

ՀՏԴ 532.542

ՋՐԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐ

Ա. Ա. Սարուխանյան,

Հ. Ղ. Հարությունյան,

Ա. Ն. Սուքիասյան

ՃՆՇՈՒՄԱՅԻՆ ԽՈՂՈՎԱԿՆԵՐԻ ԹՐԹՈՒՑՄԱՆ ԵՐԵՎՈՒՑԹՆԵՐԻ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ

Ճնշումային խողովակների անթույլատրելի թրթռացումները սպառնալիքներ կարող են ստեղծել դրանց ամրության և կայունության համար, որը կարող է բերել մեծամասշտաբ վթարների, որոնց հետևանքներն առանձին դեպքերում համադրելի են բնական աղետներին: Ճնշումային խողովակների թրթռացումների վրա էական ազդեցություն են ունենում դրանցով անցնող հեղուկի հիդրոդինամիկական պարամետրերի փոփոխությունները: Տուրբուլենտ հոսանքում առաջացող բաբախող շոշափող լարումների առաջարկված բանաձևի առանձին անդամների վերլուծությունների արդյունքում առաջարկված են մի շարք ինժեներական միջոցառումներ, որոնց իրականացմամբ երաշխիքներ կստեղծվեն խուսափելու Ճնշումային խողովակների վտանգավոր թրթռացումներից:

Առանքային բառեր. *Ճնշումային խողովակ, թրթռացում, տուրբուլենտ հոսանք, շփման լարում, բաբախող արագություն*

Վերջին ժամանակները լայն տարածում է ստացել փոքր ՀԷԿ-ի շինարարությունը, որոնցում տուրբինային ջրատարերն անմիջապես միացված են դերևացիոն ջրատարերին և դրանց ընդհանուր գումարային երկարությունը կարող է հասնել 8...10 կմ - ի: Այս պայմաններում խիստ վտանգավոր են ամբողջ խողովակաշարում կամ դրա առանձին տեղամասերում առաջացող թրթռացումները, որոնք հետևանք են խողովակաշարի սեփական տատանումների և դրանով անցնող հեղուկի հոսքի թրթռացումների գումարային ազդեցությունների: Բացի խողովակի սեփական տատանումներից և հեղուկի հոսքի թրթռացումներից, խողովակաշարի գումարային տատանումների վրա զգալի ազդեցություն ունեն նաև հիդրոագրեգատի (տուրբինի կամ պոմպի) հարկադրական տատանումները: Արդյունքում տատանումների այս երեք աղբյուրներից առաջացող թրթռացումները չընդհատվող խողովակաշարի ինչ-որ տեղամասում կարող են առաջացնել ռեզոնանս, որը կբերի խողովակի լրիվ կամ մասնակի քայքայման:

Խողովակաշարի պատյանի թրթռացումները խիստ անկանխատեսելի են և հնարավոր չէ որևէ հաշվարկով որոշել դրանց առաջացման տեղը: Դրանք հայտնաբերվում են միայն խողովակաշարի շահագործման ընթացքում կամ էլ գործիքային հատուկ հետազոտությունների արդյունքում: Բազմաթիվ դիտարկումների և չափագրությունների արդյունքում [1, 2] պարզվել է, որ խողովակաշարի վտանգավոր բաբախումների հավանականությունը բարձրանում է, երբ հիդրոագրեգատների հարկադրական տատանումներն անմիջապես փոխանցվում են Ճնշումային խողովակաշարին:

Ճնշումային խողովակաշարի ռիսկային թրթռացումների հավանականությունը մեծանում է հեղուկի շարժման չհաստատված ռեժիմների պայմաններում, երբ խողովակը ենթարկվում է հոսանքի հիդրոդինամիկական պարամետրերի արժեքային փոփոխությունների ազդեցությանը և հիդրավլիկական ռեզոնանսի առաջացումը դառնում է անխուսափելի: Ճնշումային խողովակների ազատ և հարկադրական տատանումները մեծամասամբ պայմանավորված են դրանցով տեղափոխվող հեղուկ նյութերի հոսանքի հիդրոդինամիկական պարամետրերի փոփոխություններով, որոնք առավելապես կտրուկ փոփոխությունների են ենթարկվում չկայունացված շարժումների դեպքում: Հեղուկի չկայունացած հոսանքում առաջանում են տարատեսակ բաբախող երևույթներ, որոնք ուղեկցվում են ճնշման և հեղուկի արագության կտրուկ փոփոխման երևույթներով: Շարժման այսպիսի անկայուն վիճակը բերում է խողովակաշարի հարկադրական տատանումների և տատանման ամպլիտուդի փոփոխության: Կախված խողովակաշարի շահագործման պայմաններից և դրանում առաջացող ոչ ստացիոնար երևույթների բնույթից, կարող է առաջանալ ռեզոնանսի երևույթ, որը կբերի խողովակի ամրության և կայունության կորստի:

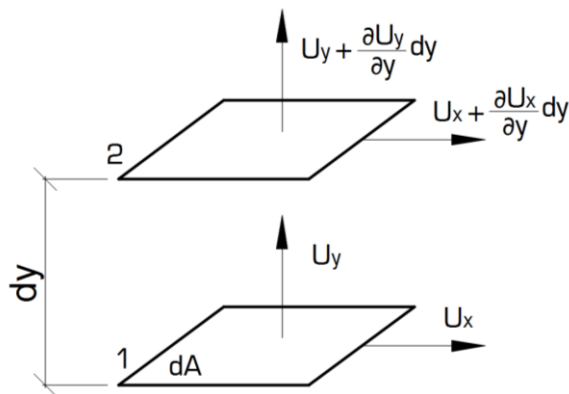
Ճնշումային խողովակներում ոչ ստացիոնար երևույթների վերաբերյալ Ն.Ե.Ժուկովսկու [3] հայտնի աշխատանքից հետո պարզ դարձավ խողովակի ներսից հեղուկի դինամիկ ազդեցության չափը և հաճախությունը: Ճնշումային խողովակներում հեղուկի ոչ ստացիոնար հոսքի պարամետրերի փոփոխման ազդեցությունները, խողովակաշարի սեփական տատանումների սպեկտրի վրա, ուսումնասիրվել են [4, 5] -ում: Այս ուսումնասիրությունների խնդիրն է եղել ստանալ ճնշումային խողովակի ամրության և կայունության ապահովման տեխնիկական պայմաններ, որոնց կիրառման պարագայում կերաշխավորվի դրանց անվտանգ շահագործումը:

Ճնշումային խողովակների բաբախումները մեծամասամբ կախված են օդի ներթափանցման հետ: Օդի ներթափանցումը և հեղուկ-օդ զանգվածի շարժումը ճնշումային խողովակում հղի է հոսանքի չկայունացված շարժման, որը փոխանցվելով խողովակին, կարող է առաջացնել վերջիններիս անցանկալի թրթռացումների, իսկ առանձին տեղամասերում՝ հիդրավլիկական ռեզոնանսի: Խողովակաշարի անթույլատրելի թրթռացումները կարող են առաջացնել ինչպես հենարանների, այնպես էլ խողովակաշարերի վթարներ:

Թրթռացող խողովակների շահագործումն անթույլատրելի է, որի պատճառով անհրաժեշտություն է առաջանում իրականացնել միջոցառումներ, որոնց շնորհիվ խողովակի թրթռումները կնվազեցվեն մինչև թույլատրելի սահմանները: Դրա համար անհրաժեշտ է պարզել թրթռումներ առաջացնող պատճառները և հնարավորության դեպքում դրանք հասցնել նվազագույնի: Առաջին միջոցառումը դա օդի մուտքի բացառումն է ճնշումային խողովակաշար: Դրա համար մշակված են տարատեսակ լուծումներ և կոնստրուկտիվ մշակումներ, որոնց ճիշտ շահագործման պայմաններում բացառվում են օդային կուտակումները ճնշումային խողովակաշարերում:

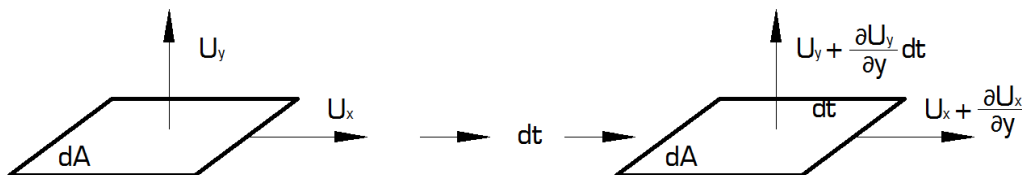
Հաջորդ միջոցառումը կախված է խողովակով շարժվող հեղուկի հոսքի թրթռացումները և խողովակի սեփական տատանումների հաճախությունը փոքրացնելու հետ, այնպես որ բացառվի հիդրավլիկական ռեզոնանսի առաջացման հավանականությունը: Հեղուկի հոսքի թրթռումների փոքրացման համար կարևոր է խողովակի տրամագծի Δ ի շտ ընտրությունը, որպեսզի նրանում արագությունները գտնվեն թույլատրելի սահմաններում: Մեծ արագությունների դեպքում կտրուկ մեծանում է հեղուկի մասնիկների լայնական ուղղությամբ տեղափոխությունները, որոնք պատճառ են դառնում հոսանքի բաբախումների համար:

Տուրբուլենտ հոսանքներում բացի մասնիկների երկայնական տեղափոխությունից գոյություն ունի նաև դրանց լայնական տեղափոխություն [6] (նկ.1):



Նկ. 1. Հեղուկի մասնիկների արագության փոփոխման գծապատկեր

Դիցուք 1 շերտում հեղուկի արագության բաղադրիչներն են U_x և U_y -ը: Այդ շերտից dy հեռավորության վրա գտնվող շերտում արագության բաղադրիչները կստանան մասնակի աճ և կլինեն՝ $U_x + \frac{\partial U_x}{\partial y} dy$ և $U_y + \frac{\partial U_y}{\partial y} dy$: Այս փոփոխությունները տեղի են ունենում հեղուկի մի շերտից մյուս շերտը մասնիկների տեղափոխման արդյունքում: Ենթադրենք dA մակերես ունեցող շերտից դեպի հարևան շերտը հեղուկը տեղափոխվում է U_y արագությամբ (նկ. 2):



Նկ. 2. Շարժման քանակի փոփոխման հաշվարկի գծապատկեր

dt ժամանակահատվածում այս շերտից տեղափոխվող հեղուկի զանգվածը կլինի՝ $\rho U_y dA dt$, որը շարժման ժամանակ U_x արագության պարագայում հավասար է $\rho U_y dA dt U_x$: dt ժամանակի վերջում տեղի կունենա արագության բաղադրիչների աճ և շարժման քանակի փոփոխություն, որը dt ժամանակի վերջում կլինի՝

$$\rho(U_y + \frac{\partial U_y}{\partial t} dt)dAdt(U_x + \frac{\partial U_x}{\partial t} dt): \quad (1)$$

Շարժման քանակի աճը կկազմի՝

$$\rho(U_y + \frac{\partial U_y}{\partial t} dt)dAdt(U_x + \frac{\partial U_x}{\partial t} dt) - \rho U_y dAdt U_x, \quad (2)$$

վերջին արտահայտության մեջ անտեսելով ավելի բարձր կարգի անվերջ փոքրերը, կունենանք՝

$$\rho U_y \frac{\partial U_x}{\partial t} dt dAdt + \rho U_x \frac{\partial U_y}{\partial t} dt dAdt: \quad (3)$$

Շարժման քանակի այս աճը հեղուկի շերտում առաջացնում է շփման ուժի իմպուլս՝ $\tau dt dAdt$, որը հավասարեցնելով շարժման քանակի աճին, կստանանք՝

$$\tau = \rho U_x \frac{\partial U_y}{\partial t} dt + \rho U_y \frac{\partial U_x}{\partial t} dt: \quad (4)$$

Հեղուկի շերտերում առաջացող բաբախող լարումներն այնքան հաճախակի ու նշանափոխ են, որքան արագության բաղադրիչների փոփոխություններն են: Հետևաբար, խողովակներն անհրաժեշտ է այնպես նախագծել ու կառուցել, որ նվազագույնի հասցվեն հոսանքի բաբախումների առաջացման աղբյուրները: Ճնշումային խողովակաշարերի թրթռացման երևույթների մեկնաբանություններից հանգում ենք այն եզրակացության, որ անթույլատրելի բաբախումները ճնշումային խողովակների ամրության և կայունության համար վտանգավոր երևույթներ են և դրանց ազդեցությունների մեղմացման համար անհրաժեշտ է մշակել ինժեներական միջոցառումներ:

Խողովակների թրթռացումների պատճառների նկարագրություններից ելնելով՝ խողովակի թրթռիչների մեղմացման նպատակով առաջարկվում է իրականացնել հետևյալ միջոցառումները.

