

## **ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ МОДУЛЬНАЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ВОДОПОДЪЕМНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ**

**В.А. КОРОЛЕВ, кандидат технических наук  
Г.Н. МЕТЛОВ, В.Н. ТОПОРКОВ, старшие научные сотрудники  
ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт  
электрификации сельского хозяйства», г. Москва**

*Разработана модульная многофункциональная водоподъемная установка инженерных систем водоснабжения сельского жилища, технологических процессов производства небольших объемов аграрной продукции в условиях фермерских хозяйств. Установка обеспечивает подачу воды, минимизирует расход электроэнергии, осуществляет защиту объекта при возникновении аварийных ситуаций и может являться частью системы «умный дом». Заменой необходимых модулей и перепрограммированием модуля управления обеспечивается изменение выполняемых функций и параметров назначения установки.*

**Водоснабжение, система управления, эффективность, агрегатная модель, программируемый логический контроллер.**

В настоящее время все шире применяют технологические структуры типов «интеллектуальное» здание, «интеллектуальное» производство и т.п. Подобные структуры состоят из элементов (модулей), объединенных в систему на основе шинных топологий, функции управления, наблюдения за процессами, защиты оборудования и др. Эти функции выполняют операционные системы, в частности, с применением программируемых контроллеров (ПЛК) и использованием стандартных протоколов двухстороннего обмена информацией между модулями. Оперативное расширение реализуемых функций здесь можно производить поэтапно и пофрагментно по мере готовности необходимых модулей с минимальной потребностью в монтажно-наладочных работах без нарушения работы существующей системы. В составе таких структур присутствуют модули различного назначения, которые целесообразно адаптировать к условиям проживания в сельской местности.

**Цель исследований** – обоснование структур унифицированных модульных устройств для сельского хозяйства на примере модульной многофункциональной водоподъемной установки инженерных систем водоснабжения сельского жилища, технологических процессов производства небольших объемов аграрной продукции в условиях фермерских хозяйств.

**Материалы и методика исследований.** Существует большая номенклатура оборудования автономного водоснабжения сельхозпроизводителей (быт, технологические процессы, вспомогательные

функции и др.). Как правило, это оборудование предназначено для выполнения конкретных операций, и при необходимости расширения его функциональных возможностей потребитель дополнительно приобретает устройства, специализированные под требуемые задачи. В ряде случаев часть вновь приобретаемых устройств функционально дублирует уже имеющееся оборудование и общая стоимость используемых устройств водоснабжения оказывается необоснованно завышенной.

**Результаты исследований.** Разработана и изготовлена модульная многофункциональная водоподъемная установка (ММВУ) инженерных систем водоснабжения сельского жилища, технологических процессов производства небольших объемов агропродукции в условиях фермерских хозяйств. Установка обеспечивает не только подачу воды из водоисточника в разводящую сеть дома и на технологические нужды, но и минимизирует расход электроэнергии, осуществляет защиту объекта при возникновении аварийных ситуаций и др., может являться частью системы «умный дом». Перечень технических требований и функций ММВУ формируется исходя из конкретных условий применения и пожеланий заказчика (таблица), изменение выполняемых функций и параметров назначения установки при эксплуатации обеспечивает выбор и замену (добавление) необходимых модулей и перепрограммирование модуля управления.

Модули ММВУ: базовые; технологические; вспомогательные. «Сердцем» ММВУ является модуль на базе ПЛК для управления оборудованием по заданной программе и с учетом реальных условий эксплуатации.

