

## НАМАЛЯВАНЕ НА ТЪРГОВСКИТЕ ЗАГУБИ НА ВОДА ОТ ВОДОСНАБДИТЕЛНИТЕ СИСТЕМИ

### REDUCTION OF THE APPARENT LOSSES IN WATER SUPPLY SYSTEMS

prof. Gantcho Dimitrov, PhD

**Summary:** An analysis of the reasons for the apparent losses and the measures for their mitigation has been performed. The results of studies on the effect of application of UFR (Unmeasured – Flow Reducer) in Bulgaria and abroad have been provided. New constructions of float valves of the flush tanks and roof tanks are suggested in order to assure correct measurement of the entering water flows.

Необходимостта от задоволяване на нарастващите потребности от питейна вода при неравномерно разпределените водни ресурси по региони и време, честите засушавания и режими при водоснабдяването на редица населени места в България

предопределят все по-голямото внимание към възможностите за намаляване на загубите на вода от водоснабдителните системи.

Загубите на вода от тези системи са два вида: физически (реални) и търговски (табл.1).

Таблица 1

Общо подадена вода на входа на водоснабдителната система	Законна консумация на вода	Фактурирана консумация на вода
		Нефактурирана консумация на вода
	Загуби на вода	Търговски загуби на вода
		Физически (реални) загуби на вода

Физическите загуби се дължат на течове от магистралните водопроводи и разпределителната мрежа в селищата, сградните водопроводни отклонения и на преливане от черпателните и напорните резервоари. Тези загуби на вода обуславят допълнителни разходи само за подаване и пречистване при необходимост на природните води.

Търговските загуби на вода са потенциално нереализирани приходи от В и К компаниите, поради изразходваната от потребителите, но незаплатена вода. Те имат най-голяма себестойност и оказват непосредствено влияние на

водния и финансовия баланс на тези компании, които са много заинтересовани да ги намалят.

Причините за търговските загуби са четири (Фиг. 1)

- грешки от неточност на водомерите;
- грешки при отчитане на водомерите;
- грешки при пренос и обработване на данните от водомерите;
- кражби на вода

Грешките от неточност на водомерите се дължат на неправилния им избор, несвоевременната проверка, ремонт или подмяна и влошените качества на водата при която функцио-

нират, поради наличието на различни соли, пясък, суспензии и други механични примеси. При отстраняването на честите аварии на амортизираните водопроводни мрежи се добавят допълнителни замърсители във водата.



Фиг. 1. Причини за търговските загуби на вода

Грешките при обработване на данните се обуславят от неправилни действия на инкасаторите, пропуски в системата за обработка и фактуриране, както и от неизмерените водни обеми, използвани за противопожарни нужди, поливане на тревни площи и измиване на улици.

Кражбите на вода са от незаконни сградни водопроводни отклонения, манипулирани и байпасирани водомери, както и от корупционни практики при инкасаторите.

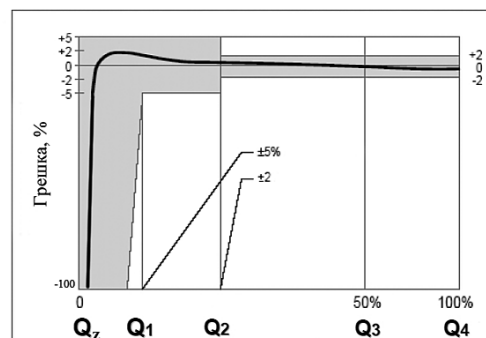
Точността на водомерите се установява чрез периодична проверка на стендове в специализирана лаборатория на представителна извадка от всеки тип. Проверката за точността на водомерите може да се извърши с подвижни стендове или с еталонни водомери на обекта без демонтажа им. Филтрите преди водомерите на фирма „Сензус“-Германия са пригодени за монтаж на по-точни водомери (клас С), с които може да се прави бърза проверка за точност.

За откриване и намаляване на грешките при обработване на данните следва да се прилага информационна система за обслужване на клиентите, която включва база данни за клиентите, имотите, водомерите и електронна система за фактуриране. Тези четири компонента са свързани със системата

GIS и са много съществени за установяване и вземане на ефективни управленчески решения при намаляване на търговските загуби. Особено важна роля има системата за водомерите, която събира изходните данни, проверява тяхната точност, определя състоянието на водомера и подава приемливи данни към системата за фактуриране, като изготвя графици за периодична проверка, ремонт и подмяна на водомерите.

