

Обзор существующих приборов учета расхода холодной воды и подходов к повышению точности измерения расхода воды

Е.С. Синютин, Д.И. Ланько

Южный федеральный университет, Таганрог

Аннотация. В данной работе производится оценка имеющихся на рынке расходомеров воды, приводятся их достоинства и недостатки. Приведена классификация счетчиков воды и оценка специфики их применения. Основной проблемой на сегодняшний момент в измерении расхода водных ресурсов является точность измерения на всех диапазонах расхода без существенного роста цены за розничную продажу счетчика. Показано, что наиболее проблемной зоной диапазона является минимальный и капельный расход. Вторым по важности является максимальный расход и сопутствующий ему гидроудар (в случае когда время перехода от нулевого расхода до максимального пренебрежимо мало). В работе отмечено, что на сегодняшний момент на рынке отсутствуют приборы учета решающие обе описанные проблемы. Также показано, что сделать счетчик более привлекательным для потребителя можно с помощью дополнительных (не метрологических функций). Так, например, важной функцией является сигнализация о долговременных утечках в системе.

Ключевые слова: расходомер воды, счетчик, измерения, крыльчатый, акустический.

Приборы учета расхода воды являются важными элементами систем учёта потребления энергоресурсов и управления технологическими процессами в различных отраслях промышленности и жилищно-коммунальном хозяйстве. В последние несколько лет рынок счётчиков воды в России стремительно развивался. Одной из главных причин роста объёмов реализации стало принятие Федерального закона «О ресурсосбережении», который предписывал обязательную установку приборов учёта до 1 июля 2013 года. Существенной проблемой остается баланс между стоимостью (зависящей от типа прибора учета) и точностью измерений на предельных максимальном и минимальном расходах. Минимумы и максимумы расходов холодной воды регламе (ГОСТ Р 50193.1-92 Измерение расхода воды в закрытых каналах. Счетчики холодной питьевой воды. Технические требования). При минимальном расходе воды ($0,06 \text{ м}^3/\text{ч}$) зависимость частоты оборотов крыльчатки от расхода становится нелинейной, что приводит к увеличению погрешности на расходе ниже минимального. То

есть, при капельном расходе воды учет ведется с большим занижением, и извечная проблема капельных утечек в бытовых условиях остается нерешенной. Разница между общедомовым расходом и суммарным по потребителям будет возрастать. При максимальном расходе возникает проблема гидроудара и проскальзывания крыльчатки. Кроме того, на точность расходомера влияет время его работы, качество воды, нюансы при установке, и т.д. Все это приводит к деградации точности расходомера, причем труднопрогнозируемого характера, как показано в исследованиях [1]. С учетом современных тенденций к объединению приборов учета в сети обмена данными о потреблении энергоресурсов и воды необходимо ориентироваться на массовое применение приборов учета [2,3]. При этом для потребителя сами приборы учета как продукт должны оставаться привлекательными не только из-за низкой стоимости, но также из-за прогнозируемой экономии расходов на оплату воды и дополнительных функций.

В бытовых приборах обычно применяются тахометрические расходомеры, основанные на измерении количества оборотов крыльчатки или микротурбины, вращаемой потоком воды. На рисунке 1 изображены счетчики тахометрического типа.



Рис. 1 - Тахометрический счётчик воды

На крыльчатку насажен круглый ведущий магнит с полюсами в его противоположных сторонах. В расходомерах вставлен ведомый магнит. При вращении крыльчатки магнитное поле магнита крыльчатки взаимодействует с магнитным полем магнита расходомера и приводит его во вращение. Вращение с помощью системы редукторов передается счетчикам. Все тахометрические расходомеры (счетчики) являются энергонезависимыми.

В промышленных устройствах кроме тахометрических (крыльчатых) также могут применяться вихревые, ультразвуковые и электромагнитные расходомеры.

Вихревой расходомер — разновидность расходомера, принцип действия которого основан на измерении частоты колебаний, возникающих в потоке в процессе вихреобразования. На рисунке 2 показан внешний вид вихревых расходомеров.



Рис.2 – Вихревой расходомер

Принцип действия вихревого расходомера основан на хорошо известном явлении Кармана. Тело обтекания, помещенное в поток, проходящий через вихревой расходомер, создает после себя чередующиеся

вихри, представляющие собой две вихревые дорожки. Их называют дорожками Кармана; в одной дорожке вихри вращаются по часовой стрелке, в другой - против. Вихри образуются в вихревом расходомере один за другим поочередно, сначала с одной стороны тела обтекания, затем - с другой. Вихри создают неоднородность давления в окружающем потоке газа или жидкости. Расстояние между вихрями (длина волны возмущения) постоянна и ее можно измерить. Следовательно, объем, занимаемый каждым вихрем постоянен, как показано ниже.

