

СИСТЕМЫ УЧЁТА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ В МОСКВЕ

В Москве и других больших городах система учета водопотребления (холодной, горячей воды) сформировалась в условиях единой государственной собственности и централизованного финансирования коммунального хозяйства, обеспечивающего жизненно необходимые потребности человека в воде, тепле, а также при избытке воды и энергетических ресурсов.

Системы водоснабжения проектировались и строились со значительным резервом для обеспечения бесперебойности снабжения водой населения и промышленности. В этих условиях система учета водопотребления не играла значительной роли при эксплуатации водоснабжения, так как оплата за воду производилась по фиксированным тарифам и осредненным нормам водопотребления, большой потребности в рациональном использовании природных ресурсов не было. Для населения (основного по численности потребителя) эти тарифы и нормы были ниже фактических затрат на добычу, очистку и транспортировку воды, он получал практически бесплатный (бесценный) продукт, учитывать и экономить который не имело смысла. Человек в городе оторван от природы: ему не надо носить воду из реки или колодца, тратить физические и духовные силы для поддержания своей жизни и жизни окружающей природы (растений и животных).

В природных условиях человек знает жизненную ценность воды и вынужден брать ровно столько, сколько надо для поддержания жизни, а в городе – наоборот. Избыток питьевой воды при малых затратах на ее получение атрофирует в жителях больших городов чувство связи с природой, важности воды для существования жизни. Поэтому по мере увеличения общественного и персонального уровня жизни возрастали потери воды, достигшие 50...500 % от реальной надобности, необходимой для удовлетворения физиологических и гигиенических потребностей. Увеличение водопотребления в этот период (до 300...800 л/чел. сут.) рассматривалось как прогрессивное явление (повышение уровня благосостояния и развития общества) и проявление власти человека над природой.

Такая социальная политика общества постепенно формировала системы водоснабжения и канализации практически без системы учета водопотребления (в системе производился один замер в месяц на 500 жителей). В этих системах природные и общественные ресурсы тратились

неэффективно на увеличение отбора воды из природных источников, а не рациональное использование воды в городских системах.

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, руководствуясь зарубежным опытом (водопотребление в городах 130...200 л/чел. сут.), считали, что установка квартирных счетчиков решит проблему рационального использования воды и позволит значительно снизить потери воды /1/.

Однако зарубежный опыт создания систем учета водопотребления в странах со сложившейся рыночной экономикой неоднозначен: в странах с дефицитом водных ресурсов и высокой стоимостью добычи, очистки и транспортировки воды системы учета водопотребления базируются на квартирных счетчиках; в странах, обеспеченных ресурсами пресных вод, пригодных для питьевого водоснабжения, система учета базируется на домовых счетчиках воды. При этом необходимо учитывать наличие в этих странах рыночной системы управления общественным производством и системами водоснабжения.

Рыночная система управления, в которой система учета водопотребления является подсистемой, в основном и определяет высокую эффективность управления и низкое водопотребление.

В России в переходной период несовершенство сложившихся социально-экономических отношений между многочисленными собственниками в системе управления водопотреблением привело к неэффективному вложению средств в установку квартирных счетчиков, возникновению конфликтных ситуаций между организациями, подающими холодную (МВК) и горячую (Мосгортепло, Мостеплоэнергия) воду, и потребителями /2,3/.

Поэтому перед созданием системы учета необходимо создать систему управления водопотреблением. Эта система 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, МВК, Мосгортепле, Мостеплоэнергии, которая определит необходимый (экономически обоснованный) уровень учета (квартира, дом, микрорайон и т. д.) исходя из потребностей различных слоев населения, наличия резервов в источниках водоснабжения, состояния системы водоснабжения, требований к охране окружающей

среды, рационального использования водных ресурсов, платежеспособности населения (миллиардные затраты на создание системы учета). Требования системы управления водопотреблением должны быть четко сформированы как в информационном (структурное и 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 система управления, 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) исключают достижение цели, так же как исключение колес или двигателя из автомобиля лишает его возможности самостоятельно двигаться.

В отличие от управления техническими системами, управление водопотреблением охватывает огромное количество потребителей, распределенных на значительной территории. Основным потребителем – человек, для которого потребность в воде является жизненно необходимой. Это определяет его ведущую роль в управлении водопотреблением. Исследования /4/ позволяют определить социальную значимость воды для различных слоев населения и социально справедливо сформировать тарифы.

