

Ա.Մ.Բարխուդարյան,
Մ.Ա.Բարխուդարյան

ՈՉ ՍՏԱՑԻՈՆԱԲ ՇԱՐԺՈՒՄԸ ՀԱՄԱԿԱՐԳՈՒՄ ԽՈՂՈՎԱԿՆԵՐԻ ԶՈՒԳԱՀԵՌ ՄԻԱՑՎԱԾ
ՏԵՂԱՄԱՍԻ ԱՌԿԱՅՈՒԹՅԱՆ ԴԵՊՔՈՒՄ

Ինժեներական գործունեությունում հաճախ կիրառվում են զուգահեռ միացված ճյուղեր պարունակող բարդ խողովակաշարեր: Շահագործման ընթացքում խողովակաշարերի վրա տեղակայված փականների բացվածքի չափի փոփոխման հետևանքով համակարգում առաջանում է ոչ ստացիոնար շարժում: Աշխատանքի նպատակն է ուսումնասիրել անցումային պրոցեսները և ստանալ ելքերի փոփոխման օրինաչափությունները համակարգում ոչ ստացիոնար շարժման դեպքում:

Առանցքային բառեր. ոչ ստացիոնար շարժում, ելք, խողովակաշար, փական, անցումային պրոցեսներ

Ուսումնասիրենք ոչ ստացիոնար շարժումը նկ. 1-ում պատկերված համակարգում, որն առաջանում է փականի բացման ժամանակ: Ընդունենք խողովակաշարի M կետում խողովակները ճյուղավորվում են և N կետում նորից միանում: MN տեղամասում առկա է երկու տարբեր տրամագծերի և երկարությունների խողովակների զուգահեռ միացում: Համակարգով անցնող Q ելքը MN տեղամասում բաշխվում է զուգահեռ միացված խողովակների միջև:

Անխզելիության պայմանից հետևում է, որ

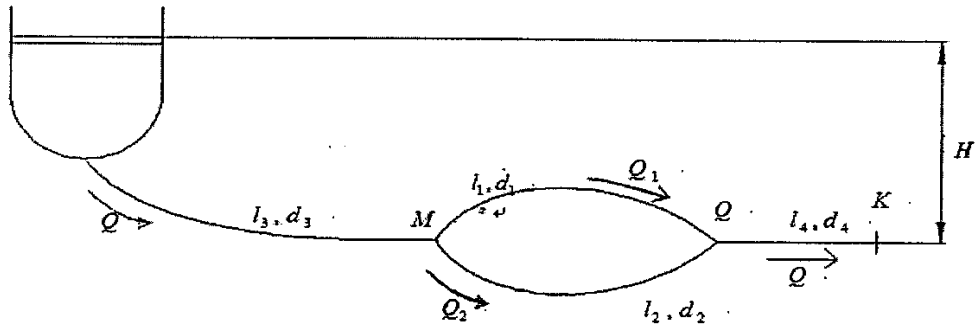
$$Q = Q_1 + Q_2 : \quad (1)$$

Քանզի երկու խողովակների համար էլ ծայրակետերի ճնշումների տարբերությունը նույնն է, հետևաբար նույնը կլինեն նաև էներգիայի կորուստների և իներցիոն էջքերի գումարները՝

$$S_1 Q_1^2 + h_{in1} = S_2 Q_2^2 + h_{in2} : \quad (2)$$

Համակարգի համար գրելով ոչ ստացիոնար շարժման հավասարումը [1, 2], արդյունքում կստացվի.

$$H_0 = S_3 Q^2 + S_4 Q^2 + S_i Q_i^2 + h_{in3} + h_{in4} + h_{ini} \quad (i=1 \text{ կամ } i=2): \quad (3)$$



Նկ.1. Համակարգի սխեման

Խնդրի հետագա լուծումն իրականացվում է երկու դեպքերի համար.

