

Գ.Լ. ՊԵՏՐՈՍՅԱՆ, Ա.Ա. ԱՍՄԱՆԳՈՒԼՅԱՆ

## ԱՆՎԻ ԻՐԱԿԱՆ ԴԱՍԱՎՈՐՎԱԾ ՃԱՂԵՐՈՒՄ ՃԻԳԵՐԻ ՀԱՇՎԱՐԿՄԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳՉԱՅԻՆ ՄՈՂԵԼԱՎՈՐՈՒՄ

Տարածական ձողերի կոշտության մատրիցի և ՎՏՄ-ի վերլուծական եղանակի հիման վրա ստացվել են բազմահանգույց ծայրեր ունեցող կենտրոնական կոշտ ձողով իրական անվի ճաղերում ճիգերի որոշման հավասարումների համակարգերը: Կատարվել է ճիգերի, դրանց պրոյեկցիաների և հանգույցների տեղափոխությունների հաշվարկման համակարգչային մոդելավորում MathCad ծրագրային միջավայրում: Կատարվել է ստացված արդյունքների վերլուծություն:

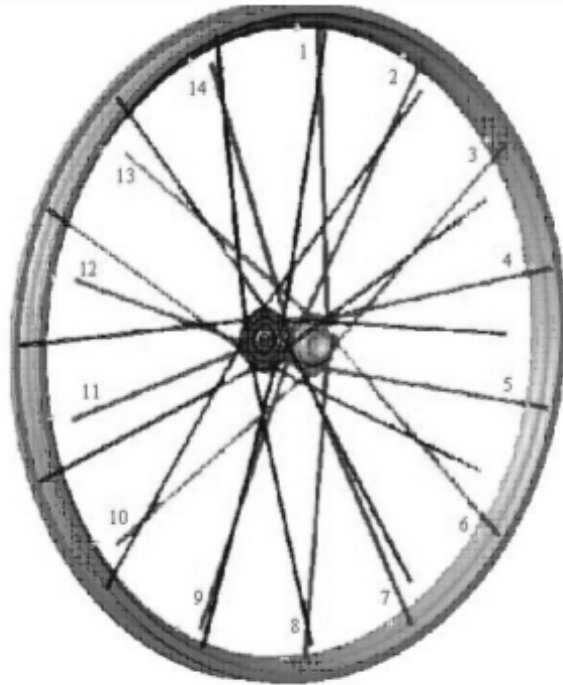
**Առանցքային բառեր.** իրական անվի, ճաղեր, ՎՏՄ, տարածական կոշտության մատրից, վերլուծական եղանակ, ճիգեր, տեղափոխություններ:

Մշակվել է [1] ՎՏՄ-ով ձողային համակարգի ընդհանուր կոշտության մատրիցի կազմման վերլուծական մեթոդը և բերված է անվի հարթ և կենտրոնական երկու սխեմայացված հանգույցներով (ձախ և աջ՝ հավասար քանակությամբ ճաղերով միացված) կոշտ ձող ունեցող տարածական խնդիրների լուծումը: Սակայն, ինչպես հայտնի է, իրականում անվի կենտրոնը բազմահանգույց է (նկ.1): Հետևաբար, այս դրվածքով խնդրի լուծումը ունի ինչպես տեսական, այնպես էլ գործնական կարևոր նշանակություն:

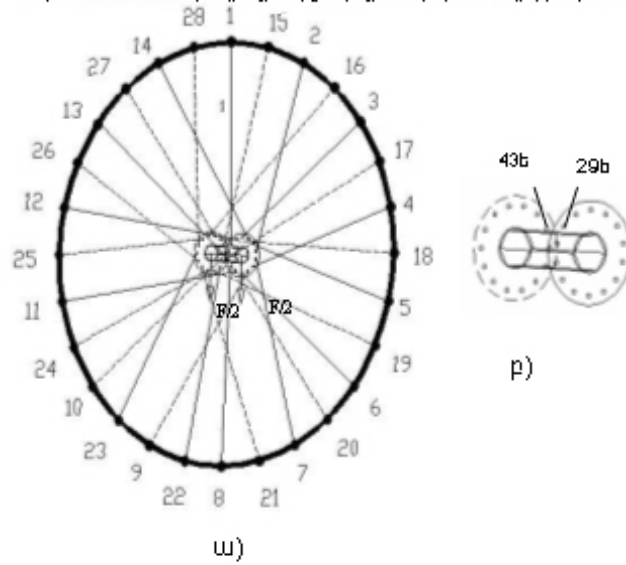
Աշխատանքի նպատակն է՝ օգտագործելով ընդհանուր կոշտության մատրիցի կազմման վերլուծական մեթոդը [2] և տարածության մեջ կամայական դիրքում գտնվող ձողերի կոշտության մատրիցը [3]՝ ստանալ բազմահանգույց կենտրոնով իրական անվի տարածական ճաղերում ճիգերի որոշման խնդրի լուծման հավասարումների համակարգը և կատարել ճիգերի հաշվարկման համակարգչային մոդելավորում:

Նշենք, որ բազմահանգույց կենտրոնի դեպքում հնարավոր են ճաղերի կենտրոնական կոշտ ձողին միացման տարբեր դեպքեր: Ճաղերի պարզ ձևով դասավորվածության դեպքում դրանք ունենում են ամենակարճ երկարությունը, իսկ իրական միացման դեպքում՝ նկ.1-ի նման:

Նկ. 1-ում պատկերված է անվի գործնականում գոյություն ունեցող իրական տարածական մոդելը, որը ստեղծվել է SolidWorks ծրագրային փաթեթի միջոցով: Այն ունի 28 ճաղ ձախ և աջ դասավորված, որոնցից աջակողմյա ճաղերը նշանակված են 1-14 թվերով: Նկ. 2-ը գծվել է նկ. 1-ի հիման վրա և հաշվարկային սխեմա է, որի երկու կենտրոնական հանգույցներում կիրառված են  $F/2$  կենտրոնացված ուժեր:



Ակ. 1. SolidWorks ծրագրային միջավայրում գծված անվի իրական մոդելը



Ակ. 2. Անվի կենտրոնական բազմահանգույց, դնալքի հաշվարկային սխեման՝ ա- անիվը ամբողջությամբ, բ- անվի կենտրոնական հանգույցը

Անվաճաղերը տարածական են, և անվի կենտրոնը բազմահանգույց է (նկ.2 ա,բ): Կենտրոնական առաջին հանգույցին համապատասխան  $j$  ենթահանգույցներից 29ե-42ե գտնվում են աջ կողմում, իսկ երկրորդին՝ 43ե-56ե՝ ձախում: SolidWorks ծրագրային միջավայրում նշելով ցանկացած հանգույցի կետը՝ ստանում ենք այդ հանգույցի կոորդինատները, որոնց տվյալները ՎՏՄ-ի վերադրման եղանակի նման [4] բերված են աղ.1-ում: Ինչ վերաբերում է  $i$  հանգույցների համարակալմանը և կոորդինատներին, ապա դրանք նույնն են, ինչ [1] – ում (անվագոտու դրսում համարակալված 1-14 և 15-28,  $x_i$  և  $y_i$  տվյալներով և համապատասխանաբար աջ և ձախ շեղված են  $z_i = 3$  մմ և  $z_i = -3$  մմ-ով): Տրված են  $d = 2$  մմ ( $A = 3,14$  մմ<sup>2</sup>),  $E = 2 \cdot 10^5$  ՄՊա,  $F=400$  Ն և ըստ աղ.1-ի  $L=20,34$  մմ: Հետևաբար՝  $C=EA/L= 3,088 \times 10^3$  Ն/մմ:

Խնդրի լուծման համար ընդունվում է, որ 1-28 հանգույցներում տեղափոխությունները բացակայում են, կենտրոնական աջ և ձախ հանգույցներում  $U_i=0$ ,  $W_i=0$ , իսկ բոլոր ուղղահայաց բաղադրիչները տեղաշարժվում են իրար հավասար ( $V_i=V$ ): Այդ դեպքում բոլոր ճաղերի կոշտության մատրիցները միատեսակ են: Դրա համար բերենք որևէ ճաղի (տվյալ դեպքում 3-րդ) մատրիցային հավասարումը [1] և որոշված 31-րդ ենթահանգույցում 3-րդ ճաղի  $Y_{31}^3$  պրոյեկցիայի մեծության որոշման բանաձևը՝

