

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ
ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ՃԱՐՏԱՐԱՍՏԻՏԱԿԱՆ
ՀԱՄԱԼՍԱՐԱՆԻ (ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿ) ՏԱՐԵԿԱՆ
ՓԻՏԱԺՈՂՈՎ

ՆՅՈՒԹԵՐԻ ԺՂՂՈՎԱԾՈՒ

ՀԱՏՈՐ 2

ГОДИЧНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ГОСУДАРСТВЕННОГО ИНЖЕНЕРНОГО
УНИВЕРСИТЕТА (ПОЛИТЕХНИК) АРМЕНИИ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ

ТОМ 2

ԵՐԵՎԱՆ 2005 ԵՐԵՎԱՆ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ
ԿՐԹՈՒԹՅԱՆ ԵՎ ԳԻՏՈՒԹՅԱՆ ՆԱԽԱՐԱՐՈՒԹՅՈՒՆ
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИЯ

ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՊԵՏԱԿԱՆ ԳԱՐՏԱՐԱԳԻՏԱԿԱՆ
ՀԱՍՍԱՆԱՐԱՆԻ (ՊՈԼԻՏԵԽՆԻԿ) ՏԱՐԵԿԱՆ ԳԻՏԱԺՈՂՎ

ՆՅՈՒԹԵՐԻ ԺՈՂՈՎԱԾՈՒ

24– 28 հոկտեմբեր
2005թ.

Հատոր 2

ГОДИЧНАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ
ГОСУДАРСТВЕННОГО ИНЖЕНЕРНОГО
УНИВЕРСИТЕТА (ПОЛИТЕХНИК) АРМЕНИИ

СБОРНИК МАТЕРИАЛОВ
Том 2

Երևան 2005 Երևան

**ՊԼԱՍՏԻԿ ՅՈՒՂԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ՇՓԱԳԻՏԱԿԱՆ
ԱՌԱՆՁՆԱՀԱՏՎՈՒԹՅՈՒՆՆԵՐԻ ՈՒՍՈՒՄՆԱՍԻՐՈՒՄԸ ՄՈԼԻԲԴԵՆԱՅԻՆ
ԼՑԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ԿԻՐԱՍԱՄՔ**

Ա. Պողոսյան, Տ. Մարտիրոսյան, Ի. Գասպարյան

Մեքենաների և մեխանիզմների շփահանգույցներում օգտագործվող պլաստիկ յուղման նյութերի (քսուքների) արտադրությունում որպես լցանյութ օգտագործում են մոլիբդենային հումք, իսկ որպես թանձրացուցիչ լայն տարածում են ստացել յուղային միջավայրի համակողմանի կառուցվածքագոյացուցիչները՝ օրգանաբենտոնիտները (բենտոնները) [1]: Սրանք բնական մոնոմորֆիլոնիտային կավերի (բենտոնիտների) և օլեաֆիլիզատորային մակերևութաակտիվ նյութերի (մասնավորապես չորրորդային ամոնիումի աղերի) փոխազդեցության արգասիքներ են: Տարբեր յուղային միջավայրերում ձևավորելով թիքսոտրոպային կառուցվածքներ՝ բենտոնները միաժամանակ թանձրացնում են միջավայրը՝ բարձրացնելով յուղի մածուցիկությունը [2]: Պլաստիկ յուղման նյութերի կիրառումը տեղական հանքանյութերի օգտագործմամբ Հայաստանի տնտեսության և արդյունաբերության զարգացման կարևոր ուղիներից է: Աշխատանքի նպատակը բենտոնիտային պլաստիկ յուղման նյութերի շփագիտական հատկությունների ուսումնասիրումն է՝ հակաշփական մեծ կարևորություն ներկայացնող մոլիբդենային լցանյութեր [3] օգտագործելով:

Կավային հիմքով բենտոնիտային քսուքների (ՔՔ) պատրաստման համար որպես թանձրացուցիչ օգտագործվել է Իջևանի Մարիգյուղ հանքի բենտոնիտը: Այն հեղուկ միջավայրում սեղմենտացիայի մեթոդով նախապես զուլվել է բազալտի և կվարցի արագիվային բաղադրամասերից: Բենտոնիտային հատիկների մակերևութների իոնափոխանակման յուղամետացումը (օլեոֆիլիզացիան) կատարվել է հեղուկ միջավայրում ալկիլդիմեթիլբենզիլամոնիումի քլորիդի միջոցով: Բենտոնիտային քսուքների ստացման համար որպես բազային յուղ օգտագործվել է Ի-Գ-Ա-68 մակնիշի արդյունաբերական յուղը (ՉՕՍՏ 17479-87), իսկ որպես լցանյութ՝ Ձանգեզուրի Պղնձամոլիբդենային կոմբինատի կողմից արդյունահանվող մոլիբդենի խտանյութի, հարստացված (99,7%) MoS₂ և վերամշակված Mo, ռոտացիոն աղացում նրբամանրացված մինչև 0,5 մկմ հատիկայնության փոշի: Փորձարկումների նպատակով պատրաստվել են լցանյութի 7 կշռ.% պարունակությամբ բենտոնիտային կոմպոզիտային յուղման նյութեր:

Քսուքայուղային կոմպոզիտների շփագիտական հատկություններն ուսումնասիրվել են MAST տիպի քառագունդ մեքենայի վրա ՉՕՍՏ-9490-88-ին համապատասխան: Փորձերը կատարվել են 12,7 մմ տրամագծով, ՇԽ-15 մակնիշի պողպատե գնդերի օգտագործմամբ սենյակային ջերմաստիճանի պայմաններում 0,31 մ/վրկ սահքի արագությամբ: Արդյունքում գնահատվել են շփագների մաշվածքի D₀₂ չափի, հարակցման U_{որ} ցուցանիշի, կրիտիկական P_կ բեռնվածքի և շփման f գործակցի արժեքները [4]:

Տպագրվում է Հայաստանի պետական ճարտարագիտական համալսարանի (Պոլիտեխնիկ) 30 մարտի 2005թ. Գիտական խորհրդի թիվ 46 որոշմամբ:

Հայաստանի պետական ճարտարագիտական համալսարանի (Պոլիտեխնիկ) տարեկան գիտաժողով. Նյութերի ժողովածու, Երևան, 3763 2005: 3 հատորով: Հատոր 2-344 էջ:

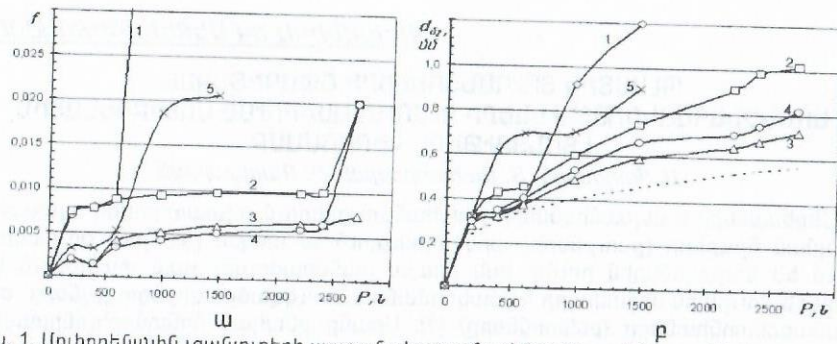
Ժողովածուի մեջ ընդգրկված են 3763 տարեկան գիտաժողովին ներկայացված (2005թ. հոկտեմբերի 24-28) և փորձաքննական հանձնաժողովների կողմից երաշխավորված գեկուցումները:

Պատվեր՝ 1169

Տպաքանակ՝ 120

Տպագրված է Հայաստանի Պետական ճարտարագիտական Համալսարանի տպարանում

Երևան, Տերյան 105



Նկ. 1. Մոլիբդենային լցանյութերի պարունակությամբ բենտոնիտային քսուլքների շփման գործակցի (ա) և մաշվածքի չափի (բ) կախումները բեռնվածքից (կետազծով՝ առածգական դեֆորմացիայի փոփոխությունն ըստ Չերցի)։

1) բազային յուղ, 2) ԲԲ, 3) ԲԲ+Mo, 4) ԲԲ+MoS₂, 5) ԲԲ+Mo. խտանյութ

Ինչպես տեսնում ենք նկ.1-ում, ԲԲ քսուլքը բազային յուղի հետ համեմատած, ցուցաբերում է ավելի ցածր շփման գործակցի ու մաշվածքի արժեքներ և բարձր կերամաշման բեռնվածք (մինչև 2700 Ն)։ Մոլիբդենի երկսուլֆիդի՝ որպես լցանյութի առկայությունը հանգեցնում է բենտոնիտային քսուլքի շփման գործակցի արժեքների նվազեցմանը մինչև 2 անգամ (0,002 ÷ 0,005)։ Սակայն մոլիբդենի խտանյութը նվազեցնում է կերամաշման բեռնունակությունը մինչև 1500 Ն քսուլքի կառուցվածքային կմախքի քայքայման պատճառով։

Լցանյութի Mo և MoS₂ պարունակությամբ կոմպոզիտների մաշակայունությունը բարձրանում է 20-40%-ով (նկ.1, բ)։ Մոլիբդենային խտանյութը ցուցաբերում է բարձր շփագիտական հատկություններ միայն ցածր (մինչև 600 Ն) բեռնվածքների դեպքում։ Բարձր բեռնվածքների դեպքում լցանյութն ազդում է քսուլքի կառուցվածքազոյացման կմախքի բյուրեղների շարժունակության վրա, խոչընդոտելով յուղման ամուր թաղանթի կազմավորմանը։ Մոլիբդենային լցանյութերի պարունակությամբ բենտոնիտային քսուլքների շփագիտական բնութագրերը ներկայացված են աղյուսակում։

Բենտոնիտային քսուլքների շփագիտական բնութագրերը մոլիբդենային լցանյութերի դեպքում

Բնութագիր	Քսուլքայուղային նյութեր				
	Ի-Գ-Ա 68	ԲԲ	ԲԲ+Mo	ԲԲ+MoS ₂	ԲԲ+Mo. խտանյութ
Կերամաշման բեռնվածք P _կ , Ն	980	2695	2695	2695	1470
Չարակցման ցուցանիշ U _{նր} , Ն	688	920	1093	1148	817
Շփման գործակցի միջին արժեք f _{միջ}	0,0360	0,0103	0,0048	0,0060	0,0102
Ներթափանցման (պենետրացիայի) չափ, մմ ⁻¹	-	305	280	300	270

Արդյունքներից հետևում է, որ պլաստիկ յուղման նոր կոմպոզիտների հակաշփական և հակաբեռնվածքային հատկությունները զգալիորեն բարձր են բազային յուղի համեմատ։ Լավագույն արդյունքները ցուցաբերում են Mo և MoS₂ լցանյութեր պարունակող կոմպոզիտները, որոնց հարակցման ցուցանիշը մոտ 1,25 անգամ բարձր է բուն քսուլքի համեմատ, իսկ շփման գործակցիցը բարելավվել է մոտ 2 անգամ։



Նկ. 2. Սետաղական գնդիկների մաշման հետքի միկրոլուսանկարները (x90) մոլիբդենային լցանյութերի պարունակությամբ բենտոնիտային քսուլքների կիրառման դեպքում։
ա) ԲԲ, բ) ԲԲ+Mo, գ) ԲԲ+MoS₂, դ) ԲԲ+Mo. խտանյութ

Մոլիբդենի երկսուլֆիդի բարձր հակամաշվածքային հատկությունները բացատրվում են ծծմբի ատոմների բևեռացման հետևանքով առաջացող անկանոն ձևի բյուրեղահատիկների՝ թերաբյուրեղների համարժեքական (կոպլանետ) կապերով։ Լցանյութի մանրահատիկների և մետաղական մակերևույթի միջև առաջանում են ամուր հարակցական (ադիեզիայի) կապեր, որոնք լուսանկարներում արտապատկերված են սև հետքերի տեսքով (նկ.2, բ և գ)։ Դա հետևանք է մետաղի և ծծմբի ատոմների քիմիական փոխազդեցության, ինչի շնորհիվ բարձրանում է նաև քսուլքների կերամաշման բեռնունակությունը։ Առանց լցանյութի բենտոնիտային քսուլքի (ԲԲ) մաշման հետքի վրա պարզ երևում են սև հետքեր, որոնք գնդիկի սահմանային շերտերի հետ ամուր քիմիական կապի մեջ մտած (ադսորբցված) յուղի հետքեր են, ինչի շնորհիվ ապահովվում է քսուլքի բարձր բեռնունակություն։

