

ՀՏԴ 627.844

ՋՐԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐ

Ա.Յա. Մարգարյան,

Ա. Ա. Գևորգյան,

Մ. Պ. Հակոբյան

**ՃՆՇՄԱՆ ԽՈՂՈՎԱԿԱՇԱՐԻ ՊԱՇՏՊԱՆՈՒԹՅՈՒՆԸ ՀԵՂՈՒԿԻ ՀՈՍԱՆՔԻ  
ԱՆՆՆԻՆՆԱՏՈՒԹՅԱՆ ՄԻՋԱՆԿՅԱԼ ԽՁՈՒՄՈՎ ՈՒՂԵԿՑՎՈՂ ՀԻՂԴԱՎԼԻԿԱԿԱՆ ՀԱՐՎԱԾԻ  
ԴԵՊՔՈՒՄ**

Հեղուկի հոսանքի անընդհատության խզումով ուղեկցվող հիդրավլիկական հարվածի դեպքում խողովակաշարում առաջանում է ճնշման լրացուցիչ բարձրացում: Եթե պոմպակայանի մեծ երկարության մղման խողովակաշարի ընթացագիծն ուղղաձիգ հարթության մեջ մեծից անցնում է փոքր թեքության, պոմպային ազրեզատի վթարային հոսանքազրկման դեպքում այդ տեղամասում կարող է առաջանալ հեղուկի հոսանքի խզում, որի արդյունքում գոյանում են հեղուկի իրարից հեռացված երկու սյուն, որոնցում անցումային երևույթները միմյանցից անկախ են կատարվում: Օգտվելով անսեղմելի հեղուկի ոչ ստացիոնար շարժման հավասարումից, որոշվել են խզվածքի առաջացման և վերացման ժամանակամիջոցները: Պարզվել է, որ հակադարձ փականը շրջանցող գծի առկայության պարագայում քանի դեռ խողովակաշարի ողջ երկարության վրա չի հաստատվել հեղուկի հոսանքի անընդհատությունը հեղուկի ներքևի սյունը ձեռք է բերում հետընթաց արագություն, որի հետևանքով սյունների բախումից առաջացող ճնշման բարձրացումը փոքրանում է, հետևաբար հարվածի մարման վրա հոսանքի անընդհատության խզումը բարենպաստ ազդեցություն ունի:

**Առանցքային բառեր.** խողովակաշար, հիդրավլիկական հարված, ճնշման բարձրացում, շրջանցող գիծ, օդային կուտակում

Հիդրավլիկական հարվածի դասական տեսության մեջ ընդունվում է, որ հեղուկի հոսանքի անընդհատության խզումով ուղեկցվող հիդրավլիկական հարվածի դեպքում ճնշման բարձրացումը ավելի մեծ է, քան անընդհատ հոսանքի դեպքում: Այս փաստին առաջին անգամ ուշադրություն դարձրեց Ն.Ե.Ժուկովսկին՝ Մոսկվայի Ալեքսեյան ջրատարերի վրա փորձնական հետազոտություններ կատարելիս [1]:

Ճնշման առավելագույն բարձրացումը հիդրավլիկական հարվածի դեպքում, երբ հեղուկի հոսանքն անընդհատության խզում չունի, որոշվում է հայտնի բանաձևով [1].

$$\Delta H = \frac{aV_0}{g}, \quad (1)$$

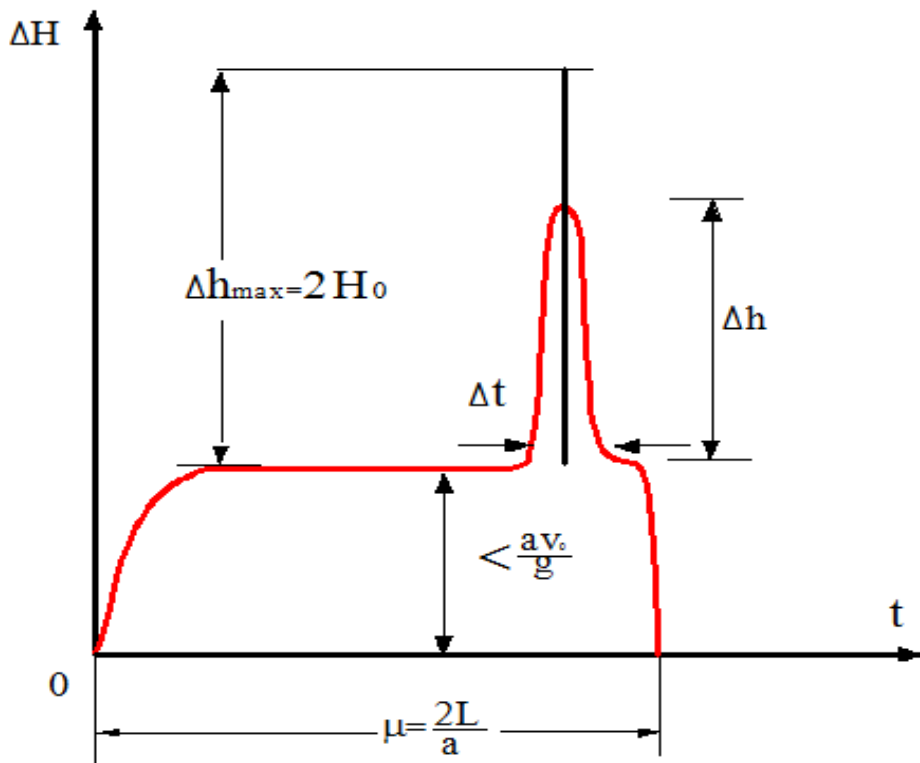
իսկ հեղուկի հոսանքի անընդհատության խզման դեպքում՝

