

## ԳԱԶՍՏՐԱՆՍՊՈՐՏԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐՈՒՄ ԷԼԵՄԵՆՏՆԵՐԻ ԼԱՐՎԱԾՍՅԻՆ

## ՎԻՃԱԿԻ ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄԸ

Միհրան Գրիգորի Ստակյան\*, Նարինե Վիլիկի Փիրումյան, Անգին Վիկտորի Մարտիրոսյան

*Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ**\*stakyan.mihran@yandex.ru*

Յույց է տրված, որ գազատրանսպորտային համակարգերի պատասխանատու էլեմենտները հիմնականում աշխատում են ցիկլային լարումների պայմաններում: Էլեմենտների հոգնածային դիմադրությունը որոշելու նպատակով կատարված են հոգնածային փորձարկումներ պողպատյա փորձանմուշներով նշված լարվածային վիճակը գործադրող հատուկ հոգնածային սարքով: Մտացվել են հոգնածային զծերի պարամետրական հավասարումները, որոնցով էլ որոշվել են սահմանային լարումները ցիկլերի ողջ միջակայքում: Եռաչափ կոորդինատային համակարգում կառուցվել են սահմանային լարումների մակերևույթները և բացահայտվել է շոշափող լարումների ազդեցությունը նույն ցիկլերի սահմաններում: Գումարային արդյունքով շոշափող լարումները միաժամանակ նախաձեռնում են երկու հակադարձ գործողություններ, որոնց վերջնական արդյունքը կախված է ցիկլերի թվից և լարումների կուտակման աստիճանից: Առաջարկված է ստեղծել նոր հաշվարկային մեթոդ փոփոխական բեռնվածության դեպքում հոգնածային դիմադրության պարամետրերի գնահատման, ինչպես նաև սահմանային լարումների և երկարակեցությունների որոշման համար:

**Բանալի բառեր.** գազատրանսպորտային համակարգ, ցիկլային երկարակեցություն, սահմանային լարումների մակերևույթներ, չբայթայման հավանականության մակարդակ

**Ներածություն**

Գազատրանսպորտային համակարգերում (ԳՏՀ) նվազագույն զանգվածի ապահովումը պահանջում է լիովին օգտագործել դրանց կրողունակության գոյապաշարը, որը զգալիորեն բարձրացնում է նշված համակարգում էլեմենտների աշխատանքային հատվածքների լարվածությունը: Ազդող արտաքին գործոնները, որպես կանոն, հավանական բնույթ են կրում, իսկ օգտագործված նյութերի ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերին բնորոշ է արժեքների որոշակի ցրում: Այս կապակցությամբ ամրության և երկարակեցության ավանդական հաշվարկների փոխարեն անհրաժեշտ է կիրառել բեռնվածքների ազդման և նյութերի հոգնածային քայքայման ընթացքը հավանական հիմքով ձևակերպված արդի հաշվարկներ: Ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերի վրա տարբեր տևողությամբ և համաժամությամբ ազդող բազմազան գործոնները դժվարացնում են համապիտանի և գիտականորեն հիմնավորված հաշվարկային մեթոդիկայի ստեղծումը, որը թույլ կտա դեռևս նախագծման փուլում հաշվի առնել յուրաքանչյուր գործոնի ազդեցությունը և հավանական տեսակետից կանխատեսել պատասխանատու էլեմենտների ամրությունը և երկարակեցությունը [1-3]: Այդ պատճառով էլ հիմնավորվում է մեխանիկական փորձարկումների առավելագույնս մոտեցումը համակարգի իրական աշխատանքային պայմաններին և պատասխանատու էլեմենտների հաշվարկային մեթոդի կատարելագործումը:

### Նյութեր և մեթոդներ

Հետազոտվող էլեմենտների վրա տարաբնույթ, բայց միաժամանակ ազդող մի քանի գործոնների փոխկապակցությունը, որով ձևավորվում է հոգնածային քայքայման գործընթացը, ի վերջո հանգեցնում է կոորդինատային համակարգում ցիկլային երկարակեցությունների ցրման դաշտի չափերի և թեքության փոփոխականությանը, որոնց միջոցով էլ կարելի է իրականացնել քանակական գնահատման չենթարկվող գործոնների ընդգրկումը հաշվարկային ընթացակարգում:

Աշխատանքի նպատակը փոփոխական բարդ բեռնվածության դեպքում ԳՏՀ-ի էլեմենտների ամրության և երկարակեցության հաշվարկային մեթոդների կատարելագործումն է, որը ներառելու է բեռնվածության ռեժիմների հավանական գնահատումը, իրական աշխատանքային պայմանները նմանակող լաբորատոր փորձարկումներով ստացված հոգնածային դիմադրության ցուցանիշների ստացումը, հարաբերական ամրության և երկարակեցության գործակիցների ֆունկցիաների դուրսբերումը:

Աշխատանքի խնդիրներն են.

- ԳՏՀ էլեմենտների փոփոխական բարդ բեռնվածության բնութագրիչ ռեժիմի ընտրությունը, դրա պարամետրերի որոշումը և հավանական գնահատումը,
- էլեմենտների իրական ռեժիմները նմանակող հոգնածային փորձարկումներով շոշափող լարումների ուսումնասիրման միջակայքի ընդլայնումը և ստացված հոգնածային դիմադրության ցուցանիշների հավանական գնահատումը,
- նշված ցուցանիշների և հոգնածային քայքայման գործընթացի վրա ազդող գործոնների պարամետրերի միջև կոռելյացիոն կապերի դուրսբերումը:

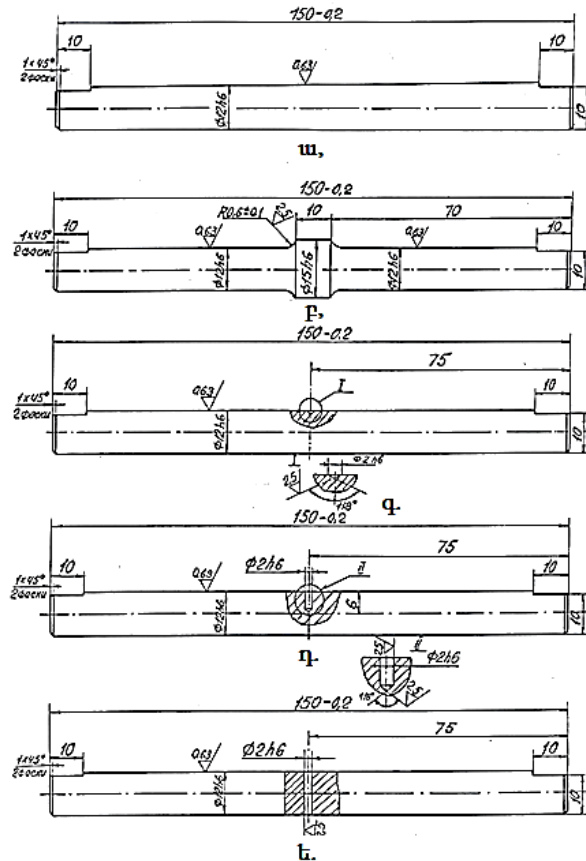
Համալիր փորձարարական-տեսական հետազոտության շրջանակներում քննարկվող խնդիրների լուծման նպատակով կիրառվել են հավանականությունների տեսության և մաթ. վիճակագրության մեթոդներ [4, 5]: Կոնստրուկցիոն էլեմենտների համար ստացված սահմանային լարումների մակերևույթները ներկայացված են գծային կոռելյացիոն հավասարումների համակարգի տեսքով, իսկ էլեմենտների հոգնածային դիմադրության ցուցանիշների վրա տարաբնույթ գործոնների ազդեցությունը գնահատելու համար կիրառված է երկարակեցությունների ցրման դաշտերի համեմատման մեթոդը, որն իրականացվել է քվանտիլային հոգնածային կորերի ընտանիքների հավասարումների համատեղ լուծման եղանակով: Հոգնածային փորձարկումների համար անհրաժեշտ սարքավորումը և կիրառված փորձարարական մեթոդիկան առավելագույն մոտեցված են էլեմենտների իրական աշխատանքային ռեժիմներին [6]:

### Արդյունքներ և քննարկում

Նկարագրված են էլեմենտների հոգնածային փորձարկումների կազմակերպման և փորձարարական տվյալների մշակման մեթոդները: Դիտարկված են փորձանմուշների վտանգավոր հատվածքներում բարդ լարվածային վիճակ ստեղծող և փակ ուժային եզրագծի սկզբունքով

աշխատող հոգնաձային մեքենայի կինեմատիկական սխեմայի առանձնահատկությունները, դրա չափաբերման եղանակները և դինամիկական հաշվարկը:

Հետազոտության համար հիմք են ծառայել պողպատից պատրաստված հարթ (Γπ) և լարումների կուտակիչներով օժտված (Γ-կլորացում, Ո-մակերևութային կոնական փոսիկ, ԴՕ-և ՇՕ-խուլ և միջանցիկ շառավղային անցքեր), փորձանմուշների հոգնաձային փորձարկումների արդյունքները (5 շարք փորձանմուշների 25 խմբաքանակներ, յուրաքանչյուրում  $n = 17 \dots 22$  փորձարկումներ) (նկ. 1):



Նկ. 1. Փորձանմուշների կառուցվածքը. ա - հարթ (Γπ), բ - կլորացումով (Γ), գ - կոնական փոսիկով (Ո), դ - շառավղային խուլ անցքով (ԴՕ), ե - շառավղային միջանցիկ անցքով (ՇՕ)

Փորձարկումների արդյունքները մշակված են հոգնաձային գործընթացներին բնորոշ վիճակագրական մեթոդներով, համաձայն որոնց հոգնաձային կորի մաթեմատիկական մոդելը հետևյալն է՝

$$lgN = C - mlg\sigma, \quad (1)$$

$$որտեղ \quad C = m\overline{lg\sigma} + (\overline{lgN} + z_p s_{lgNr}), \quad m = \overline{m} + z_p s_m, \quad (2)$$

$$s_{lgNr} = s_{lgN} \sqrt{(n-1)(1-r^2) / (n-2)}, \quad s_m = s_{lgN} / s_{lg\sigma} [\sqrt{(n-2) / (n-1)}], \quad (3)$$

$r$ -ը կոռելյացիայի գործակիցն է, իսկ  $s_{lgN}$ ,  $s_{lg\sigma}$ -ն՝ երկարակեցությունների և լարումների լոգարիթմական միջին քառակուսային շեղումները,  $z_p$ -ն՝ նորմալ բաշխման ֆունկցիայի քվանտիլը: (1) - (3)-ի պարամետրերը տրված են աղ. 1 և 2-ում:

Հոգնածային կորերի պարամետրերի հավանական արժեքները

Փորձանմուշի տեսքը	P(N)	Պարամետր	m – ի և C - ի արժեքները, երբ $\tau/\sigma =$									
			0,0	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,65			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
Հարթ (Γπ)	0,10	m	17,2757	14,8668	15,0738	14,6508	18,1847	20,3247	36,8052			
		C	48,8226	42,6370	42,8865	41,5288	49,6800	54,6994	94,9628			
	0,50	m	15,6789	13,6542	14,0143	13,6490	16,8539	18,6392	35,3413			
		C	44,5707	39,3743	40,0372	38,8583	46,2294	50,3393	91,2281			
	0,90	m	17,0822	12,4416	12,9548	12,6472	15,5230	16,9538	33,8773			
		C	40,3187	36,1115	37,1879	36,1877	42,7788	45,9792	87,4935			
	0,99	m	12,7819	11,4241	12,0921	11,8314	14,4393	15,5812	32,6852			
		C	36,8561	33,4545	34,8675	34,0129	39,9688	42,4286	84,4521			
	0,999	m	11,8303	10,7314	11,4607	11,2343	13,6461	14,5767	31,8128			
		C	34,3221	31,5101	33,1695	32,4214	37,9125	39,8303	82,2265			
	Կոնական փոսիկով (ΓI)	0,10	m	5,0074	5,2971	6,0152	6,2340	7,8673	---	---		
			C	17,7092	18,3046	19,8395	20,2412	23,6954				
0,50		m	4,3750	4,6830	5,3398	5,7001	7,1576					
		C	16,1468	16,7850	18,1510	18,9129	21,8995					
0,90		m	3,7427	4,0689	4,6645	5,1662	6,4479					
		C	14,5844	15,2655	16,4625	17,5845	20,1036					
0,99		m	3,2277	3,5687	4,1145	4,7315	5,8699					
		C	13,3121	14,0280	15,0875	16,5028	18,6411					
0,999		m	2,8508	3,2028	3,7121	4,4133	5,4470					
		C	12,3810	13,1224	14,0812	15,7111	17,5708					
Շառավղային խուլ անցքով (ΓO)		0,10	m	8,2812	9,1950	7,6113	7,2612	5,7269			---	---
			C	24,7051	26,6443	22,6519	21,5117	18,1372				
	0,50	m	7,5498	8,3538	7,0504	6,8581	5,3096					
		C	22,9265	24,5659	21,2332	20,5055	17,0493					
	0,90	m	6,8184	7,5127	6,4896	6,4550	4,8923					
		C	21,1479	22,4874	19,8145	19,4994	15,9615					
	0,99	m	6,2228	6,8277	6,0328	6,1267	4,5525					
		C	19,6995	20,7949	18,6592	18,6800	15,0755					
	0,999	m	5,7870	6,3264	5,6986	5,8864	4,3038					
		C	18,6396	19,5562	17,8137	18,0804	14,4272					
	Շառավղային միջանցիկ անցքով (CO)	0,10	m	6,5808	6,6391	4,7846	5,5293	---	---	---		
			C	19,8105	19,1029	15,5276	16,5392					
0,50		m	6,1585	6,0667	4,4239	5,2569						
		C	18,7596	17,7969	14,6323	15,8935						
0,90		m	5,7362	5,4944	4,0633	4,9845						
		C	17,7086	16,4909	13,7370	15,2477						
0,99		m	5,3923	5,0283	3,7695	4,7627						
		C	5,3923	5,0283	3,7695	4,7627						
0,999		m	5,1406	4,6872	3,5546	4,6003						
		C	16,2265	14,6491	12,4744	14,3371						

Աղյուսակի շարունակություն

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Կլորացումով (Γ)	0,10	<i>m</i>	7,3608	6,4645	5,7973	6,3505	---	---	---
		<i>C</i>	23,1206	20,8717	19,0286	19,6420			
	0,50	<i>m</i>	6,4233	5,6795	5,1520	5,8802			
		<i>C</i>	20,8201	18,9190	17,4143	18,4711			
	0,90	<i>m</i>	5,4857	4,8944	4,5103	5,4099			
		<i>C</i>	18,5195	16,9664	15,8000	17,2701			
	0,99	<i>m</i>	4,7222	4,2551	3,9877	5,0269			
		<i>C</i>	16,6461	15,3762	14,4854	16,2921			
0,999	<i>m</i>	4,1635	3,7872	3,6053	4,7466				
	<i>C</i>	15,2751	14,2126	13,5234	15,5764				