Մոլիբդենի խտանյութի պարունակությամբ բենտոնիտային քսուլքի (նկ.2, դ) փորձարկումների արդյունքում մաշման հետքը պատկերված է մանր խազերի տեսքով վերին գնդիկի շարժման ուղղությամբ։ Այդ խազերի ուրվագծերը բնորոշվում են լցանյութի բաղադրակազմում կարծր նյութերի առկայությամբ։ խտանյութի ազդման ընդհանուր պատկերը հնարավոր կլինի բացատրել միայն շփման մակերևույթին զոյացած շերտի ռենտգենակառուցվածքային վերլուծության օգնությամբ՝ պարզաբանելով խտանյութերի բաղադրակազմում գտնվող տարրերի մակերևութային փոխազդեցության և թաղանթազոյացման գործընթացները։

Այսպիսով, որպես լցանյութ մոլիբդենային նյութերի կիրառման ազդեցությունը բենտոնիտային պլաստիկ յուղման նյութերի շփագիտական բնութագրերի վրա միանշանակ դրական է։ Փորձարկված կոմպոզիտներից լավագույն շփագիտական հատկություններ ցուցաբերել են Mo և MoS₂ լցանյութերի պարունակությամբ քսուլքները, որոնք 20-40%-ով բարձրացրել են շփագույզի մաշակայունությունը, մոտ 1,25 անգամ հակաբեռնվածքային բնութագիրը, իսկ շփման գործակցիցը բարելավվել է 2 անգամ։

Գրականություն

1. Бродский Ю.А., Фаушштейн И.З. Организация производства органобентонита - универсального структурообразователя масляных сред // Наука и промышленность России. - 2000, № 6. -С. 78-79.
2. Pogosian A.K., Saroyan V.W., Martirosyan T.R., Tribological Study of Novel Grease Lubricants Filled by Local Raw-Materials / 47. Inter. Wissenschaftliches Kolloquium, Ilmenau, 2002, 477-478.
3. Lansdown A.R. Molybdenum disulphide lubrication. The Netherlands: Elsevier, 1999.
4. Смазочные материалы. Антифрикционные и противоизносные свойства. Методы испытаний: Справочник / Р.М. Мамвеевский, В.Л. Лашхи, И.А. Буяновский и др. -М.: Машиностроение, 1989.

**ՔՍՈՒՔԱՅՈՒԴԵՐԻ ՀԱՎԵԼԱՆՅՈՒԹԵՐԻ ԸՆՏՐՈՒԹՅԱՆ ԵՎ
ԱՇԽԱՏՈՒՆԱԿՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ԸՆԴՀԱՆՐԱՅՎԱԾ
ՕՐԻՆԱԶՄՓՈՒԹՅՈՒՆ**

Ա. Պողոսյան, Յու. Առուստամյան, Վ. Սարոյան

Սահմանային յուղման շփման պայմաններում մեքենաների ու մեխանիզմների տարբեր շփահանգույցների հուսալիության ու երկարակեցության բարձրացումը ժամանակակից մեքենաշինության կարևորագույն խնդիրներից է: Քսուքայուղային նյութերի հատկությունների բարելավման ամենաարդյունավետ միջոցներից է տարբեր նշանակության հավելանյութերի կիրառումը, որոնք կազմելով յուղերի ծավալի աննշան մասը (0.02-5%), կտրուկ փոխում են դրանց հատկությունները: Այդ նպատակով մշակվել են հավելանյութեր ցիկլային կառուցվածք ունեցող հալոգեն պարունակող քիմիական օրգանական նյութերի հիման վրա: Ցիկլային օրգանական միացությունների հիման վրա ստեղծված հավելանյութերը տարբեր բաղադրաչափով կիրառվել են ՎՄ-1 և Ս-220 յուղերի մեջ, որոնցից ընտրված լավագույնների շփագիտական բնութագրերը բերված են աղ. 1-ում:

Համեմատության համար աղ. 2-ում ներկայացված են նույն հիմնային յուղերի և հայտնի ԼՁ-318 և ԼՁ-234 արդյունաբերական հավելանյութերի կիրառմամբ ստացված կոմպոզիտների համանման բնութագրերը:

Աղյուսակ 1

Տարբեր դասի ցիկլային օրգանական միացությունների կիրառմամբ նորաստեղծ հավելանյութերի հիմքով կոմպոզիտային յուղման նյութերի շփագիտական բնութագրերը

Բնութագիր	Ցիկլային կառուցվածքով միացություններ (հավելանյութեր)				
	$C_{13}H_{23}ONCl_2$	$C_{11}H_{22}ONCl_2$	$C_{14}H_{14}O_4Cl_6$	$C_{10}H_{14}O_2Cl_2Br_2$	$C_{11}H_{13}O_4Cl_4Br_2$
Հիմնային յուղ	ՎՄ -1	ՎՄ -1	Ս-220	Ս-220	Ս-220
Հավելանյութի պարունակություն, %	5	5	1	5	5
Կերամաշման բեռնվածք P_b , Ն	2475	2550	2200	2550	2400
Հարակցման ցուցանիշ Q_{η}	123.65	126.82	123.24	142.6	119.38
Սաշման ուժգնության գործակից $\alpha \times 10^{-3}$, մ ⁻¹	3.57	2.95	2.64	2.15	2.25

Աղյուսակ 2

Յիմնային յուղերի և հայտնի հավելանյութերի կիրառմամբ կոմպոզիտային յուղման նյութերի շփագիտական բնութագրերը

Բնութագիր	ՎՄ-1	Ս-220	ՎՄ-1+ +5% ԼՁ-318	Ս-220+2% ԼՁ-318	Ս-220+ +5% ԼՁ-234
Կառուցվածքային բանաձև	-	-	$C_8H_{18}NS_6Cl$	$C_8H_{18}NS_6Cl$	$C_{10}H_{18}O_2S_4$
Կերամաշման բեռնվածք P_b , Ն	1050	900	2100	1800	1200
Հարակցման ցուցանիշ Q_{η}	66.08	69.75	98.09	103.62	72.64
Սաշման ուժգնության գործակից $\alpha \times 10^{-3}$, մ ⁻¹	28.95	21.90	13.55	21.01	10.76

Համեմատությունից հետևում է, որ ցիկլային օրգանական միացությունների հիմքով նորաստեղծ հավելանյութերն իրենց շփագիտական հատկություններով ոչ

