

6. Орлов Н.С. Промышленное применение мембранных процессов. – М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2007. – 226 с.

7. Первов А.Г., Адрианов А.П., Козлова Ю.В., Мотовилова Н.Б. Новые технологии обработки поверхностных вод с применением нанофильтрации // Водоснабжение и санитарная техника. – 2007. – №5. – С.14-17.

Получено 29.03.2011

УДК 628.179

Н.М.ЯКОВЕНКО, В.М.БЕЛЯЕВА

Харьковская национальная академия городского хозяйства

УТЕЧКИ ВОДЫ ИЗ ВОДОПРОВОДНЫХ СИСТЕМ И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Рассмотрены источники утечек из жилищного фонда и трубопроводной сети города, причины вызывающие утечки в жилищном фонде и сетях города, приведена методика оценки размера утечек воды из сети.

Розглянуто джерела витоків з житлового фонду і трубопроводної мережі міста, причини викликаючі витіки в житловому фонді і мережі міста, наведено методику оцінки розміру витоків води з мережі.

Rasmotreny sources of losses from a housing fund and pipeline network of city, reasons defiant losses in a housing fund and networks of city, the method of estimation of size of losses of water is resulted from a network.

Ключевые слова: водоснабжение, жилищный фонд, сеть, утечки, трубопроводная арматура, водопроводная колонка, неучтенный расход, скрытые утечки.

Рациональное использование водных ресурсов при водоснабжении жилищного фонда является одной из наиболее актуальных задач обеспечения экологической и санитарно-гигиенической безопасности населения Украины. В жилых зданиях современного благоустройства, оборудованных централизованными системами холодного и горячего водоснабжения и стандартным набором санитарно-технических приборов (ванна, умывальник, мойка, унитаз со смывным бачком) удельное водопотребление составляет от 250 до 1000 л/сут.чел. [1-4], что существенно выше аналогичных показателей для индустриально развитых стран [3,5-7]. Это приводит к дополнительным заборам воды из природных источников и сбросу очищенных (с меньшей концентрацией загрязнений) сточных вод в поверхностные водоемы. Увеличение антропогенной нагрузки на природные водоемы создало весьма сложные проблемы в водоснабжении ряда городов Украины, во многих подача воды населению осуществляется по графику (несколько часов утром и вечером) при удельном водопотреблении 180-220 л/сут.чел. [8, 9]. Страна в целом не очень богата водными ресурсами, а ежегодно возобновляемый сток речной воды составляет в среднем около 1700

м³/год на 1 человека, из которых за счет стока местного формирования – только 1000 м³/год. (для сравнения – на одного жителя в Европе приходится 4,6 тыс. м³/год) [10, 11]. В связи с этим снижение различного рода потерь воды в жилых зданиях городов позволяет использовать сэкономленную воду как дополнительный источник водоснабжения и при существующих мощностях обеспечить значительно большее количество потребителей.

Важно уточнить понятия: потери питьевой воды, неучтенные расходы, утечки, ибо в литературе имеет место смешение отдельных понятий, например, отождествление понятий «утечки» и «потери».

В целях упорядочения этих понятий приведем их определения.

Термин «потери питьевой воды» из водопроводной сети означает совокупность всех видов утечек, в том числе явных и скрытых, и неучтенных расходов воды, а «утечка питьевой воды» – самопроизвольное истечение воды из различных элементов водопроводной сети при нарушении их целостности или герметичности.

В отечественной статистике утечки воды из наружной сети приведены совместно с показателем «неучтенные расходы».

Размер утечек и неучтенных расходов за год определяется как разность между количеством воды, поданной в сеть, и количеством воды, отпущенной всем потребителям.

Большие расходы воды обусловлены не только полезным водопотреблением, но и ее потерями. Потери воды в жилых зданиях можно подразделить на утечки воды через смывные бачки, утечки воды через водоразборную арматуру, непроизводительные расходы воды через водоразборную арматуру, сливы недостаточно нагретой или остывшей воды в системах горячего водоснабжения, утечки воды на трассах холодного и горячего водоснабжения внутри территории микрорайона, нерациональное использование воды потребителями.

Управление водопотреблением в жилых зданиях сопряжено с необходимостью использования как рыночных инструментов экономического характера, так и средств нормативного регулирования.

