

ՀՏԴ 532.501.32

ՀԻՂԻՍՎԼԻԿԱ  
Ա.Ս. Բարխուդարյան,  
Մ.Ա. Բարխուդարյան

ՈՉ ՍՏԱՑԻՈՆԱՐ ՇԱՐԺՄԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒԹՅՈՒՆԸ ԳՐԱՎԻՏԱՑԻՈՆ ՋՐԱՏԱՐԻ  
ԱՇԽԱՏՈՂ ՏԵՂԱՄԱՍԵՐԻ ԹՎԻ ՓՈՓՈԽՄԱՆ ԴԵՊՔՈՒՄ

Ջրատարների հաշվարկի ժամանակ անհրաժեշտ պայմաններից մեկը սպառողներին ջրով անխափան մատակարարելու պահանջն է: Դրան կարելի է հասնել մի քանի եղանակով, որոնցից մեկը՝ երկու կամ ավելի թվով զուգահեռ ջրատարների նախատեսումն է, որոնք իրար են միացվում հավասար հեռավորությունների վրա տեղակայված  $n$  թվով միջադիրներով: Տեղամասերից որևէ մեկում վնասվածքի կամ վթարի առաջացման պարագայում տվյալ տեղամասը փականների օգնությամբ մեկուսացվում է, իսկ վթարի վերացումից հետո կրկին միացվում է համակարգին: Որնիցե տեղամաս անջատելու, ինչպես նաև հետագայում միացնելու դեպքում համակարգում առաջանում է ոչ ստացիոնար շարժում: Ներկայացված է գրավիտացիոն ջրատարներում առանձին տեղամասերի անջատման և հետագա միացման ժամանակ տեղի ունեցող անցումային պրոցեսների ուսումնասիրությունը:

**Առանցքային բառեր.** ջրատար, սպառող, միջադիր, տեղամաս, ոչ ստացիոնար շարժում, էլք

Գրավիտացիոն ջրատարները (նկ.1)  $n$  թվով միջադիրներով բաժանվում են  $n+1$  հավասար երկարության տեղամասերի: Ջրատարները միացնող միջադիրների  $n$  քանակը անհրաժեշտ է ընտրել այնպես, որ որևէ հատվածի անջատման դեպքում համակարգի էլքը նոր հաստատվող ստացիոնար շարժման ժամանակ չնվազի ավելի քան նախատեսված  $m\%$  -ով [1, 2]: Ջրատարի որնիցե տեղամասի անջատման կամ միացման դեպքում համակարգում առաջանում է ոչ ստացիոնար շարժում: Առանձին տեղամասերն անջատող և միացնող փականները փակվում կամ բացվում են որոշակի  $t_0$  ժամանակահատվածում, որը ևս իր ազդեցությունն է թողնում անցումային պրոցեսների վրա:

Փականի բացման ժամանակ դիմադրության գործակիցն որոշվում է հետևյալ ֆունկցիայով [3]

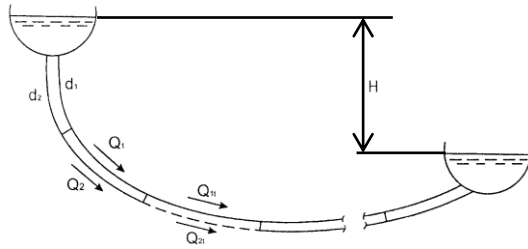
$$\zeta_{\Phi 1}(\tau) = \tau^{-2} \sum_{k=0}^4 b_k \tau^k, \quad (1)$$

իսկ փականի դեպքում՝

$$\zeta_{\Phi 2}(\tau) = (1-\tau)^{-2} \sum_{k=0}^4 b_k (1-\tau)^k \quad (2)$$

$\tau = \frac{t}{t_0}$ , հարթ փականի դեպքում՝

$$b_0 = 1,86, \quad b_1 = -3,80, \quad b_2 = 2,98, \quad b_3 = -2,0, \quad b_4 = 0,96:$$



**Նկ. 1. Համակարգի սխեման**

Ուսումնասիրենք հետևյալ դեպքերը.