Внешний вид ультразвуковых счётчиков показан на рисунке 3.



Рис. 3 – Внешний вид ультразвуковых счётчиков

Принцип действия ультразвуковых расходомеров основан на измерении разницы во времени прохождения сигнала. При этом два ультразвуковых сенсора, расположенные по диагонали напротив друг друга, функционируют попеременно как излучатель и приёмник. Таким образом, акустический сигнал, поочередно генерируемый обоими сенсорами, ускоряется, когда направлен по потоку, и замедляется, когда направлен против потока. Разница во времени, возникающая вследствие прохождения сигнала по измерительному каналу в обоих направлениях, прямо пропорциональна средней скорости потока, на основании которой можно

затем рассчитать объёмный расход. А использование нескольких акустических каналов позволяет компенсировать искажения профиля потока.

Преимущества и недостатки выбора расходомеров представлены в таблице 1

Таблица 1 - Преимущества и недостатки выбора расходомеров

Вид счётчика	Преимущества	Недостатки
Тахометрический счётчик	Простота конструкции, высокая надёжность измерений, отсутствие влияния внешнего магнитного поля, не требуются прямые участки, не требуют специального оборудования для проведения ремонта	Высокая чувствительность к механическим примесям в воде и отложениям на проточной части прибора, плохая чувствительность на малых расходах, наличие выступающих в поток движущихся деталей, подверженных износу
Вихревой расходомер	Отсутствие движущихся частей, большой диапазон измерения по давлению и температуре, диаметру трубы, стабильность показаний, нечувствительность к загрязнениям и отложениям	Невозможность использования при малых скоростях потока, Значительная потеря давления (потери до 45 кПа), невозможность использования с трубами диаметром выше 300 мм, чувствительность к вибрационным, шумовым и звуковым помехам
Ультразвуковой расходомер	Малое или полное отсутствие гидравлического сопротивления, надёжность, высокая точность, помехозащищённость	Необходимость значительных длин линейных участков до и после преобразователя, влияние на показания пузырьков воздуха в потоке, необходимость контроля отложений в трубопроводе на его рабочем участке, повышенная чувствительность к вибрации

В таблице 1 показано, что на текущий момент единственным вариантом расходомера воды остается крыльчатый (тахометрический) счетчик. Хотя существует ряд иностранных моделей ультразвуковых счетчиков, в которых удалось решить проблему виброустойчивости и выравнивания потока [4]. Для оценки возможности улучшения

существующих моделей счетчиков воды необходимо оценить состояние рынка.

Обзор существующих на рынке приборов учёта воды производился по следующим параметрам:

- Диаметр условного прохода – 15 мм
- Номинальный расход воды – 1,5 м³/ч
- Порог чувствительности – 0,015-0,03 м³/ч
- Обозначение присоединительного размера прибора учёта – G 3/4
- Обозначение присоединительного размера штуцеров – G 1/2.

В ходе обзора рынка приборов учёта было выделено 12 моделей.

1. Прибор учёта БЕТАР СХВ-15Д Дистанционный [5].

Производитель: ООО ПКФ «Бетар».

Республика Татарстан, г. Чистополь, ул. Энгельса, 129 Т.

Прибор учёта предназначены для измерения объёма холодной питьевой воды по СанПиН 2.1.4.1074-2001, протекающей по трубопроводу при температуре от +50 до +400С и давлении не более 1,0 МПа (10 кгс/см²).

Счётчик типа СХВ-15Д предназначен для автоматизированных систем учёта энергоресурсов. Фиксация внешнего магнитного воздействия осуществляется посредством подключения приборов учёта к автоматической системе комплексного учёта потребления энергоресурсов АСКУЭ.

2. Прибор учёта БЕТАР СХВ-20Д с радиоканалом [6]

Производитель: ООО ПКФ «Бетар».

Республика Татарстан, г. Чистополь, ул. Энгельса, 129 Т.

Данная разработка представляет собой систему сбора данных со счётчиков воды, установленных в водопроводных колодцах (также возможна установка в подвалах многоквартирных домов). Она призвана облегчить процедуру сбора показаний со счётчиков воды и позволяет обходчику снимать показания, не спускаясь в колодец и даже не открывая люк.

3. Прибор учёта СТРИЖ-АКВА-1-L110 «Аква-1» [7]

Производитель: ОАО «Арзамасский приборостроительный завод имени П.И. Пландина».

г. Арзамас, ул. 50 лет ВЛКСМ, 8А.

