

ՀՏԴ 627.8.034.7

ՀԻՂՐՈՏԵԽՆԻԿԱԿԱՆ ՇԻՆԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ

Է.Հ. Խաչատրյան,
Հ.Վ. Նանագույան,
Ա.Է. Խաչատրյան

**ԼԵՌՆԱՅԻՆ ԳԵՏԵՐԻ ԴԻՄՀԱՐԱՅԻՆ ԲԻԵՖԻ ՏՂՄԱԿԱԼՄԱՆ ԵՎ ՄԱՔՐՄԱՆ
ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏԿՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԸ**

Ներկայումս ՀՀ ջրամբարները, Սևան-Հրազդան կասկադի հիդրոէլեկտրակայանների (ՀԷԿ) ջրամբարները լցված են ջրաբերուկներով: ՀԷԿ-ի ջրամբարները հաճախ անվանում են դիմհարային բիեֆեր: Վերջիններս առաջանում են 10...15 մ և ավելի բարձրությամբ պատվարների կառուցման միջոցով, որոնց ջրամբարները սովորաբար ունեն ոչ մեծ ծավալներ: Դիմհարային բիեֆերը շահագործման ընթացքում հաճախ լցվում են ջրաբերուկներով, որն առաջացնում է հիդրոտեխնոլոգի կառուցվածքների շահագործման դժվարություններ և զգալի տնտեսական ծախսեր: Դա պահանջում է տղմակալման դեմ պայքարի միջոցառումների, ինչպես նաև դիմհարային բիեֆերի տիղմից լվացման մեթոդների մշակում: Նկարագրվում է ՀՀ որոշ ՀԷԿ-ի դիմհարային բիեֆերի շահագործման առանձնահատկությունները: Առաջարկվում է դիմհարային բիեֆերը ջրաբերուկներից մաքրել հիդրոմեխանիզացիայի մեթոդով:

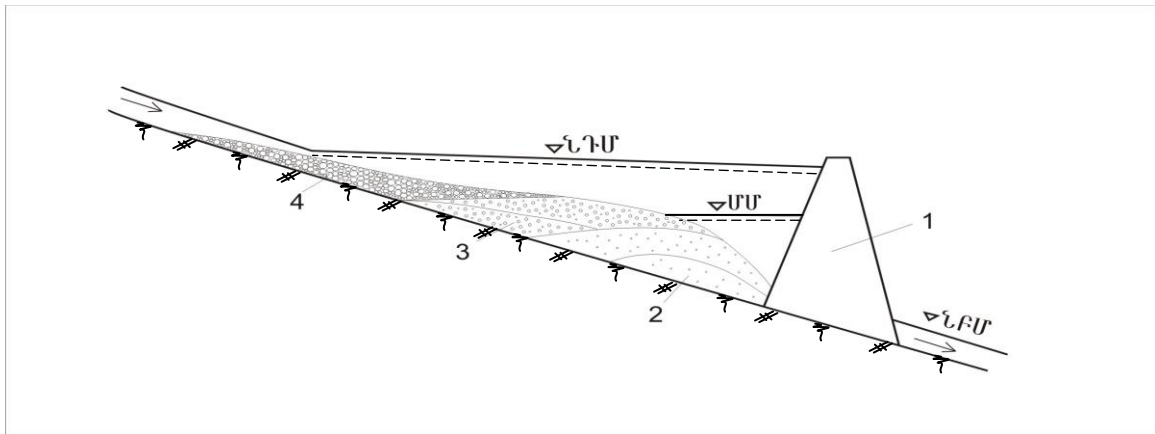
Առանցքային բառեր. *դիմհարային բիեֆ, ջրաբերուկներ, ջրամբար, տղմակալում, ճկուն խողովակաշար*