Социальная норма водопотребления – это регламентированный показатель внутридомового удельного расхода воды, который отражает необходимое минимальное количество воды, соответствующее типичному уровню потребностей населения в водопроводной питьевой воде, технические возможности систем водоснабжения и водоотведения, уровень экологической безопасности водных источников, экономическую целесообразность и политическую необходимость. Разработана методика определения величины социальной нормы водопотребления в жилых зданиях.

В общем виде баланс поступления и потребления воды в системе подачи и распределения воды (ПРВ) можно представить выражением

$$\Sigma Q = \Sigma Q_{аб} + \Sigma Q_{неучт}, \quad (1)$$

где ΣQ – поступление воды в систему ПРВ, м³; $\Sigma Q_{аб}$ – потребление воды абонентами, м³; $\Sigma Q_{неучт}$ – неучтенные расходы воды.

Потребление воды абонентами находим по выражению

$$\Sigma Q_{аб} = \Sigma Q_{ж.ф} + \Sigma Q_{пред}, \quad (2)$$

где $\Sigma Q_{ж.ф}$, $\Sigma Q_{пред}$ – потребление воды соответственно в жилищном фонде и на всех категориях предприятий, м³.

Неучтенные расходы можно определить по формуле

$$\Sigma Q_{неучт} = \Sigma g_{ут}^{сети} + \Sigma g^{нб} + (\Sigma g_{ав} + \Sigma g_{пож} + \Sigma g_{пр} + \Sigma g_{нал}), \quad (3)$$

где $\Sigma g_{ут}^{сети}$ – величина утечек воды из сети; $\Sigma g^{нб}$ – расходы воды, не учитываемые водосчетчиками (ниже предела измерений); $\Sigma g_{ав}$, $\Sigma g_{пож}$, $\Sigma g_{пр}$, $\Sigma g_{нал}$ – расходы воды соответственно при авариях, на пожаротушение, промывку сети и резервуаров, при наладочных работах.

Таким образом, с учетом выражений (2)-(3) общую утечку воды из сети можно принципиально рассчитать по выражению

$$\Sigma g_{ут}^{сети} = \Sigma Q - [\Sigma Q + \Sigma g + (\Sigma g_{ав} + \Sigma g_{пож} + \Sigma g_{пр} + \Sigma g_{нал})]. \quad (4)$$

В соответствии с принятой на предприятиях коммунального водоснабжения системой отчетности все показатели, входящие в правую часть выражения (4), определяют за достаточно продолжительный период (месяц, квартал, год). За этот период практически трудно правильно учесть расходы воды, заключенные в выражении (4) в круглые скобки. Кроме того, величина утечек воды составляет лишь небольшую долю в объеме суммарной подачи воды и поэтому погрешность ее определения по выражению (4) может быть выше, чем собственно величина утечек воды.

Утечки воды из трубопроводной сети систем ПРВ возникают в результате нарушения ее герметичности или повреждений. Их можно условно разделить на два класса: видимые и скрытые утечки.

К видимым относят утечки из водозаборных колонок и пожарных гидрантов, установленных на сети, а также все виды подтекания воды (течи, капли, потение) через неплотности соединений или дефекты в

трубах и водоразборной сетевой арматуре, установленной в колодцах или камерах, т.е. в доступных для внешнего осмотра местах. К видимым утечкам правильно относят также потери воды при повреждениях и авариях на трубопроводах, когда вода изливается из поврежденных мест и выходит на поверхность, затапливает подвалы близлежащих зданий и другие подвальные сооружения и коммуникации.

На водопроводных линиях могут быть аварийные повреждения как самих труб, так и установленной на них арматуры. Своевременное обнаружение и быстрая ликвидация аварии на сети или водоводах являются исключительно ответственной задачей, поскольку при отключении поврежденного участка в сети происходит перераспределение потоков воды, падают давления и нарушается нормальное снабжение водой потребителей. Причинами аварий могут быть различные явления и события:

- гидравлические удары;
- температурные деформации и случайные механические повреждения. Нарушение герметичности трубопровода может произойти вследствие нарушения прочности и герметичности стыковых соединений, коррозии материала труб, разрыва труб и фасонных частей. Статистические данные по эксплуатации водопроводных сетей и водоводов показывают, что наибольший процент повреждений приходится на стыки. В стальных трубах значительное количество повреждений обусловливается коррозией металла.

