приложения. Одним из наиболее популярных методов создания подобной относительно недорогой, конфиденциальной и надежной организации дальней связи - использование глобальной системы мобильной связи (GSM), которой покрыта большая часть сухопутной территории нашей планеты [4, с. 979]. Для рассматриваемого в статье случая схема организации радиосвязи удаленной диспетчеризации (управления) соответствует рисунку 2.



Рис. 2. Структурная схема организации диспетчеризации агрокомплекса с помощью системы связи GSM

Схема состоит из трех следующих основных элементов

1. Система водоснабжения.
2. Система диспетчеризации.
3. Web-сервер.

Элемент «Система водоснабжения» включает все электронные компоненты системы водоснабжения агрокомплекса, а именно: датчики, блоки сбора информации с датчиков, передачи данных, исполнительные механизмы и устройства и т.п. При этом в агрокомплексе должен присутствовать модуль/устройство, которое передает/принимает данные по системе связи GSM (так называемый GSM-модуль). Исходя из сказанного, система водоснабжения выполняет следующие функции:

1. Сбора и преобразования данных с датчиков, исполнительных механизмов и устройств системы водоснабжения агрокомплекса;
2. Передачи и приема информации и команд на/от системы диспетчеризации.

Основной функцией системы диспетчеризации является контроль и управление системой водоснабжения агрокомплекса на расстоянии - основной отличительной особенностью телеметрической системы. Она может представлять собой:

- рабочее место оператора;
- мобильное приложение;
- комплексное решение (рабочее место оператора и мобильное приложение одновременно).

В этом случае контроль и управление системой водоснабжения агрокомплекса может осуществляться как с ПК, так и с мобильного телефона. Кроме этого, такие устройства могут иметь разное функциональное наполнение: более широкий/узкий функционал в зависимости от требований и ограничений разных групп пользователей.

В свою очередь, «Web-сервер» необходим для сопряжения элементов «Системы водоснабжения» и «Системы диспетчеризации». «Web-сервер» выполняет следующие функции:

- получает, хранит данные работы составных частей «Системы водоснабжения» в сети Интернет;

— хранит данные взаимодействия «Система водоснабжения» и «Системы диспетчеризации» в сети Интернет, другими словами, ведет протокол включения/выключения того или иного исполнительного механизма или устройства «Системы водоснабжения» в зависимости от особенностей команды, адресата - «Системы диспетчеризации», привязанной ко времени и дате.

Все это делает систему управления и контроля водоснабжения актуальной для объектов сельского хозяйства, в особенности группы агрокомплексов.

Реализация подобной системы может быть выполнена несколькими способами. Среди них выделяются способы в основании элементов телеметрической системы которых лежат:

- 1) промышленный логический контроллер (ПЛК);
- 2) цифровые микросхемы микроконтроллера (МК) или программируемой логической интегральной схемы (ПЛИС).

Оба представленных способа обладают своими достоинствами и недостатками [4]. Однако если рассматривать построение телеметрической системы с точки зрения универсальности и гибкости, то оправданным будет являться применение второго способа. Под универсальностью и гибкостью подразумевается возможность применять ее на агрокомплексах как с небольшим (десятки), так и с большим (сотни) количеством датчиков и исполнительных механизмов. В этом случае телеметрическую систему можно увеличивать/уменьшать меняя лишь количество ее функциональных модулей (печатных плат с элементами). По подобному методу создаются телеметрические системы, например, ракетно-космической отрасли [5].

Рассмотрим возможный состав телеметрической системы контроля и управления

водоснабжением объектов сельского хозяйства. Наиболее оптимальным составом телеметрической системы может быть создание:

1) локальных блоков (ЛК) (от одного до нескольких штук, в зависимости от особенностей системы водоснабжения), основными функциями которых будут являться:

— сбор, обработка и преобразование информации с датчиков и исполнительных механизмов системы водоснабжения;

— передача информации на центральный блок;

2) центрального блока (ЦБ) (одной штуки), основными функциями которого могут стать:

— сбор, обработка и преобразование информации с локальных блоков;

— передача/прием информации от «Системы диспетчеризации».

ЦБ и ЛК должны состоять из модулей – печатных плат с электронными компонентами. Каждый модуль содержит свой определенный функционал. Ориентировочные варианты функционального назначения модулей:

— модуль радиосвязи (связь ЦБ, ЛК «Системы водоснабжения» с «Web-сервером»);

— модуль коммутации (управление исполнительными механизмами «Системы водоснабжения» с помощью реле);

— модуль управления (управление, сбор, обработка и передача информации от блоков (ЦБ, ЛК) на ячейку радиосвязи);

— модуль измерения (опрос и передача информации от подключенных к «Системе водоснабжения» датчиков);

— модуль питания (преобразование первичного питания в необходимую сетку напряжений для питания модулей и блоков).

