

## ПРИБЛИЖЕННАЯ ОЦЕНКА УЩЕРБА ОТ АВАРИЙ В ГИДРОСЕТЯХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ

*Ю. Я. Ткачук, канд. техн. наук, доцент;*

*Е. В. Шатрюк, студентка;*

*С. А. Лобан, студент;*

*Сумский государственный университет,*

*ул. Римского-Корсакова, 2, Сумы, 40007, Украина*

*Проведен теоретический анализ времени ликвидации аварий на трубопроводах водопроводных сетей. Установлено существование двух составляющих ликвидации аварий:*

*1) Составляющая связана с разрытием траншеи в которой уложен аварийный трубопровод. Эта составляющая характеризует земляные работы и ее время пропорционально диаметру трубопровода.*

*2) Составляющая связана с применением различных инструментов для восстановительных работ на самом трубопроводе - «инструментальная составляющая». Эта составляющая имеет нелинейный характер, так как зависит от многих трудноучитываемых факторов и представляет собой экспоненциальную зависимость.*

*Суммарное время ликвидации аварий позволяет определить дополнительные затраты на стоимость жизненного цикла.*

*Ключевые слова: сеть водоснабжения, диаметр трубопровода, глубина заложения труб в грунт, «земляная» и «инструментальная» составляющие восстановительных работ.*

### ВВЕДЕНИЕ

Аварии в гидросетях водоснабжения наносят городскому коммунальному хозяйству ощутимый ущерб, который с каждым годом увеличивается в связи с ростом количества аварий [1].

Причина аварий общеизвестна – износ трубопроводных сетей, срок амортизации которых давно истек. Внеамортизационная эксплуатация любого оборудования всегда обходится дороже, чем доамортизационная.

Единственно правильным выходом является замена всей гидросети на новые трубопроводы. Однако отсутствие финансовых средств не позволяет реализовывать замену труб. На ликвидацию аварий требуется выделение очередных средств, как правило, больших, чем на ликвидацию предыдущих, так как характер аварии усложняется в связи с продолжающимся усиленным износом. "Латать" изношенную трубу до бесконечности нельзя, наступает момент, когда необходима замена изношенной трубы на новую, а это гораздо дороже "латания"[2].

Кроме того увеличение количества аварий приводит к росту потерь питьевой воды как продукта, увеличения бесполезных затрат энергии при утечках воды, а также к затратам на ликвидацию последствий аварий: необходимости срочного ремонта подтопления, проседания участков дорог, размывов окружающей среды, а иногда и более серьезных разрушений жилых и промышленных зданий, сооружений, замыканий, обрывов электрических, телефонных кабелей, подъему уровня грунтовых вод, бактериальному загрязнению почвы [3].

Как видим, ущерб от аварий носит разнообразный, часто непредсказуемый характер. Однако работ, позволяющих расчетным путем оценить ущерб от аварий на водопроводных сетях явно недостаточно.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Целью данной статьи является на основе теоретических предпосылок и использования рекомендаций имеющихся нормативных материалов [4], предложить аналитические расчетные зависимости, позволяющие оценить в данном выражении ущерб от аварий на водопроводных сетях.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Анализ имеющихся источников информации по ликвидации аварий на водопроводных сетях [5] показывает, что условно можно выделить следующие этапы этого процесса.

1. Обнаружение аварий и отключение подачи воды;
2. Земляные работы по раскрытию доступа к поврежденному участку трубопровода;
3. Инструментальные работы по восстановлению целостности трубопровода;
4. Пробный пуск и выведение сети водоснабжения на рабочий режим;
5. Восстановительные работы, связанные с приданием окружающей среде доаварийного состояния.

Каждый из этих этапов по-своему важен и требует соответствующих временных затрат, что необходимо учитывать исходя из принципов стоимости жизненного цикла системы водоснабжения. Таким образом, аварии являются существенным фактором, увеличивающим стоимость жизненного цикла систем водоснабжения.

