

Система учета водопотребления

В системах водоснабжения городов России учет водопотребления (холодной, горячей воды) сформировалась в условиях избытка воды, энергетических ресурсов, единой государственной собственности и централизованного финансирования коммунального хозяйства, обеспечивающего жизненно необходимые потребности человека в воде и тепле.

В период перехода к рыночной экономике в системе управления водоснабжением сложилась парадоксальная ситуация, когда главный рычаг экономики — деньги — работает на общественное разорение и разрушение окружающей среды (истощение водных ресурсов). Многие политики и начальники, руководствуясь зарубежным опытом (водопотребление в городах 130–200 л/ч. с.), считали, что установка квартирных счетчиков решит проблему рационального использования воды и позволит значительно снизить потери воды [1].

В России в переходной период несовершенство сложившихся социально-экономических отношений между многочисленными собственниками (рис. 1) в системе управления водопотреблением привело к неэффективному вложению средств в установку квартирных счетчиков, возникновению конфликтных ситуаций между организациями, подающими холодную (водоканалы) и горячую (предприятия теплоэнергетики) воду, и потребителями [2, 3].

Поэтому перед созданием системы учета необходимо наладить систему управления водопотреблением. Она должна быть элементом системы управления ЖКХ и всего города, связывая единым информационным пространством уже имеющиеся приборы и системы учета воды и тепловой энергии в ОДС, Водоканале, предприятиях теплоэнергетики и т. д., которая определит необходимый (экономически обоснованный) уровень учета (квартира, дом, микрорайон и т. д.). Она определяется исходя из потребностей различных слоев населения, наличия резервов в источниках водоснабжения, состояния системы водоснабжения, требований к охране окружающей среды, рациональному использованию водных ресурсов, платежеспособности населения (миллиардные затраты на создание системы учета). Требования системы управления водопотреблением должны быть четко сформированы как в информационном (структурное, программное обеспечение и т. д.), так и в экономическом (собственники приборов учета, порядок расчета и т. д.) и техническом плане (метрологические требования к системе, места размещения приборов и т. д.).

Система управления водопотреблением, как и любая другая, включает неразрывную цепь следующих действий: определение цели и ее параметров, контроль параметров, воздействие на систему, регистрация результатов воздействия, сравнение результатов с параметрами цели, принятие решения и определение нового воздействия, повторение цикла до тех пор, пока цель не будет достигнута. Выпадение любого этапа из этой цепи так же, как отдельные этапы, реализуемые изолированно от нее (например, контроль параметров — учет водопотребления), исключает достижение цели.

В отличие от управления техническими системами, управление водопотреблением охватывает огромное количество потребителей, распределенных на значительной территории. Основной потребитель — человек, для которого потребность в воде является жизненно необходимой. Это определяет его ведущую роль в управлении водопотреблением, и установка приборов учета настраивает его сознание и действие на рациональное управление водопотреблением.

Исследования [4] позволяют определить социальную значимость воды для различных слоев населения и социально справедливо сформировать тарифы.

Для объективного учета потребленного ресурса (воды) и справедливой его оплаты точность и метрологические параметры системы учета должны определяться исходя из физического процесса, в данном случае водо- и теплопотребления.

Для предварительного метрологического анализа использованы результаты исследований [5, 6] и данные о среднем водопотреблении [7], так как действующие нормативы [7–9] и проектные методики не позволяют выполнять такие расчеты.

Режим водопотребления в системе холодного водоснабжения формируется случайными технологическими водоразборами (q_t) отдельных потребителей и потерями воды, которые можно разделить на непроизводительные расходы (q_{nr}) и утечки воды ($q_{ут}$) [5]. В водопроводе горячей воды дополнительно появляются потери в виде сливов ($q_{сл}$). Потери в основном формируются во внутреннем водопроводе зданий. При этом непроизводительные расходы и сливы воды синхронны с водопотреблением, а утечки не зависят от него и достаточно стабильны в течение суток [5, 6].

