

асистент Виден Радованов, катедра “ВКПВ“ при УАСГ

ВЛИЯНИЕ НА НЕДОКЛАДВАНИТЕ АВАРИИ ВЪРХУ ГОДИШНИТЕ ФИЗИЧЕСКИ ЗАГУБИ НА ВОДА

EFFECT OF UNREPORTED BURSTS ON THE ANNUAL PHYSICAL WATER LOSSES

Viden Radovanov, Assist. Prof. Eng.,
University of Architecture, Civil Engineering and Geodesy, Sofia

Summary: In this paper calculations of the annual volume of physical water losses from reported bursts were performed by analyzing and determining the number of bursts on the water supply network of the town of Vidin, their average flow rate and average duration. Non-revenue water has been obtained. The annual physical water losses from unreported bursts were calculated and compared to the total water losses and the system input volume.

1. Въведение

Населението в град Видин, използващо услугите на ВиК дружеството е приблизително 50 000 жители. Водоизточник за града е кладенец тип „Раней“ находящ се в близост до село Сланотрън. От него чрез помпа водата се изтласква в мрежата на града, като преди да достигне разпределителната мрежа се отдават водни количества на други осем малки селища. Дължината на водопроводната мрежа, снабдяваща град Видин е приблизително 140 km, от които външни водопроводи – 25 km и разпределителни – 115 km. Етернитовите тръби съставляват 65 % от вътрешните водопроводи на града, 21 % от мрежата се състои от чугунени и 9 % от стоманени тръби. Сградните водопроводни отклонения наброяват приблизително 4000 броя. Почти изцяло сградните водопроводни отклонения са изградени от поцинковани тръби с изключение на подменените и новопостроените връзки. През месец април 2003 година ВиК Видин въвежда механизъм за управление на налягането по водопроводната мрежа чрез монтиране на честотен регулатор към помпата, тласкаща вода към града. По този начин работното налягане остава денонощно постоянно в границите – 3,2 до 3,4 атмосфери.

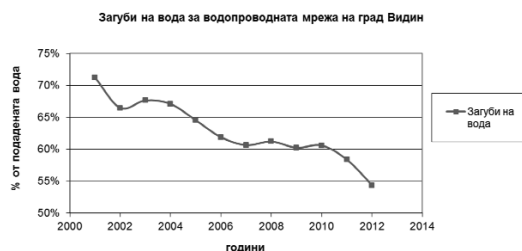
Общите годишни загуби на вода (неплатената вода) за дадена водоснабдителна система се определят като разлика между подадената и фактурираната при консуматорите вода. Компонентите на общите загуби на вода са:

- търговски (условни) загуби на вода – дължащи се на неточно измерване от водомерните устройства на потребителите и на нелегитимна консумация (кражби на вода);
- физически (реални) загуби на вода – дължащи се на течове и аварии по водопроводната мрежа.

От своя страна физическите загуби на вода се обуславят от:

- докладвани аварии – дължащи се на големи течове, които избиват на повърхността, стават видими за водоснабдителното дружество, вследствие на което се отстраняват сравнително бързо;
- недокладвани аварии – относително малки течове по дебит, които не излизат на повърхността и единственият начин да бъдат локализирани и остранени е чрез реализиране на програма за активен контрол на течовете (откриване на скрити аварии).

На **фиг. 1** е представено изменението на общите загуби на вода за Видин, изразени като процент от подадената вода в



Фиг. 1. График на изменение на общите загуби на вода за град Видин от 2001 до 2012 год.

града. Вижда се ефектът от управлението на налягането по водопроводната мрежа, като неплатената вода от 70 % в началото на века намалява до около 60 % към 2006 година. Въпреки реализираните усилия този процент е значителен спрямо стойностите в развитите европейски страни – между 10 % и 25 % [1]. Обикновено компонентите на общите загуби на вода се преразпределят по следния начин: 70 % са физически загуби и 30 % са търговските загуби. На пръв поглед, обаче не може да се оцени кои от докладваните или недокладваните аварии допринасят за големите обеми губеща се вода от течове по водопроводната мрежа. Тази оценка е съществена за експлоатиращите дружества, за да могат

да насочат своите усилия или към бързина и качество при отстраняване на докладваните аварии или към реализиране на програма за активен контрол на теча и локализиране на недокладваните аварии.

2. Определяне на годишните физически загуби на вода от докладвани аварии по водопроводната мрежа

Изчисляването на годишните физически загуби на вода от докладвани аварии може да бъде извършено след определяне на три параметъра: броят на възникналите аварии, дебита на изтичане от една авария и нейната продължителност от началото на възникване до нейното отстраняване. В таблица 1 и фиг. 2 са приведени данни по години за възникналите докладвани аварии по водопроводната мрежа на град Видин. Вижда се, че броят на възникналите аварии във водопроводната мрежа надвишава този в сградните водопроводни отклонения (СВО). Това се дължи на факта, че отклоненията са изградени от поцинковани тръби с малки диаметри и е логично по-голямата част от аварията по тях да са недокладвани.