Ջրամբարների շահագործման ընթացքում գետի կոշտ հոսք կազմող ջրաբերուկները կուտակվում են դիմհարային բիեֆի ամբողջ երկարությամբ: Ջրաբերուկների հիմնական մասն առաջանում է գետերի ջրհավաք ավազանների մակերևույթից հալոցքային և անձրևային ջրերով գրունտների պինդ մասնիկների լվացման և տեղափոխման միջոցով, իսկ մյուս մասն էլ ձևավորվում է գետերի հունների ողողման հաշվին: Գետային ջրաբերուկների ձևավորման ընթացքում կարևոր նշանակություն ունի ոչ միայն ջրի հոսքի էներգիան, այլ նաև ֆիզիկաաշխարհագրական պայմանները (տեղանքի ռելիեֆը, բուսական ծածկույթը, գրունտների կառուցվածքը, կլիմայական գործոնները): Որքան ամուր են գրունտները, այնքան ավելի քիչ են ենթարկվում քայքայման: Կավային, ավազային և լյուսային գրունտները հեշտությամբ լվացվում են ջրհավաք ավազանի մակերևույթից և առաջացնում են մեծ քանակի մանր մասնիկներ: Գետի ավազանում բուսականության առկայությունը հողի մակերևույթը պահպանում է ողողումից և փոքրացնում գետ լցվող կոշտ մասնիկների քանակը:

Գետային ջրաբերուկներով դիմհարային բիեֆի տղմակալման սխեման բերված է նկ. 1-ում: Մխեմայից երևում է, որ ջրաբերուկների ավելի մեծ չափամասերը նստում են ջրամբարի վերնի մասերում (պոչամասում), իսկ մանր ջրաբերուկները՝ վերնի բիեֆի ամբողջ երկարությամբ, հիմնականում պատվարի մոտ:

Հայաստանի և Կովկասի գետերի հիդրոհանգույցներում կատարված բնօրինակային ուսումնասիրությունները [1] ցույց են տալիս, որ գետի բերվածքները, մտնելով ջրամբար փոքր արագությունների պատճառով, կուտակվում են դրա պոչամասում (օգտակար ծավալում), այլ ոչ թե այդ նպատակով նախատեսված ջրամբարի մեռյալ ծավալում: Որքան մեծ է գետի կոշտ հոսքը և ինչքան փոքր է ջրամբարի ընդհանուր ծավալը, այնքան ավելի արագ է տեղի ունենում ջրամբարի ազատ ծավալի կորուստ տղմակալման պատճառով: Խոշոր ջրաբերուկները (գլաքար, մանրախիճ) նստում են ջրամբարի վերնի մասերում, ավելի փոքրերը շարժվում են ներքև, իսկ ամենափոքր կախյալ մասնիկները (կավային) կուտակվում են պատվարի մոտ:

Գետերի լեռնային և նախալեռնային տեղամասերում տեղաբաշխված դիմհարային բիեֆերի և ջրամբարների ռացիոնալ շահագործման հարցերը, դրանց տղմակալման և ջրաբերուկների դեմ պայքարի միջոցառումների մշակումը միշտ էլ գտնվում է հիդրոէներգետիկների ուշադրության կենտրոնում:



**Նկ. 1. Ջրամբարի ջրաբերուկներով տղմակալման սխեման
1-պատվար, 2-տիղմ, 3-ավազ-կոպիճ, 4-գլաքար**

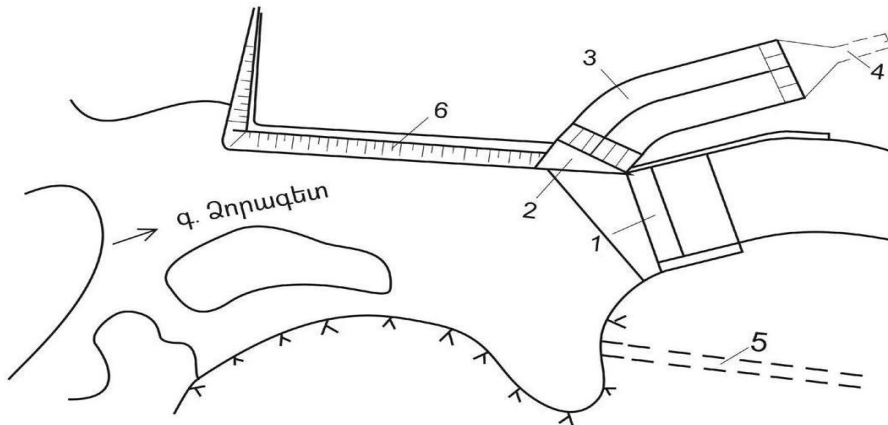
Դիմհարային բիեֆերի հիմնական առանձնահատկությունը նրանց հոսունությունն է, որի շնորհիվ, շահագործման սկզբնական տարիներից սկսած ջրաբերուկները տեղափոխվում են դեպի պատվար և հեռանում ներքևի բիեֆ, այդ պատճառով տղմակալման դեմ պայքարի միջոցառումների հիմնական մասը կապված է ջրամբարում ջրաբերուկների թույլատրելի ծավալի կուտակման և ներքևի բիեֆ դրանց լվացման խնդիրների հետ:

Դիտարկենք դիմհարային բիեֆերի տղմակալման և տղմակալումից մաքրման ՁորաՀԷԿ-ի և Սևան-Հրազդան կասկադի հիդրոհանգույցների օրինակները:

ՁորաՀԷԿ-ի հիդրոհանգույցը գործարկվել է 1932թ. (նկ. 2):

Դիմհարային բիեֆի սկզբնական ծավալը 270 հազ.մ^3 էր, որից 200 հազ.մ^3 (2 մ^2 շերտի բարձրությամբ) կարգավորման պրիզմայի ծավալն է: ՀԷԿ-ի գործարկման ժամանակ ջրամբարի ծավալը հետագայում տղմակալման հետևանքով փոքրացել է և դարձել 136 հազ.մ^3 , իսկ կարգավորման պրիզման՝ 130 հազ.մ^3 : 1938 թ. վերջում կարգավորման պրիզման ուներ

21,7 հազ.մ³, իսկ նախագծով պրիզմայի 2 մ² շերտի խորությունը դարձել էր 0,7 մ: Սկսած 1940 թ., կատարվել է դիմհարային բիեֆի ջրաբերուկներից լվացում մի քանի ժամից մինչև մի քանի օր տևողությամբ, այն ելքերով, որ առկա էր գետում ՀԷԿ-ի չաշխատելու օրերին [2, 3]:

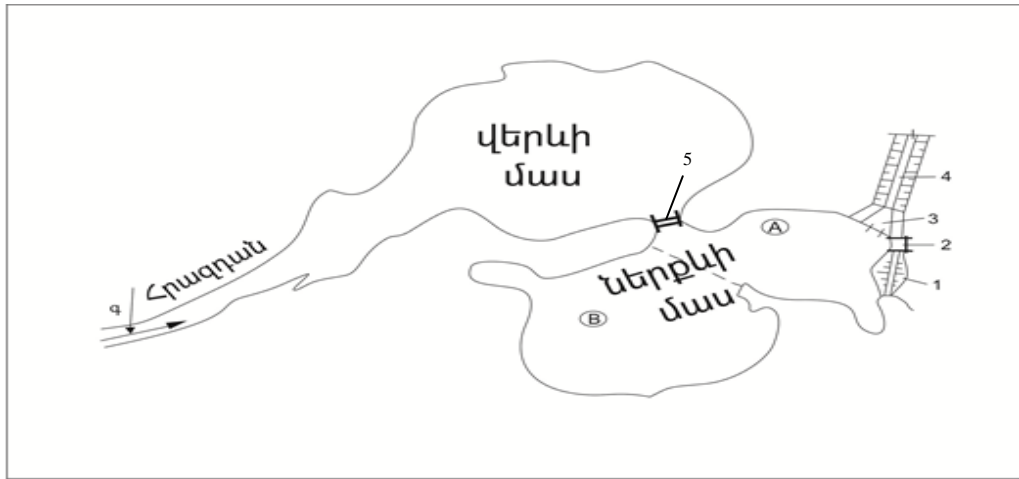


Նկ. 2. Ձորաշէկ-ի հիդրոհանգույցի դիմհարային բիեֆի հատակագիծը.
1 – ջրթափային պատվար, 2 – ջրընդունիչ, 3 – տղմագտարան, 4, 5 - դերիվացիոն և շինարարական թունելներ, 6 - շիթուղղիչ պատնեշ

Ձորաշէկ-ի ջրամբարի տղմակալումից մաքրման երկար տարիների փորձը ցույց է տվել, որ անհրաժեշտ է լվացումներն իրականացնել 30...60 մ³/վ ելքերով, պատվարով և շրջանցիկ թունելով, 8...10 ժամվա ընթացքում, վերևի բիեֆի մակարդակի լրիվ իջեցման պայմաններում: Լվացումները ցանկալի է կատարել ոչ պակաս, քան տարին 3 անգամ. վարարումների սկզբում և վերջում, ձմեռվա սկզբում: Ներկայումս ջրամբարը լցված է տիղմով:

Կարևոր դիմհարային բիեֆերից է նաև Հրազդան գետի վրա կառուցված Արգել ՀԷԿ-ի գլխամասը՝ Ախպարայի ջրամբարը, որը շահագործվում է 1953թ.: Ջրամբարի օգտակար ծավալը նորմալ դիմհարային նիշի դեպքում կազմում է 5,8 մլն մ³, իսկ հայելու մակերեսը՝ 1,3 մլն մ²: Մեռյալ ծավալը կազմում է 2,6 մլն մ³: Ջրամբարը բաղկացած է 2 մասից (վերևի և ներքևի՝ A և B մասերից), որոնց առաջացումը պայմանավորված է տեղադրական պայմաններով (նկ. 3): Երկու մասերն իրար միանում են բնական ճանապարհով առաջացած ջրհեռով:

Հրազդան գետի հոսքի կարգավորման ընթացքում ջրամբարում ջրի մակարդակը տատանվում է 10 (մեռյալ ծավալի նիշը) և 13 պայմանական նիշերի միջև: 13 նիշի դեպքում ջրամբարի վերևի մասում առաջանում են հատակային և կախյալ բերվածքների նստեցման համար լավ պայմաններ: Ջրի մակարդակի ավելի ցածր նիշերի դեպքում, երբ ջրամբարի վերևի մասի ամբողջ ծավալը մինչև 10 նիշը լցվում է ջրաբերուկներով, ջուրը ջրհեռով հեռանում է ջրամբարի ներքևի մաս, որտեղ ջրի խորությունը ավելի մեծ է և կազմում է մոտ 3...6 մ: Ջրի շարժման արագությունները փոքրանալու պատճառով այս մասում տեղի է ունենում ջրաբերուկների կուտակում: Ջրամբարի ներքևի մասում կուտակվում է բերվածքների ծավալի 40% -ը: Ջրի ամենացածր մակարդակի դեպքում վերևի մասում ջրաբերուկները մերկանում են: Չափումների միջոցով [1] որոշված է, որ 1953-1960 թթ. ընթացքում տարեկան ջրամբար է մուտք գործել մոտ 107 հազ.մ³, իսկ 1960-967 թթ.՝ 60 հազ.մ³ ջրաբերուկներ:



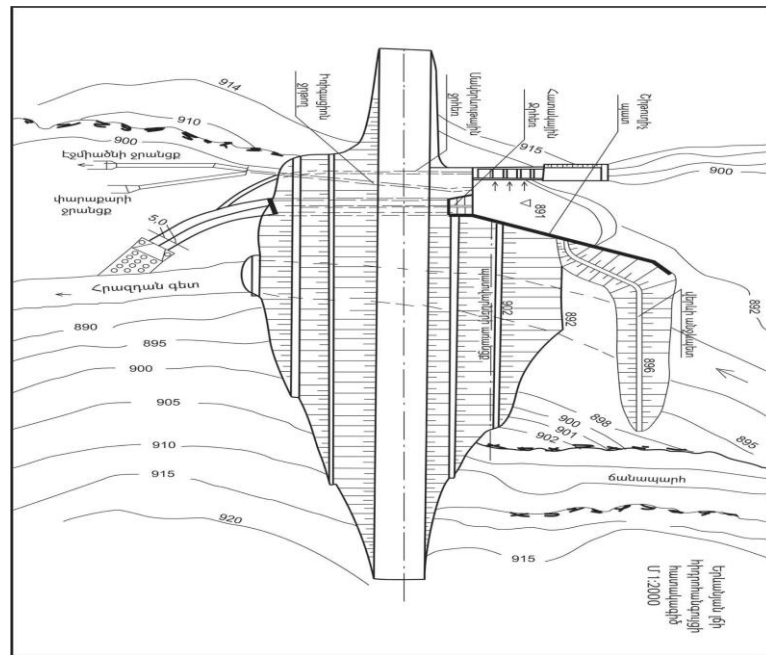
**Նկ. 3. Ախպարայի ջրամբարի հիդրոհանգույցի կառուցվածքները
1-հողային պատվար, 2- ջրթափային պատվար, 3- ավային եռթռիչքանի ջրընդունիչ, 4-
դերիվացիոն ջրանցք, 5- ջրհեռ**

