

сичные для этих водорослей. Особенно сильно угнетает их развитие роголистник погруженный.

Основным направлением для исследований на сегодняшний день является метод удаления сине-зеленых водорослей с помощью ершовых фильтров, установленных на водозаборных сооружениях и способных существенно увеличить процент удаления сине-зеленых водорослей из воды.

Список использованных источников

1 Биологические обрастания в системе питьевого и технического водоснабжения и методы борьбы с ними. – М.: Наука, 1969. – 110 с.

2 Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения: СанПиН 4630-88: утв. М-вом здравоохранения СССР 04.07.88: введ. в действие с 01.01.89. – М., 1988.

3 Россолимо, Л. А. Проблема антропогенного эвтрофирования озер и пути ее решения / Л. А. Россолимо // Известия АН СССР. Серия географическая. – 1971. – № 1. – С. 35–45.

УДК 627.133:626.823

А. А. Чураев, М. В. Вайнберг

Российский научно-исследовательский институт проблем мелиорации, Новочеркасск, Российская Федерация

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА ВОДЫ НА ОТКРЫТЫХ КАНАЛАХ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ ПО МЕТОДУ «УКЛОН – ПЛОЩАДЬ»

В статье описан разработанный авторами способ определения расхода воды на открытых каналах оросительных систем по методу «уклон – площадь», направленный на устранение недостатков ранее разработанных способов с использованием указанного метода. Сущность способа сводится к использованию двух датчиков уровня воды, оснащенных средствами дистанционной передачи показаний уровня, расположенных в уровнемерных колодцах верхнего и нижнего гидрометрических створов, определению уровней воды в створах, перепада уровней между верхним и нижним створами и вычислению расхода воды. Использование предложенного авторами способа измерения расхода воды позволит эксплуатационным организациям, обслуживающим современные оросительные системы, организовать автоматизированный водоучет, позволяющий вести работу в реальном времени, осуществлять оперативное определение расхода с относительной погрешностью 2,6 %, снижать затраты на создание ввиду отсутствия в конструкции подводящей трубы.

Ключевые слова: оросительная система, водоучет, метод «уклон – площадь», перепад уровней, датчик уровня воды, гидрометрический створ, уровнемерный колодец.

Точный, оперативный и достоверный учет воды составляет основу рационального водопользования. Повышение уровня эксплуатации оросительных систем требует совершенствования методов, способов и технических средств водоучета.

В соответствии с ГОСТ Р 51657.2-2000 (п. 5.2.2) одним из применяемых в настоящее время методов косвенных измерений расхода воды на открытых водотоках с призматическим руслом является метод «уклон – площадь». Он позволяет использовать уравнение гидравлики [1] для равномерного движения:

$$Q = \omega C (Ri)^{0,5},$$

где ω – площадь живого сечения потока, м²;

C – коэффициент Шези, м^{0,5}/с;

R – гидравлический радиус живого сечения, м;

i – продольный уклон водной поверхности в реке.

Значения ω и R определяют по данным промеров глубин в поперечном створе, уклон – нивелированием, а коэффициент Шези – по эмпирическим формулам, например по формуле Маннинга:

$$C = \frac{R^{1/6}}{n},$$

где n – коэффициент шероховатости.

Метод «уклон – площадь» основан на измерении перепада уровней воды в контрольных створах специально спрофилированного русла канала. По полученным данным определяется значение расхода воды. В силу инерционности движущейся воды мгновенный или местный уклон не может характеризовать расход в гидрометрическом створе. Масса воды должна пройти определенное расстояние, чтобы перепад уровней на нем характеризовал расход. Исходя из этого, следует измерять уклон водной поверхности приборами, погрешность которых позволит максимально уменьшить расстояние между створами измерительного участка.