1. երբ փականն ամբողջապես բացվում է հանկարծակի,
2. երբ փականը բացվում է աստիճանաբար, t_0 ժամանակամիջոցում:

1. Փականի հանկարծակի բացման դեպքը

Փականի հանկարծակի լրիվ բացման դեպքում բացակայում է տեղական կորուստը (կորուստը փականի վրա) և ստացվում է հավասարումների հետևյալ համակարգը՝

$$\begin{cases} H_0 = (S_3 + S_4)Q^2 + S_1Q_1^2 + h_{in3} + h_{in1} + h_{in4}, \\ S_0Q_1^2 + h_{in1} = S_2Q_2^2 + h_{in2}, \\ Q = Q_1 + Q_2, \end{cases} \quad (4)$$

որը կարելի է ներկայացնել հետևյալ տեսքով՝

$$\begin{cases} \frac{4l_1}{g\pi d_1^2} \frac{dQ_1}{dt} + \left(\frac{4l_3}{g\pi d_3^2} + \frac{4l_4}{g\pi d_4^2} \right) \frac{dQ}{dt} = H_0 - S_1Q_1^2 - (S_3 + S_4)Q^2, \\ \frac{4l_1}{g\pi d_1^2} \frac{dQ_1}{dt} - \frac{4l_2}{g\pi d_2^2} \frac{dQ_2}{dt} = S_2Q_2^2 - S_1Q_1^2, \\ Q = Q_1 + Q_2 : \end{cases} \quad (5)$$

Նախնական պայմաններն են. $Q(0)=0$, $Q_1(0)=0$, $Q_2(0)=0$:

Հավասարումների այս համակարգի լուծումը կարելի է իրականացնել համակարգչային եղանակով:

Թվային օրինակ

Ընդունենք համակարգի պարամետրերը հետևյալն են.

$$d_1 = 125 \text{ մմ}, d_2 = 100 \text{ մմ}, d_3 = d_4 = 150 \text{ մմ}, l_1 = 400 \text{ մ}, l_2 = 400 \text{ մ}, l_3 = l_4 = 100, H_0 = 40 \text{ մ} :$$

Ըստ տրամագծերի վերցվում են թողունակության արժեքները.

$$K_1^2 = 0,0121 \left(\text{մ}^3/\text{վ} \right)^2, K_2^2 = 0,00374 \left(\text{մ}^3/\text{վ} \right)^2, K_3^2 = K_4^2 = 0,0234 \left(\text{մ}^3/\text{վ} \right)^2 :$$

Դիմադրության գործակիցները կստացվեն.

$$S_1 = 33057 \text{ վ}^2/\text{մ}^5, \quad S_2 = 106952 \text{ վ}^2/\text{մ}^5, \quad S_3 = S_4 = 3401 \text{ վ}^2/\text{մ}^5 :$$

Վերցված թվային արժեքների դեպքում ստացվում է.

$$\frac{4l_1}{g\pi d_1^2} = 3324 \text{ վ}^2/\text{մ}^2, \quad \frac{4l_2}{g\pi d_2^2} = 5195 \text{ վ}^2/\text{մ}^2, \quad \frac{4l_3}{g\pi d_3^2} = \frac{4l_4}{g\pi d_4^2} = 577 \text{ վ}^2/\text{մ}^2 :$$

Կստացվի հավասարումների հետևյալ համակարգը`

$$\begin{cases} 3324 \frac{dQ_1}{dt} + 1154 \frac{dQ_3}{dt} = 40 - 33057Q_1^2 - 6802Q_2^2, \\ 3324 \frac{dQ_1}{dt} - 5195 \frac{dQ_2}{dt} = 106952Q_2^2 - 33057Q_1^2, \\ \frac{dQ}{dt} = \frac{dQ_1}{dt} + \frac{dQ_2}{dt} . \end{cases}$$

Նախնական պայմանները նույնն են:

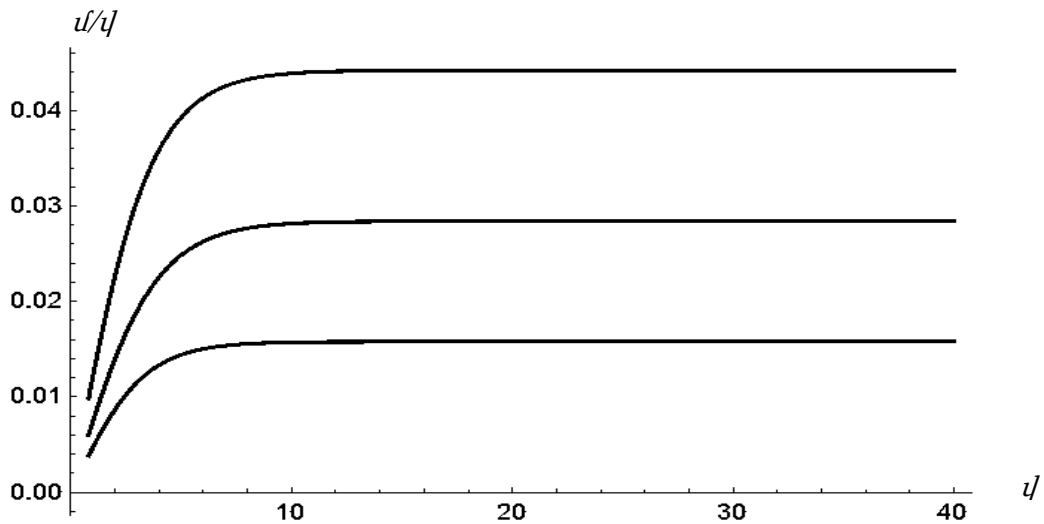
Այս համակարգի լուծման արդյունքում ստացվում են էլքերի արժեքները ժամանակի տարբեր պահերին (աղ. 1, նկ. 2):

Աղյուսակ 1

Էլքերի արժեքները ժամանակի տարբեր պահերին

t(s)	Q ₁	Q ₂	Q
1	2	3	4
0	0	0	0
0,8	0,0015500	0,0009900	0,0025400
1,6	0,0030964	0,0019707	0,0050671
2,4	0,0046367	0,0029332	0,0075699
3,2	0,0061649	0,0038688	0,0100338
4,8	0,0091570	0,0056334	0,0147910
5,6	0,0106043	0,0064551	0,0170594
7,2	0,0133586	0,0079645	0,0213231
8,0	0,0146498	0,0086521	0,0233019
9,6	0,0170298	0,0098959	0,0269257
10,4	0,0181110	0,0104543	0,0285653
12,0	0,0200486	0,0114502	0,0314988
12,8	0,0209061	0,0118905	0,0327966
14,4	0,0224094	0,0126641	0,0350735
15,2	0,0230617	0,0130009	0,0360626
16,8	0,0241868	0,0135838	0,0377706
18,4	0,0251000	0,0140593	0,0391593
20,0	0,0258340	0,0144429	0,0402769
21,6	0,0264191	0,0147495	0,0411686
23,2	0,0268821	0,0149927	0,0418748
24,0	0,0270751	0,0150942	0,0421693

1	2	3	4
25,6	0,0273971	0,0152636	0,0426607
27,2	0,0276479	0,0153956	0,0430435
28,8	0,0278422	0,0154979	0,0433401
30,4	0,0279919	0,0155767	0,0435686
32,0	0,0281067	0,0156371	0,0437438
32,8	0,0281536	0,0156617	0,0438153



Նկ. 2. Էլքերի փոփոխման օրինաչափությունները փականի հանկարծակի բացման դեպքում

2. Փականի աստիճանական բացման դեպք

Ընդունենք խողովակաշարի վերջում տեղադրված խցանային փականն աստիճանաբար լրիվ բացվում է t_0 ժամանակում: Ժամանակի ցանկացած $t \leq t_0$ պահին փականի դիմադրության ζ_v գործակիցը կարելի է ներկայացնել հետևյալ կերպ [3]

$$\zeta_v = C_0 \left(\frac{t}{t_0} \right)^{-2} + C_1 \left(\frac{t}{t_0} \right)^{-1} + C_2 + C_3 \left(\frac{t}{t_0} \right)^1 + C_4 \left(\frac{t}{t_0} \right)^2 : \quad (6)$$