Նկատի ունենալով, որ ջրամբարի ներքևի մասի A ծավալը ջրի ամենացածր մակարդակի դեպքում կազմում է մոտավորապես 500 հազ.մ³, և ընդունելով, որ յուրաքանչյուր տարի ջրամբարում նստում է 100 հազ.մ³ ջրաբերուկներ և հաշվի առնելով, որ ջրամբարի վերևի մասը ջրի ամենացածր մակարդակների դեպքում ի վիճակի չէ պահել վերևի մասից ջրաբերուկների հոսքը դեպի ներքևի մաս, ապա ջրամբարի ներքևի մասը մոտ 5 տարի շահագործումից հետո տղմակալվում է: Հետևաբար, եթե ջրամբարի տղմակալման դեմ պայքարի միջոցառումներ չձեռնարկվեն, ապա ջրամբարի ամբողջ մակերեսով տեղի կունենա ջրամբարի օգտակար ծավալի (10 նիշից վերև) տղմակալում և ջրաբերուկների մուտք ջրընդունիչ: Վերջին տարիներին ջրամբարի թասի մաքրման աշխատանքներ չեն կատարվել և մեռյալ ծավալն ամբողջովին լցված է ջրաբերուկներով:

Դիմհարային բիեֆի օրինակ է նաև Երևան լճի ջրամբարը (նկ. 4): Այն գտնվում է Երևան քաղաքի հարավարևմտյան մասում, կառուցվել է Թամանցիների փողոցի մոտ Հրազդան գետը պատնեշելու միջոցով: Պատվարը համասեռ հողային է՝ 29 մ բարձրությամբ: Ջրամբարի նորմալ դիմհարային մակարդակը ՆԴՄ=907,5 մ է, ունի 1100 մ երկարություն և 760 մ լայնություն, 18 մ առավելագույն խորություն: Ջրամբարի ընդհանուր ծավալը կազմում է 4,8 մլն մ³, օգտակար ծավալը՝ 0,3 մլն մ³: Ջրամբարը ունի հատակային ջրհեռ 338 մ³/վ ելքով, որի շեմքի նիշը 890 մ է: Ջրամբարից սկիզբ են առնում Էջմիածնի և Փարաքարի ջրանցքները, որոնք ոռոգում են Էջմիածնի և հարակից շրջանների տնտեսությունների հողերը: Այժմ ջրամբարի թասը լցված է ջրաբերուկներով և լվացման կարիք ունի:

Ջրամբարների թասը ջրաբերուկներից մաքրելու համար գոյություն ունի ավանդական երկու եղանակ՝ մեխանիկական և հիդրավլիկական: Մեխանիկականի դեպքում անհրաժեշտ է իջեցնել ջրամբարում ջրի մակարդակը (երկար ժամանակով ընդհատել ջրամբարի աշխատանքը) և օգտագործելով մեծ քանակի մեքենաներ և մեխանիզմներ, մաքրել այն:

Հիդրավիլիական մաքրման դեպքում օգտագործվում է մեծ քանակի ջուր, բացի այդ, հիդրոխառնուրդը լվացվում է ներքևի բիեֆ՝ ողողելով գետը տիդմով:



Նկ. 4. Երևանյան լճի ջրամբարի հիդրոտեխնիկական հատակագիծը

Դիմհարային բիեֆերի մաքրման համար առաջարկվում է հիդրոմեխանիկացիայի եղանակը, որը ջրամբարձիչ կամ գրունտային պոմպ է՝ միացած ճկուն խողովակաշարին: Ջրամբարձիչի մուտքամասը միացվում է ներծծող խողովակին, իսկ ելքամասը ճկուն խողովակաշարին, որը դուրս է բերվում հիդրոտեխնիկական հատակային ջրհեռով ներքևի բիեֆ: Ջրամբարձիչի աշխատանքի ժամանակ, ներծծող խողովակի մուտքամասի արտաքին մասում առաջանում են շառավղային արագություններ, որոնք գրունտի ողողման արագության գերազանցման դեպքում խողովակ են ներքաշում ջրամբարի հատակին կուտակված կոշտ մասնիկները: Ինչքան մեծ է արագության մեծությունը, այնքան ինտենսիվ է գրունտի ողողման և խողովակ ներքաշման գործընթացը: Խողովակի շուրջն առաջանում է ողողման ձագար, որի ներքին մակերևույթով շարժվող մասնիկներն ընկնում են ուղղաձիգ մրրիկների տիրույթ և մտնում հեռացնող խողովակաշար: Խողովակի մուտքամասը տեղափոխելով ջրամբարի թասի տարածքով հեռացնող խողովակաշարում առաջացող արագությունների շնորհիվ կարելի է մաքրել ջրամբարի թասը ջրաբերուկներից: Հիդրոխառնուրդի հեռացումն իրականացվում է հորիզոնական կամ փոքր թեքությամբ մասնակի կամ ամբողջությամբ լցված խողովակաշարի միջոցով: Երբ հիդրոխառնուրդի տեղափոխման հաշվարկային միջին արագությունը մեծ է կրիտիկականից, ամբողջ գրունտը հիմնականում տեղափոխվում է կախյալ (թեթևացած) վիճակում: Կրիտիկական արագությունը՝ դա հիդրոխառնուրդի շարժման այն արագությունն է, երբ գրունտի մասնիկները սկսում են նստել խողովակի հատակին: Կոշտ մասնիկների մեծ մասը տեղափոխվում է խողովակի հատակին մոտ տիրույթով, ընդ որում հատակին կարող է նստել բարակ շերտ, որը արագության մեծությունից կախված՝ պարբերաբար լվացվում է հոսանքով:

Հեռացնող խողովակաշարում ջրաբերուկների տեղափոխման կրիտիկական արագության մեծության գնահատումը կարելի է կատարել «Մեխանոբրի» մեթոդով հետևյալ հերթականությամբ.

հիդրոխառնուրդի թանձրությունը որոշվում է հետևյալ բանաձևով [4].

$$S = \frac{T}{T + G \cdot \rho_T / \rho_w}, \quad (1)$$

որտեղ T և G-ն հիդրոխառնուրդում ջրաբերուկների և ջրի քանակներն են մասերով, ρ_T և ρ_w -ն՝ ջրաբերուկների և ջրի խտությունները:

Հիդրոխառնուրդի տեղափոխման կրիտիկական արագությունը խողովակաշարում որոշվում է հետևյալ բանաձևով.

$$U_{kp} = \left(\frac{I_k}{\lambda_k} \cdot \frac{2D}{\rho_w} \right)^{0.5} (1 + \sin \alpha), \text{ մ/վ}, \quad (2)$$

որտեղ D-ն խողովակաշարի տրամագիծն է, I_k -ն հիդրավլիկական թեքությունն է հիդրոխառնուրդի կրիտիկական ռեժիմով տեղափոխման դեպքում, λ_k -ն՝ հիդրավլիկական դիմադրության գործակիցը, α -ն՝ հորիզոնական հարթության հետ խողովակի կազմած անկյունը, իսկ I_k / λ_k հարաբերությունը որոշվում է հետևյալ արտահայտությամբ.

$$\frac{I_k}{\lambda_k} = (1 - e^{-\delta}) \left(\frac{\rho_T - \rho_H}{\rho_H} \right)^2 \rho_w g, \text{ կգ/մ}^2 \text{վ}^2, \quad (3)$$

$$\delta = [0,2 + (1 - n)S] \left(\frac{\rho_w}{\rho_H} \right)^4 \left(\frac{\rho_T - \rho_H}{\rho_H} \right)^2 \left(\frac{d_c - d_g}{d_g} \right)^{0.5}, \quad (4)$$

որտեղ δ -ն գործակից է, n -ը սահմանային տրամագծի մասնիկներից փոքր մասնիկների հարաբերական պարունակության գործակիցն է, d_c -ն՝ մասնիկների միջին կշռային տրամագիծը, ρ_H -ն՝ հիդրոխառնուրդի խտությունը,

$$\rho_H = Sn(\rho_T - \rho_w) + \rho_w, \text{ կգ/մ}^3, \quad (5)$$

իսկ d_g -ն ջրաբերուկների սահմանային տրամագիծն է, որը որոշվում է.

$$d_g = \frac{\rho_w}{\rho_T - \rho_w} 10^{-1}, \text{ մմ}: \quad (6)$$

Որպես օրինակ դիտարկենք Երևանյան լճից ջրաբերուկների հիդրոմեխանիզացիայի եղանակով լվացման հիդրավլիկական հաշվարկը: Հաշվարկի համար ընդունենք հետևյալ բնութագրերը. հեռացնող խողովակաշարի տրամագիծը՝ $D=300$ մմ, $T : G = 1 : 3$, $\rho_T = 2640$ կգ/մ³, $\rho_w = 1000$ կգ/մ³, $d_c = 28$ մմ, $d_{\max} = 100$ մմ, $\alpha = 3^\circ$, $n = 0,09$:

Կատարված է հաշվարկ վերը բերված (1)-(6) բանաձևերով, ստացված արդյունքներն բերված են աղյուսակում:

Աղյուսակ

Հիդրոխառնուրդի կրիտիկական արագության հաշվարկի արդյունքները

S	ρ_H , կգ/մ ³	d_g , մմ	δ	I_k / λ_k , կգ/մ ² վ ²	U_{kp} , մ/վ
0,112	1016	0,061	8,1	25054,2	4,1

Աղյուսակից երևում է, որ ընդունված բնութագրերի դեպքում ճկուն խողովակաշարում հիդրոխառնուրդի շարժման կրիտիկական արագությունը ստացվում է 4,1 մ/վ: Որպեսզի ջրի հոսանքը խողովակաշարով տեղափոխի տվյալ հատիկաչափական կազմ ունեցող ջրաբերուկները, դրանում առաջացող արագությունը պետք է մեծ լինի կրիտիկականից: Եթե ենթադրենք, որ ջրամբարձիչի (գրունտային պոմպի) ստեղծած վակուումի չափը կազմում է միջինը 7 մ, ապա խողովակում արագության մեծությունը կլինի՝

$$V = \varphi \sqrt{2gh_v} = 0,82 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 7} = 9,6 \text{ մ/վ,}$$

որտեղ φ -ն արագության գործակիցն է, $\varphi = \frac{1}{\sqrt{1+\zeta}}$, ζ -ն՝ մուտքի տեղական ճնշման կորուստների գործակիցը՝ $\zeta = 0,5$:

Այսինքն, հեռացնող խողովակաշարում առաջանում են այնպիսի արագություններ, որոնք բավականին մեծ են կրիտիկականից և ջրաբերուկներն ամբողջությամբ կարող են տեղափոխել ներքևի բիեֆ: Առաջարկված մեթոդով կարելի է մաքրել Սևան-Հրազդան կասկադի բոլոր ջրամբարները:

Առաջարկվող եղանակով ջրամբարի մեռյալ ծավալի մաքրումը կիրառելի է հատկապես ցածր ճնշման հիդրոհանգույցներում փոքր ՀԵԿ-ի ջրամբարների համար, որտեղ որոշ դեպքերում շահագործման առաջին օրերին դիմաբային բիեֆերն ամբողջովին լցվում են ջրաբերուկներով և գետի հոսքի կարգավորման հնարավորությունը վատանում է: Մեթոդն ունի մեծ հեռանկար, քանի որ համեմատաբար փոքր ծախսով կարելի է վերականգնել ջրամբարի սկզբնական ծավալը, լվացման համար օգտագործելով փոքր քանակի ջուր, որի հետևանքով վերանում է նաև լվացման ժամանակ ներքևի բիեֆում ողողումները:

**Э.А.Хачатрян,
Р.В.Нанагулян,
А.Э.Хачатрян**

ОСОБЕННОСТИ ЗАИЛЕНИЯ И ПРОМЫВКИ ПОДПЕРТЫХ БЬЕФОВ ГОРНЫХ РЕК

В настоящее время водохранилища РА и подпертые бьефы гидроэлектростанций (ГЭС) каскада Севан-Раздан наполнены наносами. Водоохранилища ГЭС часто называют подпертыми бьефами. Последние создаются при сооружении плотин высотой 10...15см и более, водохранилища которых обычно имеют небольшие объемы. При эксплуатации гидроузлов подпертые бьефы водохранилищ быстро наполняются наносами, которые создают существенные трудности при их эксплуатации и неоправданные экономические расходы. Это требует принятие мер борьбы против заиления подпертых бьефов, а также разработки методов промывки. Описаны особенности эксплуатации подпертых бьефов некоторых ГЭС РА. Предлагается промывать наносы подпертых бьефов методом гидромеханизации.

Ключевые слова: подпертый бьеф, наносы, водохранилище, заиление, гибкий трубопровод

FEATURES OF SEDIMENTATION AND SEDIMENTS CLEANING OF RETAINING DAMS OF MOUNTAIN RIVERS

Nowadays the reservoirs in RA and reservoirs of hydro power plants (HPPs) of Sevan- Hrazdan cascade are filled by sediments. Hydro power plants reservoirs are often referred to retaining dams. The latters are caused by the construction of dams with a height of 10 to 15 meters and more, reservoirs of which usually don't have big volumes. Retaining dams of reservoirs are filled fast by sediments during the exploitation of hydro system, which cause substantial difficulties during their exploitation and unreasonable economical costs. It requires elaboration of measures against sedimentation of retaining dams, as well as developments of the cleaning methods. The features of retaining dams' exploitation of hydro power plants in RA were described. Sediments of retaining dams are suggested to be cleaned by the method of hydromechanization.