Աղյուսակ 2

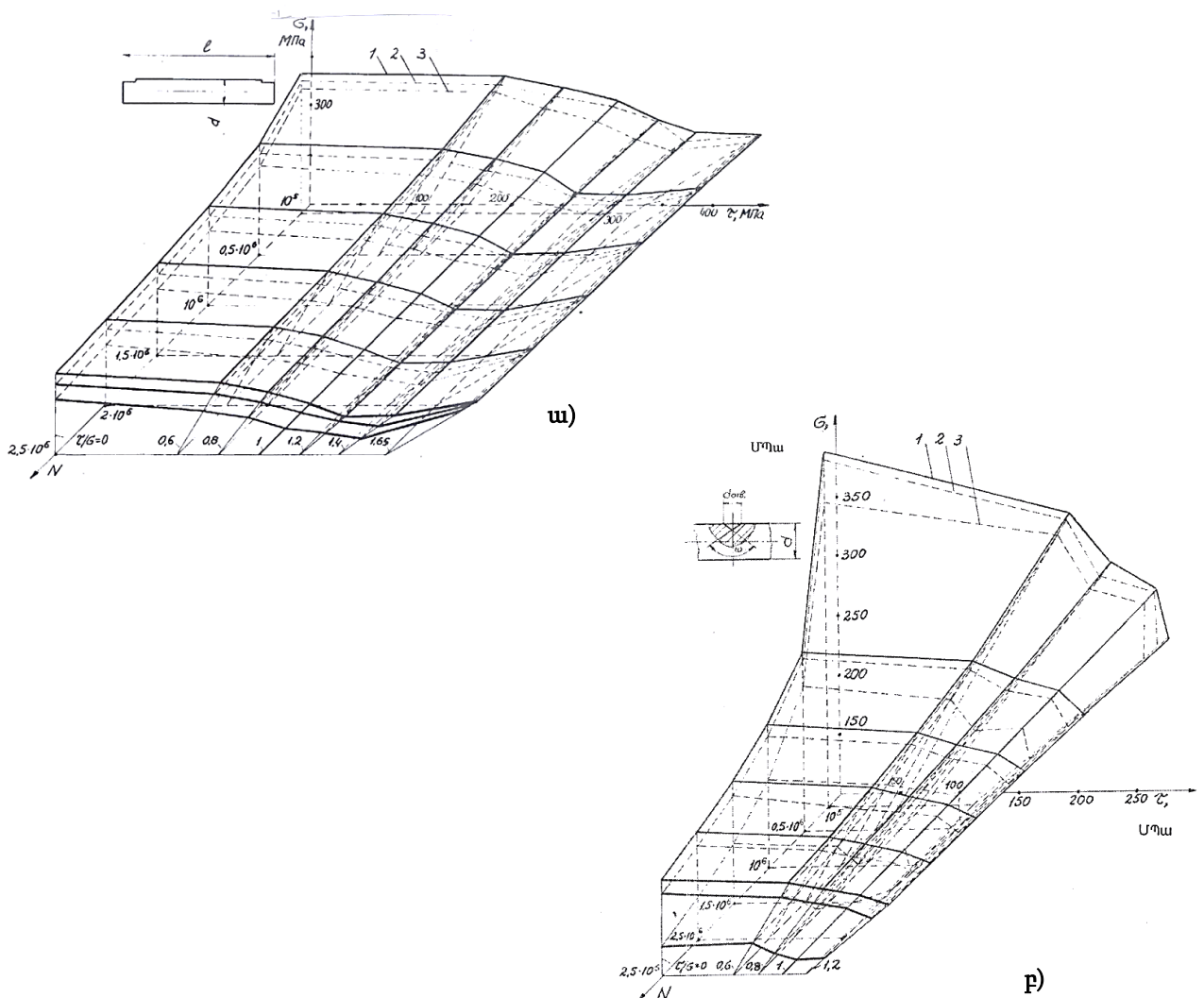
Փորձարարական տվյալների վիճակագրական մշակման արդյունքները

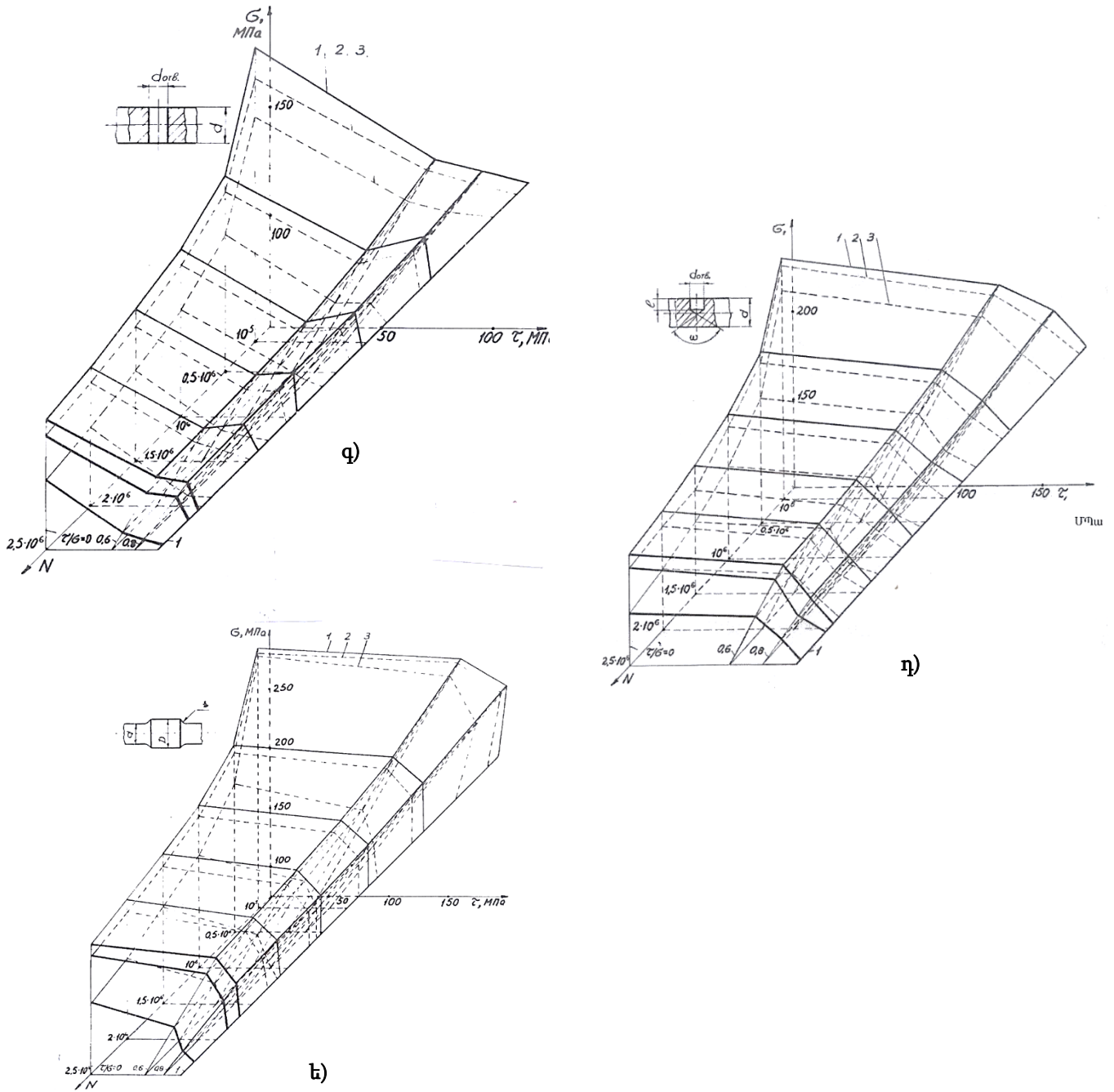
Փորձանմուշի տեսքը	$\tau / \sigma$	<i>n</i>	<i>S<sub>C</sub></i>	<i>S<sub>m</sub></i>	<i>S<sub>lgNr</sub></i>	<i>r</i>	$\overline{\sigma_{-1r}}$ , ՄՊա	$\bar{N}_G \cdot 10^6$
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Հարթ (Γπ)	0,0	19	3,3166	1,2455	0,2455	0,9476	267	3,3113
	0,6	19	2,5452	0,9459	0,9459	0,9594	258	2,6915
	0,8	22	3,2225	0,8264	0,8264	0,9654	255	1,9953
	1,0	19	2,0831	0,7814	0,7814	0,9717	238	2,7542
	1,2	18	2,6915	1,0381	1,0381	0,9692	233	2,0893
	1,4	17	3,4009	1,3147	1,3147	0,9624	233	1,6596
	1,65	19	2,9131	1,1419	1,1419	0,9907	248	3,9811
Կռուկան փոսիկով (Մ)	0,0	17	1,2188	0,4933	0,0952	0,9116	160	3,1623
	0,6	17	1,1852	0,4790	0,0923	0,9255	158	3,1623
	0,8	17	1,3171	0,5268	0,1209	0,9302	153	3,3113
	1,0	17	1,0363	0,4165	0,0963	0,9599	150	3,3885
	1,2	19	1,4009	0,5536	0,1498	0,9502	138	3,5481
Շառավղային խուլ անցքով (ՂՕ)	0,0	17	1,3874	0,5705	0,1204	0,9572	143	4,6774
	0,6	17	1,6214	0,6562	0,1582	0,9540	138	4,2658
	0,8	17	1,1067	0,4375	0,1396	0,9706	118	4,6774
	1,0	17	0,7850	0,3145	0,1090	0,9836	108	3,6308
	1,2	18	0,8486	0,3255	0,1511	0,9695	93	3,7154
Շառավղային միջանցիկ անցքով (ՂՕ)	0,0	19	0,8197	0,3294	0,1339	0,9752	88	6,6069
	0,6	16	1,0196	0,4465	0,1389	0,9617	70	3,9811
	0,8	17	0,6983	0,2813	0,1427	0,9692	65	4,1687
	1,0	16	0,5037	0,2125	0,0907	0,9880	60	3,4674
Կլորացումով (Γ)	0,0	17	1,7947	0,7314	0,1325	0,9101	160	4,4668
	0,6	18	1,5232	0,6124	0,1383	0,9138	150	3,5075
	0,8	17	1,2593	0,5006	0,1333	0,9321	140	2,1627
	1,0	18	0,9369	0,3669	0,1169	0,9685	120	1,8197

