

$$(W_1)_i = (W_n)_{min} + \sum_{i=1}^{12} (\Pi_i - P_i) \quad (9)$$

Верхняя кривая

$$(W_2)_i = (W_n)_{max} + \sum_{i=1}^{12} (\Pi_i - P_i) \quad (10)$$

Расчетный режим наполнения и сработки водохранилища для значения объема  $W_n$  на начало рассматриваемого года (01.01) определяется по выражению

$$W_p = W_n + \sum_{i=1}^{12} (\Pi_i - P_i) \quad (11)$$

### Литература

1. Шульц В.Л. Реки Средней Азии. Гидрометеиздат, Л.: 1963. – 302 с.
2. Бахтияров В.А. Водное хозяйство и водохозяйственные расчеты. Гидрометеиздат, Л.: 1961. – 430 с.
3. Скрыльников В.А. Расчет заиления водохранилищ. В журнале "Гидротехническое строительство", № 8, 1988. – С.30-33.
4. Скрыльников В.А. и др. Повышение эффективности эксплуатации водохранилищ. Ташкент: "Мехнат", 1987. – 243 с.

## СРЕДСТВА ВОДОУЧЕТА И АВТОМАТИЗАЦИИ ДЛЯ ОТКРЫТЫХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

**О.С. Макаров\*, К.К. Бейшекеев\*\*, У.С. Боронбаев\*, В.Н. Шаров\*,  
А.В. Артюхин\*, В.С. Верета\***

**\*Координационный метрологический центр МКВК  
(ПКТИ «Водавтоматика и метрология»),**

**\*\*Департамент водного хозяйства МСВХ и ПП Кыргызской Республики**

подавляющее большинство водохозяйственных оросительных систем в странах ЦАР являются открытыми. Важнейшим условием эффективной работы этих систем и рационального использования водных ресурсов, является оперативный и достоверный водоучет. Это особенно актуально в условиях платного водопользования. Кроме этого на основе достоверных данных, полученных от водоучета, осуществляется управление процессами водозабора и водораспределения, регулирование водного режима, контроль за технической эксплуатацией сооружений и системой в целом.

Как известно, расход, объем и сток воды определяются косвенными методами, по значению уровней и скорости потока воды (непосредственной оценкой, дифференциальными измерениями, интегрированием и т. д.), которые непосредственно измеряются "прямым" методом. Таким образом, для успешного функционирования оперативного планирования и водораспределения, а также для внедрения водоучета необходимо комплексно решить следующие задачи:

- измерения уровней воды на источниках орошения и каналах, верхних и нижних бьефах гидротехнических сооружений, водохранилищах;
- измерения скоростей потока воды на водомерных сооружениях (гидропостах);
- измерения линейного и углового перемещения различных затворов и гидроавтоматов;

- комплексная автоматизация ГТС.

Проблемы метрологического обеспечения водоучета и внедрения средств автоматизации на оросительных системах обусловлены общим для всех стран ЦАР состоянием становления в новых условиях экономического развития. Сохраняя преемственность основных метрологических положений и приспособлявая их к новым требованиям хозяйствования, ПКТИ “Водавтоматика и метрология” продолжает разрабатывать, внедрять средства измерения и рабочие эталоны, используемые на водохозяйственных системах. При этом в институте принят комплексный метод решения данного вопроса: разработка – проектирование – изготовление средств измерения и автоматизации – изготовление стендового и поверочного оборудования – пуско-наладка - нормативно методическое обеспечение - тренинг.

В частности, можно остановиться на следующих основных технических разработках, имеющих перспективное направление.

## **I. Средства водоучета и автоматизации**

### **1.1. Измеритель скорости воды ИСВ-01**

Основным средством водоучёта на открытых оросительных системах стран ЦАР (до 80%) являются водомерные сооружения типа “фиксированное русло”, 70% из них имеют скорость потока воды от 0,1 до 3,0 м/с. Учёт воды на таких водомерных сооружениях осуществляется в основном, методом “скорость-площадь”, в соответствии с МВИ-05-90 “Гидромелиоративные каналы с фиксированным руслом. Методика выполнения измерений расхода воды методом “скорость-площадь” с использованием водомерных рек и гидрометрических вертушек”.

Наиболее широко применяются гидрометрические вертушки типа ГР-21, ГР-55, ГР-99, ИСТ (ВГ-70, ВГ-120), микро. Большая часть этих гидровертушек изготавливалась в Европейской части бывшего Советского Союза (Грузия, Белоруссия, Россия) и в настоящее время в связи с разрывом экономических связей, гидрометрические вертушки практически не поступают на рынок ЦАР, а имеющиеся запасы гидровертушек, которые постепенно изнашиваются, морально и физически устаревают.