$$\Delta H = \frac{aV_0}{g} + \Delta h, \quad (2)$$

որտեղ  $a$ -ն հարվածի ալիքի տարածման արագությունն է,  $V_0$ -ն՝ մարվող արագությունը,  $\Delta h$ -ը՝ ճնշման լրացուցիչ բարձրացումը:

Պրոֆ. Լ.Ֆ.Մոշնինը [2], մի շարք ընդունելություններ կատարելով, ստացել է հեղուկի անընդհատության խզումով ուղեկցվող հիդրավիկական հարվածի դեպքում առաջացող ճնշման լրացուցիչ բարձրացման առավելագույն մեծությունը (նկ. 1)

$$\Delta h_{\max} = 2H_0. \quad (3)$$



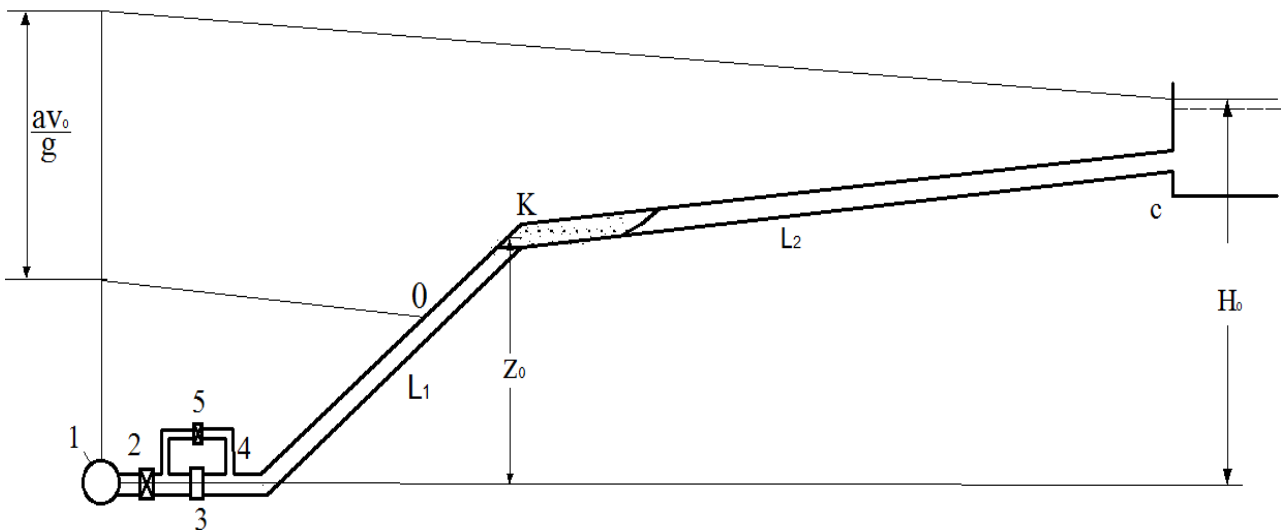
Նկ. 1. Ճնշման փոփոխության դիագրամը

Տեսական և փորձնական հետազոտություններով ապացուցվել է [1], որ ճնշման լրացուցիչ բարձրացման տևողությունը՝  $\Delta t$ -ն, փոքր է հարվածի փուլի տևողությունից և, մասնավորապես, երբ  $\Delta h \rightarrow 2H_0$ ,  $\Delta t \rightarrow 0$ , ընդ որում  $\Delta h$ -ը մեծացնելիս  $\Delta t$ -ն փոքրանում է: Քանի որ հիդրավիկական հարվածն արագընթաց երևույթ է, խողովակի ամրության հաշվարկը կատարելիս պետք է նկատի ունենալ ինչպես դրա ներսում առաջացող լրիվ ճնշումն, այնպես էլ այդ ճնշման տևողությունը [3]: Այսինքն, կարող է, որ փոքր տևողության մեծ ճնշումը խողովակի քայքայման համար ավելի քիչ վտանգավոր լինել, քան մեծ տևողության համեմատաբար փոքր ճնշումը, քանի որ ճնշման կարճ ժամանակամիջոցի ազդեցության տակ