Ոչ ստացիոնար շարժման հավասարումը [1, 2] ունի հետևյալ տեսքը՝

$$H_0 = (S_3 + S_4)Q^2 + S_1 Q_1^2 + \zeta_v \frac{8}{\pi^2 d_4^4 g} Q^2 + h_{in3} + h_{in1} + h_{in4} : \quad (7)$$

Քանի որ զուգահեռ միացված խողովակներում կորուստների և իներցիոն էջերի գումարները պետք է լինեն նույնը, ապա նորից կստանանք՝

$$S_1 Q_1^2 + h_{in1} = S_2 Q_2^2 + h_{in2} :$$

Անխզելիության պայմանից հետևում է, որ

$$Q = Q_1 + Q_2 :$$

Ստացվում է հավասարումների համակարգ, որը կարելի է ներկայացնել հետևյալ տեսքով՝

$$\begin{cases} \frac{4l_1}{g\pi d_1^2} \frac{dQ_1}{dt} + \frac{4}{g\pi} \left(\frac{l_3}{d_3^2} + \frac{l_4}{d_4^2} \right) \frac{dQ}{dt} = H_0 - S_1 Q_1^2 - (S_3 + S_4) Q^2 - \zeta_v \frac{8}{\pi^2 d_4^4 g} Q^2, \\ \frac{4l_1}{g\pi d_1^2} \frac{dQ_1}{dt} - \frac{4l_2}{g\pi d_2^2} \frac{dQ_2}{dt} = S_2 Q_2^2 - S_1 Q_1^2, \\ Q = Q_1 + Q_2 : \end{cases} \quad (8)$$

Նախնական պայմանները նույնն են:

Հավասարումների այս համակարգի թվային լուծումը կարելի է ստանալ համակարգչային եղանակով: Քանի որ $t=0$ պահին գործ ենք ունենում $0 \cdot \infty$ կարգի անորոշության հետ, ապա անհրաժեշտ է ստանալ ելքերի արժեքները ժամանակի $t = \Delta t$ պահին ($0 \leq \Delta t \ll t_0$):

Ելքերը ներկայացնենք հետևյալ ֆունկցիաներով՝

$$Q_1 = \frac{\pi d_1^2}{4} a_1 \frac{t}{t_0}, \quad Q_2 = \frac{\pi d_2^2}{4} a_2 \frac{t}{t_0}, \quad Q = \frac{\pi d_4^2}{4} a_4 \frac{t}{t_0} :$$

Ելքերի ներկայացված տեսքերը տեղադրելով (8) հավասարումների համակարգում՝ ստանում ենք.

$$\begin{cases} \frac{l_1}{gt_0} a_1 + \frac{1}{gt_0} \left(l_3 \frac{d_4^2}{d_3^2} + l_4 \right) a_4 = H_0 - \frac{\pi^2 t^2}{16 t_0^2} (S_1 d_1^4 a_1^2 + (S_3 + S_4) d_4^4 a_4^2) - \zeta_v \frac{t^2}{t_0^2} \frac{1}{2g} a_4^2, \\ \frac{l_1}{gt_0} a_1 - \frac{l_2}{gt_0} a_2 = \frac{\pi^2 t^2}{16 t_0^2} (S_2 d_2^4 a_2^2 - S_1 d_1^4 a_1^2), \\ d_4^2 a_4 = d_1^2 a_1 + d_2^2 a_2, \\ \zeta_v = 11,342 \left(\frac{t}{t_0} \right)^{-2} - 0,563 \left(\frac{t}{t_0} \right)^{-1} - 54,890 + 71,278 \left(\frac{t}{t_0} \right) - 27,167 \left(\frac{t}{t_0} \right)^2 : \end{cases} \quad (9)$$

