

противофильтрационных мероприятий, т. е. сравнить способ «стена в грунте» и как альтернативу проект локального водопонижения;

- провести компьютерное моделирование процессов фильтрации для рассмотрения возможности применения противофильтрационных завес из композитных материалов;

- создать сеть наблюдательных скважин для отслеживания уровня грунтовых вод на дамбе и в зоне расположения ГТС;

- устранить разуплотнения в основании дамбы путем закачки в них жидких композитных материалов;

- восстановить уплотнения деформационных швов на откосах Северной дамбы.

Список использованных источников

1 Проектное задание строительства Крюковского водохранилища в Краснодарском крае. – Краснодар, 1965. – 45 с.

2 Переустройство рисового орошаемого участка в колхозе «Родина» Северского района на площади 514 га / Кубаньгипроводхоз. – Краснодар, 1982. – 138 с.

3 Улучшение технического состояния орошаемого участка на площади 625 га в колхозе «Родина» Северского района / Кубаньгипроводхоз. – Краснодар, 1988. – 240 с.

4 Капитальный ремонт дамбы Крюковского водохранилища / Кубаньгипроводхоз. – Краснодар, 1990. – 310 с.

5 Реконструкция головного водозаборного сооружения Крюковского водохранилища / ООО «Геопроектстрой». – М., 2006. – 128 с.

УДК 626.823.6:627.844

М. В. Вайнберг

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

ПРИБОРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВОДОУЧЕТА ДЛЯ НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ ОРОСИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ

В статье описаны основные требования к приборному обеспечению водоучета, рекомендованы технологии водоучета и водоизмерения, приведены средства измерения, разработанные как отечественной, так и зарубежной промышленностью, позволяющие организовать полную автоматизацию процесса измерения для напорных трубопроводов оросительных систем. Выполненный анализ средств измерения показал, что при решении технических вопросов кроме достоверности измерения необходимо также учитывать надежность, удобство в обслуживании, стоимость того или иного средства измерения.

Ключевые слова: водоучет, водоизмерение, приборное обеспечение, напорный трубопровод, измерительные комплексы.

M. V. Vainberg

Russian Scientific Research Institute of Land Improvement Problems, Novocherkassk, Russian Federation

WATER METERING INSTRUMENTATION FOR PRESSURE PIPELINES OF IRRIGATION SYSTEMS

The main requirements for water metering instrumentation are described, water measurement and water metering technologies are recommended, gauge devices developed both by domestic and foreign industry allowing to organize the complete automation of the measurement process for pressure pipelines of irrigation systems are given. The carried out

analysis of the measuring means has shown that in solving technical problems in addition to the measurement reliability it is also necessary to take into account reliability, ease of maintenance and the cost of any measuring means.

Key words: water metering, water measurement, instrumentation, pressure pipeline, measuring systems.

Основным условием рационального использования водных ресурсов на оросительных системах является обеспечение точного и достоверного учета подачи, потребления и сброса воды на мелиоративных системах (водоучета и водоизмерения) [1]. В настоящее время эксплуатационные организации, обслуживающие современные оросительные системы, заинтересованы в применении средств водоизмерения и их метрологическом обеспечении.

Приборное обеспечение водоучета должно формироваться из средств измерения и специального оборудования и должно представлять собой унифицированные контрольно-измерительные комплексы, которые различаются в зависимости от вида объекта (открытая оросительная сеть, закрытая оросительная сеть) и состава измеряемых параметров [2].

Для уменьшения стоимости средств водоучета и водоизмерения, а также достижения необходимой метрологической надежности получаемой информации рекомендованы следующие технологии:

- при водоучете для проведения учетных (коммерческих) операций должна использоваться технология определения объема стока воды на основе применения контрольно-измерительных комплексов различной конфигурации, установленных на стандартизованном гидрометрическом сооружении. Такая технология обеспечивает более высокое метрологическое качество выходной информации. Возможно использование традиционного определения объема стока воды на основе «ручных» методов измерения параметров водного потока на стандартизованном гидрометрическом сооружении. Такая технология, дополняя основную, позволяет использовать минимальный набор простейших средств измерений, существующих на объектах мелиоративных систем. В случае отказа в работе контрольно-измерительного комплекса традиционная технология может являться основной;

- при водоизмерении предусматривается упрощенная технология измерения контролируемых параметров водного потока на основе «ручных» методов, что позволит использовать минимальный набор простейших средств измерений, существующих на объектах мелиоративных систем. В дальнейшем предусматривается переход на технологии водоизмерений с использованием специализированных контрольно-измерительных комплексов.