խողովակի նյութը կարող է չհասնել այնպիսի լարվածային վիճակի, որ առաջանան մնացորդային դեֆորմացիաներ [4,5]:

Լրացուցիչ ճնշման մեծության և դրա տևողության հարաբերակցությունից ելնելով՝ [6]-ում ստրվել է խողովակի ամենավտանգավոր բեռնվածությունը և առաջարկվել խողովակի պատի հաստության որոշման մեթոդ:

Քննարկենք նկ.2-ում պատկերված պոմպային կայանի մղման խողովակաշարում առաջացող հիդրավլիկական հարվածի երևույթի ծավալման ընթացքը պոմպի էլեկտրաշարժիչի վթարային հոսանքազրկման դեպքում, երբ հակադարձ կափույրը կահավորված է կարգավորվող շրջանցող գծով:



**Նկ. 2. Հիդրավլիկական համակարգի սխեման. 1-պոմպ, 2-ճնշման փական, 3-հակադարձ կափույր, 4-շրջանցող գիծ, 5-շրջադարձային կափույր**

Խողովակաշարի ընթացագլիծն ուղղաձիգ հարթության մեջ  $K$  կետում մեծ թեքությունից անցնում է փոքր թեքության: Ստատիկական մեծ ճնշման դեպքում՝  $\frac{aV_0}{g} < H_0 + h_v$ , խողովակաշարի սկզբում վթարային հոսանքազրկումից հետո ճնշումն իջնում է  $\frac{aV_0}{g}$  չափով և հոսանքի անընդհատությունը չի խախտվի: Խողովակաշարի  $OK$  հատվածի երկարությամբ բացարձակ ճնշումը կլինի փոքր մթնոլորտայինից (միայն  $O$  կտրվածքում բացարձակ ճնշումը կլինի մթնոլորտային), ջրային հոսանքը հագեւում է գոլորշիներով և անջատված լուծված օդի բշտիկներով:

Գործող պոմպային կայանի մղման խողովակաշարի վրա մեր կողմից կատարված փորձնական հետազոտություններով պարզվել է, որ  $OK$  հատվածի վրա հոսանքի անընդհատության խզում՝ հեղուկի հոսանքի միմյանցից անջատված սյունների ձևով չի առաջանում:

Պոմպի էլեկտրաշարժիչի հոսանքազրկումից հետո ժամանակի  $t = \frac{L_1}{a}$  պահին հիդրավլիկական հարվածի ճնշման իջեցման ալիքը հասնում է խողովակաշարի  $K$  կտրվածքը,

որտեղ աշխատանքային ճնշումը՝  $H_{pK} < \frac{aV_0}{g}$ : Քանի որ  $K$  կտրվածքում ճնշման իջեցման սահմանային մեծությունը  $(H_{pK} + h_V)$  է, ապա շարժման սկզբնական արագությունն ամբողջությամբ չի մարվի և հեղուկի  $KC$  սյան  $K$  ճակատը կունենա շարժման ուղղությամբ մնացորդային արագություն [7], որի մեծությունը կլինի՝

$$V_K = V_0 - \frac{g}{a}(H_{pK} + h_V): \quad (4)$$

Մնացորդային արագության մեծությունը փոփոխվում է ըստ ժամանակի: Այս արագության շնորհիվ հեղուկի վերևի սյունը՝  $KC$  -ն, հեռանում է ներքևի սյունից՝  $OK$ , ինչ-որ հեռավորության վրա առաջացնելով վառ արտահայտված անընդհատության խզում:

Որոշենք այն ժամանակամիջոցի մեծությունը, որի ընթացքում տեղի է ունենում հեղուկի սյուների միմյանցից հեռացումը, նախ ընդունելով, որ շրջանցող գիծը փակ է: Այս դեպքում հեղուկի ներքևի սյունը կատարում է առաձգական տատանումներ, քանի դեռ հոսանքի անընդհատությունը խողովակաշարի ողջ երկարության վրա չի վերականգնվել: Ընդունելով հեղուկն անսեղմելի և խողովակը ոչ առաձգական, հեղուկի վերևի ( $KC$ ) սյան ոչ ստացիոնար շարժման հավասարումը կլինի.

$$\frac{V^2}{2g} = H_0 - z + h_V + \left(1 + \lambda \frac{L_2}{d}\right) \frac{V^2}{2g} + \frac{1}{g} \int_0^{L_2} \frac{\partial V}{\partial t} dL: \quad (5)$$