Այդ արդյունքները մշակված են լոգարիթմական նորմալ բաշխման օրենքի վրա հիմնված՝ երկչափ գծային կոռելյացիոն վերլուծության մեթոդներով: Հոգնաձային քվանտիլային կորերի պարամետրերի նշանակալիությունը ստուգված է Ֆիշերի, Ստյուդենտի և Սպիրմենի համաձայնության չափանիշներով [4, 5]:

Դիտարկված են ԳՏՀ էլեմենտների բեռնվածության ռեժիմների առանձնահատկությունները: Առանձնացված է կայունացված կամ դրան մոտ ռեժիմը՝ համատեղ ցիկլային ծոմամբ և հաստատուն ոլորմամբ, որը վտանգավոր հատվածքներում առաջացնում է  $\sigma_1$  և  $\sigma_3$  գլխավոր լարումների անհամաչափ ցիկլեր: Նշված ռեժիմի առանձնահատկությունը՝ դա դիտարկվող էլեմենտի համար նոմինալ շոշափող և նորմալ լարումների հարաբերությունն է, որը փոփոխվում է, կախված էլեմենտի եզրագծից և մեխանիզմի կինեմատիկական շրթայում գրաված դիրքից [7, 8]:

Էլեմենտներում լարումների կուտակիչները,  $\tau$  և  $\sigma$  լարումների անհավասարաչափ աճ են առաջացնում, իսկ շատ դեպքերում էլ  $\tau_{max}$  և  $\sigma_{max}$ -ի ազդման հատվածքները չեն համընկնում: Համալիր վիճակագրական հետազոտությունը թույլ է տալիս եզրակացնել, որ  $\tau/\sigma$ -ն օժտված է որոշակի հայտանիշներով և դրա միջնարժեքային մեծությունները կարելի է օգտագործել որպես փոփոխական բարդ բեռնվածության ռեժիմային պարամետրեր (նկ. 2):





Նկ. 2. Փորձանմուշների սահմանային լարումների մակերևույթները.