Икономическото ниво на търговските загуби е това при което капиталовложенията и експлоатационните разходи за намаляването им се изравняват с приходите при дадена цена на водата. Над икономическото ниво на търговските загуби е неефективно да се инвестира за по-нататъшното им намаляване.

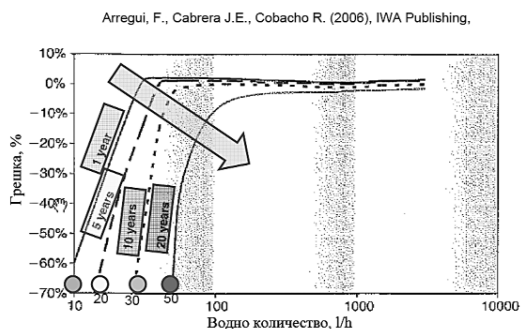
Неточността на водомерите нараства също по време на експлоатацията и те започват да измерват по-малки водни обеми от преминалите [3,11]. Например изпитаните 100 индивидуални водомери с пластмасови механизми (52 за студена и 48 за топла вода) от жилищна сграда в София са дали показания извън стандарта след 3,5 години експлоатация, като 70 % от тези за топла и 21 % за студена вода са измервали по-малко от действителния разход на вода [4]. При същия експеримент са доказани по-големи измерени водни обеми по общия водомер с 25 % в сравнение със сумарните обеми от индивидуалните водомери.



Фиг. 2. Крива на грешките на водомери клас В

Стандартна крива на грешките на водомери клас В е дадена на Фиг. 2. Особено интересен е интервала на грешките от задвижването  $Q_z$  на водомера (грешка-100 %) до  $Q_1$  (грешка – 5%), където е чувствително намалението на точността на водомерите, след

срок на експлоатация 5, 10 и 20 години (Фиг. 3) [15].



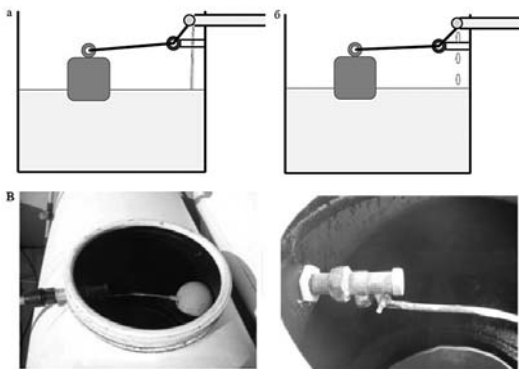
Фиг. 3. Изменение на точността на водомерите при различен срок на експлоатация (1, 5, 10 и 20 години)

Срокът за периодична проверка на водомерите е този, при който разходите за проверката се изравняват със загубите на неотчетените водни обеми при дадена цена на водата. Индивидуалните водомери от жилищата в България трябва да се проверяват според Наредба [4] през 10 години. Това е предпоставка за нарастване на разликата в отчетите на общия и индивидуалните водомери в жилищните сгради през последните години преди проверката.

Според Зухомел [2] водомерите във Виена се проверяват през 5 години, но намаляването на периода на 4 години е икономически оправдано. В град Масао - Китай след изследвания е установен оптималния срок за периодична проверка на водомерите на 6 – 7 години при нормативен срок – 10 години, [12].

Новите скоростни водомери клас В с диаметри 15, 20 и 25 mm не отчитат по-малки водни количества съответно от 10, 15 и 20 l/h, което за 24 часа съответства на водни обеми 240, 360 и 480 литра. От друга страна от Фиг. 3 се вижда, че грешката в „минус“ на водомерите нараства особено до границата на задвижване  $Q_z$  (Фиг. 2) и след нея при малките разходи на вода до минималния  $Q_1$ . Неотчетените малки дебити са налице при течове от водочерпните арматури, клозетните казанчета и напорните резервоари.

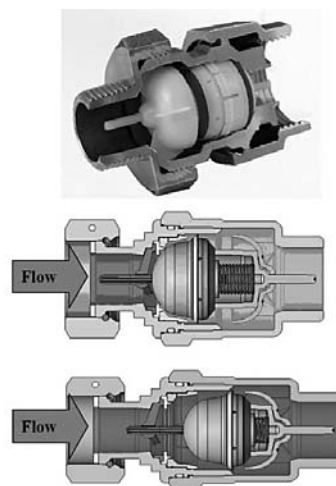
Сферичните и квадратни поплавци за клозетни казанчета (Фиг. 4 а) и напорни резервоари (Фиг. 4 в) в крайната фаза на затварянето на



Фиг. 4. Примери за търговски загуби а - крайна фаза на напълване на клозетно казанче; б - теч на клозетно казанче; в - при вентил за напорен резервоар със сферичен поплавак

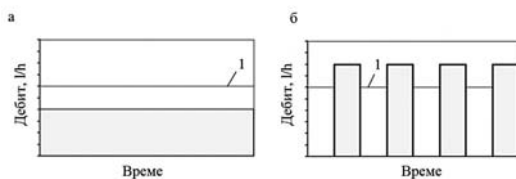
вливния тръбопровод също пропускат водни количества, които не се отчитат или се измерват с голяма грешка.

