

ՀԻՊԵՐՈՄԵՆԻԱՆԻԱ

УДК 532.593

Վ. Գ. ՍԱՆՈՅԱՆ, Հ. Վ. ԹՈՔՄԱՋՅԱՆ, Ի. Գ. ՔՐԻՍՏՈՍՏՈՒՐՅԱՆ

Պատվարի փլուզման հետևանքով առաջացող հեղեղային հոսանքի
շարժման մաթեմատիկական մոդելավորումը

(ներկայացված է ՀՀ ԳԱԱ թղթակից անդամ Ռ. Հ. Մովսիսյանի կողմից 17.VI.1994)

Պատվարի փլուզում տեղի է ունենում տարբեր պատճառներով (շրամբարի ոչ ճիշտ շահագործում, պատվարի իրազործման հետ կապված նախագծային կամ շինարարական թերություններ, երկրաշարժ, դիվերսիա և այլն)։ Հայտնի է, որ պատվարի փլուզման պատճառով առաջացող հոսանքը բերում է աղետալի հետևանքների։ Ժողովրդական տնտեսությանը հասցված վնասների գնահատման և համապատասխան հակահեղեղային կառուցվածքների արդյունավետ կոնստրուկցիաների մշակման համար անհրաժեշտ է ունենալ այդ շարժմանը բնորոշ հիմնական պարամետրերի կանխագուշակման գիտականորեն հիմնավորված մեթոդ։

Հիդրավլիկական տեսակետից խնդիրը պատկանում է առավել բարդ և քիչ ուսումնասիրված հիմնահարցերի թվին, քանի որ տվյալ դեպքում հոսանքի շարժումը էապես ոչ ստացիոնար և անհավասարաչափ է։ Այդ է պատճառը, որ նշված շարժման կանխագուշակման համար գոյություն ունեցող ժամանակակից հաշվարկային մեթոդները կատարելագործված չեն, նրանք հիմնված են մի շարք պարզեցնող ընդունելությունների վրա, որոնք խիստ սահմանափակում են մեթոդների կիրառելիությունը գործնական խնդիրներ լուծելու համար։ Հատկապես դրանք կիրառելի չեն համեմատաբար բարձր պատվարների և մեծ թեքության հունների համար (մասնավորապես Հայաստանի տարածքի և նման լեռնային ռեգիոնների համար), քանի որ հաշվի չեն առնում պատվարի փլուզման և մեծ արագությունների շնորհիվ հունի լվացման պատճառով հոսանքի հագեցումը կոշտ զանգվածով, նշենք, որ այդ երևույթը էապես փոխում է հոսանքի շարժման օրինաչափությունները։ Ժամանակակից մեթոդներում հաշվի չի առնված նաև հունի դեֆորմացիան, որն անխուսափելիորեն տեղի է ունենում շնորհիվ երկկոմպոնենտ հեղուկի (ջուր և կոշտ զանգված) մեծ էներգիայի և նրա ըստ ժամանակի և երկարության փոփոխականության հետևանքով։ Ընդունված է, որ պատվարի փլուզումը կատարվում է ակնթարթորեն, սակայն այն կարող է տեղի ունենալ բավականին կարճ, բայց վերջավոր ժամանակամիջոցում։

Այս և այլ գործոնների (որոնք պարզ կդառնան ստորև) հաշվի առնումը չնայած բերում է խնդրի դրվածքի և նրա լուծման բարդացմանը, բայց այն ավելի լիարժեք է կատարում իրական երևույթի մաթեմատիկական մոդելավորումը, որի շնորհիվ մշակված հաշվարկային մեթոդի կիրառելիության սահմանները, անտարակույս, շատ ավելի ընդարձակվում են։

Վերը նշված գործոնները հաշվի առնելով խնդիրն ընդհանուր դրվածքով լուծելու համար օգտագործենք երկկոմպոնենտ հոսանքի շարժման հետևյալ հավասարումները միաշափ շարժման համար: Մեզ հաջողվեց այդ հավասարումները $\frac{\rho_s \rho_w s(1-s)/\omega}{\rho} \left(\frac{U}{R}\right)^2 \ll 1$ ճշտությամբ ներկայացնել հետևյալ կերպ [1, 2]՝