*a* - հարթ ( $T_p$ ), *b* - կոնական փոսիկով ( $T_l$ ), *գ* - շառավղային խուլ անցքով ( $T_O$ ), *դ* - շառավղային միջանցիկ անցքով ( $T_{CO}$ ), *ե* - կլորացումով ( $T$ ):

1, 2 և 3 մակերևույթները համապատասխանում են  $P(N) = 0, 1, 0,5$  և  $0,999$  չքայքայման հավանականության մակարդակներին

Քննարկվել են հարթ և լարումների կուտակիչներ ունեցող փորձանմուշների հոգնածային փորձարկումների արդյունքները, որոնց միջոցով յուրաքանչյուր խմբաբանակի համար որոշված են հոգնածային դիմադրության միջին և ցրվածքային ցուցանիշները, ինչպես նաև քվանտիլային հոգնածային կորերի պարամետրերը չքայքայման հավանականության  $P(N)=0,1\dots0,999$  միջակայքում: Կառուցված են էլեմենտների սահմանային լարումների մակերևույթների ընտանիքները

(նկ. 2), որոնք բազմացիկլային հոգնածության տիրույթում  $\sigma_i$  գերլարումների տարբեր մակարդակներով ցուցադրում են  $\tau$  շոշափող լարումների տարաբնույթ ազդեցությունը դիմացկունության սահմանային արժեքների վրա: Այն արդյունք է միաժամանակ ընթացող գործընթացների՝ մակերևութային շերտերի լարվածության աճի (*I*) և առաձգապլաստիկ ոլորումից առաջացած ամրացման (*II*) պայմաններում:

*I* գործընթացի ազդեցությունը գերակշռում է *II-ին*, քանի որ վերջինիս ամրացնող գործոնը զգալիորեն ցածր է հայտնի ամրացնող տեխնոլոգիաների կիրառման արդյունքից և այն զգալի է դառնում միայն բարձր գերլարումների կամ  $\tau/\sigma = 1,40 \dots 1,65$ -ի դեպքում: Հարթ փորձանմուշների համար *I* և *II* գործընթացների համատեղ ազդեցությունը  $\tau/\sigma = 0 \dots 1,65$  միջակայքում հանգեցնում է դիմացկունության սահմանների նախնական նվազման, իսկ հետագայում՝  $\tau/\sigma = 1,65$ -ի դեպքում հասնելով համարյա մինչև ելակետային արժեքները (նկ. 2 ա, բ):

Լարումների կուտակման առկայությունը հանգեցնում է կուտակիչի սահմաններում *I* գործընթացի տեղայնացմանը և հոգնածային քայքայման օջախի կենտրոնացմանը, որի պատճառով դիտարկված լարումների կուտակիչների բոլոր տեսակների դեպքում ամրության վերականգնում չի դիտվում, իսկ նվազումն ավելի արագ է ընթանում (նկ. 2 գ, դ, ե), քան հարթ փորձանմուշների համար: Այս գործընթացն էական է առավել սուր լարումների կուտակիչների դեպքում:

Փորձանմուշների կառուցվածքային ձևերից և  $\tau$  արժեքներից կախված՝  $N = 10^4 \dots 10^7$  ցիկլերի տիրույթում դիմացկունության սահմանների փոփոխման ոչ նույնական բնույթը, ինչպես նաև փորձարկումների տվյալների բնական ցրունից  $\sigma_{RN}$ -ի փոփոխակումն ամրության հայտնի տեսություններում նկարագրված չեն [1-3]: Եթե փոփոխական բարդ լարվածային վիճակում ամրության հաշվարկների կատարման համար գոյություն ունեն մոտավոր մեթոդներ, ապա ցիկլային երկարակեցության ճշգրտված հաշվարկների համար այդպիսիք ընդհանրապես չկան, քանի որ որոշված չի  $N$  – ի կապի բնույթը կոնստրուկցիոն, տեխնոլոգիական և շահագործական գործոններից: Մա դժվարացնում է վնասված էլեմենտների վերանորոգման և փոխարինման հիմնավորված ժամկետների նշանակումը կամ էլ ծառայության ժամկետում ԳՏՀ-ի նվազագույն զանգվածի ապահովումը:

Հանրագումարային առումով էլեմենտի հոգնածային դիմադրության ցուցանիշների վրա  $\tau$  լարումների ազդեցությունն արտահայտվում է սահմանային լարումների մակերևութային փոփոխականությամբ (նկ. 2): Այդ ազդեցության քանակական գնահատման համար անհրաժեշտ է բացահայտել նշված ցուցանիշների և բեռնվածության  $\tau / \sigma$  ռեժիմային պարամետրի միջև գործող կապերը, որոնք բազմապարամետրական բնույթ են կրում:  $\tau / \sigma$ -ն այս դեպքում հանդես է գալիս որպես գործոնային պարամետր, որը թույլ է տալիս այդ կապերը ներկայացնել երեք խումբ առնչությունների տեսքով [9,10].

ա) էլեմենտների դիմացկունության սահմանների, ցիկլային երկարակեցությունների և քվանտիլային հոգնածության կորի բեկման կետի աբսցիսի միջև՝

$$\sigma_{RN} = f_1(N, z_p), \quad \sigma_{RN} = f_2(\tau/\sigma, z_p), \quad N_G = f_3(\tau/\sigma, z_p), \quad (4)$$

բ) քվանտիլային հոգնածության կորի թեքության ցուցիչի և պարամետրի միջև՝

$$m = f_4(\tau/\sigma, z_p), C = f_5(\tau/\sigma, z_p), C = f_6(m, z_p), \quad (5)$$

գ) հոգնածային փորձարկումների տվյալների ցրման բնութագրերի միջև՝

$$s_m = f_7(\tau/\sigma), s_c = f_8(\tau/\sigma), s_{lgNr} = f_9(\tau/\sigma): \quad (6)$$