Անջատելով փոփոխականը, կստանանք՝

$$dt = -\frac{2L_2}{\zeta_1} \frac{dV}{V_*^2 + V^2}, \quad (6)$$

$$\text{որտեղ } \zeta_1 = \lambda \frac{L_2}{d}, \quad V_* = \sqrt{\frac{2g(H_0 - z + h_V)}{\zeta_1}}: \quad (7)$$

Ինտեգրելով (6) հավասարումը  $V_{t=0} = V_0$  սկզբնական պայմանի համար, կստանանք՝

$$t = 2\tau_1 \left( \arctg \frac{V_0}{V_*} - \arctg \frac{V}{V_*} \right), \quad \tau_1 = \frac{L_2}{\zeta_1 V_*}: \quad (8)$$

(8)-ից երևում է, որ  $\tau_1$  -ը խողովակաշարի  $KC$  հատվածի երկրաչափական և հիդրավլիկական պարամետրերից կախված հաստատուն ժամանակամիջոց է: Ընդունելով  $V(T_1) = 0$ , (8) հավասարումից կստանանք այն ժամանակամիջոցի մեծությունը, որի ընթացքում հեղուկի ներքևի սյունը հեռանում է  $K$  կտրվածքից.

$$T_1 = 2\tau_1 \arctg V_0 / V_*: \quad (9)$$

Այժմ դիտարկենք հեղուկի վերևի սյան շարժումը հակառակ ուղղությամբ: Ոչ ստացիոնար շարժման հավասարումն այս դեպքում որոշ ձևափոխություններից հետո կընդունի հետևյալ տեսքը.

$$\frac{dV}{dt} = \frac{\zeta_2}{2L_2} (V_{**}^2 - V^2), \quad (10)$$

$$\text{որտեղ } \zeta_2 = \left(1 + \zeta_{Bx} + \lambda \frac{L_2}{d}\right), \quad V_{**} = \sqrt{\frac{2g(H_0 - z + h_V)}{\zeta_2}}: \quad (11)$$

Արհամարելով կինետիկական էներգիայի և տեղական կորուստների մեծությունները, որոնք անհամեմատ փոքր են ճնշման նկատմամբ, (8) և (11) նշանակումներից կատանանք  $\zeta_1 = \zeta_2$  և  $V_{**} = V_*$ : Ինտեգրելով (10) հավասարումը և նկատի ունենալով  $V_{t=0} = 0$  սկզբնական պայմանը, ստանում ենք՝

$$t = \tau \ln \frac{V_* + V}{V_* - V}: \quad (12)$$

(11)-ի նշանակումներից հեշտ է նկատել, որ  $V_*$ -ը  $(H_0 - z + h_V)$  ճնշման տակ հեղուկի վերևի սյան ստացիոնար շարժման արագությունն է  $L_2$  երկարության գրավիտացիոն խողովակում:

Հավասարեցնելով հեղուկի վերևի սյան թափառքի ճանապարհները ուղիղ և հակառակ ուղղություններով, կատանանք  $V_1$  արագության մեծությունը, որով վերևի սյունը հարվածում է ներքևի սյանը՝

$$\int_0^{V_0} \frac{VdV}{V_*^2 + V^2} = \int_0^{V_1} \frac{VdV}{V_*^2 - V^2}: \quad (13)$$

(13)-ի ինտեգրումից հետո, կատարելով անհրաժեշտ ձևափոխություններ, կատանանք.

$$V_1 = \frac{V_* V_0}{\sqrt{V_*^2 + V_0^2}}: \quad (14)$$

Համատեղ լուծելով (12), (14)-ը՝ որոշում ենք հեղուկի վերևի սյան թափառքի ժամանակամիջոցը՝

$$T_2 = \tau \ln \frac{\sqrt{V_*^2 + V_0^2} + V_0}{\sqrt{V_*^2 + V_0^2} - V_0}: \quad (15)$$

Այսպիսով, հեղուկի ներքևի սյան առաձգական տատանումները տեղի են ունենում հոսանքազրկման պահից հետո  $T$  ժամանակամիջոցի ընթացքում, որը հավասար է

$$T = \frac{L_1}{a} + T_1 + T_2: \quad (16)$$

Պոմպային ագրեգատի հոսանքազրկումից հետո ժամանակի  $t = T$  պահին տեղի է ունենում հեղուկի սյունների բախում  $K$  կտրվածքի մոտակայքում, որի արդյունքում հարվածի

ալիքների վերադրման հետևանքով կատարվում է ճնշման բարձրացում: Առաջանում է ճնշման բարձրացման նոր ալիք, որը տարածվում է երկու հակադիր ուղղություններով՝ դեպի ավազան և հակադարձ կափույրը: Ժամանակի  $t = T + L_1 / a$  պահին հիդրավլիկական հարվածի ալիքը հասնում է հակադարձ կափույրին և դրա բերած արագության մարումից առաջանում է ճնշման նոր բարձրացում:

Չանդրադառնալով ալիքային երևույթների մանրամասն նկարագրությանը և ճնշման փոփոխության քանակական հաշվարկին, որոնց վերաբերյալ սույն աշխատանքում կա առանձին բաժին, նշենք միայն, որ ճնշման բարձրացումներն այս դեպքում կարող են բերել խողովակը քայքայող ուժեր: Հատկապես այս պատճառով 1992-1994 և 2008թթ. տեղի ունեցած վթարային հոսանքազրկումների հետևանքով Մխչյանի պոմպակայանի 1-ին աստիճանի ճնշման երեք մայրուղային խողովակաշարերը վթարվեցին:

Այժմ դիտարկենք խողովակաշարի միջանկյալ կետում առաջացող հեղուկի անընդհատության խզման ազդեցությունը ճնշման փոփոխության վրա, երբ հակադարձ կափույրը շրջանցող գծով և պոմպի միջով հեղուկն արտանետում է ընդունող ավազանի մեջ: Ակնհայտ է, որ խողովակաշարից հեղուկի բացթողումը պետք է կատարել ճնշման իջեցումով, որի չափը կախված է արտանետվող ելքի մեծությունից, իսկ վերջինս էլ իր հերթին կախված է հակադարձ կափույրից մինչև ընդունող ավազան ջրանցուղի համակարգի հիդրավլիկական դիմադրությունից:

Հեղուկի բացթողումը պոմպի միջով սովորաբար իրականացվում է երկու եղանակով՝ անիվի արգելակմամբ և անիվի ազատ պտտմամբ: Առաջին եղանակի դեպքում պոմպի թողունակությունը մեծ է, քանի որ փոքր է պոմպի տեղական հիդրավլիկական դիմադրության գործակիցը: Սակայն անիվի արգելակումը տեխնիկական մեծ բարդությունների հետ է կապված և պահանջում է մեխանիկական և էլեկտրական լրացուցիչ սարքավորումների տեղադրում ազդեցատի վրա, որի պատճառով հազվադեպ է կիրառվում: Անիվի ազատ պտտման եղանակի թերությունն այն է, որ պոմպի հակառակ ուղղությամբ պտտման արագությունը մեծ ստատիկական ճնշման դեպքում կարող է հասնել էլեկտրաշարժիչի համար վտանգավոր մեծությունների:

Ջրանցուղու  $S$  հիդրավլիկական դիմադրությունը ներկայացվում է որպես երեք դիմադրությունների գումար.

$$S = S_1 + S_2 + S_3, \quad (17)$$

որտեղ  $S_1, S_2, S_3$ -ը համապատասխանաբար, խողովակագծի, շրջանցող գծի կափույրի և պոմպի հիդրավլիկական դիմադրություններն են:

Փորձնական հետազոտություններով պարզվել է, որ պոմպի հիդրավլիկական դիմադրության կախվածությունը ելքից կարելի է ներկայացնել հետևյալ կապով.

$$S_3 = S_0 + CQ, \quad (18)$$

որտեղ  $S_0$ -ն պոմպի հիդրավլիկական դիմադրությունն է արգելված վիճակում,  $C$ -ն՝ չափողականությունն ունեցող գործակից, որի մեծությունը կախված է պոմպի կառուցվածքից և արագընթացության գործակցից:

Մինչև ժամանակի  $t = T$  պահը ոչ ստացիոնար շարժման հավասարումը, գրված  $K-K$  և  $O-O$  կտրվածքների համար, ունի հետևյալ տեսքը.

$$z - h_V = SQ^2 + \frac{L_{0K}}{gA} \frac{dQ}{dt}, \quad (19)$$

որտեղ  $L_{0K}$  -ն կտրվածքների միջև եղած ջրանցուղու բերված երկարությունն է ըստ մղման խողովակի տրամագծի՝

$$L_0 = L_{0-K} + \frac{A}{A_1} L_*, \quad (20)$$

որտեղ  $A$ -ն և  $A_1$  -ը համապատասխանաբար մղման խողովակի և շրջանցող գծի կտրվածքների մակերեսներն են, իսկ  $L_*$  -ը՝ շրջանցող գծի երկարությունը:

Նկատի ունենալով (17) և (18)-ը, (19)-ից կստանանք.

$$dt = \frac{L_{0K}}{gA} \frac{dQ}{z - h_V - BQ^2 - CQ^3}, \quad (B = S_1 + S_2 + S_0): \quad (21)$$

Ժամանակի  $t \geq T$  պահին համար  $C-C$  և  $O-O$  կտրվածքների համար գրված ոչ ստացիոնար շարժման հավասարումից կստանանք.