Первый беспроводной счётчик воды в России, использующий технологию LPWAN. Используется для измерения объёма питьевой холодной и горячей воды и передачи показаний в интернет.

Основное предназначение «Аква-1» — создание системы удалённого сбора показания водомеров, систем диспетчеризации водоснабжения. Прибор учёта имеет архив, в котором сохраняются часовые значения измеренных объёмов, а также радио интерфейс, работающий на частоте 868 МГц и предназначенный для передачи результатов измерений часового архива. Глубина архива 92 суток.

Счётчик «Аква-1» прекрасно подходит для квартирного учёта, имеет высокий класс точности и чувствительность от 0,015 м³. Позволяет учитывать слабые потоки воды и фиксировать расход утечек.

4. Прибор учёта «НОРМА СВКМ-20И» [8]

Производитель: ООО «Норма ИС»

г. Санкт-Петербург, Ул.Трефолева,д.2.

Счётчики имеют корпус с защитой магнитной муфты от воздействия внешнего магнитного поля и имеют следующие исполнение в корпусе из латуни ЛС-59 с покрытием хромом.

Дистанционный съём показаний обеспечивается через датчик. Передаточный коэффициент (цена импульса) указывается при заказе потребителем. Он может быть равен от 0,01 до 10 м³/имп. и указывается в паспорте счётчика

5. Приборы учёта «СВУ-15И (НЕВОД)» [9]

Производитель: ООО «МЕТЕР» .

г. Санкт-Петербург, ул. Заставская, д.7.

Прибор учёта воды крыльчатые СВУ-15И и СВУ-15М (однострейные, сухоходные) предназначены для измерения объёма воды, протекающей по трубопроводу, при рабочем давлении в водопроводной сети не более 1,6МПа (16 кгс/см²).

Серия НЕВОД создана специально для систем сбора данных на основе прибора с базовым счётным механизмом. СВУ-15И - импульсный выход прибора учёта является универсальным. Прибор учёта подключается к устройствам, использующим систему с герконом и устройствам, поддерживающим стандарт NAMUR.

6. Прибор учёта «ПУЛЬСАР - М» [10]

Производитель: ООО НПП «Тепловодохран».

Рязань, ул. Новая, 51В.

Учёт холодной и горячей воды с передачей данных по радио, цифровому и импульсному каналу:

- возможность беспроводного съёма данных без доступа в квартиру,
- датчик внешнего магнитного поля,
- индуктивный съём данных,
- определение протечки,
- открытый протокол обмена,
- определение направления потока,
- архив показаний.

7. Прибор учёта ВСКМ 90 «АТЛАНТ» [11]

Производитель: ООО «ПК Прибор».

г. Москва, 1 -й Магистральный тупик, д. 10.

Прибор учёта воды предназначен для установки в квартирах, дачных домах и других объектах с малым расходом воды, универсальный - может применяться для измерений объёмов как холодной, так и горячей воды.

Предназначен для измерения объёма потреблённой сетевой и питьевой воды с максимальной температурой 120° С и давлением до 1,6 Мпа.

8. Прибор учёта «Саяны-Т» Ду-15 ЕТК-і [12].

Принцип работы счётчика основан на измерении числа оборотов турбины, расположенной в проточной части счётчика и вращающейся под воздействием потока воды, на которой закреплены мишени, изготовленные из нержавеющей стали. Отсутствие в конструкции счётчика магнитной муфты повышает устойчивость прибора грязной воде и исключает возможность манипуляций с использованием магнитов.

9. Прибор учёта «Гранд СВ ТЛМ» [13].

Производитель: ООО «Турбулентность-Дон».

Ростовская область, Мясниковский р-н, 1-км шоссе Ростов-Новошахтинск.

Счётчик Гранд СВ ТЛМ предназначен для измерений накопленного объёма воды.

Конструктивом прибора предусмотрено подключение внешнего питания, что позволяет считывать данные, не используя резервный источник питания. При возможных отключениях постоянного питания прибор автоматически переходит на питание от автономного источника, поэтому накопленный расход не будет потерян из памяти прибора при отключениях электроэнергии.

10. Прибор учёта «VLF-R-I» [14].

Производитель: ООО «Спутник».

г. Санкт-Петербург, ул. Проф. Кочалова, 11.

Наличие импульсного выхода позволяет организовать дистанционное считывание показаний. Импульсный выход основан на воздействии магнитного поля постоянного магнита на геркон, при котором происходит чередующееся замыкание и размыкание контактов геркона. Геркон

формирует пассивный выходной сигнал («сухой контакт»), который может считываться любым счётчиком импульсов, вычислителем или регистратором.