$$\begin{Bmatrix} X_{31}^3 \\ Y_{31}^3 \\ Z_{31}^3 \\ X_3^3 \\ Y_3^3 \\ Z_3^3 \end{Bmatrix} = C \cdot \begin{vmatrix} 0,67 & 0,462 & -0,084 & -0,67 & -0,462 & 0,084 \\ 0,462 & 0,318 & -0,058 & -0,462 & -0,318 & 0,058 \\ -0,084 & -0,058 & 0,011 & 0,084 & 0,058 & -0,011 \\ -0,67 & -0,462 & 0,084 & 0,67 & 0,462 & -0,084 \\ -0,462 & -0,318 & 0,058 & 0,462 & 0,318 & -0,058 \\ 0,084 & 0,058 & -0,011 & -0,084 & -0,058 & 0,011 \end{vmatrix} \cdot \begin{Bmatrix} 0 \\ V \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{Bmatrix}, \quad (1)$$

$$V_{31}/C = 0,318 \cdot V :$$

Նման ձևով որոշվում են աջ կողմի 29-42 և ձախ կողմի 43-56 ենթահանգույցներում  $y$ -ի ուղղությամբ համապատասխան ճիգերի բաղադրիչները, այնուհետև կազմում են  $y$  առանցքի վրա անվի կենտրոնական կոշտ ձողի աջ և ձախ ծայրերում ազդող ուժերի հավասարակշռության հավասարումները:

Այդ դեպքում հավասարումների համակարգերն ունենում են հետևյալ տեսքերը՝

$$\begin{cases} 0,984 \cdot V_w - Y_{29} / C = 0, & 0,853 \cdot V_w - Y_{30} / C = 0, & 0,318 \cdot V_w - Y_{31} / C = 0, & 0,083 \cdot V_w - Y_{32} / C = 0, \\ 0,083 \cdot V_w - Y_{33} / C = 0, & 0,318 \cdot V_w - Y_{34} / C = 0, & 0,853 \cdot V_w - Y_{35} / C = 0, & 0,984 \cdot V_w - Y_{36} / C = 0, \\ 0,7464 \cdot V_w - Y_{37} / C = 0, & 0,452 \cdot V_w - Y_{38} / C = 0, & 0,023 \cdot V_w - Y_{39} / C = 0, & 0,023 \cdot V_w - Y_{40} / C = 0, \\ 0,452 \cdot V_w - Y_{41} / C = 0, & 0,746 \cdot V_w - Y_{42} / C = 0, \\ Y_{29} + Y_{30} + Y_{31} + Y_{32} + Y_{33} + Y_{34} + Y_{35} + Y_{36} + Y_{37} + Y_{38} + Y_{39} + Y_{40} + Y_{41} + Y_{42} - 200 = 0, \end{cases} \quad (2)$$

$$\begin{cases} 0,965 \cdot V_\delta - Y_{43} / C = 0, & 0,538 \cdot V_\delta - Y_{43} / C = 0, & 0,244 \cdot V_\delta - Y_{44} / C = 0, & 4,499 \cdot 10^{-3} \cdot V_\delta - Y_{45} / C = 0, \\ 0,134 \cdot V_\delta - Y_{47} / C = 0, & 0,668 \cdot V_\delta - Y_{46} / C = 0, & 0,904 \cdot V_\delta - Y_{49} / C = 0, & 0,906 \cdot V_\delta - Y_{50} / C = 0, \\ 0,672 \cdot V_\delta - Y_{51} / C = 0, & 0,137 \cdot V_\delta - Y_{52} / C = 0, & 5,081 \cdot 10^{-3} \cdot V_\delta - Y_{53} / C = 0, & 0,241 \cdot V_\delta - Y_{54} / C = 0, \\ 0,534 \cdot V_\delta - Y_{55} / C = 0, & 0,964 \cdot V_\delta - Y_{56} / C = 0, \\ Y_{43} + Y_{44} + Y_{45} + Y_{46} + Y_{47} + Y_{48} + Y_{49} + Y_{50} + Y_{51} + Y_{52} + Y_{53} + Y_{54} + Y_{55} + Y_{56} - 200 = 0 : \end{cases} \quad (3)$$

Կենտրոնական երևու համադրյալներով տարածական տեղաբաշխված ճառերի համադրյալների կրողիմաստները և դրանց ուղղորդ կրփներամները