1. Հոսանքի բաբախումները փոքրացնելու նպատակով խուսափել խողովակաշարի տրամագծի կտրուկ անցումներից և ծրագծի անկյունային հանգույցների կտրուկ փոփոխություններից: Տրամագծի և ծրագծի կտրուկ փոփոխություններն իրականացնել սահուն անցումներով, ներսի մակերևույթների հղկման պայմանով:
2. Բացառել ցանկացած շարժական ազդեցատների կոշտ կցումը ճնշումային խողովակին: Նման անհրաժեշտության դեպքում շարժական ազդեցատի միացումը ճնշումային խողովակին իրականացնել ճկուն անցումներով, բացառելով տատանումների փոխանցումը:
3. Կարգավորիչ և արգելափակիչ սարքավորումների միացումներն իրականացնել սահուն անցումներով, բացառելով հոսանքի շիթերի հարվածը և լրացուցիչ բաբախումների առաջացումը:
4. Կարգավորիչ և արգելափակիչ սարքավորումների աշխատանքի ժամանակ բացառել հոսքի արագության կտրուկ փոփոխությունները, ինչը հղի է ճնշումային խողովակաշարում անցումային երևույթների և անթույլատրելի թրթռիչների առաջացմանը:

5. Բացառել ճնշումային խողովակաշար օդի ներթափանցումը, որը հիմնականում կատարվում է մուտքի կտրվածքից և խողովակի բարձրադիր կետերից, որտեղ փոփոխական ռեժիմի պայմաններում հնարավոր է վակուումի առաջացում:
6. Ապահովել կուտակված օդի անարգել հեռացում:
7. Խողովակաշարի ռիսկային թրթռացման հատվածը պատրաստել փոքր կոշտություն ունեցող նյութերից (պոլիէթիլենից) պատրաստված խողովակներով:

Առաջարկված միջոցառումների իրականացումով կբացառվեն ճնշումային խողովակի վտանգավոր թրթռացումները և դրանց շահագործումը կլինի հուսալի ու անվտանգ:

**А.А.Саруханян,
Г.К.Арутюнян,
А.Н.Сукиасян**

АНАЛИЗ ВИБРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ НАПОРНЫХ ТРУБОПРОВОДОВ

Недопустимые вибрации напорных трубопроводов могут создать угрозу для их прочности и устойчивости, что чревато крупномасштабными авариями с последствиями, сопоставимыми с природными катастрофами. На вибрацию напорных трубопроводов существенное влияние оказывает колебание гидродинамических параметров протекающей жидкости. В результате анализа отдельных членов в выведенной формуле пульсирующего касательного напряжения турбулентного потока предложен ряд инженерных мероприятий. При осуществлении этих мероприятий можно гарантированно избежать возникновения недопустимых вибраций напорных трубопроводов.

Ключевые слова: *напорный трубопровод, вибрация, турбулентный поток, напряжение трения, пульсирующая скорость*

**A.A.Sarukhanyan,
H.Gh.Harutyunyan,
A.N.Sukiasyan**

ANALYSIS OF PRESSURE PIPELINES OSCILLATION PHENOMENA

Strength and stability of pressure pipelines are threatened with their impermissible oscillations which can cause great damages in some cases comparable with natural disasters. Changes of hydrodynamic parameters of fluid passing through pressure pipes have considerable impact on their oscillations. As a consequence of analysis of individual members of the derived formula for pulsating shear stress. In turbulent flow a number of engineering measures have been suggested which will enable to create conditions when pipes are guaranteed against hazardous oscillations.