$$dt = \frac{L_{0C}}{gA} \frac{dQ}{H - BQ^2 - CQ^3}, \quad (B = S_1^1 + S_2 + S_0), \quad (22)$$

որտեղ  $S_1^1$  -ը մղման խողովակի  $OC$  հիդրավլիկական դիմադրությունն է:

Քանի որ հիդրավլիկական հարվածն ըստ ժամանակի ճնշման ուժեղ մարումով ուղեկցվող արագընթաց երևույթ է, ապա այդ կարճ ժամանակամիջոցում խողովակաշարի դատարկումը չի կարող կարող ազդել  $z$  և  $H$  ստատիկական ճնշումների մեծությունների վրա: Պարզ լուծում ստանալու նպատակով ընդունենք, որ ազատ պտտվող պոմպի հիդրավլիկական դիմադրությունը հաստատուն է և հավասար դսրա միջին մեծությանը, այսինքն,  $S_3 \approx S_*$ : Ուրեմն, ջրանցուղիների հիդրավլիկական դիմադրությունները կլինեն.

$$S_{cp1} = S_1 + S_2 + S_*, \quad (0 \leq t \leq T), \quad (23)$$

$$S_{cp2} = S_1 + S_2 + S_*, \quad (t \geq T): \quad (24)$$

Այդ դեպքում (21) և (22) հավասարումները կընդունեն հետևյալ տեսքը.

$$dt = \frac{L_{0K}}{gA} \frac{dQ}{z - h_V - S_{cp1}Q^2}, \quad (0 \leq t \leq T), \quad (25)$$

$$dt = \frac{L_{0C}}{gA} \frac{dQ}{H - S_{cp2}Q^2}, \quad (t \geq T): \quad (26)$$

Ինտեգրելով (25) հավասարումը՝  $Q_{t=0} = 0$  սկզբնական պայմանի դեպքում կստանանք.

$$t = \tau_{01} \ln \frac{Q - Q_{*1}}{Q + Q_{*1}}, \quad (0 \leq t \leq T), \quad (27)$$

$$\text{որտեղ } Q_{*1} = \sqrt{\frac{z - h_V}{S_{cp1}}}, \quad \tau_{01} = \frac{L_{OK}}{2gAS_{cp1}Q_{*1}} : \quad (28)$$

(27)-ից որոշվում է արտանետվող ելքի կախվածությունը ժամանակից հետևյալ տեսքով.

$$Q = Q_{*1} th \frac{t}{2\tau_{01}}, \quad (0 \leq t \leq T): \quad (29)$$

Տեղադրելով (29)-ի մեջ  $t = T$ , կստանանք հեղուկի ներքևի սյան ելքը սյուների բախման պահին՝

$$Q_1 = Q_{*1} th \frac{T}{2\tau_{01}} : \quad (30)$$

Ինտեգրելով (30) հավասարումը՝  $Q_{t=0} = 0$  սկզբնական պայմանի դեպքում կստանանք.

$$Q = Q_{*2} th \frac{t}{2\tau_{02}}, \quad (t \geq T): \quad (31)$$

Այսպիսով, քանի դեռ չի վերականգնվել հեղուկի անընդհատությունը խողովակի ողջ երկարությամբ, հակադարձ կափույրը շրջանցող գծով հեղուկը պոմպի միջով դուրս է գալիս պոմպակայանի ընդունող ավազան: Ժամանակի  $t = T$  պահին հեղուկի ներքևի սյան  $K$  ճակատը ձեռք է բերում  $V_2$  արագությունների մեծությունը որոշվում է (31)-ից.

$$V_2 = \frac{Q_{*1}}{A} th \frac{T}{2\tau_{01}} : \quad (32)$$

Քանի որ խողովակաշարի  $KO$  հատվածում ժամանակի  $t = T$  պահին արդեն գոյացել է  $V_2$  արագություն, ապա հեղուկի սյունների բախման հետևանքով առաջացած ճնշման բարձրացումն կլինի ուղիղ համեմատական սյունների արագությունների  $(V_1 - V_2)$  տարբերությանը: Հասկանալի է, որ այս դեպքում ճնշման բարձրացումը կլինի ավելի փոքր, քան այն դեպքում, երբ չկա հեղուկի արտանետում շրջանցող գծով, այսինքն,  $V_2 = 0$ :

Այսպիսով, հեղուկի սյունների միմյանցից հեռացումը հնարավորություն է տալիս ստանալ մի  $T$  ժամանակամիջոց, որի ընթացքում ճնշման խողովակաշարում համեմատաբար փոքր  $(z)$  ստատիկական ճնշման տակ հաղթահարվում է ջրանցուղում գտնվող հեղուկի իներցիան: Նկատենք, որ եթե խողովակաշարի ընթացագիծը չունենա թեքության փոփոխություն, ապա չի



