

ՄԵԾ ԸՆՇՄԱՆ ԳՐԱՎԻՏԱՑԻՈՆ ԶՐԱՏԱՐՆԵՐԻ ԼՑՄԱՆ ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ

Ա.Յա. Մարգարյան, Մ.Պ. Հակոբյան

Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան

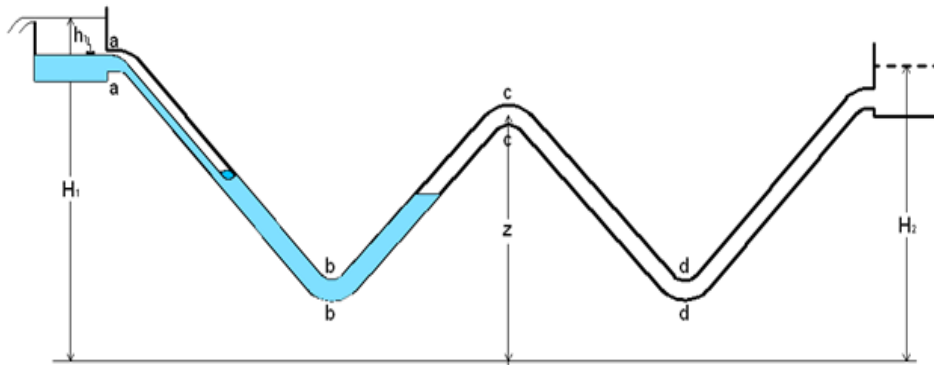
Առանցքային բառեր. գրավիտացիոն ջրատար, օղային կուտակում, խառը շարժում, դյուկեր, սիֆոնային տեղամաս

Քննարկվում են լեռնային տեղանքի գրավիտացիոն խողովակի լցման ընթացքում առաջացող հիդրավիկական ռեժիմները: Ջրատարի լցման տեխնիկական նորմերում, կախված խողովակի տրամագծից, տրվում է ջրատարի գլխամասից լցվող թույլատրելի ելքի մեծությունը, որը շատ անգամ փոքր է հաստատված ռեժիմում ջրատարով թողարկվող ելքից: Քանի որ լեռնային տեղանքում գրավիտացիոն ջրատարը կարող է ունենալ դյուկերային և սիֆոնային բազմաթիվ տեղամասեր, ապա խողովակաշարի վայրընթաց տեղամասերում առաջանում է հիդրավիկական խառը ռեժիմ: Ոչ ճնշումային շարժումից ճնշումային շարժման անցումը կատարվում է հիդրավիկական թռիչքով: Շարժման ուղղությամբ, սկսած երկրորդ սիֆոնային տեղամասից, խողովակաշարի վայրընթաց հատվածներում առաջանում են օղային մեծ կուտակումներ, որի հետևանքով նկատելիորեն ընկնում է ջրատարի ճնշումը, հետևաբար փոքրանում է թողարկվող ելքը: Ջրատարի հաշվային ելքի վերականգնման համար առաջարկվում է սիֆոնային տեղամասերը կահավորել համապիտանի օղատրման և օղաթողման սարքով, որը կատարում է երեք գործառույթ փոքր քանակի օղահանում շահագործման ընթացքում, մեծ քանակի օղահանում լցման ընթացքում և մեծ քանակի օղատրում դատարկման ու վթարի դեպքում:

Մեծ երկարության ջրատարների առաջին լցումը (կառուցումից անմիջապես հետո), իսկ այնուհետև՝ պարբերական լցումները, զբաղեցնում են բավականին մեծ ժամանակ: Ըստ տեխնիկական նորմերի, 1 մ տրամագիծ ունեցող խողովակաշարի լցումը պահանջվում է կատարել $15 \text{ մ}^3/\text{ժ} = 4,17 \text{ լ/վ}$ ելքով [1]: Վայոց Ձորի Հերմոն-Ելփին ինքնահոս ջրատարի, որի մայրուղային խողովակաշարի երկարությունը 30 կմ է, առաջին լցումը վերևում բերված ելքով տևում է երկու ամիս: Սովորաբար ջրատարի լցումն իրականացվում է դրա գլխամասի ավազանից: Փոքր ելքով ջրատարի առաջին լցումը կատարելը պայմանավորված է երկու հանգամանքով՝ նախ թաղված տեղամասերում գրունտի վրա խողովակի դանդաղ նստեցմամբ (դանդաղ բեռնավորում) և խողովակի բարձրադիր կետերից շահագործողական օղահան սարքերով, որոնք ունեն փոքր թողունակություն [1], օղահեռացումամբ:

Վայոց Ձորի Հերմոն-Ելփին ջրատարի լցման համար եղավ առաջարկ, որի հիմնական գաղափարը լցման իրականացումն էր ջրատարի ընթացագծի մի քանի տեղամասերից [2]: Առաջարկի հիմնական դրդապատճառը արագ և անվտանգ լցման անհրաժեշտությունն էր, քանի որ ոռոգման գործընթացն արդեն սկսվել էր: Առաջարկի իրականացման համար առկա էին նպաստավոր պայմաններ. ջրատարի մեծ ճնշման դյուկերային (ծնկավոր) տեղամասները (Էլեգիս գետի կիրճ) անցնում են գետից մի քանի մետր հեռավորության վրա: Մյուս կողմից, առաջարկը ենթադրում է մեկ այլ կարևոր հանգամանք, այն է՝ ջրատարի առանձին դյուկերային տեղամասերի միմյանցից անկախ միաժամանակյա լցումը հնարավորություն է տալիս դանդաղորեն բեռնավորել ջրատարը, արագորեն հայտնաբերել և վերացնել շինարարության ընթացքում կատարված բացթողումների և թերությունների հետևանքները, ինչպես նաև դյուկերի դարձնել խողովակաշարից օղի հեռացումը [3, 4]: Ինչպես նշվեց վերևում, գլխամասից ինքնահոս ճնշումային ջրատարի առաջին լցումը կատարվում է դրա հաշվային Q_0 ելքից շատ անգամ պակաս q_0 ելքով, որի մեծությունը սահմանվում է ջրատարի խողովակի տրամագծից կախված: Փոքր ելքով ջրատարի լցման պարագայում

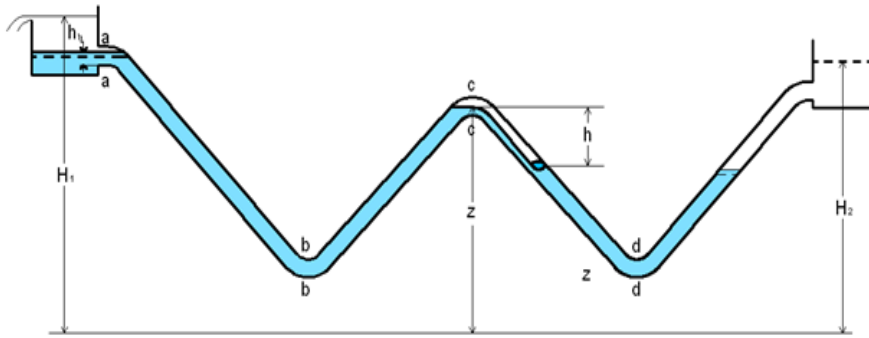
գլխամասին հարող խողովակաշարի վայրընթաց ab տեղամասի ողջ երկարության վրա առաջանում է անձնշում ազատ շարժում, քանի դեռ առաջին դյուկերային տեղամասի $b-b$ կտրվածքը չի փակվել (նկ. 1):



Նկ. 1. Ջրատարի կողատեսքը

Այդ կտրվածքի փակումից հետո դյուկերի ձախ ու աջ տեղամասերում առաջանում է ճնշումային շարժում՝ աստիճանաբար մեծացող երկարության վրա, ընդ որում ձախ տեղամասում բռնկն ազատ անձնշում շարժման անցումը հանդարտ ճնշումային շարժման կատարվում է հիդրավլիկական թռիչքով: Անձնշում շարժման տեղամասում հեղուկի ազատ մակերևույթը մասնագիտական գրականության մեջ հայտնի bz տիպի անկման կոր է [5], ազատ հոսանքի խորությունն աստիճանաբար փոքրանալով՝ մոտենում է խողովակի տվյալ թեքությանը և q_0 ելքին համապատասխանող նորմալ խորությանը: Դյուկերի աջ տեղամասում հեղուկի մակերևույթը հորիզոնական դիրքով աստճանաբար բարձրանում է: Խողովակաշարի լցմանը զուգընթաց ոչ ճնշումային շարժման տեղամասի երկարությունն աստիճանաբար փոքրանում է՝ հիդրավլիկական թռիչքի տեղը տեղափոխվում է դեպի վեր: Այդ ընթացքում abc դյուկերի աջ վերընթաց տեղամասում հեղուկի մակարդակն աստիճանաբար բարձրանում է: Ժամանակի ցանկացած պահի դյուկերի ճնշումային շարժման տեղամասի ձախ և աջ մասերի մակարդակների տարբերությունը հավասար է այդ տեղամասի էներգիայի կորստին [3]:

Քանի որ ջրատարը լցնող ելքն անհամեմատ փոքր է դրա հաշվային ելքից, էներգիայի կորստի մեծությունը կարելի է անտեսել և ընդունել, որ դյուկերի ձախ և աջ տեղամասերում հեղուկի մակարդակները ժամանակի ցանկացած պահին նույն բարձրության վրա են: Երբ դյուկերի վերընթաց խողովակում հեղուկի մակարդակը հասնում է մինչև սիֆոնային տեղամասի $c-c$ կտրվածքը, սկսվում է cde դյուկերային տեղամասի լցումը՝ սկզբում ազատ անձնշում շարժումով, քանի դեռ $d-d$ -ն չի փակվել, իսկ կտրվածքի փակումից հետո՝ ոչ ազատ անձնշում շարժումով: Երբ երկրորդ դյուկերի $d-d$ կտրվածքը փակվում է, սիֆոնի վայրընթաց խողովակի cd տեղամասում օդը փակվում է հեղուկի հոսանքի աջ և ձախ սյունների ճակատների արանքում (նկ. 2.): Մինչև $d-d$ կտրվածքի փակման պահը գլխամասից ջրատար լցվող ելքը անփոփոխ է մնում: $d-d$ կտրվածքի փակման պահն ընդունենք որպես ժամանակի սկիզբ՝ $t=0$: Ժամանակի $t>0$ պահին խողովակի cd տեղամասում փակված օդը սեղմվում է, որի պատճառով խողովակաշարի այդ տեղամասում կատարվում է անձնշում, սակայն ոչ ազատ շարժում, քանի որ հեղուկի մակերևույթի վրա օդի ճնշումը մթնոլորտայինից մեծ է: Ժամանակի ցանկացած պահին օդի ճնշումը հեղուկի մակերևույթի ողջ երկարության վրա նույնն է: Ինչպես ab խողովակում, այնպես էլ այդ տեղամասում օդային կուտակման ամենաներքևում ոչ ճնշումային շարժման անցումը ճնշումային կատարվում է հիդրավլիկական թռիչքով: Ինչպես նախորդ դյուկերի տեղամասում, այնպես էլ այս տեղամասի ձախ մասում հիդրավլիկական թռիչքի տեղն աստիճանաբար բարձրանում է դեպի վեր՝ փոքրացնելով բանտարկված օդի ծավալը, հետևաբար, մեծացնելով դրանում ճնշումը: Վերջինիս ազդեցության տակ աջ տեղամասում գոյացող հեղուկի սյան ճակատը ևս տեղափոխվում է դեպի վեր:



Նկ.2. Ջրատարի կողատեսքը, սիֆոնային տեղամասում փակկված օղի առկայության պարագայում

Եթե օղի փակում չլիներ, այսինքն՝ տեղամասը լցված լիներ հեղուկով, ապա $d'-d'$ և $c-c$ կտրվածքների ճնշումների տարբերությունը կլիներ $P_c - P_d = \rho g h$, մինչդեռ օղի առկայության պարագայում՝ $P_c - P_d = 0$, քանի որ օղի սյունից առաջացող ճնշումն աննշան մեծություն ունի: Այստեղից գալիս ենք կարևոր հետևության. ջրատարի ճնշումը սիֆոնի վայրընթաց խողովակում առաջացող բանտարկված օղի սյան h բարձրությամբ փոքրանում է [6]:

Նկատենք, որ սկսած ժամանակի $t=0$ պահից, օղի սեղմման պատճառով $c-c$ կտրվածքում ճնշման մեծացմամբ գոյանում է հակաճնշում, որի հետևանքով գլխամասից ջրատար մտնող ելքը սկսում է պակասել: Սրա հետևանքով ճնշման ավազանում տեղի է ունենում հեղուկի մակարդակի բարձրացում մինչև ջրի կառուցվածքի շուրթը, որի պատճառով ջրատարը շարունակում է սնվել $Q < Q_0$ ելքով: Այդ գործընթացի ընթացքում փակված օղի ճնշումը շարունակում է բարձրանալ, որն ուղեկցվում է գլխամասից ջրատար մտնող ելքի փոքրացումով:

Ակնհայտ է, որ ճնշումային ջրատարի լցման մեխանիզմի վերևում բերված նկարագրությունն անկախ է գլխամասից տրվող Q_0 ելքի մեծությունից, այսինքն՝ սույն երևույթներն ունեն նույն հերթականությունը, սակայն ընթանում են տարբեր արագություններով: Եթե օղի սյան բարձրությունը գերազանցում է ջրատարի ստատիկական ճնշումը, այսինքն՝ $h > H_0$, ապա շարժումը դադարում է՝ ջրատարով թողարկվող ելքը հավասարվում է գրոյի և գլխամասին տրվող ելքն ճնշման ավազանից ջրի կառուցվածքի վրայով ամբողջությամբ հեռանում է: Եթե $h < H_0$, ապա ջրատարով թողարկվում է $Q < Q_0$ ելք, որտեղ Q_0 -ն ջրատարի հաշվային ելքն է օղային կուտակումների բացակայության դեպքում:

Կապ հաստատենք խողովակաշարի երկրաչափական տարրերի և օղային կուտակման (փակկված օղի) ճնշման միջև: Ընդունենք, որ ջրատարը գլխամասից լցվում է q_0 ելքով, որի մեծությունը տրվում է համապատասխան նորմերում՝ կախված խողովակի տրամագծից: Որպես ժամանակի սկիզբ $t=0$ ընդունենք $b-b$ կտրվածքի փակման պահը: Ընդունենք նաև, որ ժամանակի T պահին, հաշված $d-d$ կտրվածքի փակման պահից, ջրատարում շարժումը դադարում է: Ակնհայտ է, որ ժամանակի $t < T$ պահերին ջրատարում դեռ առկա է հեղուկի շարժում, հետևաբար սիֆոնի վայրընթաց խողովակում օղը շարունակում է սեղմվել, ճնշումը դրանում բարձրանում է, որը սկսվում է օղի փակման $t=0$ պահից սկսած: Հետևաբար, ab տեղամասի վերջում առաջանում է հակաճնշում, որի պատճառով գլխամասից ջրատարի մեջ մտնող ելքն աստիճանաբար փոքրանում է:

Ջրատարով թողարկվող ելքն օղային կուտակման բացակայության դեպքում կլինի

$$Q_0 = \sqrt{\frac{H_0}{S}}, \tag{1}$$

որտեղ $H_0 = H_1 - H_2$, իսկ S -ը խողովակի հիդրավլիկական դիմադրությունն է: Օղային կուտակման առկայության պարագայում ջրատարով թողարկվող ելքը կլինի

$$Q = \sqrt{\frac{H_0 - h}{s}} \quad (2)$$

(1) և (2) բանաձևերից հետևում է, որ $Q < Q_0$, այսինքն՝ ջրատարը չի թողարկում հաշվային ելքը: Ակնհայտ է, որ հաշվային ելքը վերականգնելու համար սիֆոնային տեղամասի $c - c$ կտրվածքը պետք է կահավորել օդահան սարքով: Շահագործական օդահան սարքի միջոցով օդային մեծ կուտակման հեռացումը ջրատարի հատվածից կարող է երկար ժամանակ տևել, քանի որ սարքի անցքն ունի փոքր տրամագիծ: Ուրեմն, ջրատարի թողունակության վերականգնումը պետք է կատարվի խողովակից մեծ քանակությամբ օդ հեռացնող սարքի միջոցով, որպիսին է համապիտանի օդատրման և օդաթողման սարքը [6]: Վերջինս հնարավորություն է տալիս նաև մեծ տրամագծի խողովակը պաշտպանել կայունության կորստից՝ մեծ քանակության օդ ներմուծելով դրա մեջ, երբ ջրատարը զանազան պատճառներով վթարվում է (պատռում):