Keywords: *pressure pipe, oscillation, turbulent flow, shear stress*

Գրականություն

1. **Фрейшист А.Р., Хохарин А.Х., Шор А.М.** Стальные трубопроводы гидроэлектростанций. – М.: Энергия, 1982. -247 с.
2. **Айнбиндер А.Б., Камерштейн А.Г.** Расчет магистральных трубопроводов на прочность и устойчивость. спр. пос. – М.: Энергия, 1982. – 341 с.
3. **Жуковский Н.Е.** О гидравлическом ударе в водопроводных трубах // Сб. ГИТТЛ.– М., 1949.– Т.3.– С. 5–95.
4. **Ильсамов М.Н.** Колебания упругих оболочек, содержащих жидкость и газ.– М.: Наука, 1969. – 116 с.
5. **Margurre K.** Theorie der gekrümmten Plate grosser Formänderung // Sou.– New-York, 1936.– S. 93–101.
6. **Հովսեփյան Վ.Մ.** Հիդրավլիկա. – Երևան: Լույս, 1988. – 496 էջ:

Աշխատանքն իրականացված է ՀՀ պետական բուհից գիտական և գիտատեխնիկական գործնության բազային ֆինանսավորմամբ «Լեռնային Ղարաբաղի Հանրապետության ջրային ենթակառուցվածքների տեխնիկական վիճակի հետազոտում և դրանց կառավարման հայեցակարգերի և շահագործման կանոնակարգերի մշակում» ծրագրի շրջանակում:

Մարուխանյան Արեստակ Արամայիսի, տ.գ.դ., պրոֆ. (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, «Լեռնային Ղարաբաղի Հանրապետության ջրային ենթակառուցվածքների տեխնիկական վիճակի հետազոտում և դրանց կառավարման հայեցակարգերի և շահագործման կանոնակարգերի մշակում» ծրագրի ղեկավար, (+374)93944040, asarukhanyan51@mail.ru, Հարությունյան Հրաչյա Ղահրամանի, ասիստենտ (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, «Լեռնային Ղարաբաղի Հանրապետության ջրային ենթակառուցվածքների տեխնիկական վիճակի հետազոտում և դրանց կառավարման հայեցակարգերի և շահագործման կանոնակարգերի մշակում» ծրագիր, կոնստրուկտոր, Շինարարական կոնստրուկցիաների ամբիոն, (+374)95389991, hrachharutyunyan@yahoo.com, Սուրիասյան Ալիսա Նիկողոսի (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, ակ. Ալ. Թամանյանի անվ. Ճարտարապետության և շինարարության պրոբլեմային լաբորատորիա, կ.գ.ա., (+374)91571937:

Саруханян Арестак Арамаисович, д.т.н., проф. (РА, г.Ереван) – НУАСА, программа “Исследование технического состояния инфраструктуры водных систем Республики Нагорного Карабаха и разработка инструкции их эксплуатации”, рук. программы, (+374) 93944040, asarukhanyan51@mail.ru, Арутюнян Грачья Каграманович, ассистент (РА, г.Ереван) – НУАСА, программа “Исследование технического состояния инфраструктуры водных систем Республики Нагорного Карабаха и разработка инструкции их эксплуатации”, конструктор, кафедра Строительных конструкций, (+374)95389991, hrachharutyunyan@yahoo.com, Сукиасян Алиса Никогосовна (РА, г.Ереван) – НУАСА, Проблемная лаборатория Архитектуры и строительства им. ак. Ал. Таманяна, м.н.с., (+374)91571937.

Sarukhanyan Arestak Aramayis, doctor of science (engineering), prof. (RA, Yerevan) – NUACA, (+374) 93944040, asarukhanyan51@mail.ru, Harutyunyan Hrachya Ghahraman, assistant (RA, Yerevan) – NUACA, “Study of technical state of water system infrastructure of the Republic of Mountainous Karabagh and development of their operation instructions” program, constructor, chair of Buildings structures, (+374) 095389991, hrachharutyunyan@yahoo.com, Sukiasyan Alisa Nikoghos (RA, Yerevan) – NUACA, Problem laboratory of architecture and construction after academician Al.Tamanyan, (+374)91571937.

Ներկայացվել է՝ 11.10.2016թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 15.10.2016թ.