Например на первом этапе необходимо особенно быстро среагировать с отключением водоподдачи, чтобы избежать затопления территории в зоне аварий, не допустить подтопления подвалов жилых зданий, промышленных и административных построек, не допустить замыканий электросетей, размыва почвы и проседания грунта и т. д.

Кроме того, необходимо учитывать большой экономичный ущерб от задержек отключения водоподдачи при авариях.

Приблизительно можно оценить денежные потери по двум параметрам: от потери самой воды и от потерь электроэнергии, при аварии.

Стоимость потерь воды  $C_v$  за время от начала аварийного состояния  $T_H$  до момента отключения  $T_0$  при тарифе на воду  $\sigma_e$  составит:

$$C_e = Q \cdot (T_0 - T_H) \cdot \sigma_e, \quad (1)$$

где  $Q$  – расход воды, м<sup>3</sup>/час;

$T_0 - T_H$  – время аварийного периода, час;

$\sigma$  – тариф на воду, грн/м<sup>3</sup>.

Стоимость потерь электроэнергии:

$$C_э = N \cdot (T_0 - T_H) \sigma_э, \quad (2)$$

где  $N$  – установочная мощность насосных агрегатов, кВт;

$\sigma_э$  – тариф на электроэнергию, / . . .  
:

$$C = C_e + C_э. \quad (3)$$

$$C = \omega \sigma_3 \quad (4)$$

$C_3$  – ;  
 $w$  – ;  
 $\sigma_3$  – / 3.

« »

$$C_u = (T_0 - T_H) \cdot \sigma_u \quad (5)$$

$C_u$  – « » ;  
 $\sigma_u$  – « » / .

$$T = a_0 \cdot L \cdot D = a \cdot D, \quad (6)$$

$a$  – (" ")

$T_m$  –  $T$  –  $T_m$   $T$

$D$   $D_m$  –  
 $T/T_m$   $y$ ,  $D/D_m$   $x$ .

$$dy = k \cdot (y_m - y) \cdot dx, \quad (7)$$

$$\frac{dy}{dx} = k(y_m - y), \quad (8)$$

$k -$

(8)

$$\frac{dy}{y_m - y} = k \cdot dx. \quad (9)$$

(9),

$$\ln \frac{y_m}{y_m - y} = k \cdot x. \quad (10)$$

(10),

$$\frac{y_m}{y_m - y} = e^{kx}. \quad (11)$$

(11)

$$\frac{y_m - y}{y_m} = \frac{1}{e^{kx}}, \quad (12)$$

$$1 - \frac{y}{y_m} = \frac{1}{e^{kx}}, \quad (13)$$

$$\frac{y}{y_m} = 1 - \frac{1}{e^{kx}}. \quad (14)$$

$$T = T_m \left(1 - e^{-k \frac{D}{D_m}}\right). \quad (15)$$

(15)

1.

2.

$k$

(7).

$T \quad D$

$a$

(6);

2

[6]

(6)  
(

. 1).

Таблица 1 – Результаты расчета времени ликвидации аварии

$D_i$	$\frac{D_i}{D_m}$	$K \cdot \frac{D_i}{D_m}$	$e^{\frac{K \cdot D_i}{D_m}}$	$\frac{1}{e^{\frac{K \cdot D_i}{D_m}}}$	$1 - \frac{1}{e^{\frac{K \cdot D_i}{D_m}}}$	$T_B = T_m \cdot \left( 1 - \frac{1}{e^{\frac{K \cdot D_i}{D_m}}} \right)$	$T_A = aD_3$	$T_C = T_A + T_B$
0	0	0	1	1	0	0	0	0
100	0,5	0,693	2	0,500	0,500	2,50	0,8	3,30
200	1,0	1,386	4	0,250	0,750	3,75	1,6	5,35
300	1,5	2,079	8	0,125	0,860	4,38	2,4	6,78
400	2,0	2,772	16	0,063	0,940	4,69	3,2	7,89
500	2,5	3,465	32	0,031	0,970	4,85	4,0	8,85
600	3,0	4,158	64	0,016	0,980	4,92	4,8	9,72
800	4,0	5,944	256	0,004	0,996	4,98	6,4	11,38
1000	5,0	6,930	1022	0,000	1,000	5,00	8,0	13,00