Վերցնելով t -ի համար փոքր արժեք, լուծում ենք հանրահաշվական հավասարումների այս համակարգը և ստանում a_1 , a_2 և a_4 -ի արժեքները: Օգտագործելով ստացված արժեքները, որոշում ենք Q_1 , Q_2 և Q արժեքները վերցված t -ի արժեքի դեպքում և այնուհետև դրանք օգտագործում որպես նախնական պայմաններ տնախորդ (8) համակարգի ինտեգրման համար:

Թվային օրինակ

Ընդունենք համակարգի պարամետրերը նույնն են, ինչ նախորդ օրինակում, միայն թե փականը աստիճանաբար բացվում է $t_0 = 40$ ս/ ընթացքում:

(6)-ից և (8)-ից կստանանք հավասարումների հետևյալ համակարգը՝

$$\begin{cases} 3324,31 \frac{dQ_1}{dt} + 1154,27 \frac{dQ_2}{dt} = 40 - 33057Q_1^2 - 6802Q_2^2 - 163,38\zeta_v Q^2, \\ 3324,31 \frac{dQ_1}{dt} - 5194,23 \frac{dQ_2}{dt} = 106952Q_2^2 - 33057Q_1^2, \\ Q = Q_1 + Q_2 \\ \zeta_v = 11,342 \left(\frac{t}{t_0}\right)^{-2} - 0,563 \left(\frac{t}{t_0}\right)^{-1} - 54890 + 71,278 \left(\frac{t}{t_0}\right)^1 - 27,167 \left(\frac{t}{t_0}\right)^2 : \end{cases} \quad (10)$$

Համակարգի նախնական պայմանները ստանալու նպատակով վերցվում է $\frac{t}{t_0} = 0,02$, որը համապատասխանում է $t = 0,8$ վ արժեքին: Լուծենք հանրահաշվական հավասարումների համակարգը, երբ $\zeta_v = 2827,4$.

$$\begin{cases} 1,019a_1 + 0,510a_4 = 40 - 0,002a_1^2 - 0,57726a_4^2, \\ 1,019a_1 - 1,019a_2 = 0,00264a_2^2 - 0,001989a_1^2, \\ 2,25a_4 = 1,563a_1 + a_2 : \end{cases}$$

Հաշվի առնելով, որ բոլոր խողովակների ելքերը ժամանակի ընթացքում աճում են, ապա պետք է, որ $a_1 > 0$, $a_2 > 0$, $a_4 > 0$, և ստանում ենք՝ $a_1 = 6,31881$, $a_2 = 6,29411$, $a_4 = 7,18685$:

Ժամանակի $t = 0,8$ վ պահին ելքերը կլինեն.

$$Q_1 = 0,00155 \text{ մ}^3/\text{վ}, \quad Q_2 = 0,00099 \text{ մ}^3/\text{վ}, \quad Q = 0,00254 \text{ մ}^3/\text{վ}:$$

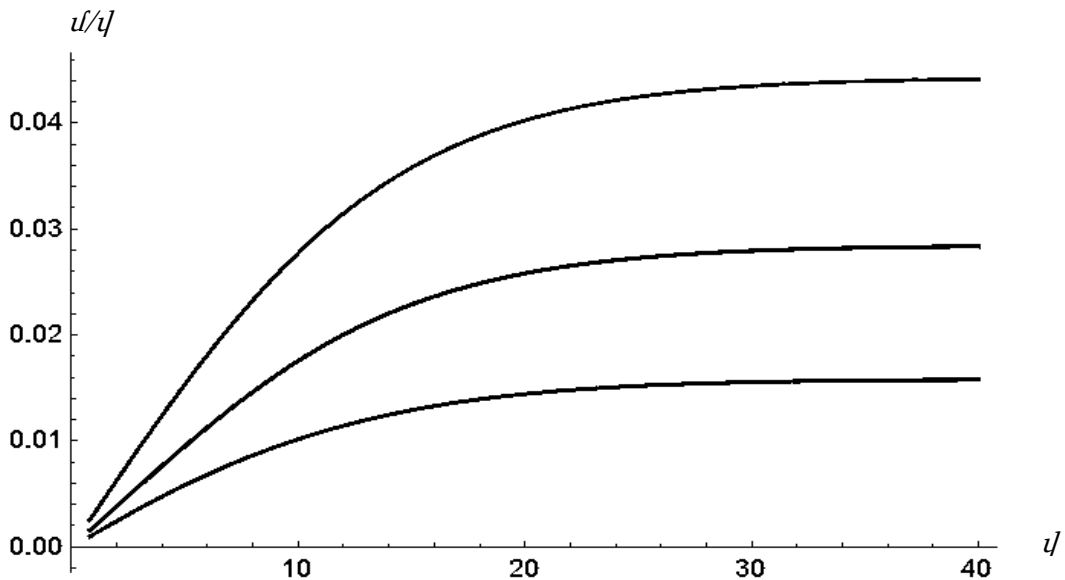
Սրանք նախնական պայմաններն են (10) հավասարումների համակարգը ինտեգրելու համար: Համակարգի լուծման արդյունքում ստացվում են ելքերի արժեքները ժամանակի տարբեր պահերին (աղ. 2, նկ. 3):