Эксплуатационный опыт предприятий коммунального водоснабжения показывает, что на трубопроводных сетях систем ПРВ наблюдаются несколько характерных повторяющихся видов повреждений. На чугунных трубах – это выход заделки из раструбов, переломы, трещины, разрывы, свищи, расточка водой и песком стенок и раструбов, разрушение труб от коррозии и др.; на стальных трубах – разрывы продольных (заводской сварки) и поперечных (монтажной сварки) швов, а также разрушения труб от коррозии; на асбестоцементных трубах – различного рода переломы.

На стальных трубах разрывы наблюдаются только в сварных стыках.

Таким образом, все повреждения на трубах, уложенных в земле, могут быть сведены к следующим характерным видам:

- выход свинца из раструбного соединения, расстройство цементной или серосплавной заделки раструбов;
- разрыв труб или боков труб, продольная или поперечная трещина;

- электрокоррозионные свищи или разъедания (отличаются от свища размером);
- перелом (вследствие перемещения грунта);
- разрыв фасонных частей (вследствие перемещения трубопровода из-за действия ряда факторов);
- разбитие труб (из-за неосторожной работы механизмов, главным образом землеройных, на территории города);
- укорочение домовых вводов (ряд причин);
- замораживание воды в трубах;
- расстройство сварных швов (только для стальных труб).

Расчет норматива потерь и неучтенных расходов воды из систем коммунального водоснабжения населенных пунктов разработан в [9].

Расчетный норматив потерь и неучтенных расходов воды из системы ПРВ в процентах от объема воды, поданной в коммунальную систему водоснабжения, определяют по формуле

$$P = W/Q_n \times 100 (\%), \quad (5)$$

где P – расчетный норматив потерь и неучтенных расходов воды из системы ПРВ, %; W – расчетный годовой объем потерь и неучтенных расходов воды из системы ПРВ, м³ за год; Q_n – годовой объем воды, поданный в систему коммунального водоснабжения, м³.

Расчетный норматив потерь и неучтенных расходов воды из системы ПРВ в м³ на 1000 м³ воды, поданной в систему коммунального водоснабжения, определяют по формуле

$$B = W/Q_n \times 1000 (\text{м}^3 \text{ на } 1000 \text{ м}^3), \quad (6)$$

где B – расчетный норматив потерь и неучтенных расходов воды из системы ПРВ, м³ на 1000 м³.

Расчетный годовой объем потерь и неучтенных расходов воды из системы ПРВ определяют по формуле

$$W = W_n + W_{\text{нр}} (\text{м}^3), \quad (7)$$

где W_n – расчетный годовой объем потерь воды из системы ПРВ, м³; $W_{\text{нр}}$ – расчетный годовой объем неучтенных расходов воды из системы ПРВ, м³.

Расчетный годовой объем потерь воды из системы ПРВ определяют по формуле

$$W_n = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 (\text{м}^3), \quad (8)$$

где W_1 – расчетный годовой объем потерь воды через повреждения водоводов и водопроводной сети, при которых вода выходит на поверхность земли (разрывы труб, разгерметизация и разрушение стыков труб, коррозионные повреждения труб), м³; W_2 – расчетный годовой объем потерь воды при опорожнении трубопроводов для проведения ремонтных работ, замены оборудования и устройств, м³; W_3 – расчет-

ный годовой объем потерь воды при утечках из водопроводных колонок, м³; W₄ – расчетный годовой объем скрытых утечек воды из системы ПРВ, емкостных сооружений и сетевой арматуры, м³.

Расчетный годовой объем потерь воды через повреждения водопроводов и водопроводной сети, при которых вода выходит на поверхность земли (разрывы труб, разгерметизация и повреждение стыков труб, коррозионные повреждения труб), определяют по формуле

$$W_1 = 3600 (w \times V \times t_1) \times N \text{ (м}^3\text{)}. \quad (9)$$

Здесь w – средняя площадь отверстия (трещины, пролома) в трубе и (или) повреждения в стыковом соединении, м², определяют по формуле

$$w = \sum w_{ав} : N_{ав} \text{ (м}^2\text{)},$$

где $\sum w_{ав}$ – суммарная площадь отверстий (трещин, проломов) в трубах и (или) повреждений в стыковых соединениях, м², принимается как средняя величина по данным журнала регистрации и учета ремонтно-восстановительных работ за предыдущие два года; N_{ав} – количество аварий с нарушением целостности труб и стыковых соединений, принимается как средняя величина за предыдущие два года; V – скорость выхода воды из отверстия (трещины, пролома), м/с, принимается равной 2 м/с; t₁ – время от момента обнаружения утечки до начала ремонтных работ, ч; N – количество выполненных ремонтно-восстановительных работ по ликвидации утечек за год, принимается как средняя величина за последние два года;

t₁ – время от момента обнаружения утечки до начала ремонтных работ, принимается для систем водоснабжения: I категории – 4 ч; II категории – 6 ч; III категории – 8 ч.