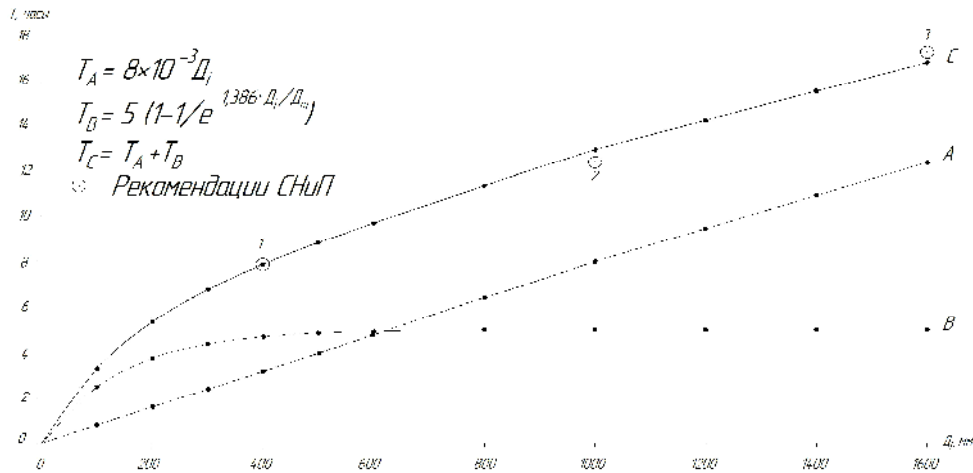


Рисунок 1 – Зависимости времени ликвидации аварий от диаметра трубопровода сети водоснабжения

$$k \quad [6],$$

$$e^{kx} = 2^{2x} \quad (16)$$

(16)

$$kx \cdot \ln e = 2x \ln 2 \quad (17)$$

$$k = 2 \ln 2 = 2 \cdot 0.693 = 1,386 \quad (18)$$

$$k \quad D = 200 \quad .$$

( . . 1).

$$T_c = T_A + T_B. \quad (19)$$

$T_c$

$$C_{\text{Л}} = n \cdot T_c \cdot \sigma_{\text{Л}}, \quad (20)$$

$n$  –  
 $\sigma_{\text{Л}}$  –

1.

« » « »

2.

3.

#### APPROXIMATE ESTIMATION OF DAMAGE FROM ACCIDENTS IN WATER SUPPLY HYDRAULIC SYSTEM

*Yu. Ya. Tkachuk, E. V. Shatruck, S. A. Loban,  
Sumy State University,  
2 Rimsky-Korsakov Str., 40007 Sumy, Ukraine*

*The paper presents a theoretical analysis of the time elimination of pipeline accidents water networks. The existence of two components of the emergency response:*

*1) The component associated with the trenches dug in which the emergency pipeline is laid/ This component describes the excavation work and the time is proportional to the diameter of the pipeline.*

*2) The component associated with the use of various tools for restoration work on the line - "instrumental component." This component has a nonlinear character, as it depends on many factors and is an exponential dependence.*

*The total time of emergency allows to determine the additional cost of life cycle costs.*

**Key words:** *system of water supply, pipe diameter, depth of the pipes in the ground, "earthy" and "instrumental" component reconstruction.*

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРЫ

1. Fireplanexpress.ru/publ/avarii\_inzhenernykh\_setej/1-1-0-23.
2. : <http://www.ukrboard.com.ua/ru/board/m-863868/zamena-vodoprovodnykh-trub-vinnitsa-zamena-vodoprovoda-vinnitsa/>.
3. 12.02.1999 . 167.
4. (6)13-10 27.07.89.
5. : [http://www.discflo.ru/info/i\\_lcc\\_i\\_disckoviy\\_nasos.html](http://www.discflo.ru/info/i_lcc_i_disckoviy_nasos.html).
6. , 1988. – 24 .

*Поступила в редакцию 29 августа 2012 г.*