Кроме того, в связи с расформированием колхозов и совхозов в сравнительно мелкие фермерские хозяйства, появляется большое количество небольших гидропостов с наполнением воды 0,1÷0,5 м. Имеющиеся гидровертушки типа ГР и ИСТ оснащены сравнительно большими лопастными винтами и не в состоянии обеспечивать измерения на малых глубинах.

Применение секундомеров и звонков и громоздкие расчёты при измерении скорости также не отвечают требованиям сегодняшнего дня, заставляют искать новые пути в методах контроля.

В конце 2001 года был разработан прибор для измерения скорости воды ИСВ-01.

Основной задачей при разработке прибора являлось создание высокоточного, малогабаритного прибора, работающего в широком диапазоне скоростей и глубин наполнения каналов. Прибор позволяет не только измерять скорость потока воды, но и благодаря применению современной электронной базы (микропроцессора, алфавитно-цифрового дисплея, Flash памяти), рассчитывать расход воды.

Имеется возможность запоминания информации о тридцати гидропостов, а также выход по интерфейсу RS-232 на персональный компьютер для создания базы данных.

Градуировка, поверка и аттестация ИСВ-01 производится на специальном стенде роторного типа “Установка поверочная измерителей скорости течения водного потока УПИС-1”

Конструктивно ИСВ-01 выполнен в виде малогабаритного переносного прибора с автономным питанием, состоящего из двух независимых частей: первичного преобразователя (датчика) и вторичного преобразователя (измерительного блока), соединённых между собой кабелем.

Структурная схема ИСВ-01 приведена на рис. 1.

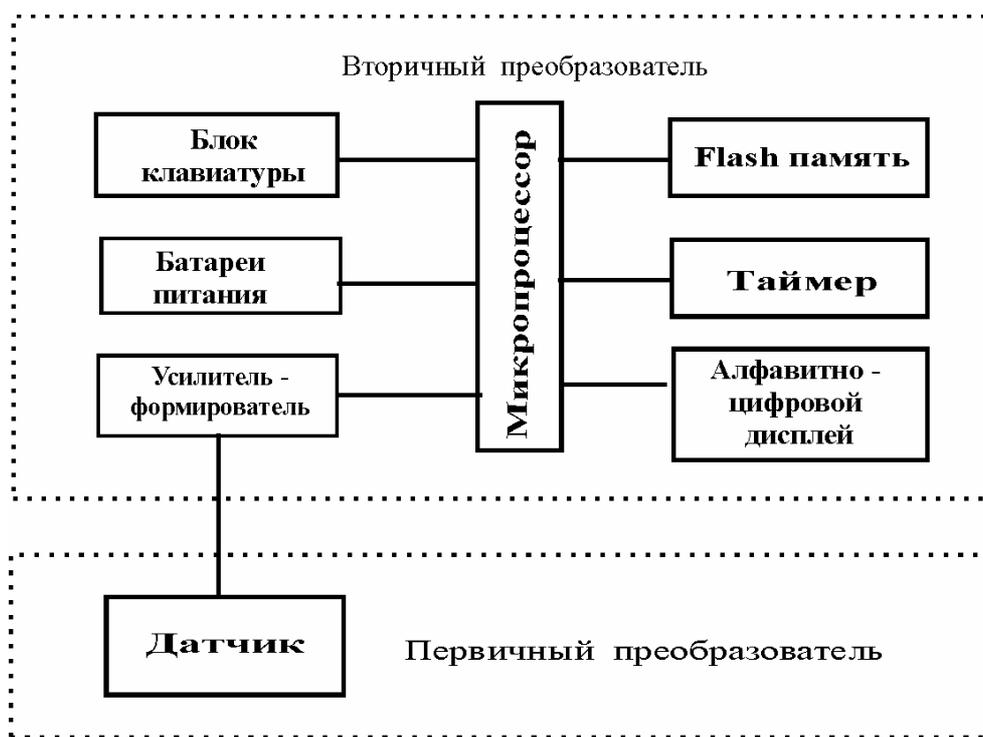


Рис. 1. Структурная схема ИСВ - 01.