Управление наиболее эффективно при наличии развитой теории процесса, которая описывает взаимосвязь параметров цели и результатов воздействия на них.

Исследования режимов водопотребления /5...14/ дают возможность описать изменение расходов в различных сечениях системы и количественно оценить влияние каждого собственника на результирующее водопотребление.

Метрологические параметры системы учета водопотребления определяет физический процесс, в данном случае процесс водотеплопотребления. Из этого следует, что процесс должен определять метрологические параметры измерительной системы и приборов, а не наоборот. Если исходить из

метрологических параметров измерительных приборов, имеющих на рынке, то значительно возрастает риск получить в результате систему учета воды и тепловой энергии (для горячего водоснабжения), значительно искажающую реальную физическую и, следовательно, социально-экономическую картину, так как метрологические параметры измерительных приборов определяются на лабораторных или заводских стендах, где условия значительно отличаются от условий эксплуатации. Это резко снизит эффективность вложенных средств (десятки миллиардов рублей).

Для предварительного метрологического анализа использованы результаты исследований /5, 14, 12 / и данные о среднем водопотреблении /15/, т. к. действующие нормативы /15...21/ и проектные методики /15..16/ 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 ($q_{нр}$) и утечки воды ($q_{ут}$) /14/. В водопроводе горячей воды дополнительно появляются потери воды 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 воды не зависят от него и достаточно стабильны в течение суток /14/.

Анализ режима водопотребления (холодной и горячей воды) одного москвича показывает, что оно дискретно, и при среднем секундном расходе 0,3 л/с суточный технологический расход $q_T = 140$ л/чел. сут. поступает к потребителю в течение 0,2 часа (T_T), а остальные 23,8 часа присутствует только утечка воды ($T_{ут}$). Относительная продолжительность технологической работы $K_T = T_T/T = 0,2/24 = 0,01 = 1\%$, относительная продолжительность утечки $K_{ут} = T_{ут}/T = 23,8/24 = 0,99 = 99\%$, в результате чего даже небольшой секунднй расход утечки в сутки ($q_{ут} = 0,0018$ л/с) приводит к большим потерям воды 160 л/сут., сопоставимым с технологическим водопотреблением 140 л/сут. /22/.

Секундные технологические расходы общей воды (холодной и горячей) изменяются в диапазоне от 0,05 до 0,5 л/с, т. е. $q_T = 0,5/0,05 = 10,0$.

При необходимости учитывать нормируемые утечки воды диапазон должен изменяться от 0,5 до 0,0018, т. е.

$$n_{\text{сут}} = 0,5/0,0018 = 277.$$

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 три 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 течение 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 секунднй расход утечки в сутки ($q_{ут} = 0,0045$ л/с) приводит к большим потерям воды 390 л/сут., превосходящим технологическое водопотребление холодной воды ($85 \cdot 3 = 255$ л/сут.).

Секундные технологические расходы холодной воды изменяются в диапазоне от 0,05 до 0,3 л/с, т. е. $n_{qT} = 0,3/0,03 = 10,0$. При необходимости учитывать нормируемые утечки воды диапазон должен изменяться от 0,3 до 0,0045, т. е. $n_{q_{ут}} = 0,3/0,0045 = 66,6$.

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 $K_T = T_T/T = 0,35/24 = 0,015 = 1,5 \%$, относительная продолжительность утечки $K_{ут} = T_{ут}/T = 23,8/24 = 0,99 = 99 \%$, в результате чего даже небольшой секунднй расход утечки в сутки ($q_{ут.СНиП} = 0,001$ л/с) приводит к потерям воды 90 л/сут. Секундные технологические расходы горячей воды изменяются в диапазоне от 0,03 до 0,3 л/с, т. е. $n_{qT} = 0,3/0,03 = 10,0$. При необходимости учитывать нормируемые утечки воды диапазон должен изменяться от 0,3 до 0,001, т. е. $n_{q_{ут}} = 0,3/0,001 = 300$.