Таблица 1. Разпределение на докладваните аварии по мрежата на град Видин

Година	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Общ брой	316	331	330	294	271	243	274	270	258	232	274	340
СВО, бр.	112	128	156	114	115	103	91	101	116	106	101	125
Водопр. кл., бр.	204	203	174	180	156	140	183	169	142	126	173	215
D<150, бр.	123	109	120	118	97	104	96	95	98	78	89	87
D>150<300, бр.	22	4	3	26	8	13	41	23	13	12	25	16
D>300, бр.	59	90	51	36	51	23	46	51	31	36	59	22



Фиг. 2. Разпределение на докладваните аварии в град Видин от 2001 до 2012 год.

За характеризирание честота на поява на аварии по водопроводната мрежа е необходимо изчисляване на коефициента на аварийна плътност (КАП), който се дефинира с отношението на броя на аварията за година към дължината на мрежата. За европейските страни този показател е със стойност 0,15 броя на km [2].

Таблица 2. Изчисляване на коефициентите на аварийна плътност

Година	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
оКАП, ав./км	1,83	1,92	1,91	1,70	1,57	1,41	1,59	1,57	1,50	1,35	1,59	1,97
вКАП, ав./км в.м.	1,41	1,41	1,20	1,25	1,08	0,97	1,27	1,17	0,98	0,87	1,20	1,49
сКАП, ав./км СВО	4,00	4,57	5,57	4,07	4,11	3,68	3,25	3,61	4,14	3,79	3,61	4,46
КАП D<300, ав./км	1,57	1,23	1,34	1,56	1,14	1,27	1,49	1,28	1,20	0,98	1,24	1,12
КАП D>300, ав./км	2,64	4,03	2,28	1,61	2,28	1,03	2,06	2,28	1,39	1,61	2,64	0,99



Фиг. 3. Разпределение на коефициента на аварийна плътност за град Видин от 2001 до 2012 г.

Общата дължина вътрешната разпределителна мрежа на град Видин е 144 km, а дължината на СВО (28 km) е определена на база техния брой и средна дължина на едно отклонение до водомерния възел равна на 7 m. От **фиг. 3** се вижда, че честотата на поява на аварии (КАП) по СВО е около 4 пъти по-висока от тази по водопроводните клонове. Това се дължи на



Фиг. 4. Анализирани на МНВК за DMA „Калето“ с цел определяне на дебита на изтичане

значително по-голямата дължина на разпределителни клонове спрямо отклоненията.

След броят на възникналите аварии, се определя дебита на изтичане от различните течове. По водопроводната мрежа на град Видин са обособени две големи зони за измерване (DMA зони) и пет по-малки пилотни зони за измерване. На входовете на зоните са монтирани водомерни устройства. В изследваните обособени сектори са възникнали 6 докладвани аварии по водопроводни клонове и 14 по СВО. Дебитът на изтичане на една самостоятелна авария е определен след анализиране на минималните нощни водни количества (МНВК) за зоните (**фиг. 4**), преди и след отстраняване на аварията.

Резултатите за всички аварии са обобщени в **таблица 3**, където освен получените дебита на изтичане са представени и характеристиките на аварията участъци. Най-често срещаните диаметри за СВО са между 1'' и 2'', а за водопроводните клоновете – от 80 до 125 mm. Изчислените средни дебита на изтичане от докладвани аварии по водо-