ОСОБЕННОСТИ ЗАПОЛНЕНИЯ ГРАВИТАЦИОННЫХ ВОДОВОДОВ БОЛЬШОГО НАПОРА

А.Я. Маргарян, М.П. Акопян

Национальный университет архитектуры и строительства Армении

Ключевые слова: *гравитационный водовод, воздушное скопление, смешанный режим, дюкер, сифонный участок*

Рассматриваются возможные гидравлические режимы, возникающие при заполнении гравитационных водоводах гористой местности. В технических нормах приводятся допустимые величины расхода, заполняющего водовод, в зависимости от диаметра трубы. Этот расход в десятки раз меньше, чем расход установившегося режима работы водовода. Поскольку водоводы имеют многочисленные сифонные и дюкерные участки, то при их заполнении малым расходом, в ниспадающих участках образуются смешанные режимы движения. При переходе безнапорного режима движения в напорное возникает гидравлический прыжок. Начиная от второго сифонного участка, в ниспадающих ветвях водовода образуются большие скопления заземленного воздуха, что приводит к уменьшению пропускаемого расхода. Для восстановления пропускной способности водовода рекомендуется оборудовать сифонные участки вместо обыкновенных вантузов - универсальными вантузами авторов, которые выполняют три функции: выпуск малого количества воздуха при эксплуатации, большого количества при заполнении и впуск в водовод большого количества воздуха при опорожнении и аварии.

THE FILLING PECULIARITIES OF HIGH PRESSURE GRAVITY AQUEDUCTS

A.Ya. Margaryan, M.P. Hakobyan

National University of Architecture and Construction of Armenia

Keywords: *gravity aqueduct, air pocket, composite regimes, siphon barrel*

Hydraulic regimes emerging during the mountainous gravity aqueduct filling are discussed hereby. The permissible feeding flow discharge amount from the pipe is given in the technical norms depending on the pipe diameter, which is much smaller than flow released from the aqueduct operating on mixed hydraulic regime. As gravity aqueducts may have many siphon sections in the mountainous areas so mixed regimes may occur in the downward sections of the pipeline. The shift from free flow regime to the full pipe flow hydraulic regime is done by the hydraulic jump. Starting from the second siphon section and in the motion's direction, large air pockets are formed in the downward sections of the pipeline causing the reduction of the aqueduct pressure and small amount of released flow. For the pipe capacity restoration it is recommended to equip the siphon sections by common universal air climinator, which has three basic functions of discharging small amount of air pocket during its exploitation, large amount of air pocket during filling as well as large amount of air supply in the case of dumping and accidents.

ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. **СНиП 2.04.02-84***. Строительные нормы и правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. -М., 2005. -128 с.
2. **Մարգարյան Ա.Յա., Չոբանյան Գ.Ա.** Արտոնագիր N 2247 А, Համապիտանի օդաթողման սարք, գրանցված 01.10.2008.
3. **Մարգարյան Ա.Յա.** Հիդրավիլիկական հարված և խողովակաշարերի պաշտպանություն.- Երևան, ԵՃՇՊՀ, 2010.- 291 էջ.
4. **Chanson H., Brattberg T.** Experimental study of the air-water shear flow in a hydraulic jump // Int. Journal of Multiphase Flow. - 2000. - Vol 26.- P. 583-607.
5. **Հովսեփյան Վ.Մ.** Հիդրավիլիկա և աերոդինամիկայի տարրերը. -Երևան. Լույս, 1988. - 496 էջ:
6. **Касымбеков Ж.К., Ботантаева Б.С.** Исследование условия образования скоплений воздуха на изгибе напорного водовода в вертикальной плоскости // Mat. V Miedzynarod. nauk. konf.: «Wschodnia spolka – 2009», Vol. 7, Techn. nauki.– Пшемысль (Польша): Nauka i studia, 2009. - С. 27-31.

Ներկայացվել է՝ 09.11.2015 թ.
Ընդունվել է սպագրության՝ 20.11.2015 թ.