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 человек показывает, что оно непрерывно, и суточный технологический

расход $q_T = 85 \cdot 300 = 25500$ л/сут. с учетом непроизводительных расходов $q_{nr} = 30 \cdot 300 = 9000$ л/сут. (суммарно $25500 + 9000 = 34500$ л/сут.) поступает со средним секундным расходом холодной воды $0,4$ л/с. Относительная продолжительность технологической работы $K_T = T_T/T = 1,0$. Максимальный расход холодной воды в доме равен $1,9$ л/с. В ночные часы полезный расход составляет 2 л/чел. час, или $q_T \text{ ноч.} = 2 \cdot 300 = 600$ л/ч = $0,17$ л/с.

Величина нормативной утечки (на основании норм СНиП) равна $q_{ут} = (245 \cdot 300) - 34500 = 39000$ л/сут. = $0,45$ л/с. Относительная продолжительность утечки, которая происходит в различных квартирах и поэтому накладывается на полезный расход, равна $K_{ут} = T_{ут}/T = 1,0$.

Секундные технологические расходы холодной воды изменяются в диапазоне от $0,17$ до $1,9$ л/с, т. е. $\square q_T = 1,9/0,17 = 11,2$. Нормируемые утечки воды ($0,45$ л/с) превосходят ночной (минимальный) технологический расход ($0,17$ л/с), поэтому диапазон расходов получается уже $\square q_{ут} = 1,9/(0,17 + 0,45) = 3,65$.

Анализ режима водопотребления горячей воды в доме показывает, что оно непрерывно, и суточный технологический расход $q_T = 55 \cdot 300 = 16500$ л/сут. с учетом непроизводительных расходов $q_{nr} = 30 \cdot 300 = 9000$ л/сут. (суммарно $16500 + 9000 = 25500$ л/сут.) поступает со средним секундным расходом горячей воды $0,3$ л/с. Относительная продолжительность технологической работы $K_T = T_T/T = 1,0$. Максимальный расход воды в доме равен $2,8$ л/с. В ночные часы полезный расход составляет $0,5$ л/чел. час, или $q_T \text{ ноч.} = 0,5 \times 300 = 150$ л/ч = $0,04$ л/с.

Величина нормативной утечки (на основании норм СНиП) равна $q_{ут. СНиП} = (115 \cdot 300) - 25500 = 9000$ л/сут. = $0,1$ л/с. Относительная продолжительность утечки, которая происходит в различных квартирах и поэтому накладывается на полезный расход, равна $K_{ут} = T_{ут}/T = 1,0$.

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. Это необходимо, чтобы исключить сливы воды, имеющей температуру, не удовлетворяющую потребителей.

Учитывая что в эксплуатируемых водопроводах горячей воды износ составляет более 60% , что увеличивает теплопотери за счет износа и повреждения теплоизоляции, а также практически отсутствует регулировка

системы циркуляции и циркуляционных насосов, можно принять величину циркуляционного расхода, равную $1,0 \text{ л/с} = 86,400 \text{ л/сут}$. Секундные технологические расходы горячей воды изменяются в диапазоне от $0,04$ до $2,8 \text{ л/с}$, т. е. $\sigma_{qT} = 2,8/0,04 = 70$. Нормируемые утечки воды ($0,1 \text{ л/с}$) превосходят ночной (минимальный) технологический расход ($0,04 \text{ л/с}$), расход на циркуляцию ($1,0 \text{ л/с}$), поэтому диапазон расходов получается уже $\sigma_{q\text{сут}} = 2,8/(0,04 + 0,1 + 1,0) = 2,5$.

Расход циркуляции проходит по подающему и циркуляционному трубопроводам и увеличивает показания измерительных приборов, установленных на подающем трубопроводе, из которого производится водоразбор. Поэтому в водопроводе горячей воды расход горячей воды, отобранный потребителями в доме, должен определяться 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 /24/. Поэтому точность измерения расхода воды используемыми счетчиками должна быть выше, чем на холодной воде. Для исключения уменьшения показаний счетчика на циркуляционном трубопроводе при «опрокидывании циркуляции» в часы максимального водоразбора до (или после) этого счетчика следует установить обратный клапан.