1. Գործում են ջրատարների բոլոր տեղամասերը և համակարգում շարժումը հաստատված էր: Սկսած ժամանակի  $t=0$  պահից փականի միջոցով  $d_2$  տրամագծով խողովակի տեղամասերից մեկը անջատվում է:

Ջրատարները կառուցվում են իրար մոտ և դրանք միմյանց միացնող միջադիրներն ունենում են շատ փոքր երկարություններ: Հաշվարկները կատարելու ժամանակ անտեսվում են միջադիրներում առաջացող էներգիայի կորուստները: Նկատի ունենալով երկարությունների փոքր լինելը, կարելի է անտեսել նաև դրանցում ունեցած իներցիոն էջքերը: Դժվար չէ համոզվել, որ այդ պայմանների ընդունման դեպքում միջադիրների միջև ընկած տեղամասերում, ջրատարների հանդիպակաց հատվածներում էներգիայի կորուստի և իներցիոն էջքի գումարները կլինեն իրար հավասար:

Գրելով ոչ ստացիոնար շարժման հավասարումները և օգտվելով անխզելիության պայմանից [4]՝ ստանում ենք հավասարումների հետևյալ համակարգը.

$$\begin{aligned} \frac{dQ_1}{d\tau} &= \frac{\pi t_0 d_1^2 g}{4(n+1)L} \left( (n+1)H - nS_1 Q_1^2 - S_1 Q_{1t}^2 \right) - \frac{2t_0}{\pi L d_2^2} \frac{d_1^2}{d_1^2 + d_2^2} \zeta_{\Phi} Q_{2t}^2 - \\ &\quad - \frac{\pi t_0 d_2^2 g}{4(n+1)L} \frac{d_1^2}{d_1^2 + d_2^2} \left( S_1 Q_1^2 - S_2 Q_2^2 - S_1 Q_{1t}^2 + S_2 Q_{2t}^2 \right), \\ \frac{dQ_{1t}}{d\tau} + n \frac{dQ_1}{d\tau} &= \frac{\pi t_0 d_1^2 g}{4L} \left( (n+1)H - nS_1 Q_1^2 - S_1 Q_{1t}^2 \right), \\ \frac{dQ_2}{d\tau} - \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^2 \frac{dQ_1}{d\tau} &= \frac{\pi t_0 d_2^2 g}{4L} \left( S_1 Q_1^2 - S_2 Q_2^2 \right), \\ \frac{dQ_{2t}}{d\tau} &= \frac{dQ_1}{d\tau} + \frac{dQ_2}{d\tau} - \frac{dQ_{1t}}{d\tau}. \end{aligned} \tag{3}$$

Որպես նախնական պայմաններ են վերցվում ոչ ստացիոնարին նախորդող ստացիոնար շարժման դեպքում համապատասխանող էլքերի արժեքները.

$$Q_1(0) = Q_{1,0}, \quad Q_{1t}(0) = Q_{1,0}, \quad Q_2(0) = Q_{2,0}, \quad Q_{2t}(0) = Q_{2,0}:$$

Հավասարումների (3) համակարգի լուծումն անկախ փոփոխականի  $0 \leq \tau \leq 1$  միջակայքում ստանալու նպատակով  $\zeta_{\Phi 2}$ -ի համար վերցվում է (2) ֆունկցիան: Փականը լրիվ փակելուց հետո

( $\tau \geq 1,0$ ), երբ  $d_2$  տրամագծով խողովակի մեկ տեղամասը լրիվ անջատված է, հավասարումների համակարգը հետևյալն է՝

$$\begin{aligned} n \frac{dQ_1}{d\tau} + \frac{dQ_{1t}}{d\tau} &= \frac{\pi d_1^2 t_0 g}{4L} \left( (n+1)H - nS_1 Q_1^2 - S_1 Q_{1t}^2 \right), \\ \frac{dQ_2}{d\tau} - \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^2 \frac{dQ_1}{d\tau} &= \frac{\pi d_2^2 t_0 g}{4L} (S_1 Q_1^2 - S_2 Q_2^2), \\ \frac{dQ_{1t}}{d\tau} &= \frac{dQ_1}{d\tau} + \frac{dQ_2}{d\tau}, \end{aligned} \quad (4)$$

