

Վ.Պ. ԲԱԼԶՅԱՆ, Գ.Ռ. ԲԱԲՍՅԱՆ

ԿԱՄՐՋԱՅԻՆ ԱՆՑՈՒՄՆԵՐՈՒՄ ՀՈՒՆԱՅԻՆ ՈՂՈՂՈՒՄՆԵՐԻ  
ԿԱՆԽԱՏԵՍՄԱՆ ՄԵԹՈԴԻ ՄՇԱԿՈՒՄԸ

Կամրջային հենարանների և դրանց պաշտպանիչ դամբանների հիմնատակերի նիշերի ընտրության համար կարևոր է կամրջային անցման տեղամասում հունի հատակի ողողման խորության կանխատեսումը: Լեռնային ու նախալեռնային ջրահոսքերի վրա կառուցված անցումները այս խնդրի ուղղությամբ քիչ են ուսումնասիրված: Աշխատանքի նպատակն է մշակել կամրջային անցման դեֆորմացիաների որոշման մեթոդ և ջրահոսքի պարամետրերի փոփոխման լայն միջակայքում ստուգել հաշվարկային մեթոդի հուսալիությունը: Լուծումները հենված են ուղղաձիգ հունային ձևափոխությունների կանխատեսման համար մշակված համակիրառելի տեսության արդյունքների վրա: Օգտագործելով մասնավոր դեպք հանդիսացող կամրջային անցման եզրային պայմանները՝ առաջարկվել է հաշվարկային մեթոդ: Այն հնարավորություն է տալիս տարբեր տեսքի անցումների համար որոշել ողողումների խորությունները կամրջի հենարանների և պաշտպանիչ դամբանների տեղամասում: Կատարված հաշվարկներով հիմնավորվել է մշակված մեթոդի կիրառման հուսալիությունը:

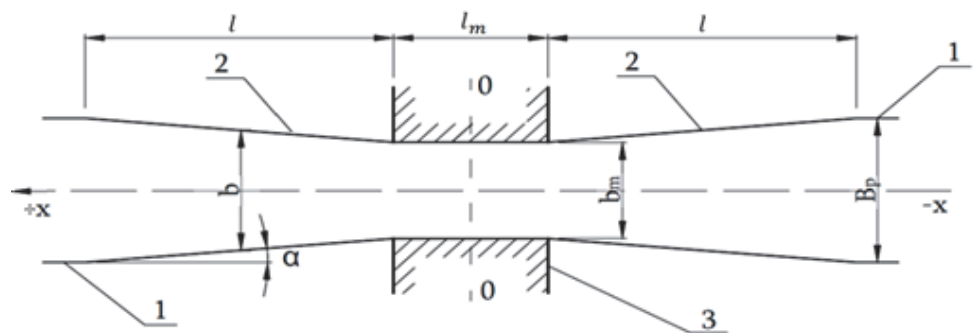
**Առանցքային բառեր.** կամրջային անցում, հոսանք, ջրաբերուկներ, եզրային պայման, հաշվարկ:

**Ներածություն.** Կամուրջների վթարների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ դրանց հիմնական պատճառը հենարանների հիմքերի ողողումներն են: Այսինքն՝ ճիշտ չեն հաշվարկվում կամրջատակ հունի (կամրջային անցում) ողողման խորությունները: Լեռնային և նախալեռնային ոչ մեծ գետերի վրա կառուցվող կամուրջները մեծ մասամբ արվում են միաթռիչք: Սովորաբար կամրջի միջհենարանային հեռավորությունը (կամրջային բացվածք) ընտրվում է գետի լայնությունից զգալի փոքր, այսինքն՝ հունը արհեստականորեն նեղացվում է: Նեղացման պատճառով կամրջային անցման տեղամասում մեծանում է հոսանքի արագությունը, ինչը այդ տեղամասում հանգեցնում է հունը կազմող գրունտի ողողման երևույթի առաջացմանը: Ժամանակի ընթացքում հունային ձևափոխությունները գործնականում մարում են, և ջրահոսքի երկարությամբ վերականգնվում է ջրաբերուկների ելքի հաստատունությունը: Կայունացված այս նոր իրավիճակում կամրջային հենարանների և պաշտպանիչ դամբանների հիմնատակերի նիշերի ընտրության համար շատ կարևոր է հատակի ողողման խորության կանխատեսումը: Այս

