

**ՏԵՂԱՅԻՆ ԲԵՌՆԱՎՈՐՄԱՆ ԴԵՊԲՈՒՄ ԿԻՍԱՏԱՐԱԾՈՒԹՅԱՆ ԿՈՇՏԱՑՄԱՆ  
ՄԱՀՄԱՆԱԳԾԵՐԻ ՓՈՓՈԽՈՒԹՅԱՆ ՈՒՍՈՒՄՆԱՄԻՐՈՒԹՅՈՒՆ**

**Գևորգ Վահանի Տեր-Պետրոսյան**

*Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ  
terpetrosyan@yahoo.com*

*Կառուցվածքների հիմքերի հաշվարկում կարևոր նշանակություն ունի հիմնատակի նստվածքների որոշումը: Հայտնի է, որ ժամանակակից նախագծային պրակտիկայում դեֆորմացվող հիմնատակի հզորության որոշման հարցի լուծումը կապված է սեղմվող շերտախմբի հզորության որոշման հետ: Սեղմվող շերտի հաստությունը կամ հզորությունը տրվում է պայմանական ձևով և որպես հզորություն ընդունվում է այն խորությունը, որի դեպքում արտաքին ազդեցությունից առաջացող ճնշումը կազմում է բնական ճնշման հինգերորդ մասը: Եթե կառուցվածքի ճնշման մակերեսը շատ մեծ է, ապա հիմնատակի հաշվային նստվածքը, որը որոշվում է սեղմվող շերտի մոդուլով, բավական մեծ է ստացվում իրական դիտարկման տվյալներից: Ակադեմիկոս Ս.Ս. Գրիգորյանի առաջարկած գրունտային կիսատարածության մոդելի հիման վրա հնարավոր է դառնում լուծել հիմնատակի լարվածադեֆորմացիոն խնդիրը՝ առանց պայմանական ակտիվ շերտախմբի մոդելի կիրառման:*

***Բանալի բառեր.** լարում, դեֆորմացիա, կոշտացում, սահմանագիծ, հիմնատակ, հիմք, վարիացիա*

**Ներածություն**

Հիմնատակի փափուկ գրունտներում ճնշման հետևանքով դիտարկվող երևույթների հաշվառման համար ընդունվում է «նյութի կոշտացման» հասկացությունը, որին միջավայրի նյութը հասնում է լարվածային վիճակի որոշակի պայմաններում [1]: Այսպիսի դրվածքով խնդիրները էապես ոչ գծային են, բայց որոշ կարևոր դեպքերում հնարավոր է դառնում կատարել գծայնացում: Գծայնացման շնորհիվ կարողանում ենք օգտվել գծային առաձգականության տեսությամբ խնդիրների լուծման առավելություններից [2]: Այստեղ հիմնական բարդություններից մեկը խնդրի եզրային պայմաններից մի մասը նախապես անհայտ կոշտացման եզրագծի վրա դրվելն է: Այսպիսի դրվածքով խնդիրների լուծման հնարավորության հարցի ուսումնասիրությունը ցուց է տվել, որ լուծումը հնարավոր է միայն վարիացիոն մեթոդների կիրառմամբ: Գործնական կիրառության համար այդ լուծումները բավական դժվար են: Դա հաշվի առնելով աշխատանքում փոձել ենք, օգտագործելով լոկալ վարիացիաների մեթոդով լուծումները, ստանալ փորձարարական բանաձևեր, որոնք հնարավոր կլինի կիրառել գործնական հարցերի լուծման համար:

**Նյութեր և մեթոդներ**

Դիտարկված է կիսատարածության ազատ եզրին ուղղահայաց ազդող, որոշակի տեղամասում կիրառված, բաշխված բեռից կիսատարածության նյութի կոշտացման եզրագծի որոշման հարթ խնդիրը, որի համար օգտագործել ենք լոկալ վարիացիաների մեթոդով ստացած մեր լուծման թվային արդյունքները [3]: Անհրաժեշտ է նշել, որ հիշյալ աշխատանքում տրված է անչափողական տեսքով խնդրի լուծման արդյունքները: Միջավայրի նյութի կոշտացած և առաձգական մասերի սահմանազատման հարթության խորությունը կիսատարածության ազատ մակերեսի հարթությունից որոշվում է