Աղյուսակ 2

Ելքերի արժեքները ժամանակի տարբեր պահերին

t(s)	Q_1	Q_2	Q
1	2	3	4
0	0	0	0
0,8	0,0015500	0,0009900	0,0025400
1,8	0,0034823	0,0022134	0,0056957
2,8	0,0054027	0,0034048	0,0088075
4,3	0,0082339	0,0050993	0,0133331
5,8	0,0109596	0,0066535	0,0176131
7,8	0,0143329	0,0084843	0,0228173
10,8	0,0186235	0,0107181	0,0293416
12,8	0,0209061	0,0118905	0,0327966
15,8	0,0235105	0,0132331	0,0367437
18,8	0,0252990	0,0141632	0,0394622
20,8	0,0261434	0,0146049	0,0407483
23,3	0,0269077	0,0150060	0,0419135
25,8	0,0274320	0,0152820	0,0427140
28,8	0,0278422	0,0154979	0,0433401

1	2	3	4
30,8	0,0280236	0,0155933	0,0436169
32,8	0,0281536	0,0156617	0,0438153
35,8	0,0282825	0,0157296	0,0440121
37,8	0,0283395	0,0157596	0,0440991
39,8	0,0283821	0,0157822	0,0441643



Նկ. 3. Ելքի փոփոխման օրինաչափությունները փականի աստիճանական բացման դեպքում

Եզրակացություն.

Ուսումնասիրվել է զուգահեռ միացված ճյուղեր պարունակող բարդ խողովակաշարերում ելքերի փոփոխման օրինաչափությունները խողովակաշարի վերջում տեղակայված փականի բացվածքի չափի փոփոխման հետևանքով համակարգում առաջացող ոչ ստացիոնար շարժման դեպքում:

Ուսումնասիրությունը կատարվել է հետևյալ դեպքերի համար.

1. խողովակաշարի վերջում տեղակայված փականը բացվում է հանկարծակի,
2. փականը բացվում է աստիճանաբար:

Մշակված մեթոդի կիրառմամբ լուծվել են թվային օրինակներ փականի բացման նշված երկու դեպքում: Թվային օրինակները լուծվել են զուգահեռ միացված երկու խողովակների դեպքում:

Լուծման արդյունքները ցույց են տալիս, որ աստիճանական բացման դեպքում՝ փականի լրիվ բացման պահին, շարժումը գործնականում մոտ է ստացիոնարին:

Մշակված մեթոդը կիրառելի է զուգահեռ միացված ցանկացած թվով խողովակների դեպքում:

А.М.Бархударян,
М.А.Бархударян

НЕСТАЦИОНАРНОЕ ДВИЖЕНИЕ ПРИ НАЛИЧИИ В СИСТЕМЕ ПАРАЛЛЕЛЬНО СОЕДИНЕННОГО УЧАСТКА ТРУБ

В инженерной практике часто применяются сложные трубопроводы, содержащие параллельно соединенные ветви. В процессе эксплуатации, в результате изменения степени раскрытия задвижек, расположенных на трубопроводах, в системе возникает нестационарное движение. Цель работы заключается в исследовании переходных процессов и получении закономерностей изменения расходов при нестационарном движении в системе.