խնդրի ուսումնասիրության ուղղությամբ բավականին լայն վերլուծություններ են կատարված [1,2]: Նշվել է, որ հարթավայրային միջին և մեծ գետերի կամրջային անցումների հիդրավլիկական հաշվարկի ուղղությամբ լուծման մակարդակը բավականին բարձր է [3,4]: Մակայն լեռնային ու նախալեռնային ջրահոսքերն այս առումով շատ քիչ են ուսումնասիրված: Լուծման առաջարկները հազվադեպ են [5], և առկա մոդելներում ընտրվել են բավականին սահմանափակ և ոչ հուսալի եզրային պայմաններ:

Աշխատանքի նպատակն է հունաձևափոխությունների կանխատեսման տեսության կիրառման միջոցով մշակել կամրջային անցման դեֆորմացիաների որոշման մեթոդ և բնական ելքային պայմանների համար կատարել ողողումների մեծության հաշվարկային վերլուծություն:

**Խնդրի դրվածքը և մեթոդիկայի հիմնավորումը.** Ընդունենք, որ  $B_p$  բնական լայնություն ունեցող գետի 0-0 առանցքում տեղակայված է կամուրջ, որի ափային հենարանները հոսանքի ուղղությամբ ունեն  $l_M$  երկարություն, իսկ դրանց միջև հեռավորությունը կամ կամրջային բացվածքը  $b_M$  է (նկ. 1): Գետի լայնության լծորդումը բացվածքի հետ իրականացված է  $l$  երկարությամբ ուղղորդիչ դամբաներով՝ կամրջից առաջ նեղացող, իսկ հետո լայնացող: Լծորդումը ապահովում է հոսանքի սահուն փոփոխման պայմանը, ըստ որի հունի պատերի շեղման  $\alpha$  անկյունը չպետք է մեծ լինի  $8^\circ$ -ից: Այսպիսով, գետի  $(2l + l_M)$  երկարության տեղամասում առկա կամրջային անցումը ներկայացնում է ոչ պրիզմատիկ հուն, որի ընդլայնական կտրվածքը սովորաբար արվում է ուղղանկյունաձև:



Նկ. 1. Պաշտպանիչ ուղղագիծ դամբայով կամրջային անցման հատակագիծը.

1 – գետի բնական հուն, 2 – կամրջային անցում ուղղորդիչ դամբաներով, 3 – կամրջային հենարաններ

Նշված պայմաններում գետի  $B_p$  լայնությունից դեպի կամրջային  $b_M$  բացվածք և բացվածքից դեպի գետ անցումները բնական պայմաններում իրականաց-

վում են ուղղագիծ կամ կորագիծ լծորդող դամբաներով, ինչպես նաև առանց պաշտպանիչ դամբաների: Այդ դեպքերը բնութագրվում են տարբեր եզրային պայմաններով: Աշխատանքում դիտարկվում է ուղղագիծ օրինաչափության դեպքը:

Ուսումնասիրություններում օգտագործվում է տեսական մշակումների և դրանց գործնական կիրառման մեթոդաբանությունը: Մասնավորապես, կամրջային անցումներում ողողումների կանխատեսման մեթոդի մշակման ընթացքում կիրառվում են հիդրոմեխանիկայի հիմնարար հավասարումների համատեղ լուծման արդյունքները և խնդրի եզրային հիմնավորված պայմանները: Գետերի ելքային բնութագրերի լայն շրջանակում տեսական լուծումներով կատարվող հաշվարկի արդյունքների վերլուծությունը հնարավորություն է տալիս գնահատելու առաջարկվող մեթոդի կիրառման հավաստիությունը:

**Հետազոտությունների արդյունքները.** Հունային ձևափոխությունների կանխատեսման նպատակով կատարված տեսական մշակումների արդյունքում առաջարկվել է համակիրառելի մեթոդ [6], որում ձևափոխված հունի լայնության և հատակի կոորդինատների միջև ֆունկցիոնալ կապը ներկայացված է հետևյալ դիֆերենցիալ հավասարումով.

$$\frac{d\bar{z}}{d\bar{x}} - \frac{1}{a\beta_0} \left( \frac{a-1}{\bar{b}^{(2a-1)/a}} + \frac{Fr_0}{\bar{b}^{(a+2)/a}} \right) \frac{d\bar{b}}{d\bar{x}} = i_0 \bar{d}_{or}^{1/3} \bar{b}^{(4a-10)/3a}, \quad (1)$$

որտեղ  $\beta_0$ ,  $Fr_0$  և  $i_0$  մեծությունները ելքային են և բնութագրում են հունի նախնական վիճակը,  $a$  ցուցիչը ստացվել է բերվածքների ելքի հաստատունության պայմանից:

Բերված հավասարումը հնարավորություն է տալիս տվյալ խնդրի եզրային պայմանների օգտագործմամբ կանխատեսել հունային ձևափոխությունների վերջնական արդյունքը: Համաձայն ուղղագիծ լծորդման (նկ. 1)՝  $B_p$  և  $b_M$  մեծությունների միջև առկա է հետևյալ գծային օրինաչափությունը.

$$B_p = b_M + 2l \operatorname{tg} \alpha : \quad (2)$$

Ընդունելով չափագրկության գծային մասշտաբը որպես գետի սահմանային տեղամասի  $b_0$  լայնություն՝ (2) կապը բերվում է չափագրկ տեսքի.

$$\bar{B}_p = \bar{b}_M + 2\bar{l} \operatorname{tg} \alpha : \quad (3)$$

Կամրջային անցման չափագրկ  $b$  լայնության փոփոխությունը կամրջային անցման տեղամասի տարբեր հատվածներում (նկ. 1), ըստ  $x$ -ի, կներկայացվի հետևյալ գծային օրինաչափություններով ( $x$ -ի դրական ուղղությունը ընդունվում է հոսանքին հակառակ).

$$\begin{aligned} \text{Երբ } \frac{l_M}{2} + l \geq x \geq \frac{l_M}{2}, \text{ կամ } \frac{\bar{l}_M}{2} + \bar{l} \geq \bar{x} \geq \frac{\bar{l}_M}{2}, \text{ ունենք} \\ \bar{b} = \bar{B}_P - 2 \left( \frac{\bar{l}_M}{2} + \bar{l} - \bar{x} \right) \operatorname{tg} \alpha, \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} \text{Երբ } \frac{\bar{l}_M}{2} \geq \bar{x} \geq -\frac{\bar{l}_M}{2}, \text{ կարող ենք գրել} \\ \bar{b} = \text{const} = \bar{b}_M : \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \text{Իսկ երբ } -\left( \frac{\bar{l}_M}{2} + \bar{l} \right) \leq \bar{x} \leq -\frac{\bar{l}_M}{2}, \text{ ունենք} \\ \bar{b} = \bar{B}_P - 2 \left( \frac{\bar{l}_M}{2} + \bar{l} + \bar{x} \right) \operatorname{tg} \alpha : \end{aligned} \quad (6)$$

Հաշվի առնելով կամրջային անցման երեք հատվածներից յուրաքանչյուրի եզրային պայմանից ստացված  $\frac{d\bar{b}}{d\bar{x}}$  ածանցյալի մեծությունները՝ հունային ձևափոխությունների կանխատեսման (1) դիֆերենցիալ հավասարման համար ստացվում են հետևյալ տեսքերը.