За намаляване на търговските загуби в споменатите случаи фирма АRI-Израел произвежда възвратни клапи UFR (Unmeasured - Flow Reducer) (Фиг. 5) с диаметри 15, 20 и 25 mm които се монтират след водомерите. Те осигуряват измерването и на малки водни количества, които водомерът не може да регистрира или прави това с голяма грешка.



Фиг. 5. UFR – възвратна клапа

UFR-клапата променя начина, по който водата преминава през водомера при малки дебити. Енергията на водния поток е недостатъчна в тези случаи да завърти турбината на водомера. UFR клапата събира по-малките водни количества от  $Q_1$  (Фиг. 2) и в



**Фиг. 6. Примери за функциониране на водомер**  
**а- без UFR; б- с UFR**  
**1- граница на задвижване на турбината на водомера**

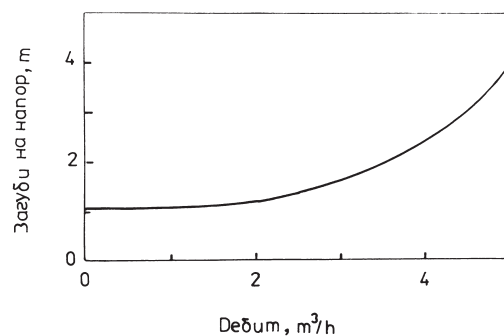
определен момент при разлика в наляганията преди и след нея  $\Delta p = 0,4$  bar се отваря и ги пропуска през водомера (Фиг. 6 а, б), който ги измерва с необходимата точност. В случая UFR-клапата регулира движението на водата при малките дебити, докато при водни количества равни и по-големи от минималните за даден водомер  $Q_1$  (Фиг. 2), тя е постоянно напълно отворена и създава напорни загуби  $\Delta p = 0,1$  bar (Фиг. 7).

**Таблица 2**

Държава	Брой наблюдавани водомери с UFR-клапа	Допълнително отчетени водни обеми с UFR-клапа %
Малта [10,11]	26	5.50-6.00
Кипър [6]	69	4.67
Израел [8,14]	480	8.50
Италия [9]	52	9.15

те на вливните тръбопроводи на високо разположени резервоари с обем  $1\text{m}^3$  и със сферични поплавъци на вентилите. В Lemesos (Кипър) неотчетеното водно количество е било 2,8 % [6], а в Palermo (Италия) на два резервоара – съответно 47 % и 7 %, което е намалало след монтаж на UFR на 7 % и 1 % [7, 9]. Други автори [11] са експериментирали вместо UFR клапа - индукционен поплавок вентил за напорен резервоар, който е бил по-евтин и надежден. С него са намалели неотчетените водни обеми със 6 % в сравнение с традиционните вентили.

За да се установи ефектът от прилагането на UFR- клапите в условията на България се монтираха през средата на месец май 2012 г. такива с диаметър 20 mm след водомерите на 7 къщи в кв. „Веселчани“ и на 4 къщи в кв. „Студен



**Фиг. 7. Загуби на напор от UFR клапа**

Поради големият интерес към UFR-клапите са проведени експериментални измервания в редица страни за оценка на ефекта от монтирането им (Табл. 2) [6, 8, 9, 10, 11, 14].

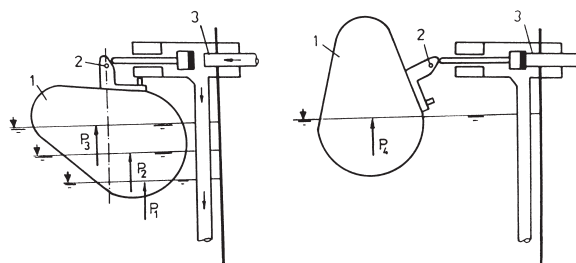
При наличието на UFR-клапа след индивидуалните водомери се наблюдават по-големи отчетени водни обеми от 4,67 % до 9,15 % (Табл. 2). Някои автори [5, 8, 12] са оценявали неотчетените водни количества от водомери-