որի համար որպես նախնական պայմաններ են ծառայում (3) հավասարումների համակարգի լուծումից  $\tau = 1,0$  դեպքում ստացված  $Q_1$ -ի,  $Q_{1t}$ -ի և  $Q_2$ -ի արժեքները:

2. Անջատված տեղամասը կրկին գործարկելու դեպքում հավասարումների համակարգը կլինի՝

$$\begin{aligned} \frac{dQ_{1t}}{d\tau} + n \frac{dQ_1}{d\tau} &= \frac{\pi t_0 d_1^2 g}{4L} \left( (n+1)H - nS_1 Q_1^2 - S_1 Q_{1t}^2 \right), \\ \frac{dQ_2}{d\tau} - \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^2 \frac{dQ_1}{d\tau} &= \frac{\pi t_0 d_2^2 g}{4L} (S_1 Q_1^2 - S_2 Q_2^2), \\ n \frac{dQ_2}{d\tau} + \frac{dQ_{2t}}{d\tau} &= \frac{\pi t_0 d_2^2 g}{4L} \left( (n+1)H - nS_2 Q_2^2 - S_2 Q_{2t}^2 \right) - \frac{2(n+1)}{\pi L d_2^2} \zeta_{\Phi} Q_{2t}^2, \\ \frac{dQ_{2t}}{d\tau} &= \frac{dQ_1}{d\tau} + \frac{dQ_2}{d\tau} - \frac{dQ_{1t}}{d\tau}. \end{aligned} \quad (5)$$

Այս դեպքում որպես նախնական պայմաններ են վերցվում նախորդ համակարգի լուծումից ստացված ելքերի արժեքները [3], իսկ

$$\zeta_{\Phi 2}(\tau) = \tau^{-2} \sum_{k=0}^4 b_k \tau^k :$$

Փակնի լրիվ բացումից հետո հավասարումների համակարգը ստանում է հետևյալ տեսքը՝

$$\begin{aligned} \frac{dQ_{1t}}{d\tau} + n \frac{dQ_1}{d\tau} &= \frac{\pi t_0 d_1^2 g}{4L} \left( (n+1)H - nS_1 Q_1^2 - S_1 Q_{1t}^2 \right), \\ \frac{dQ_2}{d\tau} - \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^2 \frac{dQ_1}{d\tau} &= \frac{\pi t_0 d_2^2 g}{4L} (S_1 Q_1^2 - S_2 Q_2^2), \\ n \frac{dQ_2}{d\tau} + \frac{dQ_{2t}}{d\tau} &= \frac{\pi t_0 d_2^2 g}{4L} \left( (n+1)H - nS_2 Q_2^2 - S_2 Q_{2t}^2 \right), \\ \frac{dQ_{2t}}{d\tau} &= \frac{dQ_1}{d\tau} + \frac{dQ_2}{d\tau} - \frac{dQ_{1t}}{d\tau}, \end{aligned} \quad (6)$$

որի համար որպես նախնական պայմաններ են վերցվում նախորդ համակարգի լուծումից ստացված ելքերի արժեքները  $\tau = 1,0$  դեպքում:

**Թվային օրինակ.**

Ընդունենք

$$H = 20\text{մ}, \quad d_1 = 200\text{մմ}, \quad d_2 = 300\text{մմ}, \quad L = 2000\text{մ},$$

$$k_1^2 = 0,1078(\text{մ}^3/\text{վ})^2, \quad k_2^2 = 1,065(\text{մ}^3/\text{վ})^2$$

Բերված թվային օրինակի պարամետրերի և փականի փական ժամանակահատվածի  $t_0 = 40\text{վ}$  արժեքների դեպքում (3) հավասարումների համակարգից  $0 \leq \tau \leq 1$  դեպքում ստացվում է՝

$$\frac{dQ_1}{d\tau} = 0,2053(0,6 - 538,037Q_1^2 - 18,553Q_{1t}^2) - 0,04355\zeta_{\Phi}Q_{2t}^2 -$$

$$-0,14217(18,553Q_1^2 - 1,878Q_2^2 - 18,553Q_{1t}^2 + 1,878Q_{2t}^2),$$

$$\frac{dQ_{1t}}{d\tau} + 29\frac{dQ_1}{d\tau} = 6,1607(0,6 - 538,037Q_1^2 - 18,553Q_{1t}^2),$$