Один из самых надежных способов измерения уклонов водной поверхности – это определение перепада уровней с помощью водомерных устройств (акустический уровнемер УА-1, датчик уровня акустический ЭХО-5, датчик уровня ультразвуковой ДУУ-340, бесконтактный уровнемер Kalesto, ультразвуковой уровнемер Prosonic, ультразвуковой датчик уровня Honeywell и др.) при известном рас-

стоянии между створами. Рассмотрим ультразвуковой датчик уровня Honeywell, предназначенный для бесконтактного дистанционного измерения уровня жидких сред. Внешний вид и габаритные размеры представлены на рисунке 1.

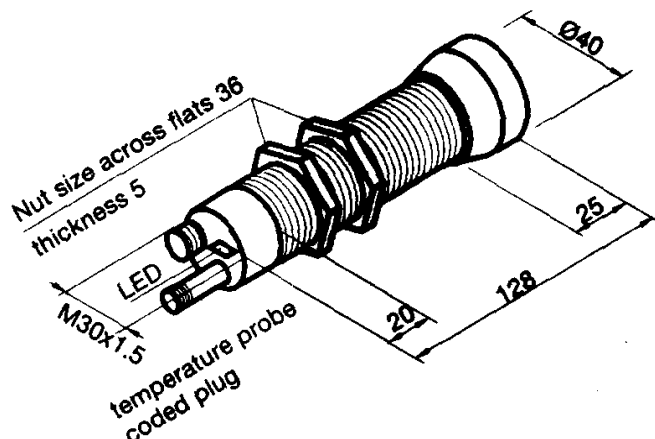


Рисунок 1 – Внешний вид и габаритные размеры датчика уровня Honeywell

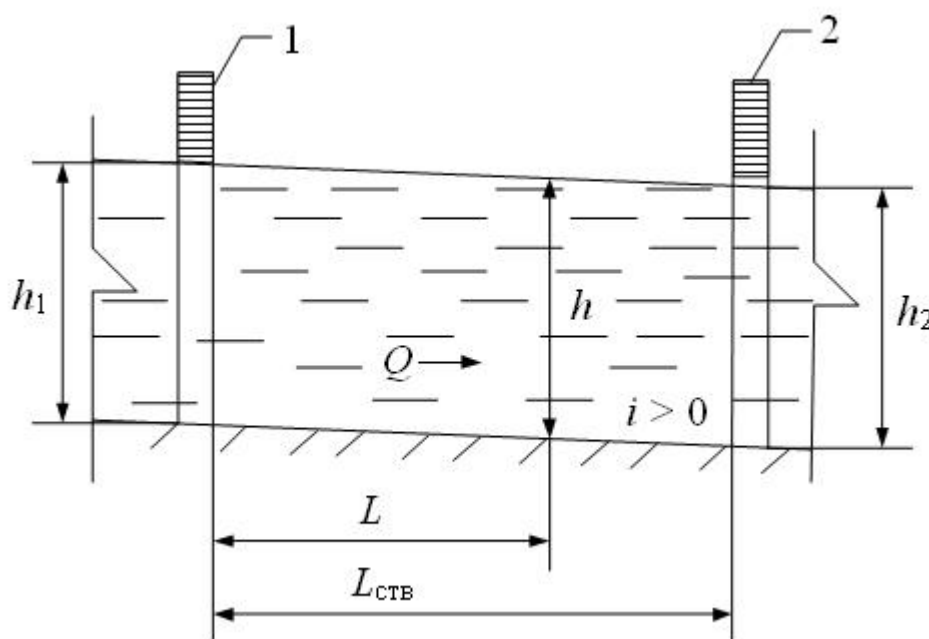
Характеристика датчика уровня Honeywell следующая:

- разрешающая способность в диапазоне измерения до 705 мм;
- максимальный диапазон измерения 500–4000 мм;
- рабочее напряжение от 10 до 30 В;
- средняя потребляемая мощность 800 мВт;
- токовый выход от 4 до 20 мА при нагрузке 500 Ом;
- частота преобразования 85 кГц;
- погрешность не более 0,1 %;
- рабочая фаза температурного режима от минус 25 до плюс 70 °С.

Применение различных успокоителей и защиты от волнения существенно повышает точность измерений уровней. Для больших и средних каналов вычисление расхода путем измерения уклона водной поверхности является достаточно целесообразным в силу возможности автоматизации измерений.