На рисунке 4 представлено соотношение ценовых категорий счётчиков воды.

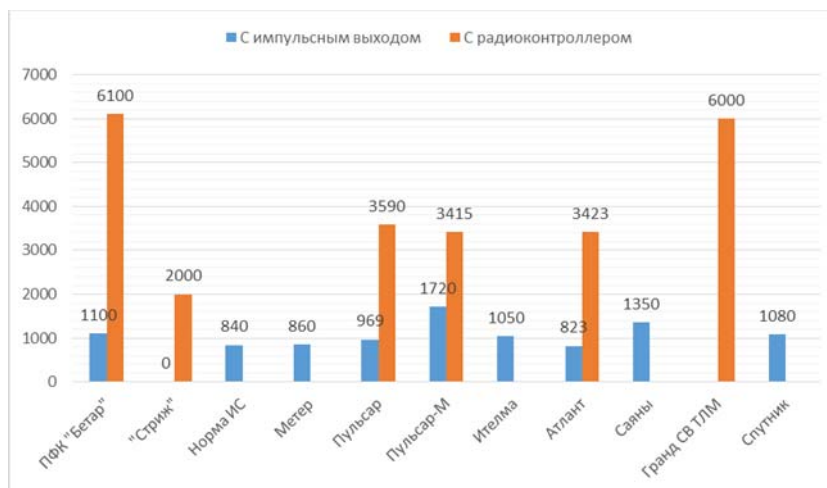


Рис. 4 - Цена приборов учёта (руб. с НДС)

Можно отметить, что в общем случае счетчики без беспроводной связи имеют стоимость на уровне 1000-1500 р. Из рассмотренных моделей ряд обладает улучшенными свойствами на малых расходах (например, «Аква-1»), также представлены модели решающие проблему гидроудара за счет выравнивания нагрузки на ось крыльчатки с помощью разделения потока на несколько струй (прибор учета «ВСКМ-90»). Для создания конкурентноспособного прибора учета можно решить обе проблемы в едином устройстве: учесть нелинейность зависимости оборотов на низких расходах и обеспечить защиту от гидроудара на высоких. Кроме того, счетчик воды можно оборудовать сигнализатором утечки, работающим по алгоритму: сигнализировать об утечке при наблюдении минимального (или отличного от нулевого) расхода воды в течении 8-ми часов и более. Эта функция в основном ложится на встроенное программное обеспечение, при

этом следует учитывать возрастающее энергопотребление счетчика и вводить энергосберегающие решения, как показано в исследованиях методов снижения энергопотребления оптических схем измерения положения мишени [15].

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки РФ в рамках реализации проекта «Разработка и создание высокотехнологичного производства инновационной системы комплексного учета, регистрации и анализа потребления энергоресурсов и воды промышленными предприятиями и объектами ЖКХ» по постановлению правительства №218 от 09.04.2010 г. Работа выполнялась во ФГАОУ ВО ЮФУ.

Литература

1. Devin M. Stoker, Steven L. Barfuss and Michael C. Johnson Flow measurement accuracies of in-service residential water meters. American Water Works Association. 2012, pp. E637-E642.
2. Семенистая Е.С., Линник Н.С., Горбунов А.А. Обзор существующих схем деления систем учета расхода энергоресурсов и воды и разработка схемы деления нового типа // Инженерный вестник Дона, 2016. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3860.
3. Горбунова Е.Б., Синютин Е.С. Разработка имитационной модели радиоканала для передачи данных от приборов учета к GSM-концентраторам в инновационной системе комплексного учета, регистрации и анализа потребления энергоресурсов и воды промышленными предприятиями и объектами ЖКХ // Инженерный вестник Дона, 2016. №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3836.
4. Kamstrup Multical 21 FlowIQ Residential Water meter URL: kamstrup.com/en-en/products-solutions/water-meters/residential-water-meter (Circulation date 02.12.2017)

5. Характеристики прибора учёта БЕТАР СХВ-15Д
Дистанционный URL: betar.ru/catalog/bytovye-schetchiki-vody/skhv-i-sgv/
(Дата обращения 03.12.2017 г.)

6. Характеристики прибора учёта БЕТАР СХВ-20Д с радиоканалом
URL: betar.ru/catalog/bytovye-schetchiki-vody/skhv-20-s-radiokanalom/ (Дата обращения 01.10.2017 г.)

7. Характеристики прибора учёта СТРИЖ-АКВА-1-L110 «Аква-1»
URL: t-c-t.ru/product/schetchik-vody-s-radiomodemom-akva-1/ (Дата обращения 05.11.2017 г.)