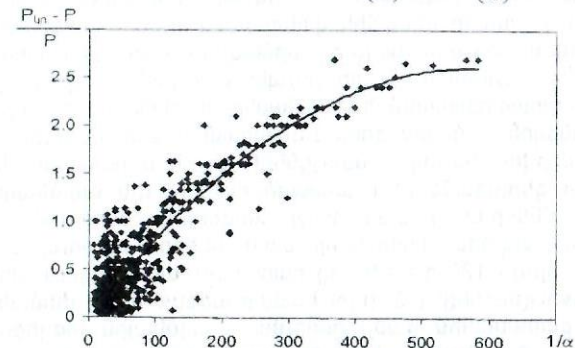
միայն չեն զիջում հայտնի հավելանյութերին, այլև զգալիորեն գերազանցում են դրանց համանման բնութագրերը, ինչը հիմք է տալիս երաշխավորել դրանք կիրառելու բարձրաբեռնավորված, սահմանային յուղման ծանր պայմաններում աշխատող շփահանգույցներում, ինչպիսիք են՝ առանցքակալային հանգույցները, ատամնավոր, որդնակավոր և շփական փոխանցումները, բռնցքային մեխանիզմները և այլն:

Սաշման օրինաչափությունները լիակատար արտացոլող հաշվարկային կախումների ու բանաձևերի արտածումը, հաշվի առնելով մաշման պրոցեսի վրա ազդող բազմապիսի գործոնները, չափազանց դժվար խնդիր է և դեռևս գտնվում է իր լուծման փուլում: Ուստի ավելի հաճախ կիրառվում են փորձնական եղանակով ստացված կախումներ, որոնք սակայն արտահայտում են այս կամ այն փաստացի մաշման տեսակը, շփման հանգույց ու կիրառվող նյութերը, շահագործման պայմաններն ու ռեժիմները և այլն:

Տարբեր դասի օրգանական միացություններից նոր հավելանյութերի հակամաշվածքային և հակաքերտվածքային հատկությունների փորձարարական հետազոտությունները բացահայտում են յուրաքանչյուր դասի հավելանյութերի ազդեցության մեխանիզմի յուրահատկությունները և հաստատում են մեկ ընդհանուր օրինաչափություն՝ հավելանյութի օպտիմալ ընտրությունը կարող է ապահովել քսուքայուղային նյութերի բարձր ինչպես հակամաշվածքային, այնպես էլ հակաքերտվածքային հատկություններ: Դժվար չէ ենթադրել, որ մաշման և կերամաշման գործընթացների հիմքում ընկած են որոշ ընդհանուր երևույթներ, ուստի բնական է քսուքայուղային նյութերի հակամաշվածքային և հակաքերտվածքային հատկությունների միջև նաև ընդհանուր կոռելյացիայի առկայությունը:

Նման կոռելյացիա քսուքայուղերի հակաքերտվածքային հատկությունները բնութագրող $(P_{\eta} - P) / P$ պայմանական պարամետրի և մաշման ուժգնության գործակցի հակադարձ մեծության $(1/\alpha)$ միջև հաստատվել է էմպիրիկ կախման տեսքով: Բազմաթիվ փորձերի հիման վրա (մոտ 400 չափում) տարբեր քսուքայուղերի ու հավելանյութերի համակցության, սահքի արագությունների և շփահանակարգի կոշտության պայմաններում, նման կախման համար առաջարկվել է երկրորդ աստիճանի կորի տեսքով հետևյալ արտահայտությունը՝

$$\frac{P_{\eta} - P}{P} = -8.56 \cdot \left(\frac{1}{\alpha}\right)^2 + 8.1 \cdot \left(\frac{1}{\alpha}\right) - 6.2 \quad (1)$$



Փորձարկվող քսուքայուղային նյութերի հարաբերական մաշակայունության պարաբոլային կոռելյացիան

Քսուքայուղային կոմպոզիտների շփագիտական հատկությունների փորձարարական հետազոտությունները հնարավորություն են տալիս ճշգրտել (1) արտահայտությունը՝ հավելանյութերի փորձարկման շրջանակների ընդլայնման միջոցով փորձերի քանակի ավելացման շնորհիվ (շուրջ 700 չափում): Այդ դեպքում $(P_{\text{փ}} - P)/P$ պայմանական պարամետրի և մաշման ուժգնության գործակցի $1/\alpha$ հակադարձ մեծության միջև էմպիրիկ կախումն ունի նկարում պատկերված տեսքը:

Փորձարարական արդյունքների համապատասխան մաթեմատիկական մշակումը կատարվել է «Mathcad» փաթեթի միջոցով: Արդյունքում հաստատվում է դիտարկվող փորձարարական կախման երկրորդ աստիճանի պարաբոլի օրինաչափությունը՝

$$\frac{P_{\text{փ}} - P}{P} = -8 \cdot 10^{-6} \cdot \left(\frac{1}{\alpha}\right)^2 + 9 \cdot 10^{-3} \cdot \left(\frac{1}{\alpha}\right) - 0.015:$$

Ստացված արտահայտությունը հնարավորություն է տալիս գնահատել փորձարկվող քսուքայուղային նյութի հարաբերական մաշակայունությունն α գործակցի արժեքի չափով, ինչպես նաև մաշման α ուժգնության արժեքի հիման վրա փոքրաքանակ փորձերի միջոցով կանխատեսել քսուքայուղային նյութերի հակաքերծվածքային հատկությունները և որոշել քսուքայուղի կրիտիկական $P_{\text{փ}}$ բեռնվածության արժեքը:

ԱՎՏՈՏՐԱՆՍՊՈՐՏԱՅԻՆ ՄԻՋՈՑՆԵՐԻ ԱՐԳԵԼԱԿԱՅԻՆ ՍԱՐՔԻ ՏՆՑՈՒՄԱ-ԱՂՄԿԱՅԻՆ ԵՐԵԿՈՒՅՅՈՒ ԴԵՏԱՉՈՏՄԱՆ ԱԶԵՐԱՅԻՆ ՆՈՐ ՍԱՐՔ

Ա. Թամրազով, Ա. Բախշյան, Ա. Իսաջանյան, Տ. Կարապետյան

Ավտոտրանսպորտային միջոցների շարժման արագությունների, բեռնվածքների և արգելակումների հաճախության աճի հետ առաջնային դեր է ստանում սահուն, կայուն ինչպես նաև անաղմուկ աշխատող արգելակային սարքերի մշակումը:

Ներկայիս ավտոմոբիլաշինության արդի խնդիրներից է՝ նվազագույն ցնցումա - աղմկային ակտիվությամբ ավտոմոբիլների ստեղծումը, ինչը դրանց որակի հիմնական գործոններից մեկն է համարվում: Ցնցումա - աղմկային մակարդակը հիմնադրվում է ավտոմոբիլի նախագծման ժամանակ և հետագայում ապահովվում է մեքենամասերի ու հանգույցների պատրաստման, ինչպես նաև ամբողջությամբ ավտոմոբիլի հավաքման տեխնոլոգիաներով և դրա շահագործմամբ: Արգելակային սարքի շփագույգի տարրերի դինամիկ փոխազդեցությունն առաջացնում է տատանողական էներգիա, որը տարածվելով արձակվում է շրջակա միջավայր, մեծացնելով ավտոմոբիլի ձայնային դաշտը, ինչպես նաև փոխանցվում է լծորդված մեքենամասերին և արտահայտվում մեքենամասերի ու հանգույցների թրթռումների տեսքով: Արգելակային համակարգերում առաջացող շփական տատանումները զգալիորեն տարբերվում են այլ հանգույցների շփական տատանումներից, քանի որ շփման ուժը գերազանցում է մնացած ուժերը: Այն գործնականում արտահայտվում է ցնցումների տեսքով և բնորոշիչ աղմուկով («ծվոցով»):

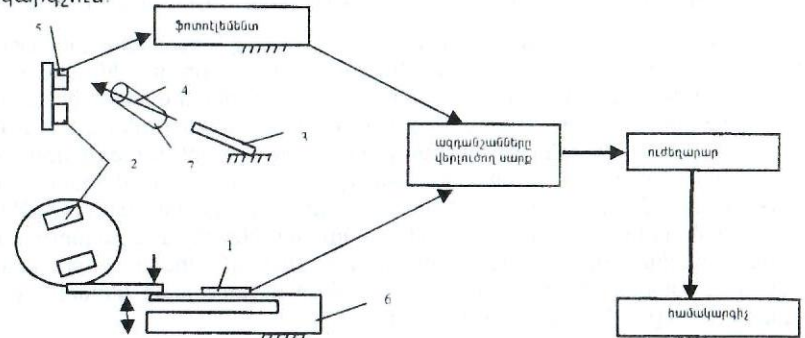
Հագեցած քաղաքային ավտոտրանսպորտի պայմաններում աղմուկի մակարդակը կարող է հասնել մինչև 120 դԲ 4-8 կՀց հաճախության դեպքում: Աղմուկի նման մակարդակն անթույլատրելի է մարդու համար անգամ կարճ ժամանակահատվածում: Անգամ բավականին ցածր ցնցումա - աղմկային ազդեցության մակարդակները նպաստում են մարդու վաղաժամ հոգնածությանը և հանգեցնում են նրա աշխատանքի արտադրողականության նվազեցմանը: Այսպիսով, արգե-

լակման պրոցեսի ցնցումա - աղմկային երևույթի հետազոտումն ունի նաև էկոլոգիական մեծ նշանակություն:

Շփագույգի (արգելակային սկավառակ և կոճղակ) հպակում ընթացող բարդ շփագիտական երևույթների պատճառով որոշակի դժվարություններ են առաջանում ընթացող պրոցեսների լիարժեք պատկերացման և ճշգրիտ մաթեմատիկական նկարագրության համար: Այդ պայմաններում աճում է փորձարարական հետազոտությունների դերը, որոնց արդյունքների բարձր ճշտությունը հնարավոր է ապահովել ավտոմոբիլի շահագործման պայմաններին համապատասխանող փորձարարական մեթոդիկայի ճիշտ ընտրությամբ, ինչպես նաև համապատասխան փորձարարական սարքերի կիրառմամբ:

Արգելակային կոճղակի տատանման հաճախության, ամպլիտուդի և արգելակային մոմենտի փորձերից ստացված տվյալների ճշգրտությունը կախված է տվիչների ընտրությունից և դրանց տեղակայման ճշտությունից: Տատանման հաճախությունը նախկինում չափվել է բարձակային ուժաչափի վրա տեղադրված պիեզոտվիչի միջոցով: Արգելակման ընթացքում ստացված կոճղակի տատանումների հաճախության տարրապատկերը հետագայում ենթարկվում է մշակման հատուկ ծրագրի օգնությամբ, ինչի արդյունքում ընդհանուր տարրապատկերից "հանվում" (կտրվում) են լաբորատոր շփման մեքենայի կամ ստենդի առաջացրած խանգարումները: Սակայն, տվյալ դեպքում ընդհանուր տարրապատկերը դուրս են մնում նաև կոճղակի համապատասխան հաճախությամբ տատանումները:

Առաջարկվող նոր փորձարարական սարքավորումը գերծ է նման թերությունից: Այստեղ արգելակային կոճղակի տատանման հաճախությունը և ամպլիտուդը չափվում են լազերային ճառագայթի միջոցով (նկ. 1): Լաբորատոր շփման մեքենայի կամ ստենդի վրա կոշտ ամրացված 3 լազերից արձակվող 4 ճառագայթը, ուղղվում է 2 արգելակային կոճղակին կոշտ ամրացված 5 հայելուն: Ստենդին համապատասխան դիրքով ամրացված ֆոտոէլեմենտն ընդունում է հայելուց անդրադարձված ճառագայթը և, արդեն որպես էլեկտրական ազդանշան, փոխանցում է վերլուծող սարքին: Որից հետո ազդանշաններն ուժեղացվելով, հատուկ ծրագրային ապահովման փաթեթի՝ "Sound Forge 6" - ի միջոցով գրանցվում են համակարգչում:

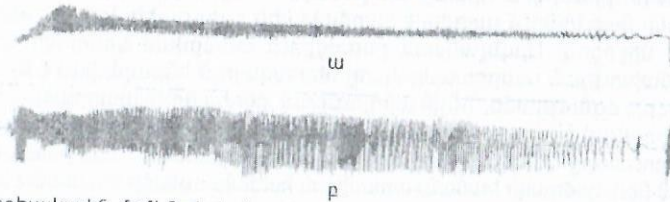


Նկ. 1. Արգելակային կոճղակի տատանումների և մոմենտի չափման սարք

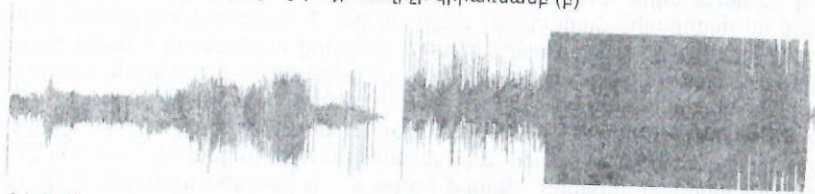
Սարքը հնարավորություն ունի նաև միաժամանակ գրանցելու արգելակային մոմենտն ու դրա տատանումները 6 բարձակային ուժաչափի վրա ամրացված 1