Технические характеристики ИСВ-01:

- диапазон измерения скорости воды с нормированной погрешностью, м/с от 0,1 до 3,0;
- полный диапазон измерения скорости воды м/с от 0,1 до 5,0;
- предел основной приведённой погрешности измерения скорости воды, % не более 2,0;
- диаметр лопастного винта, мм 15; 20;
- минимальная глубина потока, м 0,15;
- максимальная глубина потока: ограничивается средствами установления датчика в поток;
- средство установления датчика в створе - гидрометрическая штанга диаметром 28 мм;
- технологическое время измерения скорости, сек. 30; 60; 100;
- напряжение питания, В.  $5 \pm 1$ ;
- масса в упакованном состоянии, кг не более 2,2;
- средний срок службы, лет не менее 10;
- наработка на отказ, час. не менее 1000;

Прибор сертифицирован, сертификат № KG 417/01.12.703 от 19.02.03 г.

## 1.2. Уровнемер емкостной УЕМ

Введение коммерческого водоучета требует определения расхода с последующим расчетом стока воды за определенный интервал времени стока воды с погрешностью не более 5%. Но сложившаяся в настоящее время система измерения уровня воды отстает от современных требований. В настоящее время в водном хозяйстве, в соответствии с существующими инструкциями, уровень воды на водомерных сооружениях измеряется два раза в сутки. Суточные колебания уровня воды, особенно в предгорных зонах, достигают до 30-40% от среднесуточного значения. Эти колебания являются следствием изменения суточного гидрографа стока горных рек, максимум которого проходит в темное время суток. Кроме того, на суточные колебания уровня воды влияют и другие возмущающие факторы. В связи с вышеизложенным, измерение уровня два раза в сутки, недостаточно. Погрешность расчета стока может достигать 30-40%. Для уменьшения погрешности расхода воды необходимо круглосуточное измерение уровня воды на водомерных сооружениях.

Разработанный емкостной уровнемер УЕМ позволяет производить круглосуточное измерение уровня воды в режиме накопления данных с заданным интервалом опроса. Принцип действия датчи-

ка основан на преобразовании уровня воды в электрическую емкость с последующей ее обработкой в цифровой форме. Конструктивное и схемное решение УЕМ обеспечивает минимальное энергопотребление, габариты и удобство в эксплуатации. Структурная схема датчика приведена на рис. 2.

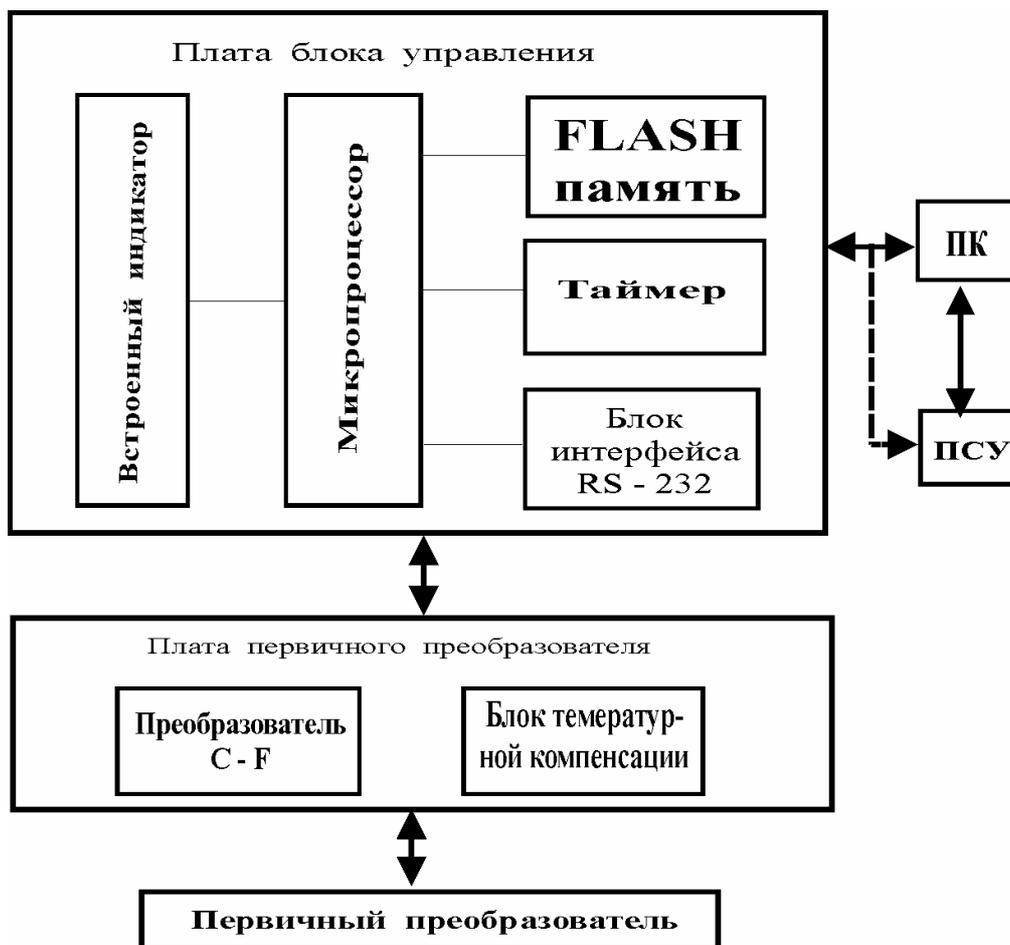


Рис. 2. Структурная схема уровнемера УЕМ

УЕМ может быть использован как на объектах обеспеченных электроэнергией, так и на объектах необеспеченных (автономный режим) электроэнергией.