Расчетный годовой объем потерь воды при опорожнении трубопроводов для проведения ремонтных работ, замены оборудования и устройств определяют по формуле

$$W_2 = 500 (3,14 D_{cp}^2/4) N_p \times K_1 \times K_2 \times L \text{ (м}^3\text{)}, \quad (10)$$

где 500 – средняя длина трубопровода, который опорожняется для ремонта, м; D_{cp} – средний диаметр водопроводной сети населенного пункта, м, который определяют как средневзвешенную величину по формуле

$$D_{cp} = \sum(D_i \times L_i) : \sum L_i \text{ (м)}.$$

Здесь D_i – диаметр опорожняемого участка трубопровода, м; L_i – длина опорожняемого участка диаметром D_i, м.

N_p – среднееотраслевое количество ремонтов на 1 км водопроводной сети в год, принимают равным 1,1 рем./км в год; K₁ – коэффициент, учитывающий сложные геологические местные условия (наличие про-

садочных и оползневых грунтов, горные выработки, повышенные коррозионные свойства грунтов), принимают равным 1,25; K_2 – коэффициент, учитывающий средний срок эксплуатации водоводов и водопроводной сети, принимают равным при среднем сроке эксплуатации: до 20 лет – 1; от 20 до 30 лет – 2; от 30 до 40 лет – 3; свыше 40 лет – 4; L – общая длина водопроводной сети, км.

Расчетный годовой объем потерь воды при утечках из водоразборных колонок определяют по формуле

$$W_3 = q \times n \times t_2 \text{ (м}^3\text{)}, \quad (11)$$

где q – средняя величина утечки из одной водоразборной колонки, равная $2,0 \text{ м}^3$ в час (таблицы Шевелева, $d = 25 \text{ мм}$, $v = 1 \text{ м/с}$, $q = 0,55 \text{ л/с} = 2 \text{ м}^3/\text{ч}$); n – количество ремонтов водоразборных колонок в год, принимается как средняя величина за последние 2 года, ед.; t_2 – допустимое время утечки из водоразборной колонки от появления утечки до ее устранения, ч, принимают равным 72 ч.

Расчетный годовой объем скрытых утечек воды из системы ПРВ и емкостных сооружений и сетевой арматуры определяют по формуле

$$W_4 = \Sigma W_4^{\text{ст}} + \Sigma W_4^{\text{чуг}} + \Sigma W_4^{\text{жб}} + \Sigma W_4^{\text{др}} + \Sigma W_4^{\text{р}} + \Sigma W_4^{\text{а}} \text{ (м}^3\text{)}, \quad (12)$$

где $\Sigma W_4^{\text{ст}}$ – расчетный суммарный объем допустимых скрытых утечек из стальных труб, м^3 ; $\Sigma W_4^{\text{чуг}}$ – расчетный суммарный объем допустимых скрытых утечек из чугунных труб, м^3 ; $\Sigma W_4^{\text{жб}}$ – расчетный суммарный объем допустимых скрытых утечек из железобетонных труб, м^3 ; $\Sigma W_4^{\text{др}}$ – расчетный суммарный объем допустимых скрытых утечек из труб других металлов, м^3 ; $\Sigma W_4^{\text{р}}$ – расчетный суммарный объем допустимых скрытых утечек через стены и днища резервуаров, м^3 ; $\Sigma W_4^{\text{а}}$ – расчетный суммарный объем допустимых скрытых утечек из сетевой арматуры, м^3 .

Расчетный суммарный объем допустимых скрытых утечек воды из трубопроводов соответствующего материала (сталь, чугун, железобетон и т.д.) определяют по формуле

$$\Sigma W_4^1 = 525,6 L_i \times q_i \times K \text{ (м}^3\text{)}, \quad (13)$$

где L_i – общая длина водоводов и водопроводной сети из труб i -го материала (сталь, чугун, железобетон и др.), км; q_i – допустимые объемы скрытых утечек воды из новых трубопроводов, л/мин на 1 км трубопровода; K – коэффициент повышения величины допустимых скрытых утечек воды из системы ПРВ после i -го десятилетнего срока эксплуатации трубопроводов.