առաջանա հեղուկի սյուների հեռացում, հետևաբար, ջրանցուղու հեղուկի իներցիան պետք է հաղթահարվի ավելի մեծ ( $H_0$ ) ստատիկական ճնշման տակ, որի պատճառով ճնշման բարձրացումը կլինի ավելի մեծ:

Որպեսզի երկարաձգվի հեղուկի անընդհատության խզվածքի վերացման  $T$  ժամանակամիջոցը, առաջարկվում է խզվածքի տեղում խողովակի վրա տեղադրել օդի մուտքի և ազատ ելքի կափույր (աերացիոն կափույր): Այս դեպքում մեծանում է խզվածքի երկարությունը, որի շնորհիվ ջրանցուղում առաջանում է ավելի մեծ  $V_2$  արագություն, հետևաբար, ավելի փոքր ճնշման բարձրացում: Քյուլիջայի գործող պոմպակայանի վրա կատարված փորձնական հետազոտությունները ցույց տվեցին այս պնդման ճշմարտացիությունը:

Ժամանակի  $t = T$  պահին սյուների բախումից առաջացած ճնշման բարձրացման ալիքը, տարածվելով խողովակի երկարությամբ դեպի պոմպը, անդրադառնում է ընդունող ավազանից ճնշման իջեցման ալիքի: Հեշտ է նկատել, որ շրջանցող գծի բացակայության դեպքում այդ ալիքը պետք է անդրադառնա հակադարձ կափույրից ճնշման բարձրացման ալիքի:

Սույն ուսումնասիրության արդյունքում ստացվում է կարևոր եզրակացություն, այն է՝ հակադարձ կափույրը շրջանցող գծով հիդրավիկական հարվածի դեմ խողովակաշարի պաշտպանություն իրականացնելիս, հեղուկի անընդհատության միջանկյալ խզումը բարենպաստ ազդեցություն ունի:

**А.А.Маркарян,  
А.А.Геворгян,  
М.П.Акопян**

### **ЗАЩИТА НАПОРНОГО ТРУБОПРОВОДА ОТ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО УДАРА, СОПРОВОЖДАЮЩЕГОСЯ ПРОМЕЖУТОЧНЫМ РАЗРЫВОМ СПЛОШНОСТИ ПОТОКА**

*При гидравлическом ударе, сопровождающемся разрывом сплошности потока, в трубопроводе возникает дополнительное повышение давления. Если трасса напорного наклонного трубопровода насосной станции большой протяженности в вертикальной плоскости от большого уклона переходит в маленький, то при аварийном отключении электропитания насосного агрегата в сечении перелома трассы может образоваться разрыв сплошности потока. Как следствие, в трубопроводе образуются две колонны потока, в которых нестационарные процессы протекают независимо друг от друга. Пользуясь уравнением нестационарного движения несжимаемой жидкости, определены промежутки времени, в течение которых образуется пространство разрыва и его ликвидация. При наличии обводной линии к обратному клапану за эти промежутки времени нижняя колонна приобретает обратную скорость, вследствие чего при соударении колонн образуется меньшее давление, чем при сплошном потоке. Следовательно, в этом случае путевые разрывы сплошности потока оказывают благоприятное влияние на процесс гашения гидравлического удара.*

**Ключевые слова:** трубопровод, гидравлический удар, повышение давления, обводная линия, воздушное скопление

**A.Ya.Margaryan,  
A.A.Gevorgyan,  
M. P.Hakobyan**

## **PROTECTION OF PRESSURE PIPELINE IN CASE OF HYDRAULIC SHOCK ACCOMPANIED BY INTERMEDIATE BREAK OF CONTINUITY OF FLUID CURRENT**

*In the case of hydraulic shock accompanied by intermediate break of continuity of fluid current an additional rise of pressure is created in the pipeline. If operation pipeline of great length pumping of pumping station is transferring from a big slope into a small one on the vertical plane, then in case of emergency break of power by pump unit break of fluid current may be created in that section in consequence of which two columns of fluid will be created moved back from each other, in which transition phenomena are implemented independently. Using the equation of non-stationary movement of incompressible fluids the periods of creation and elimination of breaks is defined. It was found out that in case of availability of the line bypassing the reverse valve, while fluid continuity has not been established on the whole length of the pipeline, the lower column of the fluid will acquire reverse speed in which consequence rise of pressure created from collision of the columns is reduced, hence break of power on the reduction of the shock has a favorable impact.*