1. Իմպուլսի հավասարումը

$$\frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + g \frac{\partial h}{\partial x} = g \left[i(x) - \frac{n^2 U^2}{R^{4/3}} \right], \quad (1)$$

$$i(x) = - \frac{\partial z}{\partial x}; \quad (2)$$

2. Անխզելիության հավասարումը

$$\frac{\partial \omega}{\partial t} + \frac{\partial(U\omega)}{\partial x} = 0; \quad (3)$$

3. Կոշտ մասնիկների զանգվածի պահպանման հավասարումը, կամ ինչպես այլ կերպ անվանում են, հունի դեֆորմացիայի հավասարումը

$$\frac{\partial z}{\partial t} + \frac{1}{s_0 b} \frac{\partial(U\omega s)}{\partial x} = 0; \quad (4)$$

4. Հոսանքի տանողունակության (տանողունակությունն ասելով հասկացվում է կոշտ զանգվածի այն ամենամեծ քանակությունը, որը կարող է տեղափոխել տված պարամետրեր ունեցող հոսանքը) հավասարումը

$$s = \frac{132}{2650} \left| \frac{U}{\omega} \left(J + \frac{1}{g} \frac{\partial U}{\partial t} \right) \right| + \frac{0.56}{2650} \left| \frac{U}{n_c} \left(J + \frac{1}{g} \frac{\partial U}{\partial t} \right) \right|^2; \quad (5)$$

Այս հավասարումը հոսանքի ոչ ստացիոնար և անհավասարաչափ շարժման համար առաջին անգամ ստացվել է Զրային պրոբլեմների և հիդրոտեխնիկայի գիտահետազոտական ինստիտուտում:

5. Հոսանքի թույլատրելի արագության և հունը կազմող գրունտի մասնիկների միջին տրամագծի կապը, ելնելով հունի կայունության պայմանից՝

$$d = 0.0153 \frac{U^2}{R^{1/2}} \quad (6)$$

6. Հունի խորդուբորդության գործակցի և նրա գրունտի մասնիկների միջին տրամագծի կապը (Շտրիկլեր-Չանգի քանաձևը)՝

$$n = 0.05 d^{1/6} \quad (7)$$

Ներկայացված հավասարումներում և առնչություններում

$$U = \frac{\rho_s s U_s + \rho_w (1-s) U_w}{\rho}, \quad (8)$$

$$\rho = \rho_s s + \rho_w (1-s), \quad (9)$$

U -ն և ρ -ն համապատասխանաբար երկկոմպոնենտ հեղուկի միջին զանգվածային արագությունը և խտությունն են, որտեղ s -ը կոշտ մասնիկների

կոնցենտրացիան է. «S» ինդեքսով մեծությունները համապատասխանում են կոշտ մասնիկներին, իսկ «W» ինդեքսովը՝ հեղուկին, ω -ն և R-ը համապատասխանաբար հոսանքի կենդանի կտրվածքը և հիդրավիկական շառավիղն են, W-ն՝ կոշտ մասնիկների միջին հիդրավիկական խոշորությունը, Z-ը՝ հունի հատակի նիշը: Մնացած նշանակումները հանրաճանաչ են:

Պատվարի փլուզման հետևանքով առաջացող հեղեղային հոսանքի շարժումը կանխագուշակելու համար անհրաժեշտ է լուծել բերված հավասարումների համակարգը, որոնցից առաջին 4-ը մասնական ածանցյալներով ոչ գրծային դիֆերենցիալ հավասարումներ են: Նկատենք, որ ժամանակակից մեթոդները օգտագործում են բերված հավասարումներից միայն առաջին երկուսը, այն էլ մաքուր ջրի համար, այսինքն ընդունելով $S=0$:

Ինչ վերաբերվում է նախնական և եզրային պայմաններին, ապա դա հաշվի է առնվում 2 տարբերակով՝