թենզոտվիչի միջոցով: Արգելակման ընթացքում շփման ուժի ազդեցության տակ կոճղակները շեղվում են սկզբնական դիրքից: Կոճղակների հենարանին ամրացված լծակն ազդում է 6 բարձակային ուժաչափի վրա՝ առաջացնելով 7թեզտոտվիչի տատանումներ, որից էլեկտրական ազդանշաններն անցնելով վերլուծող սարքով և ուժեղարարով՝ գրանցվում են համակարգչում նշված ծրագրի օգնությամբ:

Արգելակման ընթացքում մոմենտի և կոճղակի տատանման հաճախության գրաֆիկներն ունեն նկ. 2 - ուն պատկերված տեսքը: Ինչպես տեսնում ենք (նկ. 2, բ), լազերային ճառագայթի կիրառումը հնարավորություն է ընձեռում գրանցել միայն կոճղակի տատանումները: Ի տարբերություն պիյեզոտվիչի միջոցով ստացված գրաֆիկների (նկ. 3), որն ամրացվում է բարձակային ուժաչափի վրա և որի կոչությունն ազդում է արգելակային կոճղակի տատանման հաճախության իրական տարրապատկերի վրա, աղավաղելով այն, առաջարկվող սարքում (նկ. 1) 5 հայելին ամրացվում է անմիջապես կոճղակի վրա:



Նկ.2. Արգելակային մոմենտի կախումը ժամանակից (ա) և արգելակային կոճղակի տատանման տարրապատկերը լազերային տվիչի կիրառմամբ (բ)



Նկ.3. Արգելակային կոճղակի տատանման տարրապատկերը պիյեզոտվիչի կիրառմամբ

Առաջարկվող սարքով հնարավոր է գրանցել արգելակային համակարգում առաջացող (մինչև 20 Կհց) շփական տատանումների ողջ տիրույթը, ինչպես նաև չափել կոճղակի շեղման մեծությունը: Կատարված նախնական փորձարկումների ընթացքում գրանցվել են 8 - 9 ԿՀց հաճախությամբ տատանումներ և 1 - 2 մմ կոճղակի շեղում: Սարքն ունի կիրառման լայն տիրույթ: Կարելի է օգտագործել ինչպես լաբորատոր ու ստենդային, այնպես էլ բնապայմանային փորձարկումների իրականացման համար: Արգելակման ընթացքում առաջացող արգասիքներն ու ծուխը, հատելով ճառագայթը, որոշակի խանգարումներ են առաջացնում տատանումների ընդհանուր տարրապատկերի մեջ: Սակայն, տվյալ թերությունը լաբորատոր և ստենդային փորձարկումների համար հեշտությամբ վերացվում է՝ ճառագայթն ուղղելով 7 ապակյա գլանի միջով:

ВЛИЯНИЕ ТРЕЩИНООБРАЗОВАНИЯ НА НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ В КОРКЕ НЕПРЕРЫВНОГО СЛИТКА

Д.Габриелян, С.Геворкян, А.Мурадян

Многочисленные исследования, проведенные различными авторами, показывают, что трещины, существующие в кристаллизующемся металле, в основном возникают в области, включающей двухфазную зону затвердевающего слитка.

Большей частью эти работы посвящены экспериментальным или теоретическим исследованиям по определению влияния основных факторов, влияющих на трещинообразование в затвердевающей корке слитка, или определению интегральных температурно-силовых воздействий со стороны направляющего аппарата на корку слитка. Следует отметить ряд работ, в которых приводятся аргументы, доказывающие, что образующиеся трещины частично завариваются при заполнении их жидким металлом. Поведение трещины в технологическом процессе непрерывной разливки стали можно изучать, имея картину напряженно-деформированного состояния корки слитка в области, включающей трещину. Коэффициент интенсивности напряжений у вершины трещины определяет возможность распространения трещины в глубь твердой корки, а направления перемещений берегов трещины определяют возможность проникновения жидкого металла в щель и дальнейшее залечивание.

В данной работе решена задача определения напряженно-деформированного состояния корки слитка в окрестности появившейся трещины в форме, позволяющей применять полученные соотношения для инженерных расчетов. Здесь учитывается наращивание толщины корки за счет кристаллизации жидкого металла по закону $K\sqrt{t}$, где K - коэффициент кристаллизации.

Отвердевает и жидкий металл, проникающий в щель, но коэффициент кристаллизации K_1 у него ($K_1 > K$) определяется в зависимости от глубины трещины и степени раскрытия берегов трещины в начальный момент её возникновения.

Учитывается зависимость упругих характеристик стали от температуры. Модуль Юнга аппроксимируем следующим выражением:

$$E = E_0 \exp(-\delta T), \quad (1)$$

где E_0, δ - постоянные, определяемые из существующих экспериментальных кривых. Коэффициент Пуассона принимаем равным $\nu = 1/2$.

Температурное поле в корке непрерывного слитка имеет слабую нелинейность по толщине корки и может быть достаточно хорошо аппроксимировано квадратичным полиномом

$$T = \left(1 - \frac{x}{a(t)}\right) T_H + c_1 \frac{x}{a(t)} + \varepsilon_1 \frac{x}{a(t)} \left(1 - \frac{x}{a(t)}\right), \quad (2)$$

где T_H - температура на наружной поверхности слитка; $c_1 > \varepsilon_1$ - постоянные, определяются из условий аппроксимации температурных кривых;

$a(t) = a_0 + K\sqrt{t}$ - текущая толщина корки слитка в момент $t > 0$; a_0 - толщина корки слитка в момент появления трещины.

Поставленная задача сводится к решению задачи для бесконечной полосы со свободными боковыми поверхностями при:

$$a) \quad t < \frac{(l_0 - l_1)^2}{(K_1 - K)^2}, \quad (3)$$

с двумя поперечными трещинами, одна из которых краевая;

$$b) \quad t > \frac{(l_0 - l_1)^2}{(K - K_1)^2}, \quad (4)$$

то краевая трещина "залечивается" и остается только внутренняя трещина.