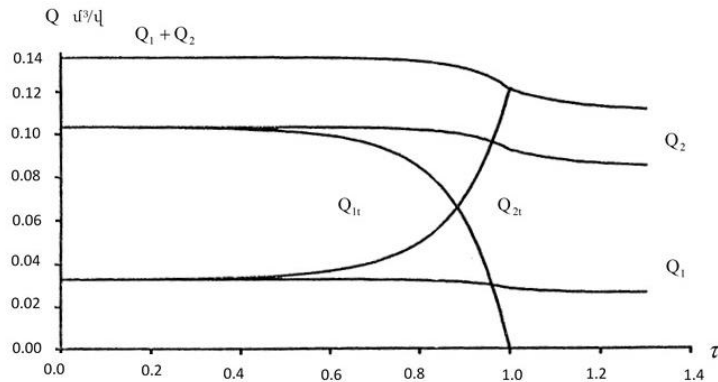
$$\frac{dQ_2}{d\tau} - 2,25\frac{dQ_1}{d\tau} = 13,8615(18,553Q_1^2 - 1,878Q_2^2),$$

$$\frac{dQ_{2t}}{d\tau} = \frac{dQ_1}{d\tau} + \frac{dQ_2}{d\tau} - \frac{dQ_{1t}}{d\tau} :$$

Այս համակարգի նախնական պայմաններն են՝

$$Q_1(0) = 0,0328\text{մ}^3/\text{վ}, \quad Q_2(0) = 0,1032\text{մ}^3/\text{վ}, \quad Q_{1t}(0) = 0,0328\text{մ}^3/\text{վ},$$

$$Q_{2t}(0) = 0,1032\text{մ}^3/\text{վ} :$$



**Նկ. 2. Ելքերի փոփոխման օրինաչափությունները**

$\tau \geq 1,0$  դեպքում հավասարումների համակարգը ունի հետևյալ տեսքը՝

$$\frac{dQ_1}{d\tau} = 0,1146 - 110,739Q_1^2 - 3,5436Q_{1t}^2 + 0,8072Q_2^2,$$

$$\frac{dQ_2}{d\tau} - 2,25\frac{dQ_1}{d\tau} = 257,1446Q_1^2 - 26,029Q_2^2,$$

$$\frac{dQ_{1t}}{d\tau} = \frac{dQ_1}{d\tau} + \frac{dQ_2}{d\tau},$$

նախնական պայմաններն են՝  $Q_1(1) = 0,0285$ ,  $Q_2(1) = 0,0922$ ,  $Q_{1t}(1) = 0,1207$  :

Համակարգերի լուծման արդյունքում ստացվել են նկ. 2-ում պատկերված ելքերի փոփոխման օրինաչափությունները: Ինչպես երևում է (նկ. 2), փականը լրիվ փակվելու պահին համակարգի ելքը ստացվում է ավելի մեծ, քան հետագա ստացիոնար շարժման դեպքում: Փականը լրիվ փակվելուց հետո ելքը աստիճանաբար նվազում է և ձգտում ստացիոնար շարժմանը համապատասխանող արժեքին: Ժամանակի  $t = 100$ վ արժեքից հետո շարժումը գործնականում դառնում է ստացիոնար:

Վթարը վերացնելուց և փականը բացելու միջոցով մեկուսացված տեղամասը նորից գործարկելու դեպքում ժամանակի  $0 < \tau \leq 1$  միջակայքի համար հավասարումների համակարգը ստացվում է հետևյալը՝

$$\begin{aligned} \frac{dQ_{1t}}{d\tau} + 29 \frac{dQ_1}{d\tau} &= 6,16(0,6 - 538,037Q_1^2 - 18,553Q_{1t}^2), \\ \frac{dQ_2}{d\tau} - 2,25 \frac{dQ_1}{d\tau} &= 13,86(18,553Q_1^2 - 1,878Q_2^2), \\ 29 \frac{dQ_2}{d\tau} + \frac{dQ_{2t}}{d\tau} &= 13,86(0,6 - 54,462Q_2^2 - 1,878Q_{2t}^2) - 0,10616\zeta_{\phi} Q_{2t}^2, \\ \frac{dQ_{2t}}{d\tau} &= \frac{dQ_1}{d\tau} + \frac{dQ_2}{d\tau} - \frac{dQ_{1t}}{d\tau} : \end{aligned}$$