$$h_* = 3 \frac{1-\nu}{1+\nu} \cdot \frac{\sigma_*}{\gamma} \tag{1}$$

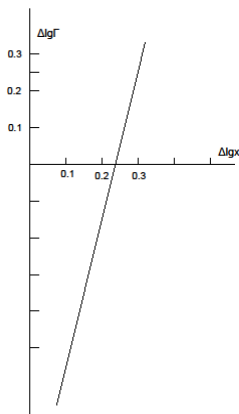
բանաձևով, որտեղ  $\nu$ -ն նյութի Պուասոնի գործակիցն է,  $\gamma$ -ն ծավալային կշիռն է,  $\sigma_*$ -ը միջավայրում միջին ճնշման կրիտիկական արժեքն է, որին հասնելու դեպքում նյութը դառնում է բացարձակ կոշտ: Այսպիսով, նյութի առաձգական և կոշտացված մասերի բաժանման սկզբնական հարթության խորությունը հայտնի է (1) բանաձևով: Հիմնական խնդիրը մնում է կիսատարածության ազատ հարթության բեռնավորման դեպքում նյութի կոշտացման մակերևույթի նոր դիրքի որոշումը: Լոկալ վարիացիաների մեթոդով խնդրի լուծման արդյունքներից ունենք, որ կիսատարածության ազատ եզրին կիրառված անչափողական բաշխված բեռի դեպքում  $h = 1,0$  չ'անչափողական խորության վրա նյութի կոշտացման սահմանագիծը բեռի համաչափության առանցքից դեպի աջ փոփոխվել է հետևյալ անչափողական մեծություններով (աղ. 1):

*Աղյուսակ 1*

*Նյութի կոշտացման սահմանագիծը  $h=1$  մ խորության վրա*

$x$	0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
$\Gamma$	0,1033	0,1032	0,0976	0,0886	0,0785	0,0692	0,0561	0,0471	0,0412	0,0277	0,0203
$\Delta\Gamma = \Sigma_x$	-0,0001	-0,0056	-0,0050	-0,0100	-0,0094	-0,0131	-0,0090	-0,0051	-0,0135	-0,0074	-0,0060

Աղ. 1-ում  $x$ -ը բեռնավորման կենտրոնից աջ կետերի հեռավորությունն է,  $\Gamma$ -ն՝ կոշտացման սահմանագծի բարձրացման մեծությունը: Նկատի ունենալով, որ  $x$ -ի արժեքները կազմում են  $h = 0,1$  տարբերությամբ թվաբանական պրոգրեսիա, կազմվել է  $\Delta l g x$ -ի և  $\Delta l g \Gamma$  -ի հաշվային աղյուսակը (աղ. 2): Դրանց հիման վրա կառուցվել է կախվածության համապատասխան գրաֆիկը (նկ. 1):



*Նկ. 1.  $\Delta l g x$ -ի և  $\Delta l g \Gamma$  -ի կախվածության գրաֆիկը*

*lgx-ի և ΔlgΓ-ի հաշվային կապը*

<i>x</i>	<i>Γ</i>	<i>lgx</i>	<i>lgΓ</i>	<i>Δlgx</i>	<i>ΔlgΓ</i>
1	2	3	4	5	6
0	0,1033	-1,00007	-0,9863	0,3011	0,0242
0,1	0,1032	-0,6991	-1,0105	0,1762	-0,0415
0,2	0,0976	-0,5231	-1,0520	0,1251	-0,0525
0,3	0,0896	-0,3892	-1,1045	0,0971	-0,0553
0,4	0,0785	-0,3011	1,1598	0,0792	-0,0903
0,5	0,0692	-0,2222	-1,2501	0,0672	-0,0768
0,6	0,0561	-0,1551	-1,3269	0,0581	-0,0592
0,7	0,0471	-0,0971	-1,3861	0,0512	-0,1714
0,8	0,0412	-0,0461	-1,5575	0,0161	-0,1350
0,9	0,0277	0,0	-1,0925	0,0412	-
1,0	-	-	-	-	-

Համոզվում ենք, որ հիշյալ կապը մոտ է գծայինին:

Սա թույլ է տալիս նյութի կոշտացման սահմանգծի փոփոխության համար ընդունել հետևյալ կախվածությունը [4 - 6].

$$\Gamma = \frac{a^3}{a^2+x^2} \tag{2}$$

*a*-ի տարբեր աստիճանների արժեքները որոշելու համար կատարվել են հետևյալ նշանակումները.