В автономном режиме, чтение накопленных данных и последующая их перезапись в компьютер осуществляется при помощи специального переносного устройства – логгера.

Для энерго обеспеченных объектов при функционировании в составе АСУ ТП связь с УЕМ с внешними устройствами осуществляется по интерфейсу RS-485.

Гибкое программное обеспечение позволяет использовать следующие функциональные возможности УЕМ.

В режиме “стокомер” УЕМ измеряет уровень воды с заданной частотой опроса. Затем по зависимости  $Q=F(h)$  производит расчет расхода и стока воды. Значения уровня или расхода и стока воды записываются в память. Текущие значения результатов измерения и расчетов выводятся по требованию пользователя на индикатор, представляющий собой двухстрочный алфавитно-цифровой дисплей. Кроме того, информация может быть выведена на компьютер.

Ввод в УЕМ исходной информации (частоты опроса, дискретность задания уровня, параметров водомерных сооружений, зависимости  $Q=F(h)$  и т. п.), осуществляется с помощью специально разработанного программного обеспечения и поставляется Заказчику вместе с изделием.

Проверка УЕМ осуществляется на специальном стенде, который, как и сам прибор, сертифицирован (сертификат № КГ 417/01.12. 705 от 26.03.03 г.) Госстандартом Кыргызской Республики.

По желанию заказчика УЕМ может быть изготовлен с диапазонами измерения уровней воды: 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 и 2,5 м.

Основные технические характеристики УЕМ приведены ниже.

Абсолютная погрешность измерения уровня не более 10 мм.

Погрешность определения расхода обуславливается погрешностью используемой градуировочной характеристики аттестованного гидропоста.

Выход – цифровой: RS-485, RS-232.

Питание:

- 4 гальванических элемента по 1,5 В;
- источник постоянного тока +12 или +24 В;

Максимальная потребляемая мощность не более 0,6 Вт.

Минимальный интервал опроса – 200 мс.

Объем памяти до 8 кбайт.

Адрес – от 0 до 254.

Индикация – двухстрочный 32-символьный алфавитно-цифровой дисплей.

### 1.3. Устройство контроля технологических параметров УКТП

ПКТИ “Водавтоматика и метрология” в свое время проектировал и вводил в действие несколько информационно-управляющих систем на крупных энергетических и водохозяйственных объектах, где необходимо было осуществлять измерения линейных и угловых перемещений различных затворов, а также уровней воды в диапазоне от 0 до 32 м. Проведенный анализ существующих аналогов соответствующих датчиков показал, что можно совместить все эти функции в одном устройстве. Дальнейший ход разработки показал, что совмещение этих функций несколько не приводит к удорожанию датчика. В результате этого в нашем институте разработано устройство контроля технологических параметров (УКТП), которое позволяет измерить линейное и угловое перемещения затворов, а также уровень воды в широком диапазоне.

УКТП предназначено для измерения величины перемещения плоских, конусных, сегментных затворов, уставок телезатворов на гидроавтоматах, уровней воды в каналах и водохранилищах, а также расчета значений расхода и стока воды.

Вид контролируемого параметра (линейное и угловое перемещение, расход, сток) и диапазон измерения определяется вариантом конструктивного исполнения и программным обеспечением УКТП.

Принцип действия датчика основан на фотосчитывании величины перемещения с кодовых дисков. На входную ось датчика разработаны насадки для его сопряжения с перемещаемым элементом технологического оборудования. Структурная схема УКТП приведена на рис. 3.

Разработаны два типа УКТП:

УКТП-03 (однооборотный) для измерения линейного перемещения от 0 до 500 мм (угловых перемещений от 0 до 360°);

УКТП-02 (многооборотный) для измерения линейных перемещений от 0 до 32000 мм (угловых перемещений от 0 до 128 полных оборотов).

На фиксированных руслах, имеющих градуировочную зависимость расхода от уровня, УКТП может использоваться как расходомер со счетчиком стока.