Այս համակարգի նախնական պայմաններն են.

$$Q_1(0,01) = 0,0265, \quad Q_2(0,01) = 0,0832, \quad Q_{1t}(0,01) = 0,1089, \quad Q_{2t}(0,01) = 0,0008:$$

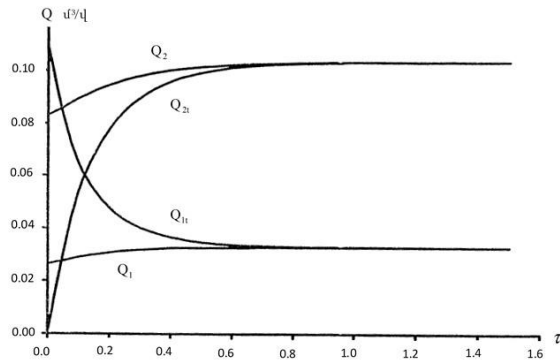
Լուծման արդյունքում ստացվում է.

$$Q_1(1) = 0,03282, \quad Q_2(1) = 0,10307, \quad Q_{1t}(1) = 0,03290, \quad Q_{2t}(1) = 0,10299:$$

$\tau \geq 1,0$  դեպքում հավասարումների համակարգը հետևյալն է՝

$$\begin{aligned} \frac{dQ_{1t}}{d\tau} + 29 \frac{dQ_1}{d\tau} &= 6,16(0,6 - 538,037Q_1^2 - 18,553Q_{1t}^2), \\ \frac{dQ_2}{d\tau} - 2,25 \frac{dQ_1}{d\tau} &= 13,86(18,553Q_1^2 - 1,878Q_2^2), \\ \frac{dQ_{2t}}{d\tau} + 29 \frac{dQ_2}{d\tau} &= 13,86(0,6 - 54,462Q_2^2 - 1,878Q_{2t}^2), \\ \frac{dQ_{2t}}{d\tau} &= \frac{dQ_1}{d\tau} + \frac{dQ_2}{d\tau} - \frac{dQ_{1t}}{d\tau} : \end{aligned}$$

Տվյալ համակարգի համար որպես նախնական պայմաններ են վերցվում նախորդ համակարգի լուծումից ստացված ելքերի արժեքները  $\tau = 1,0$  դեպքում (նկ.3):



**Նկ. 3. Ելքերի փոփոխման օրինաչափությունները մեկուսացված տեղամասը կրկին գործարկելիս**

Մեկուսացված տեղամասը կրկին գործարկելուց դրանում ելքը շատ արագ աճում է, իսկ հանդիպակացում՝ նվազում: Փականի լրիվ բացման պահին համակարգում շարժումը գործնականում դառնում է ստացիոնար (նկ.3):

**А.М. Бархударян,  
М.А. Бархударян**

**ИССЛЕДОВАНИЕ НЕСТАЦИОНАРНОГО ДВИЖЕНИЯ В СЛУЧАЕ ИЗМЕНЕНИЯ ЧИСЛА РАБОТАЮЩИХ УЧАСТКОВ ГРАВИТАЦИОННОГО ВОДОВОДА**

*Одним из необходимых условий при расчете водовода является требование бесперебойного снабжения потребителей водой. Этого можно достичь несколькими способами, один из которых предусматривает наличие параллельно соединенных двух или более водоводов, которые соединяются друг с другом n количеством перемычек, расположенных на равных расстояниях. Благодаря перемычкам каждая труба разделяется на n+1 равных участков. В случае повреждения или возникновения аварии на каком-либо участке он изолируется с помощью задвижки и после устранения аварии вновь подсоединяется в системе. При нормальной работе перемычки не действуют, т.е. в них нет движения жидкости.*

*В случае отсоединения какого-либо участка, а также при последующем подсоединении к системе возникает нестационарное движение. Рассматриваются переходные процессы, имеющие место при отсоединении и последующем подсоединении отдельных участков в гравитационном водоводе.*