Водопотребление в квартире при наличии централизованного горячего водоснабжения разделяется на водопотребление холодной и горячей воды.

Анализ режима водопотребления холодной воды в квартире со средней заселенностью 3 человека показывает, что оно дискретно, и при среднем секундном расходе холодной воды 0,2 л/с. суточный технологический расход q_t поступает к потребителям в течении 0,5 часа (T_t), а остальные 23,5 часа присутствует только утечка воды ($T_{ут}$).

Относительная продолжительность технологической работы

$K_t = T_t / T = 0,5 / 24 = 0,02 = 2\%$, относительная продолжительность утечки

$K_{ут} = T_{ут} / T = 23,5 / 24 = 0,98 = 98\%$, в результате чего даже небольшой секундный расход утечки в сутки ($q_{ут} = 0,0045$ л/с.) приводит к большим потерям воды (390 л/с.), превосходящим технологическое водопотребление холодной воды ($85 \times 3 = 255$ л/с.).

Секундные технологические расходы холодной воды изменяются в диапазоне от 0,03 до 0,3 л/с., т. е. $Dq_t = 0,3 / 0,03 = 10$. При необходимости учитывать нормируемые утечки воды диапазон должен изменяться от 0,3 до 0,0045, т. е. $Dq_{ут} = 0,3 / 0,0045 = 66,6$.

Анализ режима водопотребления горячей воды показывает, что оно дискретно, и при среднем секундном расходе 0,2 л/с. суточный технологический расход q_t поступает к потребителю в течение 0,35 часа (T_t), а остальные 23,65 часа присутствует только утечка воды ($T_{ут}$). Относительная продолжительность технологической работы

$K_t = 0,35 / 24 = 0,015 = 1,5\%$, относительная продолжительность утечки

$K_{ут} = 23,65 / 24 = 0,99 = 99\%$, в результате чего даже небольшой секундный расход утечки в сутки ($q_{ут} \text{ СНИП} = 0,001$ л/с.) приводит к потерям воды 90 л/с. Секундные технологические расходы горячей воды изменяются в диапазоне от 0,03 до 0,3 л/с., т. е. $Dq_t = 0,3 / 0,03 = 10$. При необходимости учитывать нормируемые утечки воды диапазон должен изменяться от 0,3 до 0,001, т. е. $Dq_{ут} = 0,3 / 0,001 = 300$.

Водопотребление в среднем доме (100 квартир, 300 жителей) при наличии централизованного горячего водоснабжения разделяется на водопотребление холодной и горячей воды, при этом в водопроводе горячей воды появляется циркуляция.

Анализ режима водопотребления холодной воды в доме с заселенностью 300 чел. показывает, что оно непрерывно, и суточный технологический расход $q_t = 85 \times 300 = 25\,500$ л/с. с учетом непроизводительных расходов $q_{nr} = 30 \times 300 = 9\,000$ л/с. поступает со средним секундным расходом холодной воды 0,4 л/с. Относительная продолжительность технологической работы $K_t = 1$. Максимальный расход холодной воды в доме равен 1,9 л/с. В ночные часы полезный расход составляет 2 л/ч. час. или $q_{т. \text{ноч.}} = 2 \times 300 = 600$ л/ч. = 0,17 л/с. Величина нормативной утечки равна $q_{ут} = (245 \times 300) - 34\,500 = 39\,000$ л/с. = 0,45 л/с. Относительная продолжительность утечки, которая происходит в различных квартирах и поэтому накладывается на полезный расход, равна $K_{ут} = 1$. Секундные технологические расходы холодной воды изменяются в диапазоне от 0,17 до 1,9 л/с., т. е. $Dq_t = 11,2$. Нормируемые утечки воды (0,45 л/с.)

превосходят ночной (минимальный) технологический расход (0,17 л/с.), поэтому диапазон расходов получается уже $q_{ут} = 1,9 / (0,17 + 0,45) = 3,1$.

