

ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩАЯ МОДУЛЬНАЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ВОДОПОДЪЕМНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ФЕРМЕРСКИХ ХОЗЯЙСТВ

© 2015 г. В.А. Королев, Г.Н. Метлов, В.Н. Топорков

Целью работы является 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. 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. Разработана и изготовлена модульная многофункциональная водоподъемная установка инженерных систем водоснабжения сельского жилища, технологических процессов производства небольших объемов агропродукции в условиях фермерских хозяйств. Установка обеспечивает не только подачу воды из водисточника 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. Изменение выполняемых функций и параметров назначения установки при эксплуатации обеспечивает выбор, замену/добавление необходимых модулей и перепрограммирование модуля управления.

Ключевые слова: водоснабжение, система управления, эффективность, агрегатная модель, программируемый логический контроллер.

The purpose is to study the structures of standardized modular devices for agriculture on the example of modular multi-functional water-lifting device of water supply engineering systems of rural housing, technological processes of small volumes production of agricultural output under conditions of farms. There is a large range of agricultural equipment for independent water supply (life, technological processes, support functions, etc.). Typically, this equipment is designed to perform specific operations, and, if it is necessary to extend its functionality user purchases optional devices, specialized for the required tasks. In some cases, part of the newly acquired devices functionally duplicates existing facilities, and the total cost of the used water supply devices is unreasonably high. There was designed and manufactured modular multi-purpose water-lifting device for water supply engineering systems of rural housing, technological processes of small volumes production of agricultural products under conditions of a farm. The device provides not only the water flow from a water source into the home diluting network and to technological needs, but also minimizes power consumption, protects the object in case of emergencies, etc. Device may be part of the "smart house". The list of specifications and features of modular multifunctional water lifting device is formed on the basis of specific application and customer requirements, the change of the functions and parameters of the device destination during the operation provides a choice and replacing / adding the necessary modules and reprogramming of the control module.

Key words: water supply, control system, efficiency, the aggregate model, a programmable logic controller.

Введение. 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. 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 [1].

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.

Описание установки и ее работы.

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 [2].

«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.) [3].

Состав ММВУ

Оборудование	Функции
Базовый комплект	
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
Дополнительный комплект	
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
Нештатные функции	
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

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

В ММВУ представлена возможность использования двухставочного тарифа учёта электроэнергии, согласно которому стоимость электроэнергии ночью (23.00–

7.00 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 [4].