УКТП обеспечивает опрос и гальваническую развязку четырех внешних цепей телесигнализации (типа “сухой контакт”).

Адресуемость УКТП позволяет использовать его в сетях последовательной передачи данных.

УКТП может функционировать автономно в режиме записи и хранения параметров технологического процесса с заданным интервалом опроса.

УКТП может быть оснащен встроенным или переносным устройством индикации (логгером) с автономным питанием. Логгер выполняет функции настройки УКТП, а также чтения информации, накопленной в автономно работающем датчике, для последующей перезаписи ее в компьютер.

УКТП сертифицирован Кыргызстандартом, имеется также сертифицированный поверочный стенд.

### 4. Рейка уровнемерная гидромелиоративная типа РУГ

В настоящее время на большинстве водомерных сооружений установлены уровнемерные рейки старого образца на диапазон измерения уровня воды до 2 м и с ценой деления 2 см или 1 см. Эти уровнемерные рейки за срок своей эксплуатации порядка 15 ÷ 20 лет пришли в негодность – разрушилась краска, покрылись ржавчиной, погнутоги, изломы, во многих случаях такие рейки заменены на самодельные деревянные измерительные рейки. Естественно, что использование уровнемерных устройств в таком состоянии при коммерческом учете недопустимо.

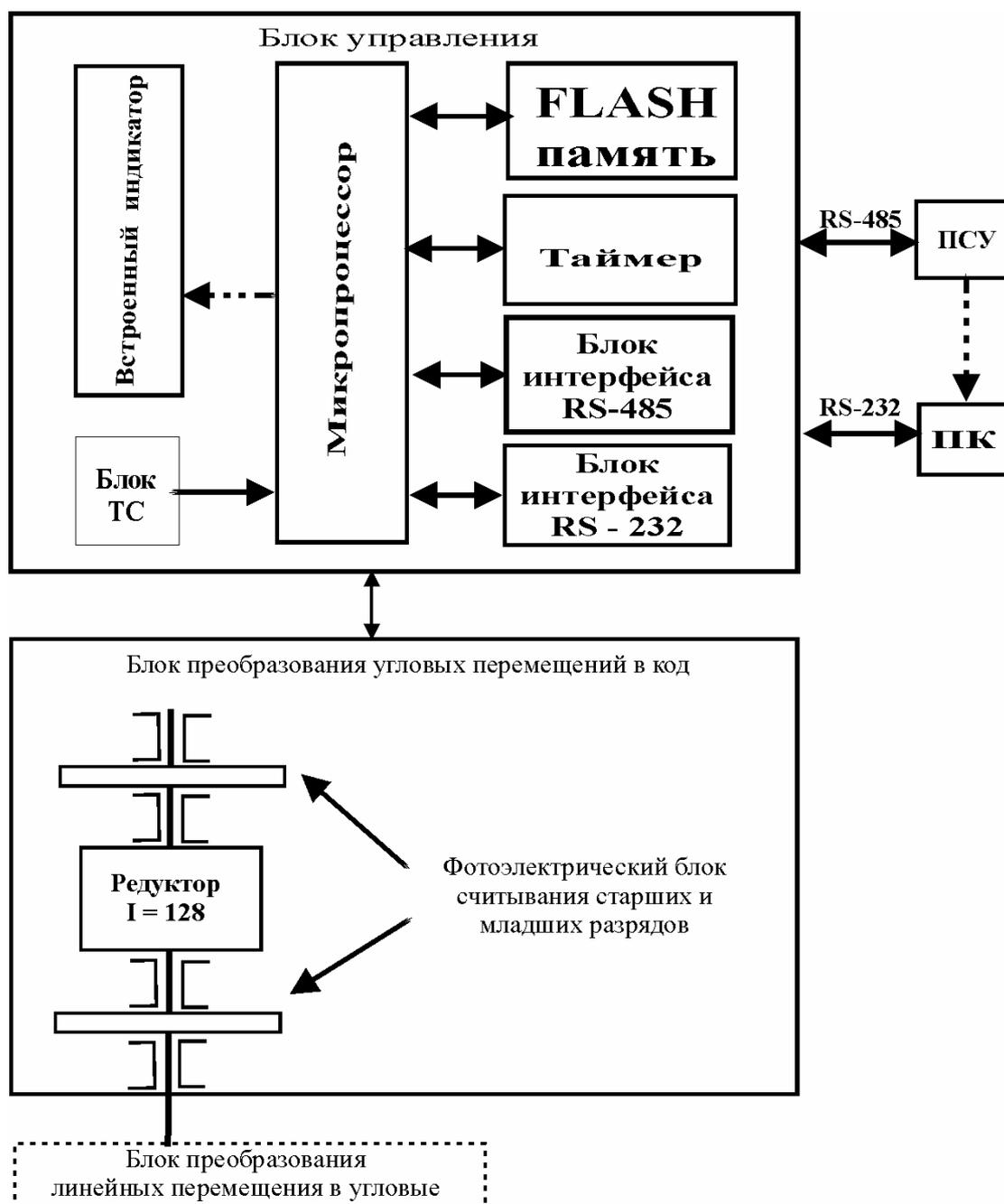


Рис. 3. Структурная схема устройства контроля технологических параметров УКТП-2

Кроме того, введение платного водопользования (коммерческий водоучет) и современные требования к водосбережению предъявляют более жесткие требования и к метрологическим требованиям средств измерения при водоучете. В частности, водоучет на гидростоях, использующих уровнемерные рейки с ценой деления 2 см и 1 см практически невозможно добиться точности измерения расхода воды не более 5%, требуемой нормативными документами.

ПКТИ “Водавтоматика и метрология”, проводя последовательную политику на переоснащение метрологического обеспечения водоучета в соответствии с требованиями времени к 2002 году подготовил необходимую базу, на основании которой была разработана конструкторская документация, изготовлены оборудование (штамп) и опытные образцы рейки уровнемерной гидромелиоративной типа РУГ, проведены их испытания на утверждение типа Национальным органом по стандартизации и метрологии Кыргызской Республики с выдачей сертификата № KG 417/01.12.681 об утверждении типа рейки уровнемерной гидромелиоративной типа РУГ и допущении ее к применению в Кыргызской Республике.