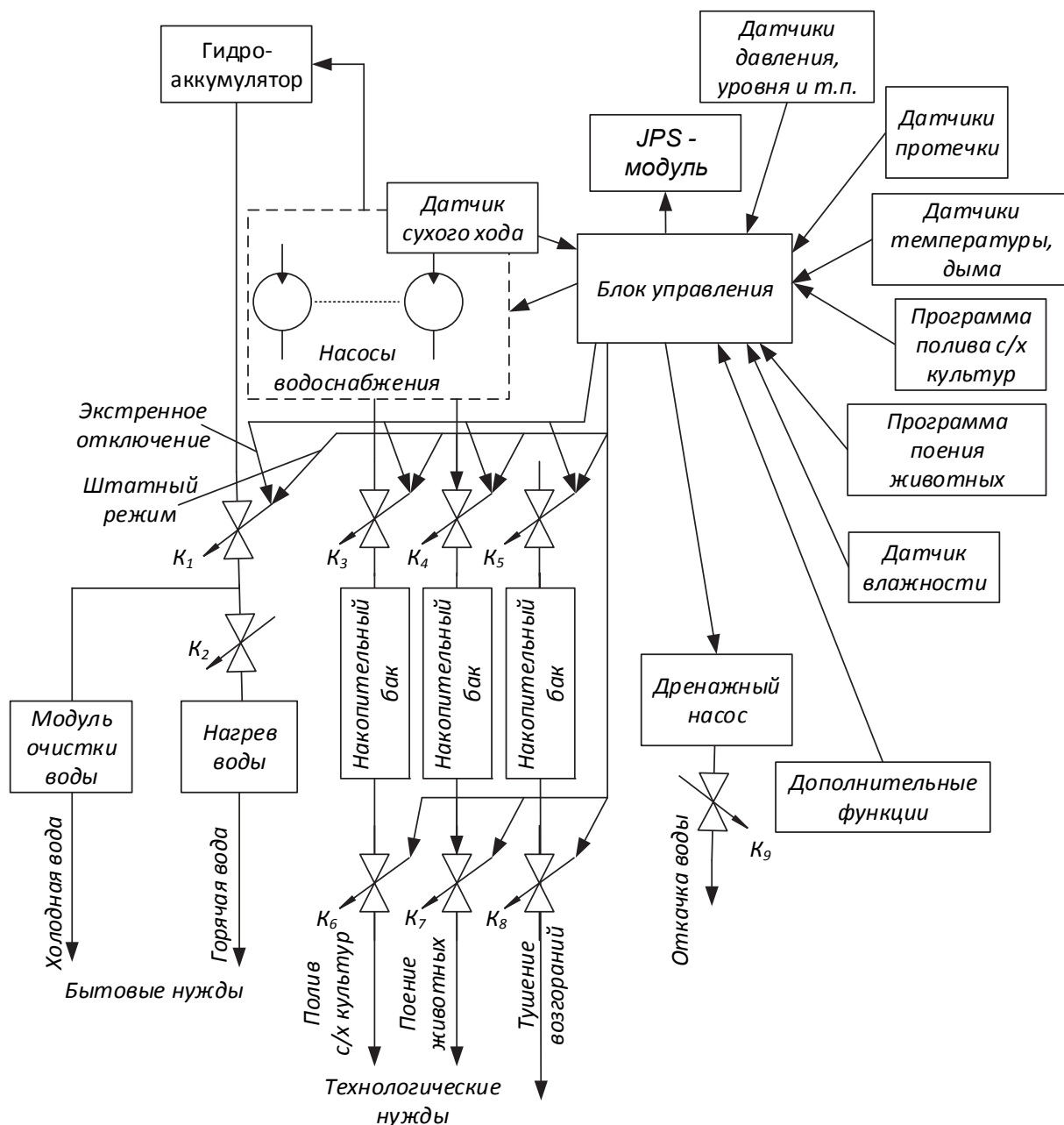
Системы управления с ПЛК характеризуют малые габариты и стоимость, низкий уровень потребляемой мощности, наличие специальных опций, например «сторожевого таймера» (watchdog timer), автоматически перезапускающего систему в случае «зависания» программы, хранение параметров в энергонезависимой памяти и др. Существенными техническими и экономическими преимуществами контроллеров, по сравнению с традиционными средствами управления, являются также более высокая надежность; экономическая рентабельность при расширении функций за счет загрузки новых блоков, интегрированных в приборе; максимальное облегчение и унификация процессов проектирования, наладки, тестирования и сервисного обслуживания оборудования с минимальными затратами времени и материальных ресурсов за счет конвергенции встроенных в программное обеспечение прибора приложений; совместимость с современным и перспективным оборудованием ведущих мировых производителей; простота защиты от внешних воздействий, возможность инсталляции и конфигурирования в промышленных сетях передачи данных (NET network) с использованием интерфейсов (RJ-45, RS-232, RS-485 и др.

На практике хорошо себя зарекомендовал отечественный контроллер – ПЛК-150 (ф. «Овен»), который применен в установке. Модули ММВУ (рис. 1) подключаются к выходам/входам ПЛК.