Эффективное применение метода «уклон – площадь» обуславливается наличием на гидростворе подпорно-переменного режима, интенсивных русловых деформаций. Он применяется также при резко выраженном неустановившемся течении в русле потока.

Иллюстрация к способу определения воды по методу «уклон – площадь» представлена на рисунке 2.

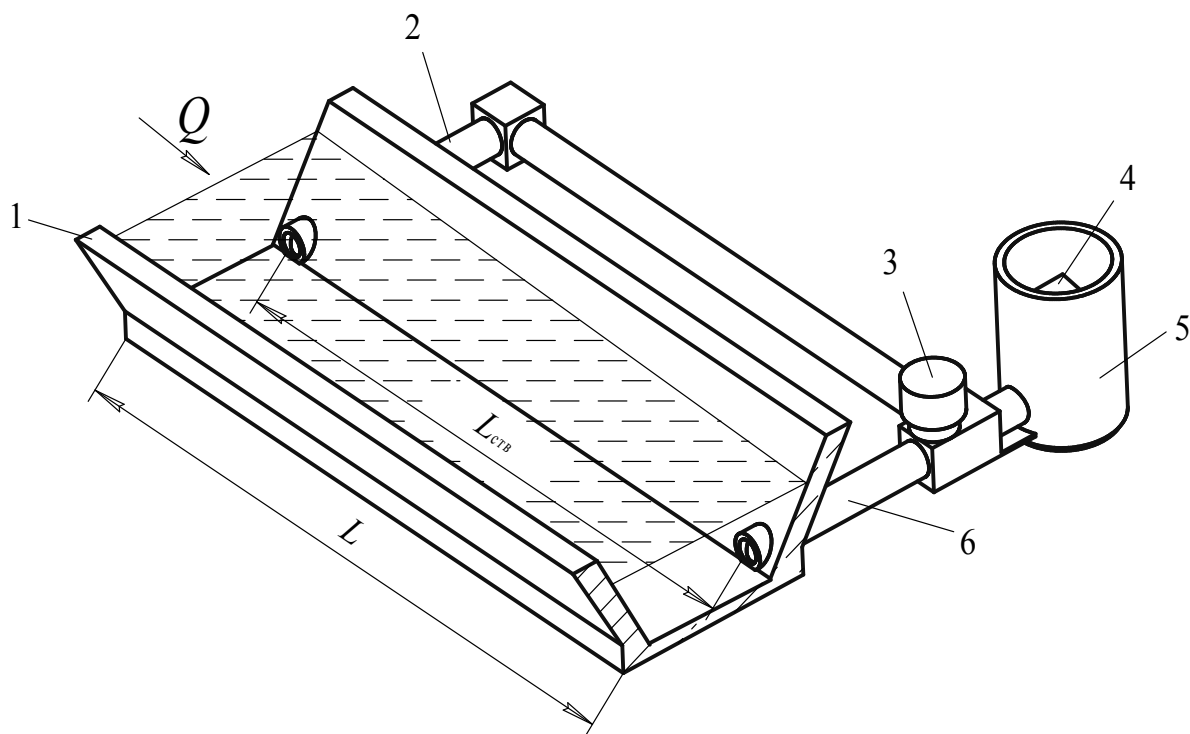


$L_{\text{ств}}$ – длина измерительного участка между створами 1, 2; h_1 – показание уровнемером глубины потока в створе 1; h_2 – показание уровнемером глубины потока в створе 2; h – значение глубины потока, зависящее от расстояния $L = 0 \div L_{\text{ств}}$; Q – расход

Рисунок 2 – Схема для определения расхода воды в призматических руслах по методу «уклон – площадь»

В настоящее время известны различные способы определения расхода воды по методу «уклон – площадь»: способ определения расхода воды на открытом водотоке с призматическим руслом (пат. 1659713, Ю. Г. Иваненко и др.) [2]; способ определения расхода воды на открытом канале с призматическим руслом (пат. 2102707, Ю. Г. Иваненко, В. Н. Щедрин и др.) [3]; способ определения перепада уровней и расхода воды на открытом водотоке с призматическим руслом по методу «уклон – площадь» (пат. 2327114, А. Е. Ивахненко и др.) [4] и т. д.