Анализ режима водопотребления горячей воды в доме показывает, что оно непрерывно, и суточный технологический расход $q_t = 16\ 500$ л/с. с учетом непроизводительных расходов $q_{нр} = 9\ 000$ л/с. поступает со средним секундным расходом горячей воды 0,3 л/с. Относительная продолжительность технологической работы $K_t = 1$. Максимальный расход воды в доме равен 2,8 л/с. В ночные часы полезный расход составляет 0,5 л/ч. час. или $q_{т. н.ч.} = 0,5 \times 300 = 150$ л/ч. = 0,04 л/с.

Величина нормативной утечки равна $q_{ут. СНиП} = 0,1$ л/с. Относительная продолжительность утечки, которая происходит в различных квартирах и поэтому накладывается на полезный расход, равна $K_{ут} = 1$.

В отличие от водопровода холодной воды, в водопроводе горячей воды в технологическом режиме имеется постоянная циркуляция, необходимая для компенсации теплопотерь и поддержания расчетной температуры во всех точках водоразбора.

Учитывая, что в эксплуатируемых водопроводах горячей воды износ составляет более 60%, а это увеличивает теплопотери, можно принять величину циркуляционного расхода равной 1 л/с. = 86,4 л/с. Секундные технологические расходы горячей воды изменяются в диапазоне от 0,04 до 2,8 л/с., т. е. $\Delta q_t = 70$. Нормируемые утечки воды (0,1 л/с.) превосходят ночной (минимальный) технологический расход (0,04 л/с.). Расход на циркуляцию — 1 л/с., поэтому диапазон расходов получается $q_{ут} = 2,8 / (0,04 + 0,1 + 1) = 2,5$.

Расход горячей воды, отобранный потребителями в доме, определяется двумя измерительными приборами, один из которых установлен на подающем трубопроводе (ТЗ), второй — на циркуляционном (Т4). Поданный потребителям расход определяется вычитанием из показаний счетчика, установленного на подающем трубопроводе, показаний счетчика на циркуляционном трубопроводе. Такой «косвенный» метод определения расхода резко снижает точность измерений [10]. Поэтому точность измерения расхода воды используемыми счетчиками должна быть выше, чем на холодной воде.

Анализ режима водопотребления во внутренних водопроводах зданий показывает, что требования к метрологическим характеристикам измерителей расхода значительно изменяются в зависимости от количества потребителей и требований к учету потерь воды.

Сравнение диапазона изменений полезных (технологических) расходов в квартире, где проживает три человека ($\Delta q_t = 10$), с допустимым диапазоном расходов при погрешности не более 2–5% показывает, что счетчики воды класса А (диапазон $q = 50$), класса В (диапазон $q = 100$) и класса С (диапазон $q = 200$) пригодны в качестве квартирных приборов учета. При необходимости учитывать утечки воды диапазон расходов значительно увеличивается ($\Delta q_{ут} = 277–300$), и ни один из классов счетчиков воды не обеспечивает заданную точность учета в этом диапазоне. Это может стать причиной несоответствия водного баланса квартирных и домовых счетчиков воды. Кроме этого, возрастает социальная напряженность, так как с жильцов, установивших квартирные счетчики, кроме основной оплаты по счетчику могут требовать доплату для компенсации этой разницы в показаниях. Эту проблему можно решить социально — административным путем, возложив ответственность за утечки воды на организацию, эксплуатирующую здание.

Приведенные расчеты выполнены на средние условия, так как на каждом объекте конкретные условия водопользования (количество потребителей, условия монтажа, срок эксплуатации системы, степень износа, давление на вводе и т. д.) отличаются от

средних, и необходимо создать методики метрологической оценки системы учета водопотребления в целом и по отдельным элементам.

Изложенное выше является первым этапом метрологических расчетов, которые в полном объеме должны учитывать влияние всех погрешностей на измерение расхода, включая проектные, монтажные и эксплуатационные погрешности.