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 один или три человека ($\sigma_{qT} = 10,0$) с допустимым диапазоном расходов при погрешности не более $2...5\%$ /24/ показывает, что счетчики воды класса А (диапазон $\sigma_{qT} = 50$), класса В (диапазон $\sigma_{qT} = 100$), класса С (диапазон $\sigma_{qT} = 200$) пригодны в качестве квартирных приборов учета. При необходимости учитывать утечки воды диапазон расходов значительно увеличивается ($\sigma_{q\text{сут}} = 277...300$), 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. При снижении расхода утечек эта

разница будет возрастать. Кроме этого, возрастает социальная напряженность, т. к. с жильцов, установивших квартирные счетчики, кроме основной оплаты по счетчику могут требовать доплату для компенсации разницы в показаниях /3/. Эту проблему можно решить социально-административным путем, возложив ответственность за утечки воды на организацию, эксплуатирующую здание и, следовательно, внутренний водопровод /20/. Расходы на ликвидацию утечек (а не оплата утечек) могут быть включены в расходы на техническое обслуживание квартиры.

Диапазоны изменения полезных расходов в среднем здании на холодном водопроводе составляют $\Delta q_T = 11,2$, на горячем – $\Delta q_T = 70$, с учетом утечек воды на холодном водопроводе – $\Delta q_{ут} = 3,65$, на горячем – $\Delta q_{ут} = 2,5$. Этим условиям соответствуют счетчики воды класса А, для подающего трубопровода горячего водопровода класса В.

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

Метрологические параметры узлов учета тепловой энергии на теплосети должны учитывать влияние неравномерного режима теплоснабжения горячего водоснабжения в летний и зимний период на общее потребление тепла (отопление, вентиляция, горячее водоснабжение).

Изложенное выше является первым этапом метрологических расчетов, которые в полном объеме должны учитывать влияние всех погрешностей на измерение расхода.

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, 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 и изменением его в зависимости от количества потребителей, а также структурой потерь воды. При определении метрологических параметров этих узлов следует учитывать схемы системы: при установке узлов учета на

транзитных трубопроводах, а также подающих и циркуляционных магистрях горячего водопровода, резко снижается точность учета, погрешности, вносимые особенностями монтажа и условиями эксплуатации, видами применяемых приборов учета, обработкой и передачей сигнала в общую информационную систему, которая должна быть определена до метрологического анализа.

Метрологические характеристики приборов учета воды, которые в основном определяют погрешность узлов учета воды, должны учитывать структуру водопотребления и особенно утечки воды, которые незначительны по величине по сравнению с полезным расходом, но продолжительны по времени и имеют тенденцию к уменьшению при проведении мероприятий по ресурсосбережению.

Особое внимание при выборе приборов учета следует уделять эксплуатационной надежности приборов, стабильности показаний во времени, величине межпроверочного 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.

Выводы:

1. Система учета холодной и горячей воды является одним из элементов системы управления системой водо-, теплоснабжения и города в целом. Она должна разрабатываться с учетом социальных, экономических требований к этим системам. Поэтому созданию системы учета должно предшествовать формирование общественных целей и системы управления водопроводом.
2. Система управления водопроводом должна определить общественную ценность воды, ответственность собственников за нерациональное ее использование, сформировать систему рыночных отношений между многочисленными собственниками в системе, определить социальный и экономический уровень реализации системы учета (квартира, дом, микрорайон и т. д.) и структуру этой системы.
3. Попытки массовой установки квартирных приборов учета воды в приказном порядке без создания системы управления с рыночными принципами оказались не эффективными и не вернули значительных вложенных средств, т. е. оказались убыточными. Опережающая установка домовых приборов учета, требующая еще больших

вложений, при отсутствии системы управления может привести к аналогичным результатам.

4. Структура системы учета воды в водоснабжении должна обеспечивать метрологические характеристики, обеспечивающие достоверность получения, обработки информации, необходимой для принятия эффективных решений на всех уровнях управления (от потребителя до правительства).
5. Метрологические характеристики системы учета определяются режимами потребления воды и тепловой энергии.
6. 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).
7. Метрологические характеристики скоростных счетчиков воды (водомеров) диаметром условного прохода 15 мм, в основном применяемых в современных квартирах, не отвечают этим требованиям, что приводит к несоответствию количества воды, учитываемого квартирными, домовыми счетчиками, и социальным конфликтам.
8. Оценка и выбор приборов учета холодной, горячей воды, тепловой энергии должны производиться с учетом социальных, системных, метрологических, эксплуатационных требований.