Задача сводится к решению систем интегральных уравнений Фредгольма первого рода:

$$\int_{-1}^1 V_1'(\eta) \left(\frac{1}{\eta - \xi_1} + \Delta_{11} \right) d\eta + \int_{-1}^1 V_2'(\eta) \Delta_{12} d\eta = \pi P_1(\xi),$$

$$\int_{-1}^1 V_2'(\eta) \left(\frac{1}{\eta - \xi_2} + \Delta_{22} \right) d\eta + \int_{-1}^1 V_1'(\eta) \Delta_{21} d\eta = \pi P_2(\xi), \quad (5)$$

V_1, V_2 - нормальное перемещение берегов краевой и внутренней трещины.

Представляем функции V в виде

$$V_1'(z_m) = W(z)(-z^2)^{-1/2},$$

$$V_2'(z_n) = V(z)(1-z^2)^{1/2}, \quad (6)$$

где $W(z)$ и $V(z)$ ищем в виде интерполяционного полинома Лагранжа по чебышевским узлам:

$$z_m = \cos \frac{2m-1}{2i} \pi, \quad z_n = \cos \frac{2n-1}{2j} \pi, \quad (7)$$

i и j - натуральные числа.

Далее определяем коэффициенты интенсивности напряжений по следующим формулам:

$$K_1 = \frac{\alpha E_0}{\pi} \sqrt{\frac{l_2}{2}} \frac{1}{i} \sum_{m=1}^i (-1)^m W_m \operatorname{ctg} \frac{2m-1}{4i} \pi,$$

$$K_2 = \frac{\alpha E_0}{\pi} \sqrt{\frac{l_1}{2}} \frac{1}{j} \sum_{n=1}^j (-1)^{n-1} V_n \operatorname{ctg} \frac{2n-1}{4j} \pi,$$

$$K_3 = \frac{\alpha E_0}{\pi} \sqrt{\frac{l_1}{2}} \frac{1}{j} \sum_{n=1}^j (-1)^{n+1} V_n \operatorname{tg} \frac{2n-1}{4j} \pi. \quad (8)$$

K_1 соответствует вершине краевой трещины, а K_2 и K_3 - "верхней" и "нижней" вершинам внутренней трещины.

Приведены результаты вычисления коэффициентов интенсивности напряжений у вершин краевой и внутренней трещин. Графики построены на основе численного решения полученных интегральных уравнений для случая,

когда начальная толщина корки $a=20$ мм, коэффициент кристаллизации $K=2.75$ мм/(с)^{0.5}, а коэффициент кристаллизации жидкого металла, заполняющего трещину, $K_1=3.75$ мм/(с)^{0.5}. Как следует из приведенных графиков, наблюдается резкое изменение коэффициентов как в начальной, так и в конечной стадиях затвердевания жидкого металла в щели (рис.).

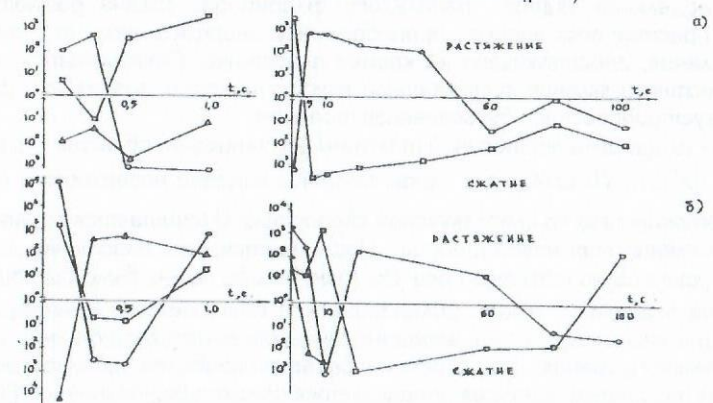


Рис. Изменение во времени коэффициентов интенсивности напряжений a - при $l_0 = 2$ мм; $l_0 - l_1 = 4$ мм.

Литература

1. Бровман М.Я., Сурен Е.В. Расчет термических напряжений в слитке при кристаллизации // И. Ф. Ж. 1963. -Т. 4, 5. -С.106-114.
2. Гуглин М.Н., Гуляев Б.Б. Исследование факторов, определяющих образование горячих трещин в стальных отливках //Сталь. -1961. -9. -С. 830-836.
3. Грант И. - Разрушение в условиях высокотемпературной ползучести // Разрушение. -М., 1967. -Т. 3. -С. 528-578.
4. Исидо. Коэффициенты интенсивности напряжений при растяжении пластины с эксцентрично расположенной трещиной //П.М., (Труды Американского обществ. инженеров-механиков). -1966.-Т.33, Е, 3. -С.225-227.
5. Лебедев В.И., Паршин В.М., Евтоев Д.П. и др. Методика расчета режима вторичного охлаждения непрерывнолитых слитков //Сталь. - 1983. -3. -С. 26-28.

К ЗАДАЧЕ ИССЛЕДОВАНИЯ СИЛ СОПРОТИВЛЕНИЯ НА УСТОЙЧИВОСТЬ ПЛАСТИНКИ В СВЕРХЗВУКОВОМ ПОТОКЕ

С. Геворкян, Г. Самра

Всевозможные колебательные процессы обычно сопровождаются силами трения. Природа сил трения разнообразна и сложна. Во многих случаях силы трения считаются пропорциональными скорости перемещения. Благодаря этим силам в большинстве задач механики происходит затухание колебаний, уменьшаются амплитуды вынужденных колебаний, расширяются области устойчивости. Однако в задачах, где нагрузки, действующие на упругие системы, зависят от перемещений, силы трения могут привести к противоположным действиям [1,2].

Нагрузки, зависящие от перемещений, встречаются, в частности, при полете самолёта. Громадное количество публикаций посвящено исследованию действующих на самолёт и, в особенности, на крыло самолёта нагрузок, появляющихся при полёте.

В настоящей работе на основе поршневой теории рассматривается известная модельная задача панельного флаттера. Задача решается в наиболее простой постановке - пренебрежение инерцией масс, но с учётом сопротивления, действующего на кромке пластинки. Показывается, что кроме известного явления дивергентной неустойчивости, возможна и флаттерная неустойчивость, обусловленная трением.