**Ключевые слова:** водовод, потребитель, перемычка, участок, нестационарное движение, расход

**A.M.Barkhudaryan,  
M.A.Barkhudaryan**

**STUDY OF UNSTEADY MOTION IN CASE OF CHANGE OF THE NUMBER OF WORKING LAND OF GRAVITATIONAL WATER CONDUIT**

*One of necessary preconditions in calculation of water conduit is failure-free water supply demand from water users. It can be achieved by many ways, one of which is foreseeing two or more parallel connected water lines as. These water lines are connected by n number of cross pipes installed at equal distances. Due to these partitions each pipe is divided to n+1 sections of equal length.*

Due to many causes, in the course of time, in some points of water conduits local damages may occur. In case of occurred damage or failure in one of the sections, that section is isolated by water-gates. After removing the fault, that section is again connected to the system. In case of regular operation the cross pipes are idling that is no fluid flow occurs through them.

Each time any section is switched off and later on is again connected nonsteady flow is developed. To study the transition processes it is necessary to obtain regularities of flow changes in case of unsteady flow.

The paper presents the study of transition processes running in gravity water lines when some sections are switched off and connected again after a period of time.

**Keywords:** water conduit, water user, cross pipe, section, nonsteady motion, flow

## Գրականություն

1. **Абрамов Н.Н.** Водоснабжение. - М.: Стройиздат, 1974. - С. 147-150.
2. **Պողոսյան Մ.Գ.** Ջրմուղի համակարգերի հաշվարկը. - Երևան: Լույս, 1983. - էջ 47-48, 107-109:
3. **Բարխուդարյան Մ.Ա.** Խողովակաշարում հեղուկի ոչ ստացիոնար շարժումը գուգահեռ աշխատող պոմպերից մեկի անջատման դեպքում // Հայաստանում երկրորդ միջազգային էներգետիկական գիտաժողովի զեկուցումների ժողովածու. - Երևան, 2001. - էջ 88-93:
4. **Бархударян А.М., Баблюян А.А., Макарян Г.С.** Нестационарное движение жидкости в трубопроводах насосной установки // Доклады НАН Армении. – 1998. - Т. 98, №2. - С. 137-141.

Աշխատանքն իրականացված է ՀՀ պետական բյուջեից գիտական և գիտատեխնիկական գործունեության բազային ֆինանսավորմամբ «Երկրակեղևի սեյսմոգեն խզվածքներում տեղաշարժերի գրանցում և գեոդեզիական մոնիտորինգի իրականացում լազերային չափիչ գերձզգրիտ սարքերի կիրառմամբ» ծրագրի շրջանակներում:

**Բարխուդարյան Արկադի Միսակի, տ.գ.դ., պրոֆ.** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Ուսումնական աշխատանքների գծով պրոռեկտոր, սկ. Ռ. Սովխիսյանի անվ. Ինժեներական գեոդեզիայի պրոբլեմային լաբորատորիա, տ.գ.ա., (010) 525707, (077) 794030, arkadi.barkhudaryan@yahoo.com: **Բարխուդարյան Միսակ Արկադիի, տ.գ.թ.** (ՀՀ, ք. Երևան)- (010) 227148, (077) 873000:

**Бархударян Аркадий Мисакович, д.т.н., проф.** (РА, Ереван) - НУАСА, проректор по Учебной работе, проблемная лаборатория Инженерной геодезии им. акад. Р.Мовсисяна, с.н.с., (010)525707, (077)794030, arkadi.barkhudaryan@yahoo.com. **Бархударян Мисак Аркадьевич, к.т.н.** (РА, г. Ереван)- (010)227148, (077) 873000.

**Barkhudaryan Arkadi Misak, Doctor of science (architecture), prof.** (RA, Yerevan )- NUACA, vice-rector of AA, Problem Laboratory of Engineering Geodesy by Academician R. Movsisyan, senior researcher, (010)525707, (077)794030, arkadi.barkhudaryan@yahoo.com . **Barkhudaryan Misak Arkadi, doctor of Philosophy (Ph.D) in engineering** (RA, Yerevan) - (010)227148, (077)873000.

Ներկայացվել է՝ 03.10.2014

Ընդունվել է տպագրության՝ 06.10.2014