Средства водоучета должны обеспечивать [3]:

- высокую точность и достоверность измерений;
- сохранение однозначности измеряемых параметров во всем диапазоне измерений;
- защищенность показаний приборов, фиксируемых параметров от вмешательств извне;

- возможность в любой момент времени проконтролировать состояние средств водоучета и водоизмерения;

- возможность в короткий срок замены и ремонта средств измерений.

Одними из обязательных условий применения измерительных комплексов должны быть:

- стабильность работы в условиях нестабильного энергоснабжения;
- наличие стандартных выходных сигналов для передачи информации через телекоммуникационные системы;
- блочное построение для безопасного демонтажа оборудования на зимнее хранение.

Оснащение мелиоративных систем измерительными приборами должно проходить в несколько этапов.

На первом этапе все пункты водоучета должны оснащаться неконтактными расходомерами-счетчиками для обеспечения учетных операций. Пункты и контрольные точки водоизмерения должны быть оснащены простейшими аттестованными средствами измерений технологических параметров.

На втором этапе пункты водоучета и водоизмерения должны быть оснащены автоматизированными уровнемерами с неконтактными датчиками уровня для обеспечения текущего контроля состояния водопроводящей сети. Пункты водоизмерения по необходимости дополняются неконтактными расходомерами для обеспечения регулирования водораспределения.

На третьем этапе средства контроля и измерения объединяются в автоматизированную систему водоизмерения, необходимым компонентом которой является телекоммуникационное оборудование с соответствующим техническим и программным обеспечением.

Современное положение на рынке измерительных приборов и оборудования позволяет обеспечить закупку любых видов и типов измерительных приборов и оборудования с целью применения их на напорных трубопроводах оросительных систем. Таким образом, на основе вышеизложенного для организации эффективной системы водоучета и водоизмерения предложено рекомендуемое приборное обеспечение для напорных трубопроводов оросительных систем (таблица 1).

Таблица 1 – Рекомендуемые средства измерения параметров водного потока для организации водоучета и водоизмерения на напорных трубопроводах

Наименование продукции, изготовитель	Рисунок	Основные технические характеристики	Стоимость, руб.
1	2	3	4
Расходомер-счетчик ультразвуковой «Днепр-7» (Россия) [4]		Типы датчиков – накладные. Диапазон измерения 0,1–43429 м ³ /ч при Ду = 20...1600 мм. Напряжение питания 12 В. Среднее время наработки на отказ 7500 ч. Аналоговый сигнал 0–5; 4–20 мА. Погрешность измерения ±1,5 %. Средний срок службы не менее 8 лет	от 32000
Расходомеры ультразвуковые со счетчиком модели УЗР-В-М «Акустрон» (Россия) [5]		Типы датчиков – врезные, накладные. Диапазон измерения 0,00063–31,5 м ³ /с при Ду = 50...2400 мм. Напряжение питания 220 В. Среднее время наработки на отказ 4000 ч. Аналоговый сигнал 4–20 мА. Погрешность измерения ±1,5 %. Средний срок службы не менее 8 лет	20000

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Ультразвуковой расходомер-счетчик «Взлет МР» (УРСВ) (Россия) [6]		Типы датчиков – врезные, накладные. Диапазон измерения 0,0002–0,03 м³/ч при $D_y = 50 \dots 4200$ мм. Напряжение питания 220 В. Среднее время наработки на отказ 75000 ч. Аналоговый сигнал 4–20 мА. Погрешность измерения $\pm 1,5$ %. Средний срок службы 12 лет	76900
Расходомер SLS-700 F (США) [7]		Типы датчиков – накладные. Диапазон измерения 0,9–650000 м³/ч при $D_y = 15 \dots 6000$ мм. Напряжение питания 8–36 В. Среднее время наработки на отказ 60000 ч. Аналоговый сигнал 4–20 мА. Погрешность измерения $\pm 1,0$ %. Гарантийный срок службы 5 лет	53000
Расходомер ультразвуковой «Акрон-01» (Россия) [8]		Типы датчиков – накладные. Диапазон измерения 8–40000 м³/ч при $D_y = 40 \dots 2000$ мм. Напряжение питания 220 В. Среднее время наработки на отказ 67000 ч. Аналоговый сигнал 0–5; 0–20; 4–20 мА. Погрешность измерения $\pm 1,5$ %. Средний срок службы 10 лет	53800
Ультразвуковой расходомер Optisonic 6300 P (Нидерланды) [9]		Типы датчиков – накладные. Диапазон измерения 0,1–20 м/с при $D_y = 15 \dots 4000$ мм. Напряжение питания 24 В. Среднее время наработки на отказ 67000 ч. Аналоговый сигнал 4–20 мА. Погрешность измерения ± 1 %. Средний срок службы 10 лет	285240
«Омега-Р» расходомер-счетчик электромагнитный (США) [10]		Типы датчиков – накладные. Диапазон измерения 0,01–3600 м³/ч при $D_y = 6 \dots 400$ мм. Напряжение питания 12 В. Среднее время наработки на отказ 75000 ч. Аналоговый сигнал 0–5; 4–20 мА. Погрешность измерения ± 1 %. Средний срок службы 12 лет	120000