Кладенец” от гр. Кърджали. Средният разход на вода за едно денонощие от една къща за този период е  $0,484\text{m}^3$ . Сравнени са данните от водомерите преди (2011 г.) и след монтирането на UFR - клапи (2012 г.) за гореспоменатия период от време. Получиха се по-големи отчетени водни обеми за едно денонощие с 5,7 % при наличие на UFR - клапи. При измерената средна денонощна консумация  $0,484\text{m}^3$  от един водомер за една година ще се получат допълнително отчетени водни обеми  $10,07\text{m}^3$ . При цени на водата за гр. Кърджали  $1,44\text{лв}/\text{m}^3$  и на UFR клапата 40 лв, срокът на възстановяване на вложената инвестиция е 2,76 години.

Необходимо е да се установи надеждността при експлоатация на UFR-клапите в България след продължителна експлоатация.



За да се избегнат търговските загуби при пълнене на клозетните казанчета, черпателните и напорните резервоари в България е разработен нов вид поплавък - вентил (Фиг. 8) [1]. Последният е със специална форма на поплавъка, който остава неподвижен и вентилът пропуска оразмерителното водно количество при пълнене на клозетното казанче (Фиг. 8). Вентилът е с нов принцип на действие, различен от този на известните конструкции. Направлението на силите от водния подем ( $P_1, P_2 \dots$ ) (Фиг. 8) при пълнене на резервоара б са отдясно на остта на въртене 2 на поплавъка 1, като го задържат хоризонтален и неподвижен,



Фиг. 8. Нов поплавък вентил за клозетни казанчета и напорни резервоари.  
1 - кушовиден поплавък; 2 - ос; 3 - вливен тръбопровод.

В да отчитат цялото постъпващо водно количество без допълнителни устройство като UFR-клапата, както и по-скъпи и по-точни водомери (обемни или скоростни клас С или D). Освен това не е необходимо сложно моделиране на процеса на напълване на напорните резервоари при наличие на UFR-клапа и изменение на налягането във вливния тръбопровод, както това се предлага в италианската публикация [7].

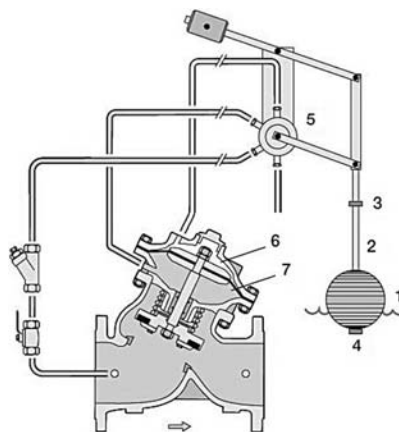
При по-големи диаметри на вливния тръбопровод в черпателни или напорни резервоари може да се използва поплавък-вентила с хидравлично действие за две нива (Фиг. 9). Вентилът е напълно отворен при пълнене на резервоара, като поплавъкът 1 се движи нагоре по лоста 2 и като достигне до гайката 3 (максимално водно ниво) се повдига лостовата система, завъртайки четирипътния кран 5. Така чрез крана 5 и импулсните тръбички долната камера 7 се свързва с атмосферата, а в горната – 6 постъпва вода под налягане от входната част, която придвижва мембраната

при което вентилът е напълно отворен. Когато това направление на силата на водния подем ( $P_3$ ) премине отляво на остта на въртене 2, поплавъкът 1 се завърта по часовата стрелка и вентилът прекъсва бързо притока на вода (Фиг. 8).

За оптимизиране на размерите на поплавък - вентила е създадена подходяща методика [1], която отчита изменението на моментите на силата на водния подем и теглото на поплавъка при различни ъгли на завъртането му.

Оригиналната и евтина конструкция на поплавък-вентила (Фиг. 8) създава условия и за скоростните водомери клас

надолу и затваря основния вентил. При изпразване на резервоара, поплавъкът 5 достига до долната гайка 4 (минимално ниво) и задейства четирипътния кран 5, който свързва долната камера 7 с



Фиг. 9. Хидравличен вентил с четирипътен кран за две водни нива на фирма Bermad - Израел.

1 - поплавък; 2 - лост; 3,4 - гайки за регулиране съответно на горно и долно ниво; 5- четирипътен кран; 6 и 7 горна и долна камера на задвижващия мембранен механизъм

входното налягане и горната камера б с атмосферата. Основният вентил се отваря и започва напълването на резервоара.