Способ определения перепада уровней и расхода воды на открытом водотоке с призматическим руслом по методу «уклон – площадь» сводится к использованию одного уровнемера, расположенного в уровнемерном колодце нижнего гидрометрического створа, для измерения уровней в верхнем и нижнем гидрометрических створах, определению перепада уровней между верхним и нижним створами и вычислению расхода. На рисунке 3 приведена конструкция измерительного участка канала для определения расхода воды по методу «уклон – площадь».



1 – измерительный участок канала; 2 – подводящая труба к зоне верхнего гидрометрического створа; 3 – автоматический запорный клапан; 4 – электронный уровнемер-счетчик; 5 – уровнемерный колодец; 6 – подводящая труба к зоне нижнего гидрометрического створа; $L_{\text{ств}}$ – расстояние между гидрометрическими створами; L – длина облицованного участка канала; Q – расход

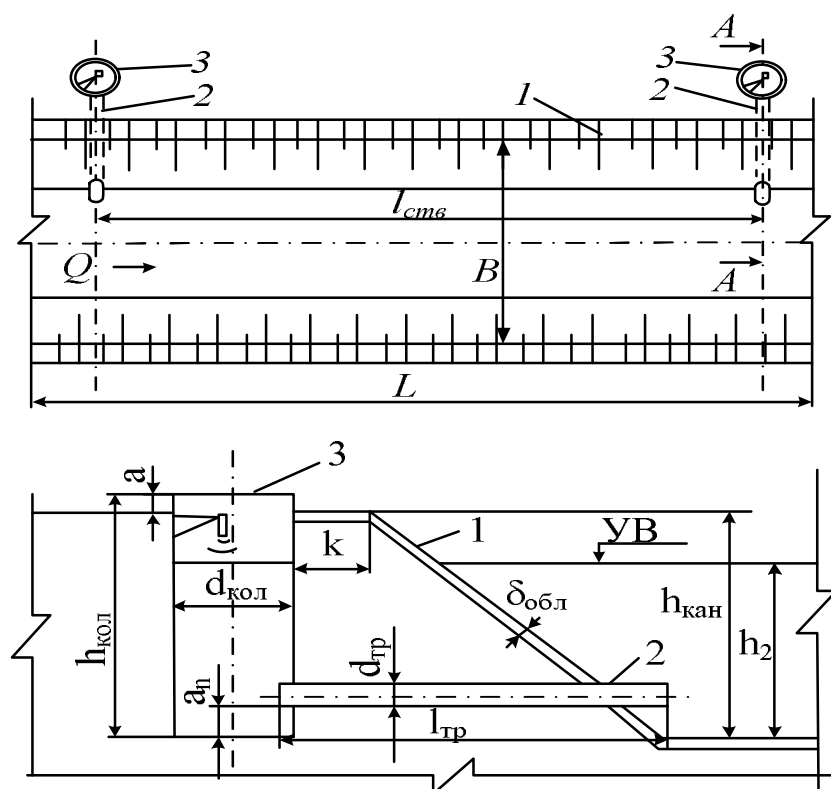
Рисунок 3 – Конструкция измерительного участка канала для определения перепада уровней и расхода воды на открытом водотоке с призматическим руслом по методу «уклон – площадь»

Недостатки данного способа:

- значительные затраты времени на определение уровней воды между верхним и нижним гидрометрическими створами, составляющие 20–30 мин;
- наличие движущихся механических частей (поплавка, задвижки);
- наличие конструкции из соединительных трубопроводов между створами.