В Таблице 1 приведена ориентировочная стоимость материально-технической части системы без учета финансовых вложений на разработку программного обеспечения и других, несущественных для понимания общей стоимости системы, деталей. Исходными данными для расчета стоимости явились:

1) агрокомплекс с 10 участками разных сельскохозяйственных культур;

2) шесть датчиков (температуры, влажности почвы, давления, осадков, кислотности почвы, освещенности), установленных на каждом участке агрокомплекса;

3) два насоса для орошения участков агрокомплекса (один насос основной, другой – резервный);

4) 10 электромагнитных клапанов для разрешения подачи воды на тот или иной участок агрокомплекса;

5) один расходомер для контроля расхода воды;

6) один ЦБ;

7) 10 ЛК.

Таблица 1. Ориентировочная стоимость материально-технической части системы

№	Наименование изделия	Ориентировочная стоимость за единицу изделия, в рублях
1	Насос GRUNDFOS JP 5-48 PT-H	24 100 [6]
2	Датчики, клапаны, расходомеры	516*
3	Элементная база ЦБ и ЛК (на основе МК STM32)	5 000**
Примечания: * Цена термоспротивления [7]. ** Ядром ЦБ и ЛК является готовая плата с МК STM32F103, ориентировочная стоимость которой равна 165 руб. [8], ориентировочная стоимость GSM-модулей – 640 руб. [9], модулей питания – 900 руб. [10], остальное - пассивные, активные электронные компоненты, печатная плата.		
Итого: ~140 000 руб.		

### Заключение

Таким образом, проведенная работа позволила получить следующие результаты.

1. Проанализировать агрокомплексы в части водоснабжения, показать факторы, влияющие на продуктивность растений, обосновать актуальность разработки телеметрической системы контроля и управления водоснабжением.

2. Разработать структурную схему работы телеметрической системы контроля и управления водоснабжением объектов сельского хозяйства, включающую три основных компонента: саму систему водоснабжения, систему диспетчеризации и Web-сервер, необходимый для сопряжения первых двух компонентов.

3. Предложить состав телеметрической системы контроля и управления водоснабжением объектов сельского хозяйства, включающий центральный и локальный блоки, а также привести ориентировочные варианты функционального назначения модулей, входящих в блоки телеметрической системы.

4. Рассчитать ориентировочную стоимость системы телеметрической системы контроля и управления водоснабжением объектов сельского хозяйства на примере агрокомплекса, состоящего из 10 отдельных участков. Электронным ядром такой системы является микроконтроллер STM32, а ориентировочная ее стоимость - 140 000 руб.

### Литература

1. Поленов Д.Ю. Разработка системы интеллектуального управления водоснабжением объектов растениеводства. // Сборник докладов Международной научно-технической конференции, посвященной 90-летию со дня образования факультета водоснабжения и водоотведения МИСИ - МГСУ. 2019, с. 99-103.
2. Томаси У. Электронные системы связи. – М.: Техносфера, 2007. - 1360 с.
3. Поленов Д.Ю., Дорошенко А.В. Применение элементов микроэлектроники в автоматизированных системах управления техническими объектами. // Сборник материалов Всероссийской научно-практической конференции «Системотехника строительства. Киберфизические строительные системы - 2019», с. 424-427.
4. Бродин Е.В., Поленов Д.Ю. и др. Универсальная малогабаритная радиотелеметрическая система «Астра». // Сборник статей III научно-технической конференции молодых ученых и специалистов Центра управления полетами – г. Королев, М.о. ЦНИИмаш, 2013, с. 235-241.
5. Самовсасывающая насосная установка Grundfos JP 5-48 PT-H [Электронный ресурс]. – Режим доступа: свободный. <https://gf-expert.ru/shop/pumps/self-priming-pump-grundfos-jp-5-48-pt-h>. - Дата обращения: 26.04.2020 г.
6. ДТСхх4 термосопротивления с кабельным выводом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: свободный. [[https://owen.ru/product/dtshh4\\_termosoprotivleniya\\_s\\_kabel\\_nim\\_vivodom](https://owen.ru/product/dtshh4_termosoprotivleniya_s_kabel_nim_vivodom)]. - Дата обращения: 26.04.2020 г.
7. Плата микроконтроллер STM32F103C8T6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: свободный. [https://amperkot.ru/products/plata\\_mikrokontroller\\_stm32f103c8t6\\_arm\\_stm32/24260785.html](https://amperkot.ru/products/plata_mikrokontroller_stm32f103c8t6_arm_stm32/24260785.html) - Дата обращения: 26.04.2020 г.
8. GPRS/GSM модуль А6 на базе SIM900А [Электронный ресурс]. – Режим доступа: свободный. [https://amperkot.ru/products/gprs\\_gsm\\_modul\\_a6\\_na\\_baze\\_sim900a/24260128.html](https://amperkot.ru/products/gprs_gsm_modul_a6_na_baze_sim900a/24260128.html). - Дата обращения: 26.04.2020 г.
10. FDD03-05S5A, DC/DC преобразователь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: свободный. <https://www.chipdip.ru/product/fdd03-05s5a>. - Дата обращения: 26.04.2020 г.
11. Поленов Д.Ю. Система интеллектуального управления водоснабжением объектов растениеводства. Журнал "Информационно-технологический вестник". (ВАК) № 4 (22). 2019. с. 91 – 97