Рейка уровнемерная гидромелиоративная типа РУГ конструктивно представляет собой стальную полосу шириной 60 мм, толщиной 1-2 мм с антикоррозийным стойким покрытием и выпускается восемнадцати типоразмеров с длиной измерительной шкалы от 300 до 2000 мм с ценой деления шкалы рейки 5 мм и градацией между типоразмерами через 100 мм.

## **II. Метрологическое обеспечение водоучета на открытых оросительных системах Кыргызской Республики**

Важнейшим элементом метрологического обеспечения водоучета является рабочие эталоны, применяемые для аттестации и поверки средств измерения скорости потока воды, уровня воды, линейных и угловых перемещений. В институте этим работам уделяется большое внимание, и поэтому разработка стендового оборудования ведутся параллельно с разработкой средств измерения и автоматизации.

Институтом разработаны и внедрены следующие рабочие эталоны:

- установка поверочная датчиков линейных и угловых перемещений УПДЛУ № 1. Предназначен для проведения испытаний, поверки и калибровки датчиков угловых и линейных перемещений (сертификат № KG 417/01.12.688KP от 01.12.2002 г.);
- стенд для проведения поверки емкостных датчиков уровня, тип МС № 33ГД 44433.002 № 1 (свидетельство о поверке № 1668, от 14.11.2002 г., абсолютная погрешность  $\Delta = \pm 1$  мм);
- стенд для поверки гидрометрических реек (свидетельство № 789, от 07.06.02г.);
- установка поверочная измерителей скорости водного потока УПИС-1 № 002 (свидетельство о поверке рабочего эталона № 2178 от 09.10.2002 г.).

Из перечисленных выше рабочих эталонов наибольший интерес вызывает установка поверочная измерителей скорости водного потока УПИС-1, отличающейся от остальных по сложности исполнения. Ниже приводятся необходимые сведения о ней.

### **2.1. Установка поверочная измерителей скорости потока воды УПИС-1**

На сегодняшний день на оросительных системах стран центрально-азиатского региона (ЦАР) – для целей водоучета эксплуатируется десятки тысяч гидропостов. Кроме того, развитие Ассоциаций водопользователей и мелких фермерских хозяйств нарастающим итогом увеличивает число гидропостов, особенно во внутривладельческой оросительной сети, и их число пока не поддается объективному учету.

В общей сложности не менее 80 % этих гидропостов являются гидропостами типа “фиксированное русло”, где расход воды определяется методом “скорость-площадь”, а скорость потока воды определяется с помощью гидрометрических вертушек.

Для контроля и учета водных ресурсов, осуществляемых с помощью гидропостов на открытых системах водопользования стран ЦАР потребуется тысячи гидровертушек, которые по требованиям технических регламентов должны подвергаться поверке один раз в два года.

Поверка гидровертушек осуществляется на установках типа УПИС – это область ее применения.