Для устранения недостатков данного способа авторами предлагается новый способ определения расхода воды на открытых каналах оросительных систем по методу «уклон – площадь». Сущность способа сводится к использованию двух датчиков уровня воды, оснащенных средствами дистанционной передачи показаний уровня, расположенных в уровнемерных колодцах верхнего и нижнего гидрометрических створов, определению уровней воды в створах, перепада уровней между верхним и нижним створами и вычислению расхода

воды. Могут использоваться датчики уровня с погрешностью измерения в пределах 0,01 м. Определение расхода воды выполняется следующим образом: из канала по соединительным трубопроводам вода поступает в уровнемерные колодцы в верхнем и нижнем гидрометрических створах. Когда течение воды установится, в уровнемерных колодцах датчиками уровня воды будут непрерывно регистрироваться измеряемые параметры с заданным интервалом и с помощью средств дистанционной передачи информация будет передаваться на пункт диспетчера, оснащенный средствами для ее обработки и вычисления расхода. По полученным данным и при известных параметрах канала вычисляется искомый расход. На рисунке 4 приведена план-схема измерительного участка канала для определения расхода воды на открытых каналах оросительных систем по методу «уклон – площадь».



l – измерительный канал; 2 – соединительный трубопровод; 3 – уровнемерный колодец; L – длина облицованного участка канала; $\delta_{обл}$ – слой облицовочного бетона; $l_{ств}$ – расстояние между створами; k – расстояние между колодцем и бровкой канала; $l_{тр}$ – длина трубопровода; h_2 – глубина водного потока; $h_{кол}$ – диаметр колодца; $h_{кан}$ – строительная глубина канала; $d_{кол}$ – диаметр колодца; $d_{тр}$ – диаметр трубопровода; a_n – расстояние между дном канала и нижней точкой трубопровода

Рисунок 4 – План-схема измерительного участка для определения расхода воды на открытых каналах оросительных систем по методу «уклон – площадь»

Использование предложенного авторами способа измерения расхода воды по методу «уклон – площадь» позволит эксплуатационным организациям, обслуживающим современные оросительные системы, организовать автоматизированный водоучет, который будет характеризоваться следующими достоинствами:

- отслеживание в режиме реального времени значений уровней воды в створах, перепада уровней между створами;
- оперативное определение расхода с относительной погрешностью 2,6 %;
- полная автоматизация процесса измерений;
- повышение надежности за счет отсутствия движущихся механических частей (поплавка, задвижки);
- снижение затрат ввиду отсутствия необходимости строительства подводящей трубы с запорным клапаном.

Список использованных источников

1 Слабожанин, Г. Д. Гидрометрия: учеб. пособие к самостоятельной работе по гидрометрии / Г. Д. Слабожанин. – Томск, 2014. – 58 с.

2 Способ определения расхода воды на открытом водотоке с призматическим руслом: пат. 1659713 Рос. Федерация: G 01 F 1/00 / Иваненко Ю. Г., Щедрин В. Н., Красовский М. Ю., Иваненко Н. Г., Коржов В. И.; заявитель и патентообладатель Южный науч.-исслед. ин-т гидротехники и мелиорации. – № 4307530/10; заявл. 14.07.87; опубл. 30.06.91, Бюл. № 24. – 5 с.

3 Способ определения расхода воды на открытом канале с призматическим руслом: пат. 2102707 Рос. Федерация: G 01 F 1/00 / Иваненко Ю. Г., Щедрин В. Н., Иваненко Н. Г., Носова Т. Ф.; заявитель и патентообладатель Науч.-произв. объединение по гидротехнике и мелиорации «Югмелиорация». – № 5034015/28; заявл. 25.03.92; опубл. 20.01.98. – 6 с.

4 Способ определения перепада уровней и расхода воды на открытом водотоке с призматическим руслом по методу уклон-площадь: пат. 2327114 Рос. Федерация: G 01 F 1/00 / Ивахненко А. Е., Клишин В. Т., Варичев М. А., Смирнов С. Н.; заявитель и патентообладатель ФГНУ «Рос. науч.-исслед. ин-т проблем мелиорации». – № 2006123303/28; заявл. 10.01.08; опубл. 20.06.08. – 4 с.