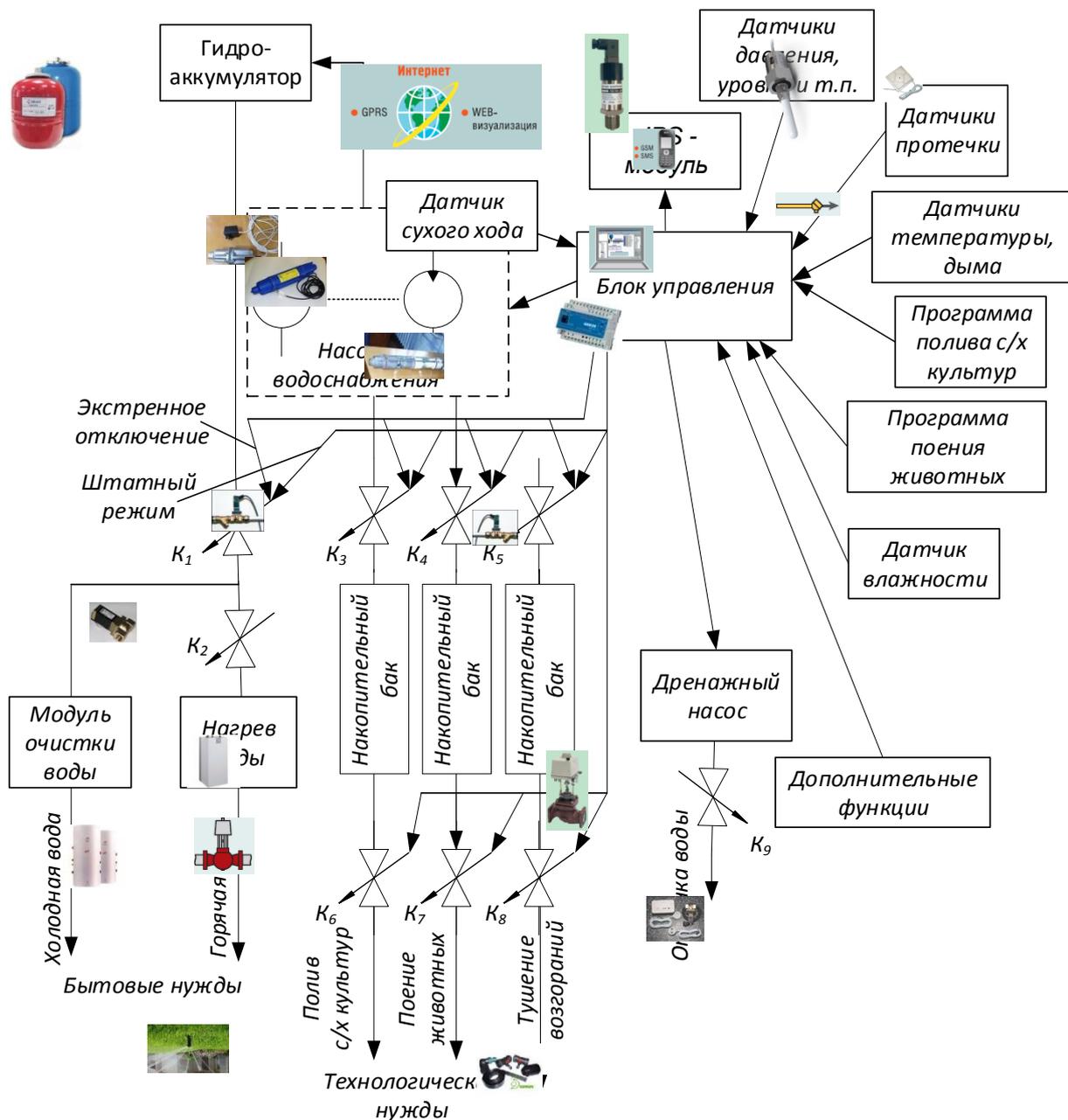


Рисунок 1 – Структура ММВУ

Проведена технико-экономическая оценка работы водоподъемных установок в диапазоне суточного водопотребления 0,5–5,0 м³/сут. с насосным оборудованием производительностью от 0,25 м³/ч до 1,0 м³/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 превышают 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 энергоемкий процесс, чем водоподъем, емкостный водонагреватель обеспечивает аккумуляцию и сохранение температуры воды (давление в сети обеспечивает гидropневматический 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 литров и мощностью 1,0–3,0 кВт, характеризуются улучшенными теплоизоляционными 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 м³, в зависимости от количества проживающих людей, объем водонагревателя составит 50–200 л, а его дневная работа может быть полностью исключена.

Совместное использование гидropневматического 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 [5].

Обсуждение алгоритма управления. При функционировании ММВУ выполняет различные операции, решает конкретные задачи (рисунок 2).

Работу ММВУ описывает агрегатная модель [1]:

– модули

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

– фазы (участки) цикла функционирования

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

– состояния модулей на фазах (участках) цикла функционирования

$$Y(a, t) = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

условия активации фаз (участков) функционирования:

$$U = \begin{cases} [t_0 - t_1]: \bar{a}_2 \bar{a}_3 \bar{a}_4 \bar{a}_7 \bar{a}_{10} \bar{a}_{15} \bar{a}_{16} \rightarrow a_1 K_1; \\ [t_1 - t_2]: \bar{a}_2 \bar{a}_4 \bar{a}_7 \bar{a}_{10} \bar{a}_{15} \bar{a}_{16} \rightarrow a_1 a_5 K_2; \\ [t_2 - t_3]: \bar{a}_2 \bar{a}_7 \bar{a}_{11} \bar{a}_{12} \bar{a}_{13} \bar{a}_{15} \bar{a}_{16} \rightarrow a_1 K_4 K_3 K_5; \\ [t_3 - t_4]: \bar{a}_6 \bar{a}_7 \bar{a}_{11} \bar{a}_{17} \bar{a}_{15} \bar{a}_{16} \rightarrow K_6; \\ [t_4 - t_5]: \bar{a}_6 \bar{a}_8 \bar{a}_{12} \bar{a}_{15} \bar{a}_{16} \rightarrow K_7; \\ [t_5 - t_6]: \bar{a}_{15} \bar{a}_{16} a_{16} \rightarrow a_6 K_8; \\ [t_6 - t_7]: \bar{a}_{14} \bar{a}_{16} \rightarrow a_1 K_9; \end{cases}$$

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).