Основным элементом системы учета являются узлы учета, включающие приборы учета (датчики, усилители, преобразователи сигнала), трубопроводы, арматуру, электропитание, линии связи и т. д.

Метрологические параметры узлов учета холодной, горячей воды и тепловой энергии на горячее водоснабжение должны определяться в зависимости от места установки их на системе (квартира, дом, микрорайон, регулирующий узел), в соответствии с неравномерностью водопотребления, изменением его в зависимости от количества потребителей и структурой потерь воды. При определении метрологических параметров этих узлов следует учитывать схему системы. При установке узлов учета на транзитных трубопроводах, а также на подающих и циркуляционных магистралях горячего водопровода точность учета резко снижается [10]; погрешности обусловлены особенностями монтажа и эксплуатации, видами применяемых приборов учета, обработкой и передачей сигнала в общую информационную систему, которая должна быть определена до метрологического анализа.

Особое внимание при выборе приборов учета следует уделять эксплуатационной надежности, стабильности показаний во времени, величине межповерочного интервала, возможности ремонта и поверки в течение длительного срока эксплуатации водопровода, стандартизации и унификации основных типов приборов, которые определяют в основном затраты на эксплуатацию системы учета водопотребления.

При формировании системы учета водопотребления необходимо учитывать дополнительно возникающие в системе издержки на:

- монтаж счетчиков;
- приемку их на коммерческую эксплуатацию;
- обслуживание;
- съем показаний;
- периодическую поверку (раз в 4–6 лет);
- затраты энергии на преодоление дополнительных гидравлических сопротивлений.

Затраты на монтаж квартирных счетчиков воды и приемку их на коммерческую эксплуатацию сопоставимы с затратами на монтаж трубной разводки в квартире и водоразборной арматуры (смесителей). Затраты на обслуживание, съем показаний и поверку составляют 300–400 руб./год на квартиру. Затраты энергии на преодоление дополнительных гидравлических сопротивлений счетчиков воды, трубопроводов, арматуры водомерных узлов и фильтров составляют 200–7 500 кВт час./год.

Оценочные расчеты дополнительных издержек на учет воды за срок эксплуатации системы приведены на рисунке 3.

Выводы:

1. Система учета холодной и горячей воды является одним из элементов управления системы водо- и теплоснабжения города в целом. Она должна разрабатываться с учетом социальных и экономических требований к ним. Поэтому созданию системы учета должно предшествовать формирование общественных целей и системы управления водопроводом.
2. Счетчики воды не экономят воду, но в основном мобилизуют и при водосберегающей политике стимулируют потребителя воды к рациональному ее использованию.
3. Система учета воды в водоснабжении должна обеспечивать метрологические характеристики, достоверность получения, обработки информации, необходимой для принятия эффективных решений на всех уровнях управления (от потребителя до правительства).
4. Метрологические характеристики системы учета определяются режимами

потребления воды и тепловой энергии.

5. Метрологические характеристики квартирных приборов учета холодной и горячей воды должны обладать очень низким порогом (0,001 л/с.) и большим диапазоном (20–300) для учета утечек и предотвращения постоянного отбора малых расходов воды (хищений воды).

6. Метрологические характеристики скоростных счетчиков воды (водомеров) диаметром 15 мм классов А и В, применяемых в основном в современных квартирах, не отвечают вышеуказанным требованиям, что приводит к несоответствию количества воды, учитываемого квартирными (домовыми) счетчиками, и социальным конфликтам.

7. Оценка и выбор приборов учета холодной и горячей воды, а также тепловой энергии должны производиться с учетом социальных, системных, метрологических и эксплуатационных требований.

8. Учет воды увеличивает издержки по транспортировке воды потребителю за счет увеличения затрат энергии на преодоление сопротивления в счетчиках воды, фильтрах, трубопроводах и арматуре узлов учета, а также расходов на снятие показаний, на обслуживание и поверку счетчиков, и за счет увеличения балансовой стоимости системы и расходов на амортизацию.