В тези случаи не е целесъобразно да се използват UFR клапи, тъй като те са с малки диаметри до 25 mm и е необходим голям брой, както и сложна схема за монтаж.

Въз основа на направения анализ на причините за търговските загуби и извършените изследвания могат да се направят следните изводи:

1. От експериментите в чужбина е установено, че ефектът от UFR-клапите е увеличение на отчетените водни количества от 4.67 % до 9.15 %;
2. изследванията у нас в 11 къщи от гр. Кърджали за периода месец май 2012 г. до края на септември същата година показаха средно увеличение на отчетените денонощни водни обеми с 5.7 %. Срокът за възстановяване на инвестицията за една UFR-клапа с диаметър 20 mm за гр. Кърджали е 2,76 години;
3. UFR-клапата може да замени възвратния клапан след водомера, съгласно Наредба № 4 /17.06.2005 за проектиране, изграждане и експлоатация на сградни водоснабдителни и канализационни инсталации;
4. за намаляване на неотчетените водни количества от промивните клозетни казанчета и напорни резервоари с обеми до 3 m<sup>3</sup> е за предпочитане да се монтира новия поплавък-вентил (**Фиг. 8**), което ще намали чувствително ефекта на UFR-клапите и опрости монтажа и експлоатацията;
5. чрез използване на новия поплавък-вентил се намалява значително и разликата между водните обеми, отчетени по общия и индивидуалните водомери в жилищата;
6. при по-големи диаметри на вливните тръбопроводи за резервоарите е по-добре те да са с хидравличния вентил с четирипътен кран (**Фиг. 9**) вместо с повече UFR клапи.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Димитров, Г. Изследване загубите на вода в жилищни сгради и мероприятия за намаляването им. Дисертация, С, 1979

2. Зухомел, Изисквания към водомерите от гледна точка на водоснабдителното предприятие. Измерване на вода и топлина. Национална конференция с международно участие, София, 27-29 март 1996 г.
3. Наредба № 4 за условията и реда за присъединяване на потребителите и за ползване на водоснабдителните и канализационните системи. Съюз на ВиК операторите в република България, София, 2012.
4. Павлов, П. Практически наблюдения върху измерените количества ползвана вода в многофамилна жилищна сграда с монтирани апартаментни водомери и общ водомер на сградата. Измерване на вода и топлина. Национална конференция с международно участие, София, 27-29 март 1996г.
5. Arregui, J., Pardo, C., Sorimo, J. Quantification of meter errors of domestic users: A Case Study. Water Loss. Conference, Bucharest, 23 September, 2007.
6. Charalambos, B., S.Charalambos, I.Ioannou. Meter Under-Registration caused by Ball Valves in Roof Tanks. Water Loss Conference, Bucharest, 23 September, 2007.
7. Criminisi, A., C.Fontanazza, G. Freni, G. LaLoggia. Experimental and Modelling Analysis of an Apparent Losses Reduction Device. Water Loss. Conference. Cape Town, 2009.
8. Davidesko., A. UFR-an innovative solution for water meter under registration-Case study in Jerusalem, Israel. Water Loss Conference. Bucharest, 23 September, 2007.
9. Fantozzi, M., A. Criminisi, C. Fontanazza, G. Freni, A. Lambert. Investigations into under-Registration of Customer Meters in Palermo (Italy) and the Effect of Introducing Unmeasured Flow Reducer. Conference, Capetown, 26-30 April, 2009.
10. Rizzo, A., M. Vermersch, S. John, G. Micallef, R. Pace. Apparent water loss control the way forward. Water 21, August, 2007.
11. Rizo, A., M. Bonello, St. John. Trials to Quantify and Reduce in-situ Meter Under-Registration Water Loss. Conference. Bucharest, 23 September, 2007.
12. Vermersch., E., F. Carteado. Apparent Water Loss Initiative The Macao City Case. Water Loss Management. Telemetry and SCADA in Water Distributio Systems. Conference, Ohrid, 9-10 June, 2008.
13. Vermersch, M., A. Rizzo. Designing an action plan to control non-revenue water. Water 21, April 2008.
14. Yaniv. S. Reduction of Apparent Losses Using the UFR (Unmeasured-Flow Reducer) – Case studies. Water Loss Reduction in water supply systems, Sofia, 18-19 November 2010.
15. Yaniv, S. Reduction of Apparent Losses Using AMR (Automatic Meter-Reading) System with UFR (Unmeasured-Flow Reducer) – Hatanur Case Study. Water Loss Reduction in Water Supply Systems, Conference, Sofia, 19-20 November, 2012.