

Интеллектуальный оптоэлектронный прибор для учета и контроля расходом воды в открытых каналах

Эргашев Отабек Мирзапулатович,
доцент кафедры информационных технологий,
Ферганского филиала Ташкентского
университета информационных технологий,
E-mail: ergashev1984otabek@gmail.com

Аннотация. Статья посвящена приборам и устройствам для контроля и расхода воды в открытых каналах. "Интеллектуальный оптоэлектронный прибор для учета и контроля расхода воды в открытых каналах представляет собой значимое технологическое достижение в области водопользования. Разработанный прибор основан на методе "площадь - скорость" и обеспечивает точный и эффективный контроль за расходом воды.

Ключевые слова: Интеллектуальный оптоэлектронный прибор, учет воды, контроль расхода воды, открытые каналы, поплавковый расходомер, метод "площадь - скорость", технологическое достижение, водопользование, точные измерения, удаленный мониторинг, управление водными ресурсами.

Введение. Как изменение климата и устойчивое управление водными ресурсами становятся все более важными вопросами, контроль и эффективное использование воды становятся неотъемлемой частью обеспечения устойчивого развития. В современном мире появляются новые технологии и методы учета и контроля расхода воды, превращая традиционное управление водоснабжением и водоотведением в современные, цифровые системы управления. В данной статье мы рассмотрим последние тенденции в этой области, включая применение интеллектуальных оптоэлектронных приборов, метод "площадь - скорость" для контроля открытых каналов и другие инновационные подходы, которые помогают обеспечить более эффективное управление водными ресурсами.

Учет и контроль расхода воды представляет собой ключевой аспект современного водопользования. С развитием технологий становится возможным проведение более точных измерений и более эффективное управление водными ресурсами. Одним из инновационных подходов к этой проблеме является использование интеллектуальных оптоэлектронных приборов, таких как поплавковые расходомеры, а также метод "площадь - скорость" для контроля открытых каналов. В данном введении мы рассмотрим значимость этого технологического

достижения и его потенциальные преимущества для удаленного мониторинга и управления водными ресурсами.

Литературный обзор. Существующие приборы и устройства для контроля расхода воды в открытых каналах: водосливы [1,2], лотки [3,4], сужающие устройства [5,6,7] и другие в настоящее время не удовлетворяют современным требованиям по точности, надежности, диапазону измерений, экономической эффективности, а также из-за отсутствия микропроцессорных средств обработки и архивирования данных.

В настоящее время одним из эффективных методов контроля расхода в открытых каналах является метод «площадь - скорость», который также рекомендуется для градуировки и поверки расходомеров для гидромелиоративных систем. Использование этого метода позволило разработать поплавковые расходомеры на основе электромагнитных и тепловых преобразователей [8,9,10,11]. Однако, данные приборы недостаточно удовлетворяют современным требованиям по точности, линейности статической характеристики и по динамической погрешности (особенно у тепловых преобразователей скорости).

Результаты. Авторами разработан интеллектуальный оптоэлектронный прибор для измерения, контроля, регистрации и управления



расходом воды в открытых каналах, имеющих различную конфигурацию по сечению.

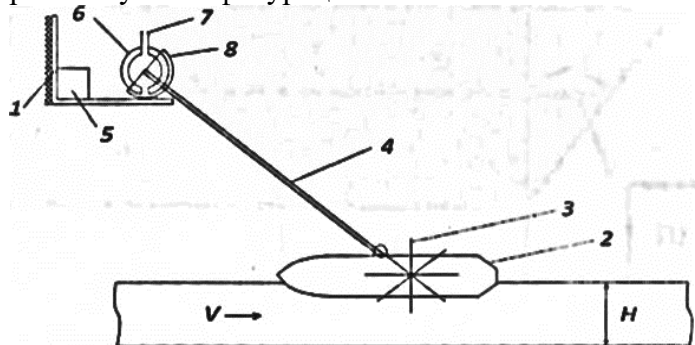


Рис. 1. Элементы конструкции оптоэлектронного прибора для измерения расхода воды: 1 - гидрометрический пост; 2 - поплавок; 3 - лопасти; 4 - штанга; 5 - электронный блок обработки сигналов; 6, 7 - полукольцевые фоторезисторы; 8 - полудисковый оптический экран.