$$\frac{d\bar{z}}{d\bar{x}} - \frac{1}{a\beta_0} \left( \frac{a-1}{\bar{b}^{(2a-1)/a}} + \frac{Fr_0}{\bar{b}^{(a+2)/a}} \right) 2 \operatorname{tg} \alpha = i_0 \bar{d}_{OT}^{1/3} \bar{b}^{(4a-10)/3a}, \quad (7)$$

$$\frac{d\bar{z}}{d\bar{x}} = i_0 \bar{d}_{OT}^{1/3} \bar{b}^{(4a-10)/3a}, \quad (8)$$

$$\frac{d\bar{z}}{d\bar{x}} + \frac{1}{a\beta_0} \left( \frac{a-1}{\bar{b}^{(2a-1)/a}} + \frac{Fr_0}{\bar{b}^{(a+2)/a}} \right) 2 \operatorname{tg} \alpha = i_0 \bar{d}_{OT}^{1/3} \bar{b}^{(4a-10)/3a} : \quad (9)$$

Խնդրի լուծման հետագա ընթացքը պահանջում է հերթականությամբ կազմել հավասարումների երեք առանձին համակարգեր, որոնցից յուրաքանչյուրում ընդգրկված է (7)...(9) հավասարումներից մեկը՝ իր համապատասխան եզրային պայմանով՝ ներկայացված (4), (5) և (6) օրինաչափություններով: Մասնավորապես.

$$\frac{\bar{l}_M}{2} + \bar{l} \geq \bar{x} \geq \frac{\bar{l}_M}{2} \text{ միջակայքի համար կունենանք՝}$$

$$\frac{d\bar{z}}{d\bar{x}} - \frac{1}{a\beta_0} \left( \frac{a-1}{\bar{b}^{(2a-1)/a}} + \frac{Fr_0}{\bar{b}^{(a+2)/a}} \right) 2 \operatorname{tg} \alpha = i_0 \bar{b}^{-(4a-10)/3a},$$

$$\bar{b} = \bar{B}_P - 2 \left( \frac{\bar{l}_M}{2} + \bar{l} - \bar{x} \right) \operatorname{tg} \alpha :$$
(10)

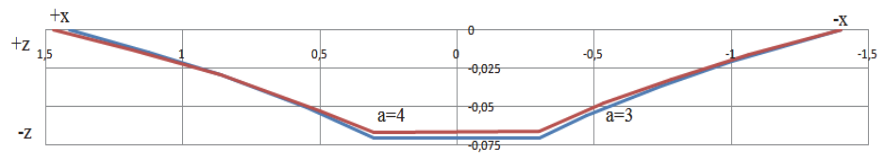
Նույն կերպ կազմվում են հավասարումների համակարգեր մյուս երկու տեղամասերի համար: Այդ 3 համակարգերում նկատի է առնվել, որ հունի ինքնասալարկման չափագուրկ  $\bar{d}_{OT}$ -ի մեծությունը, առավել ևս դրա 1/3 աստիճանը շատ մոտ է 1-ի: Բերված համակարգերի լուծման համար անհրաժեշտ է ամրագրել տվյալ խնդրի սկզբնական պայմանը (հաշվարկի սկզբնական տեղը): Քննարկվող օրինակում այդպիսիք երկուսն են, որոնք ստացվում են (4) կամ (6) եզրային - պայմաններից. երբ  $\bar{x} = \pm \left( \frac{\bar{l}_M}{2} + \bar{l} \right)$ , ունենք  $\bar{b} = \bar{B}_P$ : Հավասարումների (7)- (9)

համակարգերը հնարավորություն են տալիս կամրջային անցման գծային կապերի դեպքում որոշել այդ տեղամասի հատակի ողողման մեծությունները:

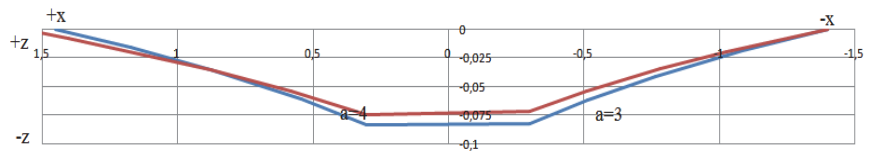
Առաջարկվող մեթոդի կիրառելիությունը ջրահոսքերի տարբեր պայմաններում ստուգելու նպատակով MATCAD և Excel ծրագրերի միջոցով կատարվել են հաշվարկներ: Դրանցում օգտագործվել է հավասարումների վերը նշված համակարգերում առկա պարամետրերի և ելքային հաստատուն մեծությունների իրատեսական արժեքների լայն միջակայքը: Պարզության համար գետի բնական չափագուրկ լայնությունը ընդունվել է հավասար՝  $\bar{B}_P = 1$ , կամրջային բացվածքը՝ 30%-ով պակաս, իսկ հենարանների լայնությունը՝  $\bar{l}_M = 0,6$ : Այս պայմաններում կամրջային անցման վերևի և ներքևի տեղամասերի չափագուրկ երկարությունները, համաձայն (3) կապի, իրար հավասար են և  $\alpha=8^\circ$ -ի դեպքում ստացվում են՝  $\bar{l} = 1,1$ : Այսպիսով, անցման չափագուրկ ողջ երկարությունը կազմում է՝  $\bar{l}_M + 2\bar{l} = 2,8$ : Հաշվարկների արդյունքների բնորոշ մասը, հոսանքի և հունի ելքային պարամետրերի արժեքների տարբեր համադրությունների դեպքում, բերված է նկ. 2-ի և 3-ի գրաֆիկներում: Բնչպես երևում է գրաֆիկներից.

- ողողման առավելագույն խորություններ գրանցվում են կամրջային հենարանների մասում: Ընդ որում, հենարանների մուտքամասում ողողման խորությունը ելքամասի համեմատ 5...6% չափով ավել է (նկ. 3),

- ողողումների մեծության վրա համեմատաբար թույլ է  $\beta_0$  գործակցի ազդեցությունը, իսկ առավել զգալի են հունի  $i_0$  թեքության և մասամբ,  $a$  ցուցչի ազդեցությունները:

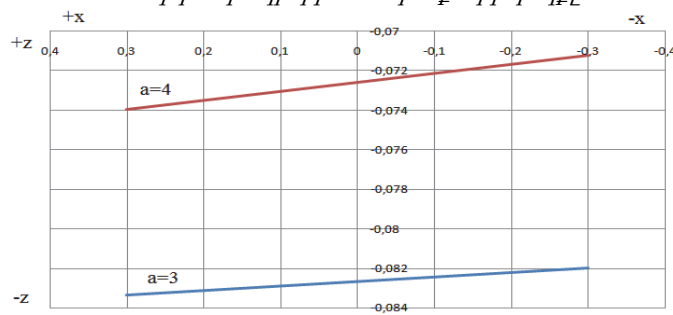


$$1 - \beta_0 = 8; Fr_0 = 2; i_0 = 0,01$$



$$2- \beta_0 = 12; Fr_0 = 5; i_0 = 0,03$$

Նկ. 2. Կամրջային անցման տեղամասում ողողումների չափագուրկ մեծության հաշվարկի արդյունքները . ա- հոսանքի և հունի բնութագրերի փոքր արժեքների դեպքը, բ- հոսանքի և հունի բնութագրերի մեծ արժեքների դեպքը



$$\beta_0 = 12; Fr_0 = 5; i_0 = 0,03$$

Նկ. 3. Ողողումների չափագուրկ մեծության փոփոխությունը կամրջային հենարանների հատվածում

Կատարված հաշվարկների արդյունքների վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ կամրջային անցումներում հունային ողողումների կանխատեսման համար առաջարկվող մեթոդը հուսալի արդյունքներ է տալիս երևույթը պայմանավորող գործոնների բնութագրերի հնարավոր փոփոխման միջակայքերում:

**Եզրակացություն.** Կամրջային անցումներում ողողումների մեծության կանխատեսման մեթոդը կիրառելի է ջրահոսքերի ելքային ամենատարբեր պայմանների դեպքում և որպես վերջնական տարբերակ ընտրել հաշվարկի արդյունքներից ամենառիսկայինը:

«Աերոկոմպոզիտ» ՓԲԸ, ք. Մոսկվա և Հայաստանի ազգային պոլիտեխնիկական համալսարան Հոդվածը ընդունված է խմբագրություն 2019թ. հուլիսի 2-ին

#### ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅԱՆ ՑԱՆԿ

1. Проектирование мостовых переходов через большие водотоки / **И.С. Ротенбург и др.**- М.: Высшая школа, 1965. – 336 с.
2. **Балджян П.О., Балджян В.П.** Руслоформирующие явления у селезащитных сооружений. Методы расчета их параметров.-LAP Lambert Academic Publishing, Germany-Latvia, 2018.- 57с.
3. **Пуркин В.И., Холин А.С.** Проектирование мостовых переходов /МАДИ.-М., 2014.-60 с.
4. **Атаманова О.В.** Расчет и проектирование мостовых переходов через реки: Методические указания.- Бишкек: Изд-во КРСУ, 2008.-43 с.
5. **Карапетян Г.И., Седракян А.С.** Аналитический метод расчета деформации дна мостовых переходов горных рек //Вестник ГИУА: Гидрология и гидротехника.- Ереван, 2014.- №2.- С. 46-51.
6. **Балджян В.П.** Разработка основных положений теории установившейся стадии руслового преобразования //Известия НАН РА и НПУА. Сер. ТН.-2019.- Том 72, N1. – С. 131-140 .

Շուշիի տեխնոլոգիական համալսարան: Նյութը ներկայացվել է խմբագրություն 25.06.2019:

**В.П. БАЛДЖЯН, Г.Р. БАБАЯН**

#### **РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РУСЛОВЫХ ДЕФОРМАЦИЙ В МОСТОВЫХ ПЕРЕХОДАХ**

Для определения отметок фундаментов мостовых опор и их защитных дамб важное значение имеет прогноз глубины размыва дна русла на участке мостового перехода. Переходы, построенные на горных и предгорных водотоках, в направлении этой задачи плохо изучены. В работе поставлена цель разработать метод определения деформаций мостовых переходов и проверить надежность расчетного метода в широком интервале изменения параметров водотока. Решения опираются на результаты универсальной теории, разработанной по прогнозированию вертикальных русловых преобразований. Используя краевые условия мостового перехода как частный случай, получен расчетный метод. Данный метод дает возможность определить глубины размывов на участках мостовых опор и защитных дамб для разного типа переходов. Надежность применения разработанного метода обоснована проведенными расчетами.

**Ключевые слова:** мостовой переход, водоток, наносы, краевое условие, расчет.

**V.P. BALJYAN, G.R. BABAYAN**

**DEVELOPING A METHOD FOR THE PREDICTION OF RIVERBED  
DEFORMATIONS IN BRIDGE PASSAGES**

To determine the level of foundations of bridge piers and their protective dams, it is important to predict the depth of deformation of the riverbed at the bridge crossing section. Passages built on mountain and foothill streams, are poorly studied. This paper is aimed at developing a method for determining the deformations of bridge passages and testing the reliability of this calculation method in a wide range of changes in the parameters of a watercourse. Decisions are based on the results of the universal theory, developed on the prediction of the vertical deformation of the riverbed. Using the boundary conditions of the bridge passage, as a special case, a calculation method is proposed. It allows to determine the depth of deformation in the areas of bridge pillars and protective dams for different types of passages. The reliability of the application of developed method is justified by the calculations.

**Keywords:** bridge passage, watercourse, sediment, boundary conditions, calculation.