Keywords: retaining dams, water sediments, water reservoir, sedimentation, flexible pipeline

Գրականություն

1. Гвалесианини Л.Г., Шмальцель Н.П. Заиление водохранилищ ГЭС. - М.: Энергия, 1968. -88 с.
2. Жамагорцян В.Н., Геворгян Г.А. О заиления Ахпаринского водохранилища// Труды АрмНИИВПиГ. - 1974. – Т.3 (VIII). – С.349-354.
3. Khachatryan E.H., Khachatryan A.E., Nanagulyan H. About sedimentation and washing issue of retaining dams in mountain rivers. Yrevan// Bulletin of National Agrarian University of Armenia. - 2015. – N 2. - P.59-63.
4. Руководство по проектированию систем гидротранспорта продуктов обогащения цветной металлургии/ ВНИ и ПИ «Механобр». - Л., 1986. - 112 с.

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» ծրագրի շրջանակում:

Խաչատրյան Էմիլ Հարությունի, տ.գ.դ., պրոֆ. (ՀՀ, ք. Երևան)- ՃՇՀԱՀ «ՀՇ, ՋՀ և ՀԷԿ» ամբիոն, ՃՇՀԱՀ, ակ. Այ. Թամանյանի անվ. ճարտարապետության և շինարարության պրոբլեմային լաբորատորիա, և.գ.ա., (+374)93893598, e-mail.: e.khachatryan@nuac, *Նանագուլյան Հրիսիմե Վահրամի, ասպիրանտ*, (ՀՀ, ք. Երևան)- ՃՇՀԱՀ «ՀՇ, ՋՀ և ՀԷԿ» ամբիոն, (+374)98955992, *Խաչատրյան Արթուր Էմիլի, տ.գ.թ., ասիստենտ* (ՀՀ, ք. Երևան)- ՃՇՀԱՀ «ՀՇ, ՋՀ և ՀԷԿ» ամբիոն, ՃՇՀԱՀ, ակ. Այ. Թամանյանի անվ. ճարտարապետության և շինարարության պրոբլեմային լաբորատորիա, գ.ա., (+374)91016166, e-mail.: Xachart90-90@mail.ru

Хачатрян Эмиль Арутюнович, д.т.н., проф. (РА, г. Ереван)-НУАСА кафедра «ГТС и ВС», проблемная лаборатория Архитектуры и строительства им. ак. Ал. Таманяна, с.н.с., (+374)93893598, e-mail.: e.khachatryan@nuac; *Наназулян Рипсима Ваграмовна, аспирант* (РА, г. Ереван)-НУАСА кафедра «ГТС и ВС» (+374)98955992; *Хачатрян Артур Эмильевич, к.т.н., ассистент* (РА, г. Ереван)-НУАСА кафедра «ГТС и ВС», проблемная лаборатория Архитектуры и строительства им. ак. Ал. Таманяна, н.с., (+374)91016166, e-mail.: Xachart90-90@mail.ru

Khachatryan Emil Harutyun, doctor of science (engineering), professor, (Yerevan, RA)-chair of «HC, WS and HES» Yerevan State University and Construction, Research Laboratory of Architecture and Building by Academician Al. Tamanyan, Senior Scientific Researcher, (+374)93893598, e-mail.: e.khachatryan@nuac; *Nanagulyan Hripsime Vahram* (Yerevan, RA)-chair of «HC, WS and HES» Yerevan State University and Construction, (+374)98955992; *Khachatryan Artur Emil, doctor of Philosophy (Ph.D) in engineering, associate professor*, (Yerevan, RA)-chair of «HC, WS and HES» Yerevan State University and Construction, Research Laboratory of Architecture and Building by Academician Al. Tamanyan, Scientific Researcher, (+374)91016166, e-mail.: Xachart90-90@mail.ru

Ներկայացվել է՝ 03.03.2016թ

Ընդունվել է տպագրության՝ 07.03.2016թ.