Конструктивно разработанный прибор, устанавливается на гидрометрическом посту 1 (рис. 1) и состоит из поплавка 2, вращающихся лопастей 3, штанги 4, связывающего гидропоста с поплавком и электронного блока обработки, регистрации и передачи данных о расходе воды 5.

Принцип измерения расхода воды основан на:

- измерении скорости течения воды V ;

- определении профиля гидротехнического сооружения S_B и уровня воды в канале H_B . При прямоугольном профиле гидротехнического сооружения, расход воды определяется как произведение

$$Q = V_T * S_B. \quad (1)$$

В качестве преобразователя скорости V_T течения воды использованы вращающиеся лопасти, закрепленные на валу, проходящего в полости поплавка, вал которого установлен на графитовых подшипниках.

На валу внутри поплавка 2 закреплен диск (модулятор) с чередующимися отверстиями между источником и приемником излучения. Источник и приемник излучения установлены внутри поплавка. Поплавок имеет герметизированную конструкцию овальной вытянутой формы, изготовленной из нержавеющей тонкослойного стального листа.

Уровень воды H измеряется с помощью штанги, один конец которой на подшипниках закреплен на поверхности поплавка и механически

связан с оптическим полу дисковым экраном 8. Оптоэлектронного фоторезисторного преобразователя угловых перемещений [12,13], а второй конец на подшипнике с гидрометрическим постом 1. Через полость штанги пропущены экранированные провода обеспечивающие электрическую связь между поплавком 2 и блоком регистрации 5.

Однако в большинстве случаев профиль гидротехнического сооружения имеет трапециевидную форму, что требует учитывать не только скорость течения V_T воды, уровень H_B , но и угол наклона, нижнюю B и верхнюю A ширину канала, т.е. как показано на рис.2 B , A и m , при этом аналитическое выражение учитывающее расход воды имеет вид:

$$Q = K(B + 2mH)NV, \quad (2)$$

где K – коэффициент пропорциональности, постоянная для гидропоста, определяется контрольным с использованием гидрометрической вертушки ГВ-замере; B – ширина канала по дну; m – коэффициент откоса берегов; H – уровень воды; V – скорость течения.

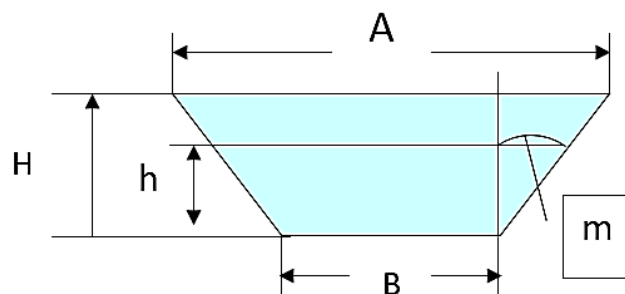


Рис. 2. Схема определения уровня воды в канале

Как видно из Рис. 2:

$$S_m = [(A + B)/2]H, \quad (3)$$

где A и B – основания трапеции, H – высота канала.

Так как $A = B + 2m$, где $m = H \tan(\alpha)$, то

$$S_m = HB + H^2 \tan^2(\alpha) \quad (4)$$

или

$$S_m = H(B + H) \tan(\alpha). \quad (5)$$



Обсуждение. В реальных условиях поплавков совершает периодические колебания относительно горизонтального уровня воды. Эти колебания воздействуют на преобразователь уровня, функцию которого в нашем устройстве выполняет фоторезисторный оптоэлектронный преобразователь.

Для исключения «скачков» поплавок и цифровых показаний применяется функция сглаживания значений высоты воды:

$$Kog_n = Kog_n + (Kog_T - Kog_n)K_s, \quad (6)$$

где Kog_n – предыдущее значение, Kog_T – текущее значение, K_s – коэффициент сглаживания.

В результате этой обработки, значения высоты отслеживают, как бы постоянную составляющую этих значений.

Прибор циклически с периодом 20 мс опрашивает АЦП значения $\sin(\alpha)$ и сглаживает их. Фактически это значение является синусом угла наклона штанги. Обозначим расстояние от дна канала до некоторой точки $X_{\max}$, которая расположена выше максимального уровня воды, высотой канала H_K .

Чтобы определить уровень воды в канале необходимо от высоты канала H_K вычесть расстояние от $X_{\max}$ до уровня воды, которое равно

$$L_{um} = L \sin(\alpha),$$

где L_{um} – длина штанги.