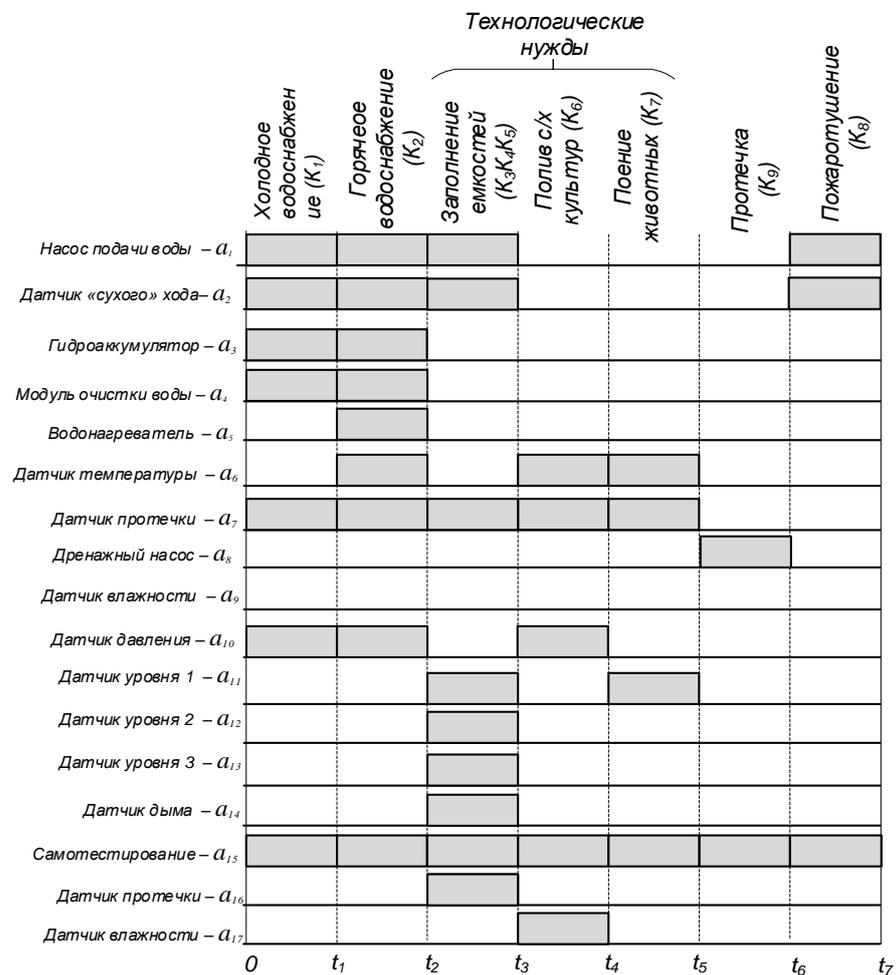


Рисунок 2 – Технологические операции при функционировании ММВУ

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 формируется 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.

Литература

1. Кудрин, Б.И. Классика технических ценозов / Б.И. Кудрин // Ценологические исследования. – Выпуск 31. – Москва, 2006. – 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.

4. Средства механизации и основы расчета систем сельскохозяйственного водоснабжения / М.В. Луговской, Л.Я. Кашеков, М.В. Усаковский и др. – Москва: Машиностроение, 1969. – 264 с.

5. Гришин, А.П. Концепция развития основных вопросов автоматизации сельскохозяйственного водоснабжения / А.П. Гришин // Пятый международный конгресс «Вода: экология и технология» Экватэк-2002: тезисы докладов. – Москва: Сибико Инт., 2002.

2. Metlov G.N., Korolev V.A., Petrusin V.V. Vodopodjemnaja ustanovka s gidropnevmaticheskim akkumuljatorom dlja kruglogodichnoj jekspluatácii [Water liftingsystem with a hydropneumatic accumulator for year-round operation], *Nauchno-tehnicheskij progress v sel'skoho-zhajstvennom proizvodstve*, Minsk, 2012, Vol. 3, pp. 91–93.

3. Usakovskij V.M., Korolev V.A., Metlov G.N. Pat. 2175083 Rossijskaja Federacija, MPK F04F7/00. Vibracionnyj nasos [Vibrating pump], No. 2000104375/06, zajavl. 24.02.2000, opubl. 20.10.2001, Bjul. No. 29.

4. Lugovskoj M.V., Kashekov L.Ja., Usakovskij M.V., etc. Sredstva mehanizacii i osnovy rascheta sistem sel'skoho-zhajstvennogo vodosnabzhenija [Means of mechanization and the basis for calculating the agricultural water supply systems], Moscow, Mashinostroenie, 1969. – 264 p.

5. Grishin A.P. Konceptcija razvitija osnovnyh voprosov avtomatizacii sel'skoho-zhajstvennogo vodosnabzhenija [The development concept of the main issues of agricultural water supply], *Pjatyj mezhdunarodnyj kongress «Voda: jekologija i tehnologija» Jekvatjek-2002*, tezisy dokladov, Moscow, Sibiko Int., 2002.

References

1. Kudrin B.I. Klassika tehniceskijh cenozov. Cenologicheskie issledovanija [Classic of technical cenoses. Cenoses study], Volume 31, Moscow, 2006, 220 p.

Сведения об авторах

Метлов Геннадий Николаевич – кандидат технических наук, заведующий лабораторией электрификации мобильных процессов и водоснабжения ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства» (г. Москва, Россия). E-mail: viesh@dol.ru.

Королев Владимир Александрович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник, ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства» (г. Москва, Россия).

Топорков Виктор Николаевич – старший научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт электрификации сельского хозяйства» (г. Москва, Россия).

Information about authors

Metlov Gennadiy Nikolaevich – Candidate of Technical Sciences, Head of the Mobile electrification processes and water supply laboratory, FSBSI «All-Russian Research Institute for Electrification of Agriculture» (Moscow, Russia). E-mail: viesh@dol.ru.

Korolev Vladimir Alexandrovich – Candidate of Technical Sciences senior researcher, FSBSI «All-Russian Research Institute for Electrification of Agriculture» (Moscow, Russia).

Toporkov Viktor Nikolaevich – senior researcher, FSBSI «All-Russian Research Institute for Electrification of Agriculture» (Moscow, Russia).