$$a^3 = A, \quad a^2 = B : \tag{3}$$

Կունենանք

$$\Gamma = \frac{A}{B+x^2} \tag{4}$$

Օգտվելով աղ. 2-ից որոշվել է (3)-ի համապատասխան արժեքները և դրանց միջոցով ստացել ենք հետևյալ պայմանական հավասարումները

$$A = [\Gamma]B + [\Gamma] \cdot [x^2]: \tag{5}$$

Ստացված հավասարումները խմբավորելով երկու խմբում և անդամ առ անդամ գումարելով ստանում ենք

$$\begin{cases} 5A = 0,4368 \cdot B + 0,04278 \\ 5A = 0,1924 \cdot B + 0,11238 \end{cases} \tag{6}$$

(5)-ից ստացվում են *A*-ն և *B*-ն.

$$A = 0,03343, \quad B = 0,28479: \tag{7}$$

Այսպիսով, ստացանք կոշտացման սահմանգծի փոփոխությունը ներկայացնող հետևյալ բանաձևը՝

$$\Gamma = \frac{0,03343}{0,28478+x^2} \quad (8)$$

Բեռի ինտենսիվության արժեքները բանաձևում արտահայտելու համար մտցնենք  $\alpha$  գործակից.

$$\Gamma = \frac{0,03343}{0,28478+x^2} \cdot \alpha \quad (9)$$

$\alpha$  գործակցի արժեքները որոշելու նպատակով օգտվել ենք թվային լուծման [3] տվյալներից, որը ներկայացվել է ստորև (աղ. 3):

**Աղյուսակ 3**

***$\alpha$  գործակցի արժեքները ըստ թվային լուծման***

$q$	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
$\Gamma$	0,0413	0,0772	0,1033	0,1453	0,1916
$\alpha$	0,35182	0,65764	0,81997	1,23775	1,63216

Այս խնդիրներում շատ կարևոր է ստանալ նաև կիսատարածության ազատ մակերևույթի կետերի ուղղաձիգ ուղղությամբ տեղափոխության և բեռի կիրառման տեղամասի չափի կախվածությունը [7, 8]:

Այս կապը ակտիվ շերտի մոդելի կիրառմամբ ստացվում է գծային և որն ամենակարևորն է, իրական դիտարկումներից բավական մեծ: Այս հարցում արդեն վճռորոշ դեր է կատարում նյութի կոշտացման երևույթը: Էսպես ոչ գծային, այսպիսի դրվածքով խնդիրն արդեն տալիս է փորձարարական ճանապարհով ստացված կիսատարածության ազատ մակերևույթի նստվածքի և բեռի կիրառման տեղամասի չափի կախվածության բացատրությունը: Այդ կախվածության տեսքը նկատի ունենալով [2] և կորը համեմատելով ունեցած գրաֆիկական պատկերների հետ եզրակացրել ենք, որ կապը մոտ է

$$S = a + \frac{b}{x} + \frac{c}{x^2} \quad (b \neq 0, c \neq 0) \quad (10)$$

Ֆունկցիային: Կիսատարածության ազատ եզրի կետերի տեղափոխությունների (նստվածքների) և բեռի կիրառման տեղամասի չափի կախվածության որոշման բանաձևը ստանալու համար օգտվենք [2] թվային լուծման տվյալներից (աղ. 4):

**Աղյուսակ 4**

***Կիսատարածության ազատ եզրի տեղափոխության կախվածությունը***

$x$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
$S$	0,0903	0,1382	0,1631	0,1733	0,1902	0,1924	0,1938	0,2081
$x^2$	0,01	0,04	0,09	0,16	0,25	0,36	0,49	0,64
$Sx^2$	0,000903	0,005528	0,014680	0,027890	0,047550	0,069260	0,094950	0,131200

Նախորդի նման, կատարելով համապատասխան ուսումնասիրությունները և համոզվելով ընտրված ֆունկցիայի տեսքի ընտրությունում, ստանում ենք անհայտ գործակիցների որոշման հետևյալ պայմանական հավասարումները [9-11].

$$[S] = [x^2]a + [x]b + c : \tag{11}$$

Այս հավասարումները խմբավորելով և գումարելով ստանում ենք հետևյալ համակարգը՝

$$\begin{cases} 0,021103 = 0,14a + 0,6b + 3c \\ 0,14470 = 0,77a + 1,5b + 3c : \\ 0,22807 = 1,13a + 1,5b + 2c \end{cases} \tag{12}$$