Уровень воды в канале:

$$H = H_K - L, \text{ где } L = L_{um} \sin(\alpha).$$

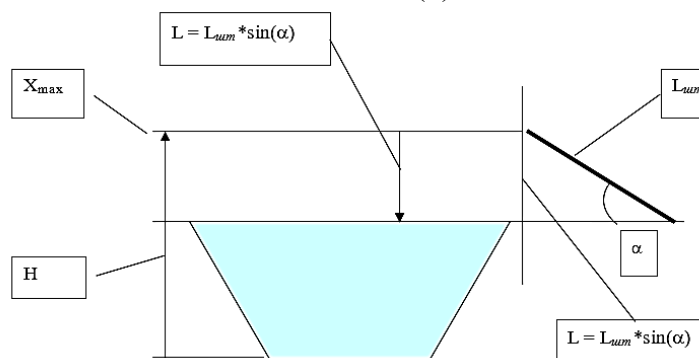


Рис. 3. Схема для определения уровня воды в канале.

Площадь поперечного сечения в канале:

$$S_m = H_K - L_{um} \sin(\alpha) * (B + H_K - L_{um} \sin(\alpha) \operatorname{tg}(h)).$$

Вычисление скорости течения воды вычисляется следующим образом. Частота импульсов, поступающих от преобразователя скорости зависит от скорости течения воды, количество чередующихся отверстий на модулирующем диске, диаметра и площади лопастей и от просадки самого поплавка. Для коррекции последних величин введем коэффициент скорости K_v . В течении 6 сек счетчик МК, суммирующий поступающие от преобразователя скорости импульсы, после чего вычисляется скорость течения воды:

$$V = N * K_v. \quad (7)$$

На рис. 4 приведена функциональная схема микропроцессорной оптоэлектронной системы измерения, контроля и регистрации расхода воды в открытых каналах.

Исходя из необходимости обработки одновременно ряда сигналов преобразователей (уровня, расхода и других) и с учетом современных типов микропроцессоров, нами был выбран микропроцессор AT89 C51 – наиболее полно удовлетворяющий современным требованиям. Микропроцессорная система состоит из 4-х блоков: поплавок, прибора, источника питания и модема.

В состав прибора, как было указано выше, входят: оптоэлектронный преобразователь импульсов; оптоэлектронный преобразователь угла наклона штанги; преобразователь $f(\sin(\alpha))$.

Прибор состоит из: индикатора 1; усилителя напряжения для управляющих сеток; индикатора 2; усилителя напряжения для анодов индикатора 1; дешифратора; усилителя напряжения для анодов индикатора 2; микроконтроллера AT89 S8252; аналого-цифрового преобразователя; кнопки управления 1; кнопки управления 2; гальванической развязки для приёма передачи информации; преобразователя питающих напряжений.

В структуру источника питания входят: трансформатор напряжения; 220\12 Вольт; выпрямитель; стабилизатор; аккумулятор.

Модем состоит из: гальванической развязки; персонального компьютера; источника питания.



Управление всеми функциональными узлами и выполнение вычислений осуществляет микроконтроллер - 10 (МК). Работу МК можно разбить на 3 основные задачи:

- реализация динамической индикации;
- реализация связи с периферией;
- реализация всех вычислений;

Реализация динамической индикации осуществляется выдачей сигналов с портов МК 0,1,3. В порты 0 и 1 выдаются соответствующие семи сегментные коды цифр для индикатора 1 и 2 соответственно, а в порт 3 выдаётся номер разряда в двоичном коде на дешифратор 8. Сигналы с контроллера (МК) усиливаются высоковольтными усилителями 7,9 и поступают на аноды индикаторов 4,6, а сигнал с дешифратора подается через высоковольтные усилители на управляющие сетки разрядов.

Таким образом каждые 2 мс. информация в портах контроллера обновляется для каждого разряда. Полный цикл регенерации информации осуществляется за 16 мс, или 62,5 Гц. Под связью с периферией подразумевается обмен информацией с персональным компьютером (ПК). Это целый интерфейс, включающий в себя совокупность программ ПК, МК и аппаратных средств. Основные данные, рассчитанные прибором, такие как скорость течения, высота, расход, а также константы, такие как угол наклона дамбы, ширина канала, коэффициент скорости т.д., передаются на ПК и далее отображаются на дисплее специальной программой. Этой же программой осуществляется передача введенных на ПК констант в прибор. Константы, принятые с ПК прибором записываются в энергонезависимую память МК и хранятся там до следующего изменения, независимо от электрического питания прибора.