Таблица 3. Обобщена таблица с дебитите на изтичане за докладваните аварии

No	Ден	DMA	тръбопр.	D,mm	Матер.	Тип	пр.МНВК м³/час	сл.МНВК м³/час	ΔQ, м³/час
1	27.6.2011	Гео Милев	СВО	2''	поц.	докл.	1,900	1,000	0,900
2	30.6.2011	Акджамия	СВО+ПХ	1 1/2''	поц.	докл.	5,600	4,200	1,400
3	30.7.2011	Акджамия	СВО	1''	поц.	докл.	6,400	6,000	0,400
4	31.7.2011	Гео Милев	СВО	2''	поц.	докл.	0,996	0,524	0,472
5	9.12.2011	Калето	СВО	1 1/2''	поц.	докл.	49,800	48,600	1,200
6	20.12.2011	Калето	СВО+ПХ	1 1/2''	поц.	докл.	48,500	45,000	3,500
7	17.1.2012	Калето	водопр.	100	чуг.	докл.	45,000	36,500	8,500
8	23.1.2012	Калето	водопр.	100	чуг.	докл.	48,000	38,000	10,000
9	5.3.2012	Калето	СВО	3/4''	поц.	докл.	42,000	37,000	5,000
10	27.3.2012	Шарампоя	СВО	1''	поц.	докл.	12,500	10,500	2,000
11	17.4.2012	Акджамия	СВО	25	певп	докл.	18,800	17,600	1,200
12	23.4.2012	Пазара	СВО	25	певп	докл.	34,200	33,500	0,700
13	7.5.2012	Пазара	СВО	1''	поц.	докл.	39,100	38,200	0,900
14	23.5.2012	Пазара	СВО	2''	поц.	докл.	37,800	35,200	2,600
15	18.7.2012	Пазара	СВО	1''	поц.	докл.	измерено с общ водомер		1,667
16	23.7.2012	Пром. пр.	СВО	2''	поц.	докл.	измерено с общ водомер		0,600
17	22.11.2012	Шарампоя	водопр.	125	ет	докл.	27,500	15,000	12,500
18	9.12.2012	Пазара	водопр.	80	чуг.	докл.	28,000	11,000	17,000
19	29.12.2012	Пазара	водопр.	80	чуг.	докл.	46,200	34,000	12,200
20	30.12.2012	Пазара	водопр.	80	чуг.	докл.	53,500	39,340	14,160

проводните клонове и СВО са съответно 12,393 m³/h и 1,610 m³/h. В друго изследване проведено в Англия и Уелс тези параметри са съответно 14,0 m³/час и 1,7 m³/h при работно налягане от 5 атмосфери. Както беше отбелязано средното работно налягане в мрежата на град Виден е 3,3 атмосфери. При други стойности на работното налягане биха се получили и други дебита на изтичане от докладвани аварии. Те могат да бъдат определени по формулата.

$$L_1/L_2 = (P_1/P_2)^N,$$

Където: L₁ и L₂ са дебита на изтичане при налягане в мрежата P₁ и P₂;

N – степенен показател, зависещ от вида на отворите по водопроводите.

При липса на извършени конкретни изследвания относно стойността на коефициента N, се препоръчва той да се приема равен на 1,15 [3,4]. В табл. 4 за N=1,15 са представени данни за стойностите на корекционния коефициент (PCF) и дебита на изтичане при различни налягания.

Таблица 4. Таблица с изчислените коефициенти коригиращи разхода по налягане

Ср. Налягане (м)	20	30	33	40	50	60	70	80	90	100
PCF	0,562	0,896	1,000	1,248	1,613	1,989	2,374	2,769	3,170	3,579
Qав-сво, м ³ /час	0,905	1,443	1,610	2,009	2,597	3,202	3,822	4,458	5,104	5,762
Qав-вод, м ³ /час	6,965	11,104	12,393	15,466	19,990	24,650	29,421	34,316	39,286	44,355

За изчисляването на годишните физически загуби на вода от докладвани аварии освен броя на аварията и дебита на изтичане е необходимо да се определи продължителността на изтичане от момента на поява на теч до неговото отстраняване. За добре поддържаните мрежи [3,4], е прието времетраене от 3 дни за авария по водопроводен клон и 8 дни по сградно отклонение. Водопроводната мрежа в централната част на град Видин е изграден през 30-те, а в крайните квартали през 60-те и 70-те години на миналия век. В конкретното изследване са приети двойно по-високи стойности за времетраенето на една авария от предлаганите:

16 дни за авария по сградно водопроводно отклонение;

5 дни за авария по водопроводен клон (от етернит или чугун);

16 дни за авария по водопроводен клон (от стомана).

На фиг. 5 са представени резултатите за изчислените стойности на годишните физически загуби на вода от докладвани ава-

рии. От нея се вижда, че въпреки честотата на поява на аварии по СВО да е по-висока, обемът на губещата се вода по водопроводните клонове е около 2 пъти по-голям.

3. Изчисляване на годишните физически загуби на вода от докладвани аварии по водопроводната мрежа

Годишните физически загуби на вода от докладвани аварии не могат да бъдат изчислени по описаната по-горе методиката, поради липса на информация относно дебита, продължителността и броя на скритите течове. Изчисляването на тези загуби може да стане чрез определяне на останалите компоненти на общите загуби на вода във водоснабдителния баланс.