Расчетный суммарный объем допустимых скрытых утечек воды через стены и днища емкостных сооружений определяют по формуле

$$\Sigma W_4^p = 0,003 \Sigma F_{\text{рчв}} \times 365 = 1,1 \Sigma F_{\text{рчв}} (\text{м}^3), \quad (14)$$

где 0,003 – допустимая величина утечки из нового резервуара в 1 м³ на 1 м² смоченной поверхности стен и днища резервуара за сутки; $\Sigma F_{\text{рчв}}$ – суммарная площадь смоченной поверхности стен и днищ резервуаров в системе ПРВ при среднем заполнении их на высоту 3,5 м, м²; 365 – количество дней в году.

Допустимый объем скрытых потерь воды из сетевой арматуры ΣW_4^a устанавливается равным 3% от расчетного суммарного объема скрытых утечек из трубопроводов (ΣW_4^i).

Расчетный годовой объем неучтенных расходов воды из системы ПРВ определяют по формуле

$$W_{\text{нр}} = W_5 + W_6 + W_7 (\text{м}^3), \quad (15)$$

где W_5 – недоучет воды водосчетчиками потребителей из-за их нечувствительности к малым расходам воды и из-за ухудшения метрологических характеристик водосчетчиков в процессе эксплуатации, м³; W_6 – противопожарные расходы воды, м³; W_7 – коммерческие потери воды, м³.

Расчетный годовой объем воды, не учитываемый приборами учета расхода воды у абонентов из-за ограниченной чувствительности водосчетчиков и ухудшения их метрологических характеристик, определяют по формуле

$$W_5 = W_5^{\text{жз}} + W_5^n + W_5^m (\text{м}^3), \quad (16)$$

где $W_5^{\text{жз}}$ – расчетный годовой объем воды, который не учитывается водосчетчиками, установленными в жилых зданиях, определяют по формуле

$$W_5^{\text{жз}} = \Sigma q_i \times 0,5 N_i^{\text{жз}} \times 4 \times 365 = 1460 \Sigma q_i \times 0,5 \times N_i^{\text{жз}} (\text{м}^3).$$

Здесь q_i – минимальный расход воды, учитываемый водосчетчиком i -го типа, по паспортным данным или согласно приложению 4, м³/ч; N_i – количество водосчетчиков i -го типа, среднегодовое за последний календарный год, предшествующий расчету, шт.; 4 – четыре ночных часа с минимальным расходом воды в жилых зданиях; W_5^n – расчетный годовой объем воды, который не учитывается водосчетчиками, установленными в организациях населенного пункта, определяют по формуле

$$W_5^n = \Sigma q_i \times 0,5 N_i^n \times 8 \times 365 = 2920 \Sigma q_i \times 0,5 N_i^n (\text{м}^3),$$

где N_i^n – количество счетчиков i -го типа, установленных в организациях, шт.; 8 – восемь ночных часов с минимальным расходом воды в организациях.

W_5^m – расчетный годовой объем неучтенных расходов воды из-за ухудшения метрологических характеристик водосчетчиков определя-

ют по формуле

$W_5^m = (0,17\Pi)/(100 \times 1000) Q_m = (0,17 \times 24 \times 35)/(100 \times 1000) Q_m = 0,015 Q_m \text{ (м}^3\text{)}$,
где 0,17 – увеличение погрешности прибора учета воды после 1000 ч эксплуатации, %; Π – годовая продолжительность работы прибора учета воды, ч; Q_m – годовая реализация воды по приборам учета у абонентов, м³.

Результаты расчета годового объема воды, не учитываемого водосчетчиками ($W_5^{жз}$, W_5^n), сводят в табл.1, 2.