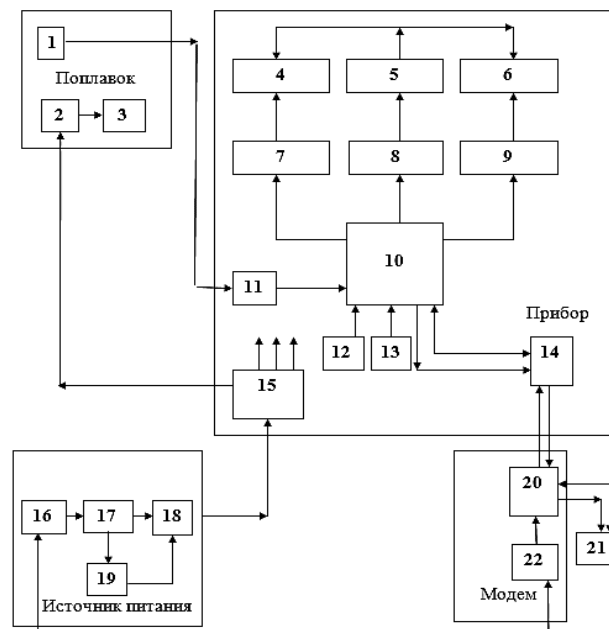


Рис. 4. Функциональная схема интеллектуального прибора для контроля и регистрации расхода воды в открытых каналах

Со стороны МК, в приборе располагается преобразователь 14, который осуществляет преобразование уровней напряжения в токовые послышки, а также гальваническую развязку. Передача в линию осуществляется стандартным протоколом ИРПС, скорость передачи 1200 Бит, 8 бит.

Со стороны МК располагается аналогичный преобразователь выполняющий обратную функцию преобразования тока в напряжение и функцию гальванической развязки питающих напряжений.

Электрическое питание, датчик угла наклона штанги 1, датчик импульсов 2, преобразователя $f(\sin(\alpha))$ 3, а также прибора в целом осуществляет электрический преобразователь питающих напряжений 15. Электрический преобразователь выполнен в виде генератора импульсов (50-60 кГц) усилителя тока, трансформатора мощности и рассчитан на нагрузку 10Вт.

Датчик угла наклона штанги 2 выдает напряжение пропорциональное углу поворота штанги (0 - 90° соответственно 0 - 3,6 В), это напряжение преобразуется преобразователем 3 в функцию синуса, это необходимо при вычислении высоты. Напряжение с преобразователя 3



поступает на АЦП 11. При расчете площади поперечного сечения воды МК использует код, полученный с преобразователя 11.

Обмен данными по ИРПС.

Каждые 6 сек., прибор посылает в ИРПС байт синхронизации с ПК. Если в течение некоторого времени МК не получает ответа, то передача данных не осуществляется. В случае если МК получает ответ, то процесс синхронизации считается состоявшимся и МК переходит в стадию ожидания команды от ПК на прием или передачу данных. В зависимости от принятой команды происходит прием или передача данных.

Технические характеристики системы:

Максимальный средний расход;

(Максимальный объем /Максимальное время счета) $\text{м}^3/\text{час}$ - $9 \cdot 10^5 \text{м}^3/\text{час}$;

Максимальный отображаемый расход $\text{м}^3/\text{мин}$ по умолчанию - $9999 \text{м}^3/\text{мин}$;

Максимальный отображаемый расход $\text{м}^3/\text{мин}$ по запросу - $9 \cdot 10^6 \text{м}^3/\text{мин}$;

Скорость обмена данными - 1200 Бод;

Максимальная длина линии передачи - 500 м;

Номинальный ток в линии передачи - 20 мА;

Потребляемая мощность - <11 Вт;

Напряжение питания модема - 220 В;

Погрешность измерения расхода воды в канале - 1,5%.