## Состав ММВУ

Оборудование	Функции
<b>Базовый комплект</b>	
Блок управления	
Насос(ы) водоснабжения	Забор воды из скважин, перекачка воды из скважины в мобильную ёмкость и т.п.
Сигнализатор низкого уровня воды в скважине, датчик сухого хода	Оповещение о малом уровне воды в скважине, блокировка электропитания насоса
Гидроаккумулятор, датчик давления	Водоснабжение жилого дома и приусадебного хозяйства
Модуль очистки воды	Получение воды питьевого качества
Дренажный насос, датчик уровня, датчик протечки	Откачка воды из мест нежелательного её сбора
Водонагреватель, датчик температуры	Подогрев воды для бытовых и технологических нужд
Управляемые вентили	Управление водораспределением
<b>Дополнительный комплект</b>	
Ёмкость системы полива с.-х. культур с системой сбора дождевой воды, датчик уровня, датчик влажности	Полив растений
Ёмкость системы поения животных, датчик уровня	Поение животных
Ёмкость системы пожаротушения, датчик уровня	Запас воды для тушения пожара
Датчик температуры атмосферного воздуха	Предупреждение об опасности разморозки оборудования, его элементов и водопроводов
GPS-модуль	Передача информации
<b>Нештатные функции</b>	
Сушильная камера, датчик влажности, датчики температуры	Обработка продукции
Вентиляция, датчик влажности, датчики температуры	Вентилирование бытовых или сельскохозяйственных объектов
Датчики освещенности	Управление освещением
Датчики доступа, автоматический замок, имитатор присутствия, сирена	Охрана, предотвращение нежелательного доступа
Датчик дыма, датчик температуры	Тушение очагов возгорания

В ММВУ представлена возможность использования двухставочного тарифа учёта электроэнергии, согласно которому стоимость электроэнергии ночью (23–7 ч) существенно ниже, чем в дневное время, когда амплитуда питающего напряжения из-за пиковых перегрузок может опускаться ниже допустимых пределов, возможны отказы или сбои в работе оборудования (особенно в сельских сетях). Ночью параметры качества электроэнергии, как правило, выше, чем днем, и соответствуют существующим требованиям.



**Рис. 1. Структура ММВУ**

Проведена технико-экономическая оценка работы водоподъемных установок в диапазоне суточного водопотребления  $0,5-5,0 \text{ м}^3/\text{сут}$  с насосным оборудованием производительностью от  $0,25$  до  $1,0 \text{ м}^3/\text{ч}$  и гидропневматическими аккумуляторами емкостью от  $5$  до  $50 \%$  суточного водопотребления, с использованием их объема для принудительной закачки воды в ночное время. Установлено, что гидропневматические аккумуляторы хотя и имеют относительно простую конструкцию, их стоимость относительно велика и растет быстрее, чем их регулирующий объем. Поэтому резервирование  $100 \%$  суточного запаса воды при использовании ночного тарифа учета электроэнергии, даже в домах с небольшим водопотреблением, экономически нецелесообразно, не позволяет получить

приемлемые сроки окупаемости затрат, связанных с увеличением объемов гидропневматических аккумуляторов.

Перенос на ночное время другого энергоёмкого технологического процесса (нагрева воды для целей горячего водоснабжения) меняет ситуацию. Объемы горячего водопотребления существенно ниже и даже в домах с высоким уровнем комфорта не превышает 50 % от холодного водопотребления. Горячая вода приготавливается (подается) с завышенными параметрами температуры, при непосредственном использовании смешивают горячую воду (50–55 °С) с холодной (12–20 °С) в зависимости от сезона. Нагрев – существенно более энергоёмкий процесс, чем водоподъем, емкостный водонагреватель обеспечивает аккумуляцию и сохранение температуры воды (давление в сети, обеспечивает гидропневматический аккумулятор, который в этом случае может иметь минимальные размеры). Приготовление горячей воды в ночное время в автономных системах с использованием емкостных водонагревателей даст ощутимый экономический эффект.