Տարի	i Քանո	Կրողը, մՄ			j համո.	Կրողը, մՄ			L մՄ	$\ell = (x_j - x_i) / L$	$m = (y_j - y_i) / L$	$n = (z_j - z_i) / L$
		$x_i$	$y_i$	$z_i$		$x_i$	$y_i$	$z_i$				
(1)	1	0	219,24	3	29	-14,08	11,22	25	0,069	0,992	-0,1	
(2)	2	92,39	191,85	3	30	17,55	4	25	0,368	0,924	-0,1	
(3)	3	166,48	132,77	3	31	-0,01	18	25	0,819	0,564	-0,1	
(4)	4	207,6	47,38	3	32	14,07	-11,23	25	0,951	0,288	-0,1	
(5)	5	207,6	-47,38	3	33	14,07	11,23	25	0,951	-0,288	-0,1	
(6)	6	166,48	-132,7	3	34	-0,01	-18	25	0,819	-0,564	-0,1	
(7)	7	92,39	-191,8	3	35	17,55	4	25	0,368	-0,924	-0,1	
(8)	8	0	-212,9	3	36	-14,08	-11,22	25	0,069	-0,992	-0,1	
(9)	9	-92,39	-191,8	3	37	7,81	-16,22	25	-0,493	-0,863	-0,1	
(10)	10	-166,48	-132,7	3	38	-17,55	4	25	-0,732	-0,672	-0,1	
(11)	11	-207,6	-47,38	3	39	-7,8	-16,22	25	-0,982	-0,153	-0,1	
(12)	12	-207,6	47,38	3	40	-7,8	16,22	25	-0,982	0,153	-0,1	
(13)	13	-166,48	132,77	3	41	-17,55	-4	25	-0,732	0,672	-0,1	
(14)	14	-92,39	191,85	3	42	7,81	16,22	25	-0,493	0,863	-0,1	
(15)	15	46,97	207,7	-3	43	16,22	7,81	-25	0,151	0,983	0,1	
(16)	16	132,43	166,75	-3	44	-4	17,55	-25	0,671	0,734	0,1	
(17)	17	191,67	92,78	-3	45	16,22	-7,8	-25	0,862	0,494	0,1	
(18)	18	212,94	0,43	-3	46	11,23	14,07	-25	0,992	-0,067	0,1	
(19)	19	192,04	-92,01	-3	47	4	-17,55	-25	0,924	-0,366	0,1	
(20)	20	133,1	-166,2	-3	48	18	-0,01	-25	0,566	-0,817	0,1	
(21)	21	47,8	-207,5	-3	49	-11,22	-14,08	-25	0,29	-0,951	0,1	
(22)	22	-46,97	-207,7	-3	50	11,22	-14,08	-25	-0,286	-0,952	0,1	
(23)	23	-132,43	-166,7	-3	51	-18	-0,01	-25	-0,563	-0,82	0,1	
(24)	24	-191,67	-92,78	-3	52	-4	-17,55	-25	-0,923	-0,37	0,1	
(25)	25	-212,94	-0,43	-3	53	-11,23	14,07	-25	-0,992	-0,071	0,1	
(26)	26	-192,04	92,01	-3	54	-16,22	-7,8	-25	-0,865	0,491	0,1	
(27)	27	-133,1	166,22	-3	55	4	17,55	-25	-0,674	0,731	0,1	
(28)	28	-47,8	207,51	-3	56	-16,22	7,8	-25	-0,155	0,982	0,1	

*MathCad* ծրագրային միջավայրում (2) և (3) հավասարումների համակարգի լուծումով ստանում են կենտրոնական կոշտ ձողի աջ և ձախ ծայրերի  $V_w$  և  $V_\Delta$  ուղղահայաց տեղափոխությունների արժեքները: Այնուհետև (2) և (3) հավասարումների համակարգի, ինչպես նաև (1) – ի նման յուրաքանչյուր ճաղի համար գրված մատրիցային հավասարման օգնությամբ որոշվում են բոլոր ճաղերի ճիգերի  $X, Y, Z$  պրոեկցիաները և  $N$  ճիգերը: Տեղափոխությունների համար ստացվել են հետևյալ մեծությունները  $V_w=V_\Delta=0,936$  մմ: Համեմատության համար բերենք նաև տեղափոխությունների տվյալները սխեմայացված կենտրոնական աջ և ձախ երկու հանգույցների դեպքում ( $z_i=25$  մմ) [1]՝  $V_w=V_\Delta=0,987$  մմ, ինչպես նաև բազմահանգույց պարզ ձևով դասավորված դեպքի համար՝  $V_w=V_\Delta=0,898$  մմ:

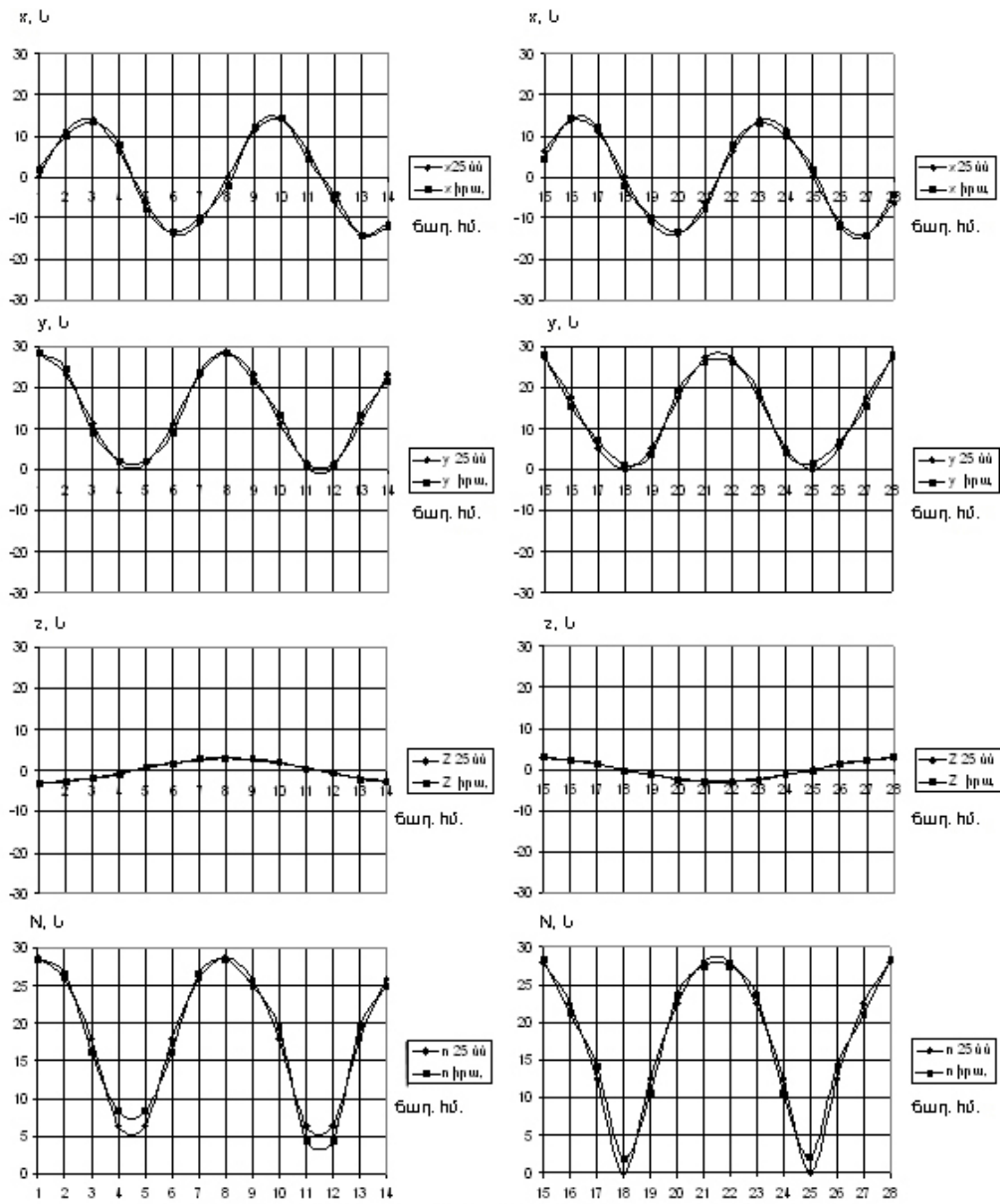
Աղ. 2 – ում բերված են ճաղերի ճիգերի  $X, Y, Z$  պրոյեկցիաների արժեքները, ինչպես նաև համեմատության համար՝ միննույն  $L_i=50$  մմ երկարություն ունեցող կենտրոնական երկհանգույցանի կոշտ ձողով խնդրի լուծման տվյալները [1]:

Աղյուսակ 2

Բազմահանգույց կենտրոնով իրական և սխեմայացված [1] տարածական անվի  
ճաղերում  $N$  ճիգերի և դրանց  $X, Y, Z$  պրոյեկցիաների արժեքները, երբ  $F=400$  Ն

Ճաղ. հմ.	$X, \text{Ն} [1],$ երբ $Z_i=25$ մմ	$X, \text{Ն}$ իրական	$Y, \text{Ն} [1]$ $Z_i=25$ մմ	$Y, \text{Ն}$ իրական	$Z, \text{Ն} [1]$ $Z_i=25$ մմ	$Z, \text{Ն}$ իրական	$N, \text{Ն} [1]$ $Z_i=25$ մմ	$N, \text{Ն}$ իրական
1	0	-1,98	28,57	28,4	-2,94	-3,10	28,72	28,67
2	11,17	-9,82	23,19	24,6	-2,65	-2,89	25,88	26,7
3	13,94	13,35	11,11	9,20	-1,83	-1,76	17,91	16,31
4	6,20	7,93	1,41	2,40	-0,65	-0,90	6,39	8,33
5	-6,20	-7,93	1,41	2,40	0,65	0,90	6,39	8,33
6	-13,93	-13,35	11,11	9,20	1,83	1,76	17,91	16,31
7	-11,17	-9,82	23,19	24	2,65	2,89	25,88	26,70
8	0	-1,98	28,57	28,40	2,94	3,10	28,72	28,67
9	11,17	12,3	23,19	21,50	2,65	2,70	25,88	24,96
10	13,93	14,23	11,11	13,10	1,83	2,10	17,91	19,44
11	6,20	4,35	1,41	0,68	0,65	0,48	6,39	4,43
12	-6,20	-4,35	1,41	0,67	-0,65	-0,48	6,39	4,33
13	-13,93	-14,23	11,11	13,10	-1,83	-2,10	17,91	19,44
14	-11,17	-12,30	23,19	21,50	-2,65	-2,70	25,88	24,96
15	6,28	4,29	27,16	27,90	2,86	3,07	28,02	28,41
16	13,73	14,23	17,46	15,50	2,30	2,29	22,46	21,21
17	11,17	12,33	5,38	7,10	1,27	1,55	12,46	14,29
18	0	1,92	0	1,30	0	-0,21	0	1,94
19	-11,17	-9,78	5,38	3,90	-1,27	-1,14	12,46	10,58
20	-13,93	-13,37	17,46	9,30	-2,30	-2,56	22,46	26,36
21	-6,28	-7,98	27,16	26,10	-2,86	-2,97	28,02	27,49
22	6,28	7,88	27,16	26,10	-2,86	-2,98	28,02	27,52
23	13,93	13,33	17,46	19,40	-2,30	-2,57	22,46	23,70
24	11,17	9,87	5,38	3,95	-1,27	-1,16	12,46	10,69
25	0	2,04	0	1,47	0	-0,22	0	2,06
26	-11,17	-12,27	5,38	6,96	1,27	1,53	12,46	14,19
27	-13,93	-14,24	17,46	15,40	2,30	2,29	22,46	21,13
28	-6,28	-4,41	27,16	27,90	2,86	3,07	28,02	28,39

Նկ. 3-ում ցույց են տրված իրական և սխեմայացված [1] տարածական անվի ճաղերում  $N$  ձիգերի և դրանց պրոյեկցիաների արժեքների գրաֆիկներն ըստ ճաղերի համարների, երբ  $F=400\text{Ն}$  և  $z_0=25$  մմ:



Նկ. 3. Իրական և սխեմայացված [1] տարածական անվի ճաղերում  $N$  ձիգերի և դրանց պրոյեկցիաների արժեքների գրաֆիկները ըստ ճաղերի համարների