(4)-(6) ֆունկցիոնալ կապերը փաստորեն էլեմենտների սահմանային լարումների մակերևույթների (նկ. 2) մաթեմատիկական մոդելներն են: Նշված կորերը հիմնականում միալար փոփոխման միտումներ են ցուցաբերում, որը հեշտացնում է դրանց պարամետրերի որոշումը կոռելյացիոն և ռեգրեսիոն վերլուծության մեթոդներով, դրանց ներկայացնելով կոռելյացիոն հավասարումների տեսքով՝

$$\begin{aligned} 1. \lg N_p &= C_p - m_p \lg \sigma_{RNp}, & 5. C_p &= a_4 + b_4 v_4(\tau/\sigma), \\ 2. \sigma_{RNp} &= a_1 + b_1 v_1(\tau/\sigma), & 6. C_p &= a_5 + b_5 v_5(m_p), \\ 3. \lg N_{Cp} &= a_2 + b_2 v_2(\tau/\sigma), & 7. s_m &= a_6 + b_6 v_6(\tau/\sigma), \\ 4. m_p &= a_3 + b_3 v_3(\tau/\sigma), & 8. s_c &= a_7 + b_7 v_7(\tau/\sigma), \\ & & 9. s_{lgNr} &= a_8 + b_8 v_8(\tau/\sigma), \end{aligned} \quad (7)$$

$$P(N) = 0,1 \dots 0,999 \quad (z_p = 1,28 \dots - 3,09), \quad (N = 10^5 \dots 10^7):$$

(7) հավասարումների պարամետրերի որոշումը լավարկային կոռելյացիոն հաշվարկային ընթացակարգերի միջոցով հնարավորություն է ընձեռում լուծել հետևյալ հարցերը [11,12]՝

ա) բացահայտել մինչ այդ անհայտ օրինաչափություններ էլեմենտների ռեժիմային պարամետրերի և հոգնածային դիմադրության ցուցանիշների միջև,

բ) ընդհանրացնել բավական բարդ հոգնածային փորձարկումների արդյունքները և դրանց հիմքով ցածր ածխածնային պողպատներից պատրաստված էլեմենտների համար ստանալ հոգնածային դիմադրության ցուցանիշների ընդհանրացրած արժեքները,

գ) էլեմենտների հոգնածային դիմադրության միջին և ցրման ցուցանիշների արագ որոշման համար ստեղծել նոմոգրամներ:

### Եզրակացություններ

Աշխատանքում առաջին անգամ բացահայտված են կոռելյացիոն կապեր  $\tau, \sigma$  լարումների և էլեմենտների հոգնածային դիմադրության ցուցանիշների միջև՝ հավասարումների տեսքով: Դա հնարավորություն է ընձեռում  $\tau/\sigma$ -ի արժեքների լայն միջակայքում, առանց բարդ հոգնածային փորձարկումներ կատարելու, հաշվարկային և գրաֆիկական եղանակներով ստանալու հոգնածային դիմադրության ցուցանիշների հավանական արժեքները:

Ստացված են տարբեր գործոնների (մասշտաբային, լարումների կուտակման, բարդ բեռնվածության և այլն) առանձին կամ համատեղ ազդեցությունը հաշվառող պատահական ֆունկցիաներ, որոնք զգալիորեն ընդլայնում են էլեմենտների, կրողունակության հաշվարկային հնարավորությունները, ընգրկելով բազմացիկլային հոգնածության ողջ տիրույթը ( $N_i = 10^4 \dots 10^7$ ,

$\sigma_i = 1,0 \dots 1,8\sigma_R$ ) և թույլ տալով հավանական գնահատումներ կատարել նախագծային հաշվարկներում օգտագործվող՝  $P(N) = 0,1\dots 0,999$  չքայքայման հավանականության մակարդակներով: Նշված մեթոդը հնարավորություն է ընձեռում հաշվարկների կետային գնահատումներից ( $\sigma_R, N_G$ ) անցնել միջակայքայինների, սահմանափակ դիմացկունության տիրույթի ցանկացած կետի համար, որը թույլ է տալիս լրիվ օգտագործել ԳՏՀ-ի հոգնածային դիմադրության գոյապաշարը և նվազարկել դրա զանգվածը:

Վերոհիշյալ հավանական հաշվարկներն իրականացնելու համար օգտագործված է համապատասխան ծրագրային փաթեթ: Հոգնածային զանգվածային փորձարկումները, որոնք առավել լազուս նմանակել են էլեմենտների բեռնավորման իրական ռեժիմները և կառուցվածքային առանձնահատկությունները, ինչպես նաև առաջարկված հաշվարկային ընթացակարգերը, կարող են օգտագործվել նախագծային-հետազոտական կազմակերպություններում ամրության, երկարակեցության և հուսալիության հաշվարկներում: Դրանց կիրառման շնորհիվ, սահմանված ծառայության ժամկետի համար չքայքայման հավանականության նախօրոք տրված մակարդակով հնարավոր է ապահովել նվազագույն զանգվածը, որն անհնար է իրականացնել ավանդական հաշվարկներով:

#### Գրականության ցանկ

- [1] **P.K. Sharp, G. Cole, G. Clark**, Modeling of Fatigue Crack Growth from Pitting and Exfoliation Corrosion, in: Proc. of the 21<sup>st</sup> ICAF Symposium, 2001, pp. 211-217.
- [2] **А.С. Гусев, А.Л. Карунин, Н.А. Крамской**, Надежность механических систем при случайных воздействиях, МГТУ «МАМИ», Москва, 2000, 284 с.
- [3] **В.П. Кобаев**, Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени, Машиностроение, Москва, 2003, 232 с.
- [4] **Մ.Գ. Ստակյան**, Գիտափորձի արդյունքների վիճակագրական մշակման մեթոդները, ՀՊՃՀ հրատ., Երևան, 2003, 101 էջ:
- [5] **М.Н. Степнов, А.В. Шаврин**, Статистические методы обработки результатов механических испытаний: Справочник, Машиностроение, Москва, 2007, 400 с.
- [6] Патент № 1430816 РФ. Машина для испытания на усталость вращающихся образцов, **М.Г. Стакян, Г.А. Манукян**, заявлено 10.03.1992, зарегистрир. 20.08.1993.
- [7] **М.Г. Стакян, Н.В. Пирумян, А.В. Мартиросян**, Классификация повреждений и воздействующих факторов для разработки оптимальных расчетных схем сварных швов газопроводов, Вестник НПУА, Механика, машиноведение, машиностроение 2 (2021) 52-62.
- [8] **Н.В. Пирумян, М.Г. Стакян, А.В. Мартиросян**, Фрактографический анализ тяжело нагруженных элементов конструкций газотранспортных систем, Научные труды НУАСА 1(85) (2023) 144-152.
- [9] **М.Г. Стакян, Л.Г. Оганесян, Г.А. Манукян**, Корреляционный и регрессионный анализ механических испытаний, Алгоритмы и программы: Инф.бюлл. ВНИТИЦентр СССР, ЦИФ 5 (1990) 7 с.
- [10] **М.Г. Стакян, Т.Э. Джрбашян, А.С. Мнацаканян**, Вероятностные методы расчета относительной прочности и долговечности деталей машин, Алгоритмы и программы: Инф.бюлл. Всеросс.науч.-техн. инф. Центра 3, (1992) 6-9.
- [11] **М.Г. Стакян, А.А. Казарян, Ю.А. Казарян**, Исследование режимов нагружения газотранспортной системы, Научные труды НУАСА 2(61) (2016) 120-125.
- [12] **Н.В. Пирумян, М.Г. Стакян, А.В. Мартиросян**, Современное состояние газотранспортной системы Армении, Научные труды НУАСА 3(90) (2024) 133-142.

## ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Мигран Григорьевич Стакян\*, Нарине Виликовна Пирумян,  
Ангин Викторвна Мартиросян

Национальный университет архитектуры и строительства Армении, г. Ереван, РА

\*stakyan.mihran@yandex.ru

*Показано, что ответственные элементы газотранспортной системы в основном работают в условиях циклических напряжений. С целью определения сопротивления усталости элементов выполнены усталостные испытания образцов из стали на специальной усталостной машине, воспроизводящей указанное напряженное состояние. Получены параметрические уравнения линий усталости, по которым определены предельные напряжения во всем интервале циклов. В трехмерной координатной системе построены поверхности предельных напряжений и выявлено влияние касательных напряжений при указанных циклах. В сумме, касательные напряжения одновременно инициируют два противоположных действия, конечный результат которых зависит от числа циклов и степени концентрации напряжений. Предложено создать новую расчетную методику для оценки параметров сопротивления усталости при переменном нагружении, а также для определения предельных напряжений и долговечностей.*

**Ключевые слова:** газотранспортная система, циклическая долговечность, поверхность предельных напряжений, уровень вероятности неразрушения

## INVESTIGATING THE STRESS STATE OF THE ELEMENTS OF GAS TRANSMISSION SYSTEMS

Mihran Stakyan \*, Narine Pirumyan, Angin Martirosyan

National University of Architecture and Construction of Armenia, Yerevan, RA

\*stakyan.mihran@yandex.ru

*It is shown that the responsible nodes and elements of gas transmission systems generally operate under conditions of cyclic stresses. In order to determine the fatigue resistance of the elements, the fatigue tests of steel samples were carried out on a special fatigue machine, which is reproducing the specified stress state. Parametric equations of fatigue lines were obtained, according to which the limit stresses were determined over the entire range of cycles. In the three-dimensional coordinate system the limit stresses surfaces are constructed and the influence of tangential stresses in the specified range of cycles was identified. Summary, the tangential stresses simultaneously initiate two opposite actions, the final result of which depends on the number of cycles and on the degree of stress concentration. It is proposed to create a new calculation technique for assessment the fatigue resistance parameters under variable loading, as well as for determining the values of limit stresses and for durability.*

**Keywords:** gas transmission system, cyclic durability, surface of limit stresses, non-destruction probability level

**Ստակյան Միհրան Գրիգորի, տ.գ.դ., պրոֆեսոր** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, ավագ գիտաշխատող, (+374)10554362, (+374)33554560, stakyan.mihran@yandex.ru, **Փիրումյան Նարինե Վիլիլի, տ.գ.թ.** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, ավագ գիտաշխատող, (+374)77700901, pirumyan@gmail.com, **Մարտիրոսյան Անգին Վիկտորի, տ.գ.թ., դոցենտ** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Մաթեմատիկայի, շինարարական մեխանիկայի և ֆիզիկայի դեպարտամենտ, (+374)94762396, angin84@mail.ru

**Стакян Мигран Григорьевич, д.т.н., профессор** (РА, г. Ереван) - НУАСА, старший научный сотрудник, (+374)10554362, (+374)33554560, stakyan.mihran@yandex.ru, **Пирумян Нарине Виликовна, к.т.н.** (РА, г. Ереван) - НУАСА, старший научный сотрудник, (+374)77700901, pirumyan@gmail.com, **Мартirosян Ангин Викторевна, к.т.н., доцент** (РА, г. Ереван) - НУАСА, департамент Математики, строительной механики и физики, (+374)94762396, angin84@mail.ru

**Stakyan Mihran, Doctor of Science (engineering), professor** (RA, Yerevan) - NUACA, Senior scientific researcher, (+374)10554362, (+374)33554560, stakyan.mihran@yandex.ru, **Pirumyan Narine, doctor of philosophy (Ph.D) in Engineering** (RA, Yerevan) - NUACA, Senior scientific researcher, (+374)77700901, pirumyan@gmail.com, **Martirosyan Angin, doctor of philosophy (Ph.D) in Engineering, Associate Professor** (RA, Yerevan) - NUACA, Department of Mathematics, Structural Mechanics and Physics, (+374)94762396, angin84@mail.ru

Ներկայացվել է՝ 03.02.2025թ.

Գրախոսվել է՝ 07.02.2025թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 30.04.2025թ.