Установка поверки измерителей скорости водного потока – УПИС – является рабочим эталоном. Она разработана в 1986 году в ПКТИ “Водавтоматика и метрология”, к 1991 году была тиражирована в количестве 25 экземпляров для различных регионов СССР, в том числе для стран ЦАР было изготовлено, отправлено и введено в эксплуатацию 16 установок. Срок работы установки – 8 лет.

С момента ввода установки отработали 2 срока, пришли в негодность. Некоторые из них работоспособны, но не отвечают требованиям заданной точности. В связи с тем, что за прошедшие с момента выпуска установок 16 лет круто изменилась элементная, агрегатная, сервисная база, накопился опыт эксплуатации установок, а также учитывая современные требования к дизайну, эргономике и безопасности работы, реанимировать старые установки не представляется целесообразным. Нужны новые установки, отвечающие современным требованиям. Без введения установок УПИС в систему метрологического обеспечения гидропостов ввести объективный водоучет и водосберегающие технологии на открытых системах водопользования будет практически невозможно – в этом заключается актуальность оснащение водохозяйственных организаций УПИС. Практически УПИС не имеет аналогов, поскольку является не только малогабаритной, компактной, но и практически перемещаемой (перевозной) установкой, не требующей исходных эталонных средств для ее поверки.

Тем не менее, в качестве аналогов в сравнении с УПИС можно привести следующие устройства (табл.).

Тарировочные станции с прямолинейным и круговым бассейном – это крупногабаритные железобетонно-металлические конструкции стационарного наземного исполнения с большим количеством вспомогательных средств измерений и оборудования, расположенные в закрытых помещениях (северные районы) или частично под открытым небом (прямолинейный или круговой бассейн – под открытым небом, оборудование и персонал – в помещениях).

Тарировочная станция с прямолинейным бассейном (каналом) должна быть оборудована специальной тележкой с хронографом и тахометром.

Круговой бассейн тарировочной станции состоит из двух концентрически расположенных цилиндров, пространство между которыми заполнено водой (бассейн Кузнецова). В центре бассейна на фундаменте укреплен карусель с несколькими штангодержателями, к которым крепятся штанги с тарируемыми и образцовыми вертушками. Карусель приводится во вращение с заданной скоростью с помощью электропривода постоянного тока. Тарировочная станция, тарирующая по методу сравнения, должна обязательно иметь хронограф с числом самописцев, равным количеству тарируемых и образцовых вертушек, отметчик времени (таймер).

Таблица

Наименование (марка) устройства	Габариты (L×B×H), м	Вес, т	Стоимость, \$ США	Примечания
1. УПИС-1, ПКТИ “В и М”	2,1×2,55×2,55	≤ 2,0	≅ 61500	
2. Тарировочная станция с прямолинейным бассейном (каналом), ГГИ	Прямолинейного бассейна – 140.0 × 1,5 × 1,3	Нет данных	Сотни тысяч	Точной информации о стоимости нет
3. Тарировочная станция с круговым бассейном, ГГИ	Диаметр наружного цилиндра – 5, внутреннего – 3, высота цилиндров – 1,3	Нет данных	Сотни тысяч	Точной информации о стоимости нет
4. Тарировочный лоток Урываева (ГР-19), ГГИ	3,1×1,0×2,2	Нет данных	≅ 70000	В стадии модернизации

Тарировочный лоток Урываева (ГР-19) представляет собой замкнутый малогабаритный (табл.) резервуар прямоугольной формы, заполненный водой. Внутренняя полость лотка разделена перегородкой так, что внутри резервуара образуется замкнутый трубопровод.

Тарирование вертушек в тарировочных лотках и круговых бассейнах производится по методу сравнения. Одна пара вертушек каждого типа является рабочей, а вторая пара – контрольной. Рабочая пара образцовых вертушек служит для повседневного тарирования, а контрольные – для периодического повторного тарирования рабочей пары.

Аналогично и для тарировочного лотка Урываева, который тарируется с помощью образцовых вертушек, тарированных также в прямолинейном бассейне. Кроме того, лоток Урываева находится в настоящее время в стадии модернизации и пока неизвестны его тарировочные характеристики.

Тарировка вертушек на УПИС не нуждается в образцовых вертушках, тарированных на прямолинейном бассейне, а сравнение погрешностей вертушек, тарированных на прямолинейном бассейне и УПИС, показало практическое отсутствие разницы в результатах.

Таким образом, установка обновленная УПИС по своим точностным, габаритным, эргономическим, сервисным, стоимостным и показателям безопасности работы является на сегодняшний день наиболее отвечающим средством в области метрологического обеспечения измерителей скорости водного потока для открытых систем водопользования.

Технические характеристики УПИС-1:

Потребляемая мощность установки, кВА – не более 3,5.