1) Երբ պատվարի փլուզումը տեղի է ունենում ակնթարթորեն, այդ դեպքում ընդունվում է, որ $t=0$ պահին հայտնի է ջրի խորության փոփոխությունն ըստ ջրամբարի երկարության՝ $h(x)$, իսկ ներքին բյեֆում ընդունվում է, որ ջուր չկա՝ $h=0$:

2) Պատվարի փլուզումը կատարվում է աստիճանաբար: Այս դեպքում ընդունելով, որ պատվարի վրայով նրան ողողող ջրի շարժումը տեղի է ունենում լայն շեմքով ջրաթափի օրինաչափությամբ, հնարավոր է լինում կապ հաստատել տված նիշի վրա պատվարի մակերեսի լվացվող շերտի ΔZ հաստատության և Δt ժամանակի միջև, այսինքն ունենալ $x=0$, $z=z(t)$ ֆունկցիան, որն էլ կլինի խնդրի սահմանային պայմանը, իսկ նախնական պայմանը կլինի նույնը, ինչ որ 1) տարբերակում էր: Այս հոգվածում եզրային պայմանը դիտվում է առաջին տարբերակով. այսինքն ընդունվում է, որ պատվարի փլուզումը կատարվում է ակնթարթորեն:

Խնդրի լուծումն ընդհանուր դեպքում կատարվում է հետևյալ կերպ. օգտվելով այն հանգամանքից, որ առաջին երկու հավասարումներում S-ը բացահայտ ձևով չի մասնակցում, կարելի է այդ հավասարումներից բաղկացած համակարգը լուծել անկախ մյուսներից և որոշելով այդտեղից U-ն և ω -ն տեղադրել նրանց մեծությունները երրորդ հավասարման մեջ, որոշել Z-ը, իսկ վերջինիս միջոցով չորրորդ հավասարման միջոցով ստանալ S-ի արժեքը:

Խնդրի լուծումը կատարվում է թվային հղանակով, օգտվելով, այսպես կոչվող, խարակտերիստիկաների մեթոդից (3): Դրա համար հավասարումները բերվում են վերջավոր աճերի տեսքի և ելնելով լուծման կայունությունն ապահովելու պայմանից, որոշվում է Δx -ի և Δt -ի կապը (Δx -ին տալով արժեքներ որոշվում է Δt -ի մեծությունը): Լուծման կայունության համար էական նշանակություն ունի թե հոսանքի տված հատվածում և տված պահին հոսանքի արագությունը մեծ է, հավասար թե փոքր է այդ նույն կտրվածքում փոքր գրգռումների կամ ձայնի տարածման արագությունից: Այդ հանգամանքը հաշվի առնելու համար ելակետային հավասարումներից առաջին երկուսը պարզ ձևափոխումների միջոցով բերվում է այնպիսի տեսքի, որոնցում U -ի փոխարեն մասնակցում է $c=\sqrt{g h}$ ձայնի տարածման արագությունը հեղուկ միջավայրում: Կախված $U \geq c$ առաջարկվում են համապատասխան բանաձևեր վերջավոր աճերի տեսքով փնտրվող մեծությունները որոշելու համար (U , c , h , Z և այլն):

Բերված հավասարումների թվային լուծմամբ, կոնկրետ Լեզատ և Օզվարդ ջրամբարների օրինակի վրա բացահայտվում է, որ պատվարի փլուզման հետևանքով առաջացող հեղեղային հոսանքը, ոչ միայն ավերում է և ջրածածկ անում բնակավայրեր, ժողովրդական տնտեսության դանազան օբյեկտներ և հազարավոր հեկտարներով բերքատու հողատարածություններ և պտղատու այգիներ, այլև ծածկում է այդ տարածություններն ավազի, կավի և քարի շաղախված հաստ շերտով միանգամայն անօդազործելի դարձնելով այն հետազայում: Այդ տարածությունները ծածկվում են ջրի հոսանքով բերված ոչ միայն փլուզված պատվարի գրունտներով, այլև գետի հունը կազմող գրունտների ողողման շնորհիվ առաջացած կոշտ զանգվածով:

Հավասարումների լուծումը բացահայտում է նախկինում անհայտ մի երևույթ, որը ներկայացնում է ոչ միայն գիտական հետաքրքրություն, այլև ունի նաև դժալի գործնական նշանակություն հեղեղային հոսանքի ճանապարհին գտնվող զանազան օբյեկտների (այդ թվում հակասելավային կառուցվածքների) վրա նրա հարվածային ուժի մեծությունը ճիշտ հաշվարկելու համար:

Բանն այն է, որ ըստ մասնագետների համընդհանուր կարծիքի, հեղեղային հոսանքում, որը շարժվում է ալիքի ձևով, կոշտ զանգվածը բաշխվում է հավասարաչափ (4): Սակայն, ինչպես ցույց տվեցին մեր հետազոտությունները, այդ բաշխումը խիստ անհավասարաչափ է՝ կոշտ զանգվածը թե կոնցենտրացիայի մեծությամբ և թե քարերի խոշորությամբ կենտրոնանում է ալիքի ճակատում և շեշտակի փոքրանում է նրանից հետո: Այնպես որ ալիքի ճակատը դառնում է մի կոշտ պատ և որևէ խոշնդոտի հանդիպելիս նրան հարվածում է ոչ թե որպես հեղուկ միջավայր, բաղկացած ջրի և կոշտ մասնիկների խառնուրդից, այլ որպես գրանիտե մի պատ, որի հարվածային ուժը բնականաբար շատ ավելի մեծ է, քան հեղուկ մարմնի հարվածային ուժը: Այս հանգամանքը թույլ տվեց պատասխանելու հակասելավային կառուցվածքների նախագծումն իրականացնող ինժեներներին հուզող այն հարցին, թե ինչու ժամանակակից մեթոդներով հաշվարկված և նախագծված սելավապաշտպան կառուցվածքները շատ հաճախ չեն դիմանում սելավի հարվածային ուժին և առաջին իսկ հարվածից դուրս են գալիս շարքից:

Այսպիսով, վերը նշված հավասարումների միջոցով հեղեղային երևույթների մաթեմատիկական մոդելավորումը թույլ է տալիս գիտականորեն հիմնավորված միջոցառումներ մշակել այդ երևույթները մասամբ կամ լրիվ վնասողերձելու համար:

**Ջրային պրոբլեմների և հիդրոտեխնիկայի
գիտահետազոտական ինստիտուտ**

В. Г. САНОЯН, О. В. ТОКМАДЖЯН, И. Г. КРИСТОСДУРЯН

Математическое моделирование движения потока, образованного вследствие разрушения плотины

В современных методах расчет основных характеристик паводкового потока, образованного при разрушении плотины, основывается на решении известных уравнений движения чистой жидкости в жестком

русле, что не отражает реального явления. В действительности имеет место движение двухкомпонентного наносонесущего потока в деформируемом русле.

Для правильного математического моделирования явления в статье рассматривается полная система, состоящая из: уравнения количества движения (1), уравнения неразрывности (2), уравнения сохранения массы твердой компоненты или, как иначе называют, уравнения деформации (4) и, наконец, уравнения транспортирующей способности для нестационарного и неравномерного потока (5).

Кроме того в статье использованы зависимость между средним диаметром грунта русла и допустимой скоростью, вытекающая из условия устойчивости русла (6), и связь между коэффициентом шероховатости русла и средним диаметром частиц в форме формулы Штриклера (7).

В приведенных уравнениях и зависимостях обозначения общепринятые.

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

1. Методические рекомендации по гидравлическому расчету селетранспортирующих сооружений, Изд. АН АрмССР, 1983.
2. В. Г. Саноян. Теория транспортирующей способности потока и ее приложения к разработке новых конструкций гидротехнических сооружений и проблемам руслоформирования. Автореф. докт. дис., М., 1990.
3. Дж. Дж. Стокер. Волны на воде, математическая теория и приложения. Пер с англ., М., ИЛ, 1959.
4. Инструкция по проектированию и строительству противоселевых защитных сооружений, СН 518—79, М., Стройиздат, 1981.