Ключевые слова: нестационарное движение, расход, трубопровод, задвижка, переходные процессы

A.M.Barkhudaryan,
M.A.Barkhudaryan

NON-STATIONARY MOVEMENT IN CASE OF EXISTENCE IN THE SYSTEM OF A SEGMENT WITH PARALLELLY JOINED PIPES

Complex pipelines containing parallelly joined branches are often applied in engineering practice. In the process of exploitation, as a result of a change in the extent of the opening of the valves located on the pipelines, a non-stationary movement appears in the system. The purpose of this work is to study the transitional processes and to obtain the patterns of the change of discharges in case of a non-stationary movement in the system.

Keywords: non-stationary movement, discharge, pipeline, valve, transitional processes

Գրականություն

1. Сборник задач по машиностроительной гидравлике/ Под ред. И.Н. Куколевского и А.Б. Подвидза. - М.: Машиностроение, 1972. - С. 338-456.
2. Հովսեփյան Վ.Մ. Հիդրավլիկա. - Երևան: Լույս, 1973. - էջ 210-212:
3. Бархударян А.М., Баблюян А.А., Макарян Б.С. Нестационарное движение жидкости в трубопроводах насосной установки // Докл. НАН Армении. – 1998. - Т. 98, № 2. - С. 137-141.

Աշխատանքն իրականացված է ՀՀ պետական բյուջեից գիտական և գիտատեխնիկական գործունեության բազային ֆինանսավորմամբ «ՀՀ ճարտարապետական և շինարարական համալիրների կայուն զարգացման ուղիների բացահայտում, ճշգրտում, ներդրման առաջարկությունների և հանձնարարականների մշակում՝ մշտական մոնիտորինգի կիրառմամբ» և «Երկրակեղևի սեյսմոգեն խզվածքներում տեղաշարժերի գրանցում և գեոդեզիական մոնիտորինգի իրականացում լազերային չափիչ գերճշգրիտ սարքերի կիրառմամբ» ծրագրերի շրջանակներում:

Բարխուդարյան Արկադի Միսակի, տ.գ.դ., պրոֆ. (ՀՀ, ք.Երևան) - ՃՀՀԱՀ, ակ. Ռ. Մովսիսյանի անվ. Բնժեներական գեոդեզիայի պրոբլեմային լաբորատորիա, ւ.գ.ա., Ուսումնական աշխատանքների գծով պրոռեկտոր, (010)525707, (077) 794030, arkadi.barkhudaryan@yahoo.com, **Բարխուդարյան Միսակ Արկադիի, տ.գ.թ.** (ՀՀ, ք.Երևան) - ՃՀՀԱՀ, ակ. Ալ. Թամանյանի անվ. ճարտարապետության, շինարարության պրոբլեմային լաբորատորիա, գ.ա., (+374)77873000, misak.barkhudaryan@gmail.com

Бархударян Аркадий Мисакович, д.т.н., проф. (РА, г.Ереван) - НУАСА, Проблемная лаборатория Инженерной геодезии им. акад. Р.Мовсисяна, с.н.с., проректор по Учебной работе, (010)525707, (077)794030, arkadi.barkhudaryan@yahoo.com, **Бархударян Мисак Аркадьевич, к.т.н.** (РА, г.Ереван) – НУАСА, Проблемная лаборатория Архитектуры, строительства им. ак. Таманяна, н.с., (+374)77873000, misak.barkhudaryan@gmail.com

Barkhudaryan Arkadi Misak, doctor of science (engineering), 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) – NUACA, Research Laboratory of Architecture and construction by Academician Al.Tamanyan, researcher, (+374)77873000, misak.barkhudaryan@gmail.com

Ներկայացվել է՝ 27.10.2017թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 06.11.2017թ.