8. Характеристики прибора учёта «НОРМА СВКМ-20И» URL:
normais.ru/product/product_water/bytovye-schetchiki-vody-norma-svkm-20 (Дата обращения 03.10.2017 г.)

9. Характеристики приборов учёта «СВУ-15И (НЕВОД)» URL:
water.meter.ru/ru/meters/cvu-15m/ (Дата обращения 03.12.2017 г.)

10. Характеристики прибора учёта «ПУЛЬСАР - М» URL: xn--90ahjlpcccjdm.xn--p1ai/catalog/pulsar-m/ (Дата обращения 06.12.2017 г.)

11. Характеристики прибора учёта ВСКМ 90 «АТЛАНТ» URL:
pkpribor.ru/product/water-meters/household/vskm/ (Дата обращения 01.12.2017 г.)

12. Характеристики прибора учёта «Саяны-Т» Ду-15 ЕТК-і URL:
sayany.ru/products/apartment-meters/cold-water.html (Дата обращения 12.10.2017 г.)

13. Характеристики прибора учёта «Гранд СВ ТЛМ» URL: turbo-don.ru/schetchiki-vody (Дата обращения 11.12.2017 г.)

14. Характеристика прибора учёта «VLF-R-I» URL:
valtec.ru/document/technical/VLF-R.pdf (Дата обращения 07.12.2017 г.)

15. Акользин А.Н., Ковтун Д.Г., Легин А.Н. Исследование методов снижения энергопотребления оптических схем измерения положения

мишени. // Известия ЮФУ. Технические науки. Номер 6(191) – 2017. С. 159-168.

References

1. Devin M. Stoker, Steven L. Barfuss and Michael C. Johnson Flow measurement accuracies of in.service residential water meters. American Water Works Association. 2012, pp. E637-E642.
2. Semenistaja E.S., Linnik N.S., Gorbunov A.A. Inženernyj vestnik Dona (Rus), №4 (2016). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3860.
3. Gorbunova E.B., Sinjutin E.S. Inženernyj vestnik Dona (Rus), №4 (2016). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2016/3836.
4. Kamstrup Multical 21 FlowIQ Residential Water meter URL: kamstrup.com/en-en/products-solutions/water-meters/residential-water-meter.
6. Harakteristiki pribora uchjota BETAR SHV.15D Distancionnyj [Characteristics of the metering device BETAR SHV.15D Remote] URL: betar.ru/catalog/bytovye-schetchiki-vody/skhv-i-sgv/.
7. Harakteristiki pribora uchjota BETAR SHV.20D s radiokanalom [Characteristics of the accounting device BETAR SHV.20D with a radio channel] URL: betar.ru/catalog/bytovye-schetchiki-vody/skhv-20-s-radiokanalom.
8. Harakteristiki pribora uchjota STRIZH.AKVA.1.L110 «Akva.1» [Characteristics of the metering device STRIZH.AQUA.1.L110 "Aqua.1"] URL: t-c-t.ru/product/schetchik-vody-s-radiomodemom-akva-1/.
9. Harakteristiki pribora uchjota «NORMA SVKM.20I» [Characteristics of the metering device "NORM SVKM.20I"] URL: normais.ru/product/product_water/bytovye-schetchiki-vody-norma-svkm-20.
10. Harakteristiki priborov uchjota «SVU.15I (NEVOD)» [Characteristics of the meters "SVU.15I (NEVOD)"] URL: water.meter.ru/ru/meters/cvu-15m/
11. Harakteristiki pribora uchjota «PUL'SAR.M» [Characteristics of the meter "PULSAR.M"] URL: xn--90ahjlpcccjdm.xn--plai/catalog/pulsar-m/



12. Harakteristiki pribora uchjota VSKM 90 «ATLANT» [Characteristics of the device for accounting VSCM 90 "ATLANT"] URL: pkpribor.ru/product/water-meters/household/vskm/.
13. Harakteristiki pribora uchjota «Sajany.T» Du.15 ETK.i [Characteristics of the recording device "Sayany.T" Du.15 ETK.i] URL: sayany.ru/products/apartment-meters/cold-water.html.
14. Harakteristiki pribora uchjota «Grand SV TLM» [Characteristics of the meter "Grand SV TLM"] URL: turbo-don.ru/schetchiki-vody/
15. Harakteristika pribora uchjota «VLF.R.I» [Characteristics of the VLF.R.Imeter] URL: valtec.ru/document/technical/VLF-R.pdf.
16. Akol'zin A.N., Kovtun D.G., Legin A.N. Izvestija JUFU. Tehnicheskie nauki. № 6(191). 2017. pp. 159-168.