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4
Электромагнитный расходомер M2000 Badger Meter (США) [11]		Типы датчиков – накладные. Диапазон измерения 0,03–10 м/с при $D_y = 15 \dots 1400$ мм. Напряжение питания 24 В. Среднее время наработки на отказ 50000 ч. Аналоговый сигнал 0–20; 4–20 мА. Погрешность измерения $\pm 0,5$ %. Средний срок службы 10 лет	80027
Ультразвуковой расходомер-счетчик UFM-005 (Россия) [12]		Типы датчиков – накладные и врезные. Диапазон измерения 0,03–36000 м ³ /ч при $D_y = 15 \dots 1600$ мм. Напряжение питания 220 В. Среднее время наработки на отказ 6500 ч. Аналоговый сигнал 4–20 мА. Погрешность измерения ± 1 %. Средний срок службы 12 лет	39950
Ультразвуковой расходомер Sitrans F US (Украина) [13]		Типы датчиков – накладные. Диапазон измерения 0,3–45000 м ³ /ч при $D_y = 50 \dots 4000$ мм. Напряжение питания 220 В. Среднее время наработки на отказ 50000 ч. Аналоговый сигнал 0–5; 0–20; 4–20 мА. Погрешность измерения $\pm 0,5$ %. Средний срок службы 10 лет	82093
Расходомер воды корреляционный ультразвуковой ДРК-4-ОП (Россия) [14]		Типы датчиков – накладные. Диапазон измерения 2,7–452000 м ³ /ч при $D_y = 80 \dots 4000$ мм. Напряжение питания 36 В. Среднее время наработки на отказ 50000 ч. Аналоговый сигнал 0–5; 0–20; 4–20 мА. Погрешность измерения $\pm 1,5$ %. Средний срок службы 8 лет	47377
Примечание – D_y – диаметр условного прохода.			

Анализ применимости средств водоучета и водоизмерения для напорных трубопроводов оросительных систем проводился в соответствии с предъявляемыми к ним требованиями:

- диапазон измерения расхода, стока;
- типы датчиков;
- допустимая погрешность измерения;
- наличие интерфейса для связи с системами удаленного сбора информации или автоматики;

- напряжение питания устройства;
- завоздушенность водного потока;
- средний срок службы;
- среднее время наработки на отказ;
- стоимость устанавливаемого прибора.

Очевидно, что метрологические характеристики расходомеров для напорных трубопроводов сходны:

- погрешность измерений колеблется от $\pm 0,5$ до $\pm 1,5$ %;
- выходной информацией данных расходомеров является стандартный аналоговый сигнал 0–5; 4–20; 0–20 мА;
- величиной измерения является объемный расход.

Исходя из сравнения технических характеристик, можно сделать следующие выводы:

- накладные датчики более удобны при их установке и последующем использовании, однако имеют большую погрешность измерений, чем врезные. Это связано с коррозией внутренних стенок напорных труб при длительной эксплуатации и, как следствие, изменением их шероховатости и толщины, учитываемой программным обеспечением расходомера;
- диаметр измерений условного прохода колеблется в обширных пределах в зависимости от типа расходомера, что позволяет потребителю выбрать подходящую модель;
- наибольший срок службы имеют ультразвуковые расходомеры в связи с тем, что они не погружаются в измеряемую среду и тем самым исключается их загрязнение.

Выполненный анализ средств измерения показал, что при решении технических вопросов кроме достоверности измерения необходимо также учитывать надежность, удобство в обслуживании, стоимость того или иного средства измерения.

Список использованных источников

1 Провести исследования и разработать проект свода правил «Правила эксплуатации. Оснащение мелиоративных систем средствами водоучета»: отчет о НИР (заключ.): 1.14 / ФГНУ «РосНИИПМ»; рук.: Щедрин В. Н. – Новочеркасск, 2010. – 92 с. – Исполн.: Щедрин В. Н. [и др.]. – № ГР 01201066566. – Инв. № 02201058062.

2 Бочкарев, В. Я. Новые технологии и средства измерений, методы организации водоучета на оросительных системах / В. Я. Бочкарев; ФГБНУ «РосНИИПМ». – Новочеркасск, 2012. – 227 с. – Деп. в ВИНТИ 27.04.12, № 196-В2012.