Емкостные водонагреватели выпускают емкостью 5,0–500 л и мощностью 1,0–3,0 кВт, характеризуются улучшенными термоизоляционными характеристиками и длительно сохраняют температуру нагретой воды (снижение температуры за сутки не более 10–12 °С). Расположение водонагревателя в непосредственной близости от точек водопотребления, уменьшает потери тепла при движении горячей воды от водонагревателя до водоразборного крана. При нагреве воды до 60–70 °С объем водонагревателя можно уменьшить. Так, при суточном водопотреблении до 3,0 м<sup>3</sup>, в зависимости от количества проживающих людей, объем водонагревателя составит 50–200 л, а его дневная работа может быть полностью исключена.

Совместное использование гидропневматического аккумулятора и емкостного водонагревателя, работающих по заданной программе с использованием «ночного» тарифа оплаты электроэнергии, позволит снять часть нагрузки дневных пиков, а полученная экономия позволит окупить установку менее, чем за 2 года.

#### Алгоритм управления

При функционировании ММВУ выполняет различные операции, решает конкретные задачи  $Y(a, t) =$  (рис. 2).

Работу ММВУ описывает агрегатная модель [1]: модули

$$A = [a_1 \ a_2 \ \dots \ a_5];$$

фазы (участки) цикла функционирования

$$T = [t_1 \ t_2 \ \dots \ t_{12}]^T;$$

состояния модулей на фазах (участках) цикла функционирования

1	1	1	0	0	0	1
1	1	1	0	0	0	1
1	1	0	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0
0	1	0	0	0	0	0
0	1	0	1	1	0	0
1	1	1	1	1	0	0
0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0	0
0	0	1	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	1
0	0	1	0	0	0	1
1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	0	0	1	0
0	0	0	1	0	0	0

условия активации фаз (участков) функционирования

$$= \left\{ \begin{array}{l} [t_0 - t_1]: \bar{a}_2 \bar{a}_3 \bar{a}_4 \bar{a}_7 \bar{a}_{10} \bar{a}_{15} \bar{a}_{16} \rightarrow a_1 K_1; \\ [t_1 - t_2]: \bar{a}_2 \bar{a}_4 \bar{a}_7 \bar{a}_{10} \bar{a}_{15} \bar{a}_{16} \rightarrow a_1 a_3 K_2; \\ [t_2 - t_3]: \bar{a}_2 \bar{a}_7 \bar{a}_{11} \bar{a}_{12} \bar{a}_{13} \bar{a}_{15} \bar{a}_{16} \rightarrow a_1 K_4 K_3 K_5; \\ [t_3 - t_4]: \bar{a}_6 \bar{a}_7 \bar{a}_{11} \bar{a}_{17} \bar{a}_{15} \bar{a}_{16} \rightarrow K_6; \\ [t_4 - t_5]: \bar{a}_6 \bar{a}_8 \bar{a}_{12} \bar{a}_{15} \bar{a}_{16} \rightarrow K_7; \\ [t_5 - t_6]: \bar{a}_{15} \bar{a}_{16} a_{16} \rightarrow a_6 K_8; \\ [t_6 - t_7]: \bar{a}_{14} \bar{a}_{16} \rightarrow a_1 K_9; \end{array} \right.$$

где  $a_1, \bar{a}_2, \dots, \bar{a}_5$  – перечень модулей;  $[t_0, t_1, \dots, t_{12}]$  – перечень фаз (участков (фазы) цикла функционирования).