Заключение. В заключении можно отметить, что современные технологии и инновационные подходы играют ключевую роль в обеспечении устойчивого управления водными ресурсами. Интеллектуальные системы учета и контроля, включая оптоэлектронные приборы и цифровые платформы, позволяют эффективно управлять расходом воды и обеспечивать экологическую устойчивость. Кроме того, важными инструментами становятся методы анализа данных, такие как метод "площадь - скорость", которые помогают оптимизировать использование водных ресурсов. В целом, развитие новых технологий и подходов к управлению водными ресурсами открывает перспективы для создания более устойчивых и эффективных систем водоснабжения и водоотведения, способствуя

решению вызовов, связанных с изменением климата и ресурсной устойчивостью.

Список литературы

1. Шипулин, Ю. Г., Махмудов, М. И., Эргашев, О. М., & Худойбердиев, Э. Ф. (2020). ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ МИКРОПРОЦЕССОРНОЕ УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ СТОЧНЫХ ВОД. In *Эффективность применения инновационных технологий и техники в сельском и водном хозяйстве* (pp. 421-423).
2. Ergashev, O. M., Turgunov, B. X., & Turgunova, N. M. (2023). Microprocessor Control System for Heat Treatment of Reinforced Concrete Products. *INTERNATIONAL JOURNAL OF INCLUSIVE AND SUSTAINABLE EDUCATION*, 2(5), 11-15.
3. Mirzapo'lotovich, E. O., & Mirzaolimovich, S. M. (2022). TA'LIMDA JARAYONIDA LMS TIZIMLAR TAXLILI. *TA'LIM VA RIVOJLANISH TAHLILI ONLAYN ILMIY JURNALI*, 118-122.
4. Кадилов, О. Х., Шипулин, Ю. Г., Махмудов, М. И., & Эргашев, О. М. (2019). СИНТЕЗ МНОГОКАНАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИХ СИСТЕМ КОНТРОЛЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД. *Наука. Образование. Техника*, (3), 5-11.
5. Эргашев, О. М. (2018). Обеспечение информационной безопасности радиотехнических систем. *Теория и практика современной науки*, (6 (36)), 689-691.
6. Эргашев, О. М. (2018). РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ В ВОЛС НА ОСНОВЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНЦЕПЦИИ КОДОВОГО ЗАШУМЛЕНИЯ. *Теория и практика современной науки*, (6 (36)), 686-688.
7. Шипулин, Ю. Г., Махмудов, М. И., Мухамедова, Ш. Р., & Эргашев, О. М. (2018). Применение оптоэлектронных методов для контроля качественных и количественных параметров сточных вод. In *Опτικο-электронные приборы и устройства в системах распознавания*



образов, обработки изображений и
символьной информации. *Распознавание-
2018* (pp. 292-294).

8. Shipulin, Y. G., Raimzhonova, O. S., Ergashev, O. M., & Usmanov, Z. K. (2021). Method for Ensuring Continuous Functioning of Multichannel Systems for Control and Recording of Water Composition in Seismic Wells.
9. Шипулин, Ю. Г., Рустамов, Э., & Эргашев, О. М. (2019). ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ ОПТОЭЛЕКТРОННЫЙ ДАТЧИК НА ОСНОВЕ ПОЛОГО СВЕТОВОДА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ШЕРОХОВАТОСТИ МАТЕРИАЛОВ. In *Проблемы получения, обработки и передачи измерительной информации* (pp. 253-258).
10. Ergashev, O. M., & Turgunov, B. X. (2023). INTELLIGENT OPTOELECTRONIC DEVICES FOR MONITORING AND RECORDING MOVEMENT BASED ON HOLLOW FIBERS. *CENTRAL ASIAN JOURNAL OF MATHEMATICAL THEORY AND COMPUTER SCIENCES*, 4(5), 34-38.
11. Эргашев, О. М., & Эргашева, Ш. М. (2022). ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРА МУЛЬТИАГЕНТНОЙ СИСТЕМЫ КОРПОРАТИВНОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ. *Journal of new century innovations*, 11(1), 144-151.
12. Эргашев, О. М., & Эргашева, Ш. М. (2022). ПРИМЕНЕНИЕ ИННОВАЦИОННЫХ ИТ-РЕШЕНИЙ В КОМПЛЕКСНЫХ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПРОИЗВОДСТВАХ. *Journal of new century innovations*, 11(1), 152-159.
13. Alimova, N. B., Khaitova, A. R., Khusanov, A. M., & Ergashev, E. O. (2022, June). Methods and means of control and diagnostics of technological units in the treatment of industrial wastewater based on optoelectronic and hollow light guides. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1043, No. 1, p. 012007). IOP Publishing.