3 Шепелев, А. Е. Требования к организации водоучета на оросительных системах, определяющие основные положения нормативного документа / А. Е. Шепелев // Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. – 2013. – Вып. 51. – С. 123–128.

4 Расходомер-счетчик ультразвуковой Днепр-7 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http:pribor-s.ru/opisanie/dnepr-7>, 2018.

5 Расходомеры ультразвуковые со счетчиком модели УЗР-В-М Акустрон [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http:td-str.ru/file.aspx?id=26181>, 2018.

6 Ультразвуковой расходомер-счетчик Взлет МР (УРСВ) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http:vzljet-msk.ru/products/ultrazvukovoy_rashodomer/rashodomer-schet-chik-ultrazvukovoj-vzlet-mr-ispolnenij-ursv-5hh-ts/, 2018.

7 Расходомер SLS-700 F [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http:промприбор.москва/catalog/streamlux-sls-700f/>, 2018.

8 Расходомер ультразвуковой АКРОН-01 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http:теплоприбор.рф/catalog/akron-01/>, 2018.

9 Ультразвуковой расходомер Optisonic 6300 P. Руководство по эксплуатации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http:docplayer.ru/41058753-Optisonic-6300-p-portativnyy-ultrazvukovoy-nakladnoy-rashodomer-rukovodstvo-po-ekspluatatsii.html>, 2018.

10 ОМЕГА-Р расходомер-счетчик электромагнитный [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://td-rashodomer.ru/catalog/rashodomery-schetchiki/elektromagnitnye/omega-r.htm>, 2018.

11 Электромагнитный расходомер M2000 BadgerMeter [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://all-pribors.ru/opisanie/49859-12-badzher-meter-m2000-52863>, 2018.

12 Ультразвуковой расходомер-счетчик UFM-005 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://flowmeter.ru/ufm.html>, 2018.

13 Ультразвуковой расходомер SITRANS F US [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://petroplanpro.spb.ru/catalog/kontrolno-izmeritelnye_pribory_siemens/rashodomery/sitrans_f_us_ultrazvukovoj_rashodomer.html, 2018.

14 Расходомер воды корреляционный ультразвуковой ДРК-4-ОП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://staroruspribor.ru/catalog/drak-4/>, 2018.

УДК 627.133;502.56/568

А. А. Бубер, Ю. А. Хомутов

Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации имени А. Н. Костякова, Москва, Российская Федерация

РАЗРАБОТКА ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ВОДОРАЗДЕЛЬНОГО ГОРОДСКОГО БЬЕФА ВЫШНЕВОЛОЦКОЙ ВОДНОЙ СИСТЕМЫ И РАСЧЕТ ВЕРОЯТНОГО ВРЕДА В РЕЗУЛЬТАТЕ АВАРИИ НА ГТС

В статье описана разработка гидродинамической модели водораздельного городского бьефа Вышневолоцкой водной системы и рассмотрен технологический цикл расчета вероятного вреда при аварии на Верхнецуллинской, Нижнецуллинской и Старотверецкой плотинах. На основании данных расчетов была определена величина страховой суммы при страховании гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии на опасном объекте.

Ключевые слова: гидродинамическое моделирование, MIKE 11, страхование ГТС, авария на ГТС, расчет ущерба при аварии на ГТС, сценарии аварии на ГТС, волна прорыва, размыв плотины.

A. A. Buber, Yu. A. Khomutov

All-Russian Research Institute for Hydraulic Engineering and Land Reclamation, Moscow, Russian Federation

THE DEVELOPMENT OF THE HYDRODYNAMIC MODEL OF THE WATERSHED MUNICIPAL POOL OF THE VYSHNEVOLOTSKY WATER SYSTEM AND CALCULATION OF PROBABLE DAMAGE CAUSED BY THE HYDRAULIC STRUCTURE ACCIDENT

The development of the hydrodynamic model of the watershed municipal pool of the Vyshnevolotsk water system is described and the technological cycle for calculating the probable damage of the Verkhnetninskaya, Nizhnetninskaya and Starotveretskaya dam accidents are considered. Based on these calculations, the insured amount for liability insurance of an owner of a hazardous facility against damage resulting from an accident at a hazardous facility was determined.

Key words: hydrodynamic modeling, MIKE 11, hydraulic structure insurance, accident at hydraulic structure, calculation of damage at hydraulic accident, scenarios of hydraulic accident, breakthrough wave, dam washout.

Целью настоящей работы является расчет параметров волн прорыва, зон затопления и ущерба при различных сценариях гидродинамической аварии на городском во-