Расчетный годовой объем неучтенных расходов воды на противопожарные цели из пожарных гидрантов определяют по формуле

$$W_6 = W_6^n + W_6^{ny} + W_6^{пр} \text{ (м}^3\text{)}, \quad (17)$$

где W_6^n – расчетный годовой расход воды на пожаротушение, м³/год, определяют по формуле

$$W_6^n = 3 \times 3,6 \times q_n \times N_n = 10,8 q_n \times N_n \text{ (м}^3\text{)},$$

здесь 3 – расчетная продолжительность пожара, ч; 3,6 – коэффициент пересчета единицы расхода, л/с в м³ в час; q_n – расход воды на тушение пожара согласно данным подразделения пожарной охраны в конкретном населенном пункте, л/с; N_n – среднегодовое количество пожаров в населенном пункте за предыдущие три года согласно данным подразделения пожарной охраны;

W_6^{ny} – расчетные годовые расходы воды на противопожарные учения, определяют по формуле

$$W_6^{ny} = N_y \times W_y \text{ (м}^3\text{)},$$

здесь N_y – количество учений в год (по данным подразделения пожарной охраны), ед.; W_y – расход воды на одно учение (по данным подразделения пожарной охраны), м³;

$W_6^{пр}$ – расчетные годовые расходы воды на испытание пожарных гидрантов, м³, определяют по формуле

$$W_6^{пр} = 2 \times 1 \times N_{пр} = 2N_{пр} \text{ (м}^3\text{)},$$

здесь $N_{пр}$ – количество пожарных гидрантов в системе ПРВ, ед.; 2 – нормативное количество испытаний в год, ед.; 1 – расход воды на испытание одного гидранта, м³.

Расчетный годовой объем коммерческих потерь воды (W_7) принимают в размере 1% от объема воды, подаваемой в систему коммунального водоснабжения.

Итак, утечки воды из трубопроводной сети и потери воды при авариях невозможно непосредственно измерить, но из этого не следует, что в условиях эксплуатации можно полностью отказаться от попыток оценить их более точно, чем общей суммой неучтенных расходов воды. Естественно, что более достоверная оценка величины утечек воды из трубопроводной сети возможна только при условии организа-

ции надлежащего учета и контроля за водопотреблением. Все виды расходования воды, поддающиеся учету, необходимо регистрировать тем или иным способом. Расходы, которые могут быть непосредственно измерены, следует учитывать, как правило, с помощью расходомеров (у водопитателей) или водосчетчиков (у абонентов). Если расходы не могут быть непосредственно измерены, они должны быть хотя бы приблизительно оценены путем соответствующих расчетов. Например, расходы воды при пожаротушении могут быть достаточно точно определены по числу и расходу пожарных струи с учетом напора и продолжительности тушения пожара. Точно так же, более или менее достоверно, могут быть оценены расходы воды при промывке трубопроводов (по объему промываемых труб и длительности промывки), при проведении натурных испытаний, сопряженных со сбросами воды из участков трубопроводов и т.п. Иными словами, для оценки утечек воды из сети необходимо организовать систематическое наблюдение за всеми расходами воды, которые обычно относят в разряд неучтенных, и попытаться оценить любым доступным для практики способом величину каждого вида такого расхода.

- 1.Аболин В.Ю., Цлаф С.Л. Эффективность применения дроссельных втулок в системах водоснабжения // Водоснабжение и санитарная техника. – 1988. – №7. – С.21-22.
- 2.Абрамов Н.Н. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1982. – 440 с.
- 3.Абульханова К.А. О субъекте психологической деятельности. Методические проблемы психологии. – М.: Наука, 1973. – 288 с.
- 4.Авдеев В.В., Чернышов Л.Н., Яганов В.Н. Экономические правоотношения в жилищно-коммунальном хозяйстве. Проблемы, опыт, документы. Т.1. – М.: Изд-во Союза работников ЖКХ России, 1996. – 704 с.
- 5.Авраалова Е.М., Пациорковский В.В. Доход семьи и социокультурная активность населения // Экономика семьи. – Рига: Зинатне, 1988. – С.69-74.
- 6.Авраман Ф.В., Дискаленко А.П. Структура расходования воды внутри жилищного фонда // Водопотребление и вопросы проектирования и эксплуатации систем коммунального водоснабжения: Научн. тр. АКХ им. К.Д.Памфилова. Вып.155. – М.: ОНТИ АКХ им. К.Д.Памфилова, 1978. – С.22-25.
- 7.Акоф Р., Сасыни М. Основы исследования операций. – М.: Мир, 1971. – 534 с.
- 8.Алиев Б.Т. Совершенствование методов эксплуатации систем водоснабжения зданий в условиях дефицита воды (на примере г. Баку): Автореф. дисс. ... канд. техн. наук. – Л., 1990. – 18 с.
- 9.Инструкция по расчету норматива потерь и неучтенных расходов воды из систем коммунального водоснабжения населенных пунктов Республики Беларусь от 24 октября 2001 г. №1529.

Получено 06.04.2011