Габаритные размеры установки с мостиком обслуживания, но без шкафов управления, мм: длина – 2080, ширина – 2552, высота – 2540.

Масса установки, т – не более 2,0.

Эквивалентный диаметр градуируемого (тарируемого) измерителя скорости водного потока, мм: стандартный – от 15 до 1200, нестандартный (персональной градуировкой) – свыше 1200 до 2000.

Средняя скорость водного потока, набегающего на градуируемый (тарируемый) измеритель скорости, м/с – от 0,04 до 3,0.

Погрешность определения скорости водного потока при доверительной вероятности 0,95 – не более  $\pm 1,5\%$ .

Норма средней наработки на отказ установки с учетом технического обслуживания, регламентируемого инструкцией по эксплуатации, ч – 10000.

Полный средний срок службы, лет – 10.

Структурная схема УПИС приведена на рис 4.

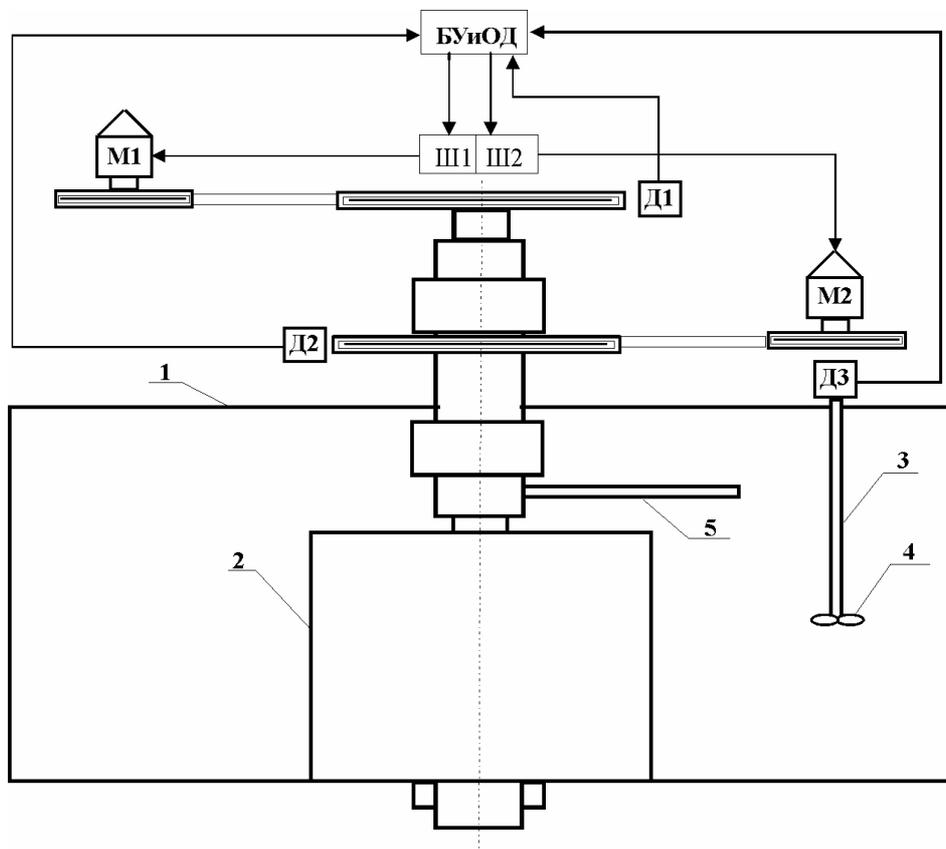


Рис. 4. Структурная схема УПИС.

БУиОД - блок управления и обработки данных на базе персонального компьютера; М1-электродвигатель для вращения ротора 2; М2-электродвигатель для вращения сменной штанги 5; Ш1-щит управления электродвигателем М1; Ш2-щит управления электродвигателем М2; Д1-датчик число оборотов сменной штанги 5; Д2-датчик число оборотов ротора; Д3-датчик число оборотов измерителя скорости потока воды 4; 1-бассейн; 2-ротор; 3-штанга для крепления измерителя скорости потока воды 4; 4-гидравлическая вертушка; 5-сменная штанга для крепления образцового измерителя скорости потока воды.

## ВОДОУЧЕТ НА ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМАХ СТАБИЛИЗАТОРАМИ РАСХОДА ВОДЫ

Т. Султаналиева, О.В. Атаманова

Кыргызский аграрный университет

Теоретически и экспериментально было установлено [2], что при работе стабилизаторов расхода воды в определенном диапазоне наполнений от  $H_{\min}$  до  $H_{\max}$  перед стабилизатором (индивидуаль-