**Keywords:** pipeline, hydraulic shock, rise of pressure, loopline, airspace congestion

### **Գրականություն**

1. **Жуковский Н. Е.** О гидравлическом ударе в водопроводных трубах. – М.: Госэнергоиздат, 1949. -104 с.
2. **Мошнин Л.Ф., Тимофеева Е.Т.** Повышение давления при гидравлических ударах, сопровождающихся разрывом сплошности потока // Водоснабжение и санитарная техника. - 1965. -N7. - С.3-5.
3. **Daude F., Galon P., Gao Z., and Blaud E.** Numerical experiments using a HLLC-type scheme with ALE formulation for compressible two-phase flows five-equation models with phase transition // *Computers & Fluids*,10.1016/j.compfluid.2014.02.008.P112-138.  
Read More: [http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(1991\)117:10\(1310\)](http://ascelibrary.org/doi/abs/10.1061/(ASCE)0733-9429(1991)117:10(1310))
4. **Malekpour A., Karney B.** Profile-Induced Column Separation and Rejoining during Rapid Pipeline Filling // *Journ of Hydr. Engin.* - 10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000918, 04014054. Online publication date:1-Nov-2014.
5. **Malekpour A., Karney B.,** Column separation and rejoinder during rapid pipeline filling induced by a partial flow blockage // *Journ. of Hydr. Research.* -10.1080/00221686.2014.905502, p.1-12. Online publication date: 16-Sep-2014.
6. **Մարգարյան Ա.Յա.** Հիդրավիդրական հարված և խողովակաշարերի պաշտպանություն. – Երևան: ԵՃՇՊՀ-ի հրատ., 2010. - 292 էջ:

7. **Маркарян А.Я.** Расчет сжатия воздуха, заземленного в месте разрыва сплошности потока в трубопроводе // Изв. АН Арм. ССР. Сер.ТН. - 1972. - Т.25, N1. - С. 29-34.

**Աշխատանքն իրականացված է ՀՀ պետական բյուջեից գիտական և գիտատեխնիկական գործունեության բազային ֆինանսավորմամբ «ՀՀ ջրային համակարգերի պահպանում, զարգացում և կատարելագործում» ծրագրի շրջանակում:**

**Մարգարյան Ալբերտ Թախշիբեկի, տ.գ.դ., պրոֆ.** (ՀՀ, ք.Երևան) - ՃՇՀԱՀ, ՀՀ ջրային համակարգերի պահպանում, զարգացում և կատարելագործում պրոբլեմային լաբորատորիա, տ.գ.ա., Հիդրավլիկայի ամբիոնի վարիչ, (+347) 91412725, [albert.margaryan39@yandex.ru](mailto:albert.margaryan39@yandex.ru), **Գևորգյան Արմինե Արծրունու, տ.գ.թ., ասիստենտ** (ՀՀ, ք.Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Հիդրավլիկայի ամբիոն, (+374)91516021, [armine.gev@gmail.com](mailto:armine.gev@gmail.com); **Հակոբյան Մարիաննա Պողոսի, տ.գ.թ.** (ՀՀ, ք.Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Հիդրավլիկայի ամբիոն, ասիստենտ, (+374)98772203, [marianna\\_hakobyan@bk.ru](mailto:marianna_hakobyan@bk.ru):

**Маркарян Альберт Яхшибекович, д.т.н, профессор** (РА, г.Ереван) - НУАСА, Проблемная лаборатория «Сохранение, развитие и усовершенствование водных систем РА», кафедра Гидравлики, (+374)91412725, [albert.margaryan39@yandex.ru](mailto:albert.margaryan39@yandex.ru), **Геворгян Арmine Ацруновна, к.т.н.** (РА, г.Ереван) - НУАСА, кафедра Гидравлики, ассистент, (+374)91516021, [armine.gev@gmail.com](mailto:armine.gev@gmail.com), **Акопян Марианна Погосовна, к.т.н.** (РА, г.Ереван) - НУАСА, кафедра Гидравлики, ассистент, (+374)987722 03, [marianna\\_hakobyan@bk.ru](mailto:marianna_hakobyan@bk.ru).

**Margaryan Albert Yakhshibek, Doctor of Sciences (Engineering), Professor** (RA, Yerevan) - NUACA, Problem laboratory of conservation, development and improvement of RA water systems, senior researcher, (+374)94412725, [albert.margaryan39@yandex.ru](mailto:albert.margaryan39@yandex.ru), **Gevorgayn Armine Artsrun, doctor of Philosophy (PhD) in engineering** (RA, Yerevan) - NUACA, assistant (+374) 91516021, [armine.gev@gmail.com](mailto:armine.gev@gmail.com), **Hakobyan Marianna Pogos, doctor of Philosophy (PhD) in engineering** (RA, Yerevan)- NUACA, asistant, (+37498)772203, [marianna\\_hakobyan@bk.ru](mailto:marianna_hakobyan@bk.ru).

Ներկայացվել է՝ 30.11. 2016թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 08.12.2016թ.