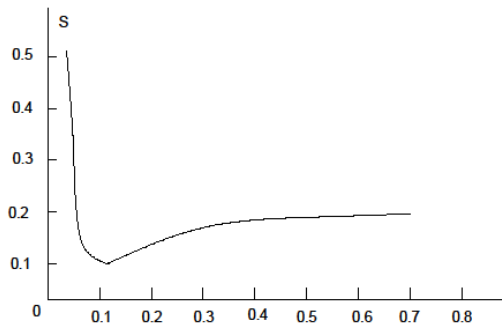
(12) համակարգի լուծմամբ ստանում ենք

$$a = 0,236040, b = 0,027910, c = 0,001604: \tag{13}$$

Այսպիսով, ստացվեց, որ կիսատարածության ազատ եզրին բեռի կիրառման տեղամասի կենտրոնում նստվածքի մեծությունը՝ այդ տեղամասի չափից կախված, կներկայացվի հետևյալ բանաձևով.

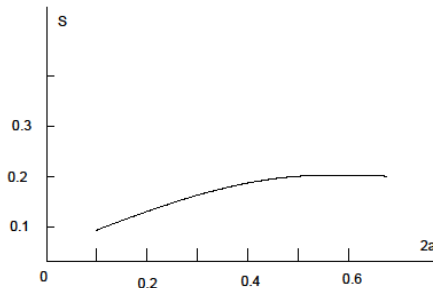
$$S = 0,23604 - \frac{0,02791}{x} + \frac{0,001604}{x^2} : \tag{14}$$

Ստացված բանաձևից պարզորոշ նկատվում է, որ բաշխված բեռի կիրառման տեղամասի մեծացմամբ կիսատարածության ազատ մակերեսի նստվածքի աճը աստիճանաբար մարում է (նկ. 2):



**Նկ. 2. Ազատ մակերևույթի նստվածքի և բաշխված բեռի կիրառման տեղամասի կապի կորը**

Այս երևույթը ճշտորեն արտահայտում է իրական դիտումներով ստացված արդյունքները:



**Նկ. 3. Համաչափության առանցքի վրա նստվածքի և բեռի կիրառման տեղամասի չափի կախվածությունը**

### Արդյունքներ և քննարկում

Կառուցվածքների նախագծման աշխատանքներում առանձնահատուկ մաս են կազմում նրանց հիմքերի հաշվարկը և հիմնատակերի նստվածքների որոշումը: Այսօր գործող նախագծային պրակտիկայում դեֆորմացվող հիմնատակի հաստության որոշման հարցի լուծումը կապված է հիմնատակի սեղմվող նյութի հզորության հետ:

Եթե կառուցվածքի ճնշման մակերեսը բավական մեծ է, ապա հիմնատակի հաշվային նստվածքը բավականին մեծ է ստացվում իրական դիտարկումներից: Ակադեմիկոս Ա.Ա. Գրիգորյանի մշակած գրունտային կիսատարածության մոդելը թույլ է տալիս լուծել հիմնատակի լարվածադեֆորմացիոն վիճակի ուսումնասիրության խնդիրը՝ առանց ակտիվ շերտախմբի մոդելի կիրառման:

### Եզրակացություն

Կառուցվածքների նախագծահաշվարկային աշխատանքներում կարևոր մաս հանդիսացող հիմնատակերի և հիմքերի հաշվարկներում առանցքային հարց է հանդիսանում հիմնատակի մոդելի ընտրությունը: Այս կարևոր և դեռևս վերջնական լուծում չստացած հարցի ուսումնասիրությանը նվիրված աշխատանքում նպատակ է դրված, օգտագործելով վարիացիոն մեթոդով խնդրի թվային լուծման արդյունքները, ստանալ բանաձևային արտահայտություններ, որոնք համեմատաբար կհեշտացնեն գործնական կիրառություններում հիմնատակերի հաշվարկի մոդելի ընտրությունը և համապատասխան հաշվարկային գործողությունների կատարումը: Փորձարարական մեթոդների կիրառմամբ ստացվել են բանաձևեր կիսատարածության նյութի կոշտացման խորության և նրա ազատ մակերևույթի նստվածքների որոշման համար:

### Գրականության ցանկ

- [1] **С.С. Григорян**, К вопросу применимости теории упругости в строительной механике грунтов. Механика сплошной среды и родственные проблемы анализа (М., 1972) 164-168.
- [2] **С.С. Григорян**, О некоторых новых постановках задач теории упругости, связанных с расчетом грунтовых оснований. Научные труды института Механики МГУ 2 (1974) 72-84.
- [3] **Г.В. Тер-Петросян**, Об изменении положения границы затвердевания грунта при местном нагружении. Известия АН Армянской ССР. Науки о Земле 1 (1976) 101-106.
- [4] **И.Н. Бронштейн, К.А. Семендаев**, Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. Наука, 1981, 718 с.
- [5] **И.И. Ильина, В.В. Сильвесторов**, Задача о тонком включении, отсоединившемся вдоль одной стороны от среды. Изв. РАН. МТТ 3 (2005) 153-166.
- [6] **М.А. Кулеш, В.П. Матвеев, И.Н. Шардаков**, Построение аналитического решения Волны Летба в рамках континуума Коссера. Прикладная механика и техническая физика 48(1) (2007).
- [7] **G.V. Ter-Petrosyan**, The Analytical Presentation of Solid Border Basement in Conditions of Solid Stamp Effect, in: Proc. XII International Scientific Conference “Construction the Formation of Living Environment”, Tashkent, Republic of Uzbekistan, 2019, 1-5.
- [8] **А.Б. Хохлов**, Нелинейная модель вязкоупругопластичности типа Максвелла. Деформация и разрушение материалов 7 (2017) 7-19.
- [9] **М.П. Саврук, А. Казберук**, Единый подход к решению задач о концентрации напряжений около острых и закругленных угловых вырезов. Прикл. механика 43(2) (2007) 70-87.
- [10] **E. Dats, E. Mirashkip, N. Stadnik**, On Heating of Thin Circular Elastic-plastic Plate with the Yield Stress Depending Temperature. Procedia Engineering 173 (2017) 891-896.
- [11] **T. Lassen, A. Spagpoli**, Fatigue Crack Paths in Shafts Subjected to Bending and Torsion, in: Proc. of Crack. Paths. Parma, Italy, 2006, pp. 35-42.

## ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЙ ГРАНИЦ ЗАТВЕРДЕВАНИЯ ПОЛУПРОСТРАНСТВА ПРИ МЕСТНОМ НАГРУЖЕНИИ

**Геворг Ваганович Тер-Петросян**

*Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г. Ереван, РА  
terpetrosyan@yahoo.com*

*Для учета явлений, наблюдаемых в основаниях мягких грунтов, вызванных изменением давления, вводится понятие затвердевание материала, которое достигается материалом в определенных условиях напряженного состояния. При такой постановке задачи значительно нелинейные, но в определенных важных случаях становится возможной линеаризация. Благодаря линеаризации становится возможным использовать преимущества решений задач теории линейной упругости. В данной работе мы попробовали при помощи цифровых решений получить практические эмпирические формулы, которые возможно будет использовать для решения практических вопросов.*

**Ключевые слова:** *напряжение, деформация, затвердевание, граница, основание, фундамент, вариация*

## THE INVESTIGATION OF THE LIMITS OF LOCAL LOADING ON HALF SPACES

**Gevorg Ter-Petrosyan**

*National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA  
terpetrosyan@yahoo.com*

*To take into account the phenomena observed in soft soil foundations caused by pressure changes, the concept of material hardening is introduced, which is achieved by the material under certain stress conditions. With this formulation, the problems are significantly nonlinear, but in certain important cases, linearization becomes possible. Due to linearization, it becomes possible to use the advantages of solutions to problems of the theory of linear elasticity. In this work, we tried to obtain practical empirical formulas using digital solutions, which can be used to solve practical issues.*

**Keywords:** *stress, strain, hardening, boundary, base, foundation, variation*

**Տեր-Պետրոսյան Գևորգ Վահանի, տ.գ.թ., դոցենտ** (ՀՀ, ք. Երևան) – ՃՇՀԱՀ, ՄՇՄՖ դեպարտամենտ, դոցենտ, (+374)91465319, terpetrosyan@yahoo.com

**Тер-Петросян Геворг Ваганович, к.т.н., доцент** (РА, г. Ереван) – НУАСА, департамент МСМФ (+374)91465319, terpetrosyan@yahoo.com

**Ter-Petrosyan Gevorg, Doctor of philosophy (Ph.D) in engineering.** (РА, Yerevan) – NUACA, department of MCMF, (+374)91465319, terpetrosyan@yahoo.com

Ներկայացվել է՝ 14.06.2024թ.

Գրախոսվել է՝ 02.08.2024թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 30.08.2024թ.