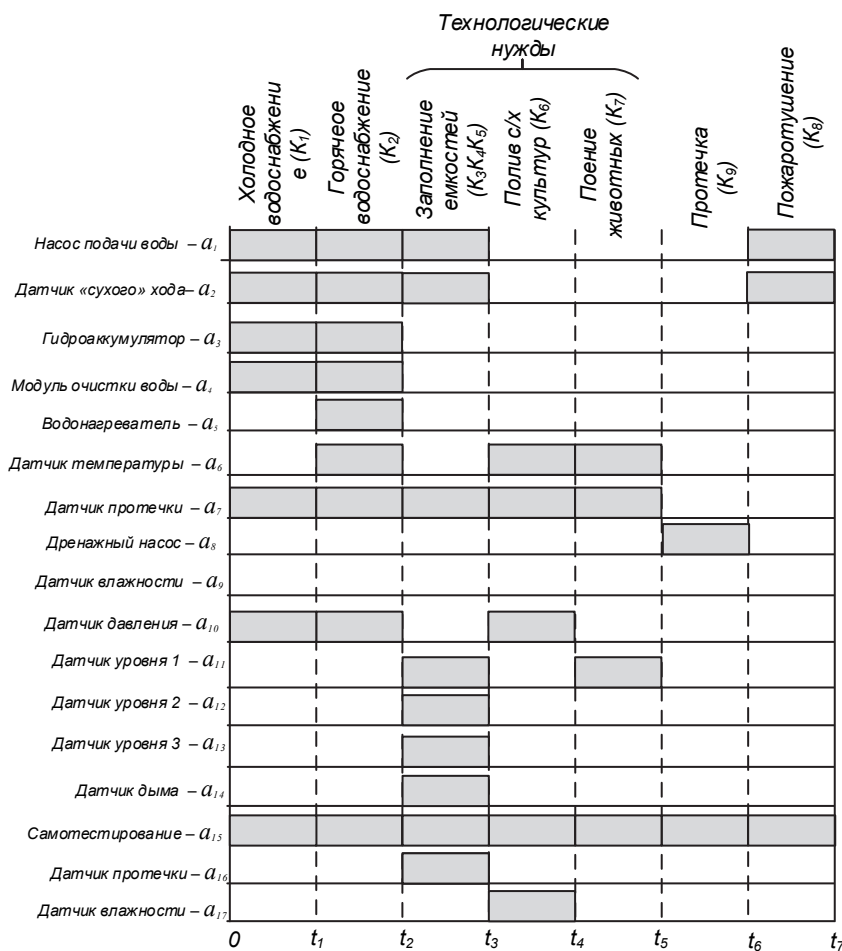


Рис. 2. Технологические операции при функционировании ММВУ

Кроме указанных выше функций, в ММВУ могут быть введены возможности расчета и оптимизации объемов водоснабжения в течение года и ежедневно, фиксация информации о недоиспользовании накопленной воды, диагностика оборудования, включение в работу модулей с учетом их приоритета, оценка рационального использования воды и т.п.

**Выводы.** Состав модульной многофункциональной водоподъемной установки инженерных систем водоснабжения сельского жилища,

технологических процессов производства небольших объемов агропродукции в условиях фермерских хозяйств комплектуется под нужды конкретного заказчика без избыточных функций. Расширение функций установки, замена и добавление нового оборудования, изменение режимов работы существующего предельно упрощены и после выполнения необходимых монтажных работ осуществляют путём перепрограммирования блока управления с применением агрегатной модели установки.

#### **Список литературы**

1.Кудрин Б.И. Классика технических ценозов / Б.И. Кудрин // Ценологические исследования. – М., 2006. – Вып.31. – 220 с.

2.Метлов Г.Н. Водоподъемная установка с гидропневматическим аккумулятором для круглогодичной эксплуатации / Г.Н. Метлов, В.А. Королев, В.В. Петрушин //Научно-технический прогресс в сельскохозяйственном производстве. – Минск, 2012. – Т.3. – С. 91–93.

3.Пат. 2175083 Российская Федерация, МПК F04F7/00. Вибрационный насос / Усаковский В.М., Королев В.А., Метлов Г.Н. –№2000104375/06; заявл. 24.02.2000; опубл. 20.10.2001, Бюл. №29.

*Розроблена модульна багатofункціональна водопідйомна установка інженерних систем водопостачання сільського житла, технологічних процесів виробництва невеликих обсягів аграрної продукції в умовах фермерських господарств. Установка забезпечує подачу води, мінімізує витрати електроенергії, здійснює захист об'єкта при виникненні аварійних ситуацій і може бути частиною системи «розумний дім». Заміною необхідних модулів і перепрограмуванням модуля управління забезпечується зміна виконуваних функцій і параметрів призначення установки.*

**Водопостачання, система управління, ефективність, агрегатна модель, програмований логічний контролер.**

*Modular multifunctional water lifting engineering systems installation water supply for rural housing, technological processes of production of small volumes of agricultural production in conditions of the farms are developed. Installation provides water, minimizes power consumption, protects the object in case of emergencies and may be part of the "smart home". Replacement of the required modules and reprogramming the control module is provided change functions and parameters of the installation destination.*

**Water-supply, managerial system, efficiency, unit model, programmed logical controller.**