В таблица 5 като изходни данни са въведени годишните обеми на подадената и фактурираната вода за периода 2001-2012 год. На база тези обеми са изчислени общите загуби на вода, чиито основни

компоненти са търговските и физическите загуби. Търговските загуби на вода за цялото населено място трудно могат да се оценят коректно. Някои световни изследвания цитират стойности от 2 % до 9 % от фактурираната вода [5]. За България този процент варира между 10 % и 17 % [6]. Такива изследвания са реализирани за територията на две DMA зони в град Видин и получената стойност е 25 %. Тази стойност е използвана при определянето на търговските загуби на вода. Годишните физически загуби от докладвани аварии са представени на фиг. 5. Разликата между общите загуби на вода (таблица 5) и

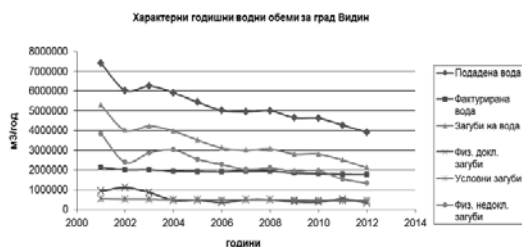


Фиг. 5. Изменение на годишните физически загуби на вода от докладвани аварии

Таблица 5. Таблица за определяне годишните физически загуби на вода от недокладвани аварии

Година	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Q подадена, м ³ /г	7412671	6020967	6247549	5907474	5428071	5018593	4948393	5005884	4650456	4623280	4275595	3888547
Q фактурир., м ³ /г	2132127	2017843	2020202	1943722	1924454	1911970	1947175	1941391	1848713	1821292	1779467	1773547
Q загуби, м ³ /г	5280544	4003124	4227347	3963752	3503617	3106623	3001218	3064493	2801743	2801988	2496128	2115000
Q загуби, %	71%	66%	68%	67%	65%	62%	61%	61%	60%	61%	58%	54%
Q физ., водопр. кл., м ³ /г	807906	970552	692698	388933	402438	285998	426446	421945	315408	307906	454356	260189
Q физ., СВО, м ³ /г	115523	132026	160907	72899	73538	65865	58191	64586	74178	67783	64586	79933
Q физ., докл., м ³ /г	923429	1102578	853605	461832	475976	351863	484637	486530	389586	375689	518941	340122
Q усл., м ³ /г	533032	504461	505051	485931	481114	477993	486794	485348	462178	455323	444867	443387
Q физ., недокл., м ³ /г	3824084	2396085	2868692	3015989	2546527	2276768	2029787	2092615	1949979	1970976	1532320	1331491
Q физ., недокл., % от Qзаг.	72%	60%	68%	76%	73%	73%	68%	68%	70%	70%	61%	63%
Q физ., недокл., % от Qпод.	52%	40%	46%	51%	47%	45%	41%	42%	42%	43%	36%	34%

сумата от търговските и физическите загуби представлява обема на губещата се вода от недокладвани аварии. Резултатите от таблица 5 са представени на фиг. 6.



Фиг. 6. Изменение на характерните годишни водни обеми за град Видин

4. Заключение

От направеното изследване е установено, че годишните стойности на физическите загуби на вода от недокладваните аварии надвишават докладваните от 3 до 5 пъти, като се равняват на 40 % и 50 % от обема на подадената за града вода. Представените резултати са за водопроводна мрежа със средно работно налягане около 3 атмосфери. Нормално селищните водопроводни мрежи у нас са проектирани и изградени с максимално допустими работни наляганя между 6 и 8 атмосфери, което означава още по-големи обеми губеща се вода от скрити течове и аварии. От друга страна, практика у нас е ВиК дружествата да прилагат пасивен контрол на теча, като отстраняват само видимите аварии, с което проблемът за намаляване на недокладваните аварии не се решава. Един-

ствената правилна политика за редуциране на тези губещи се обеми вода е изпълнение на програма за активен контрол на теча. Такава програма е приложена в две от изградените DMA зони в град Видин, които обхващат около 20 % от територията на града, като част от цялостна стратегия за намаляване на загубите на вода, включваща още реконструкция на стоманени водопроводи и подмяна на общи водомери в жилищните сгради. В резултат от приложените мероприятия общите загуби на вода за последните две години са намалени от 60 % на 55 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chiru, E. Water losses and other operation & maintenance issues in Eastern Europe, 2008.
2. Паскалев, А. Ръководство за намаляване загубите от неотчетена вода, 2011.
3. Калинков П. Хабилитационен труд, 2004.
4. Farley, M., Trow S. Losses in Water Distribution Networks, 2003. 2. WSA/WCA Engineering and Operations Committee. Managing Leakage: UK Water Industry Managing Leakage. Report E – Interpreting Measured Night Flows, 1994.
5. Lambert, A. Water Losses Management and Techniques, 2001.
6. Калинков, П., Кукурин К. Загуби на вода във водоснабдителните системи. БАН, Сп. Водни проблеми – 32. София, 2002.