1. Пусть пластинка постоянной толщины $2h$ занимает область $0 \leq x \leq a$, $0 \leq y \leq b$, $|z| \leq h$. Пластинка с одной стороны лицевой поверхности обтекается потоком газа со сверхзвуковой скоростью U (считается справедливым приближение поршневой теории). Принимается, что пластинка достаточно широкая по направлению оси Oy так, чтобы можно было бы принять возмущения пластинки в виде цилиндрической поверхности. Пренебрегаются инерция массы пластинки, аэродинамическое, конструктивное и вязкоупругое демпфирование. Т.е. в основе берётся наиболее простая модель обтекания пластинки, которая определяется следующим уравнением [3,4]:

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + s^3 \frac{\partial w}{\partial x} = 0. \quad (1.1)$$

Здесь $s^3 = \frac{\rho_0 a_0 U}{D}$, $D = \frac{2Eh^3}{3(1-\nu^2)}$, (1.2)

ρ_0 - плотность газа; a_0 - скорость звука в газе; E - модуль Юнга; ν - коэффициент Пуассона материала пластинки; D - жесткость пластинки на изгиб. Край пластинки $x = a$ закреплен:

$$w = 0, \quad \frac{\partial w}{\partial x} = 0. \quad (1.3)$$

Предполагается, что на свободном крае пластинки $x = 0$ действует сопротивление, т.е. принимаются следующие условия [5]:

$$\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} = \gamma \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial t}, \quad \frac{\partial^3 w}{\partial x^3} = -\delta \frac{\partial w}{\partial t}, \quad \gamma > 0, \quad \delta > 0. \quad (1.4)$$

Здесь γ, δ - параметры, характеризующие сопротивление. В случае отсутствия сопротивления ($\gamma = 0, \delta = 0$) получается известная задача дивергентной неустойчивости пластинки [4].

Рассматривается задача установившихся колебаний, т.е. решение задачи с уравнением (1.1) и граничными условиями (1.4) представляется в виде

$$w = f(x)e^{i\omega t}. \quad (1.5)$$

Подстановка (1.5) в (1.1) и в граничные условия (1.4) приводит к решению уравнения:

$$f^{IV} + s^3 f' = 0 \quad (1.6)$$

с граничными условиями

$$\begin{aligned} f'' - i\omega\gamma f' &= 0, \quad f''' + i\omega\delta f = 0 \quad \text{при } x = 0 \\ f &= 0, \quad f' = 0 \quad \text{при } x = a \end{aligned} \quad (1.7)$$

2. Общее решение уравнения (1.6) имеет вид

$$f(x) = A_0 + e^{\frac{sx}{2}} \left(A_1 \cos \frac{\sqrt{3}}{2} sx + A_2 \sin \frac{\sqrt{3}}{2} sx \right) + A_4 e^{-sx}. \quad (2.1)$$

Подстановка (2.1) в граничные условия (1.7) приводит к следующей системе однородных алгебраических уравнений относительно произвольных постоянных A_0, A_1, A_2, A_4 :

$$\begin{aligned} (s^3 - i\omega\delta)(A_1 + A_2) - i\omega\delta A_0 &= 0, \\ -(s + i\omega\gamma)(A_1 - 2A_2) + \sqrt{3}(s - i\omega\gamma)A_2 &= 0, \\ A_0 e^{\frac{sa}{2}} + A_1 \cos \beta + A_2 \sin \beta + A_4 e^{-\frac{3sa}{2}} &= 0, \\ (\cos \beta - \sqrt{3} \sin \beta)A_1 + (\sin \beta + \sqrt{3} \cos \beta)A_2 - 2A_4 e^{\frac{3sa}{2}} &= 0. \end{aligned} \quad (2.2)$$

Здесь принято следующее обозначение:

$$\beta = \sqrt{3}sa/2. \quad (2.3)$$

Равенство нулю детерминанта системы (2.2) дает уравнение, определяющее ω :

$$\begin{aligned} i\omega\delta(s + i\omega\gamma) + (s^3 - i\omega\delta)[2s \cos \beta + i\omega\gamma(\cos \beta + \sqrt{3} \sin \beta)]e^{\frac{sa}{2}} + \\ + i\omega\delta[2s \cos \beta - i\omega\gamma(\cos \beta - \sqrt{3} \sin \beta)]e^{\frac{3sa}{2}} + (s^3 - i\omega\delta)(s - i\omega\gamma)e^{-2sa} &= 0 \end{aligned} \quad (2.4)$$

Из (2.4), в частном случае $\delta = 0$, получаем

$$i\omega\gamma = \frac{s(2 \cos \beta + e^{\frac{3sa}{2}})}{e^{\frac{3sa}{2}} - \cos \beta - \sqrt{3} \sin \beta}. \quad (2.5)$$

При отсутствии обтекания из (2.5) в пределе $s \rightarrow 0$ получается

$$i\omega = -\frac{1}{\gamma a}. \quad (2.6)$$

Т.к. $\gamma > 0$, то начальные возмущения будут затухать согласно (1.5) без колебаний. Очевидно, что если учитывать инерцию массы, то затухание будет сопровождаться колебаниями. Из (2.5) следует, что коэффициент в экспоненте $i\omega$ может менять знак в зависимости от скорости обтекания (s). Числитель в (2.5) меняет знак при равенстве:

$$2 \cos \beta + e^{\frac{3sa}{2}} = 0. \quad (2.7)$$

Минимальный корень уравнения (2.7)

$$(sa)_{\text{кр}} \approx 1.85 \quad \text{или} \quad U_{\text{кр}} \approx 6.33 \frac{D}{\rho_0 a_0 a^3} \quad (2.8)$$

дает известное значение скорости обтекания, при которой появляется дивергентная неустойчивость [4]. Необходимо отметить, что А.А. Мовчаном была решена задача обтекания пластинки с учётом инерции массы пластинки, но при $\gamma = 0, \delta = 0$ [6]. При этом им получено, что, кроме дивергентной неустойчивости (2.8), имеет место и флаттерная неустойчивость при критических скоростях

$$U_{кр}^{\phi} \approx \pm 124.44 \frac{D}{\rho_0 a_0 a^3} \quad (2.9)$$

Интересно отметить, что при направлении потока от свободного края к закреплённому ($U > 0$) дивергентная, критическая намного меньше флаттерной.

Выражение (2.5) может менять знак также при перемене знака в знаменателе, т.е. при значениях s , удовлетворяющих уравнению

$$\cos \beta + \sqrt{3} \sin \beta - e^{-\frac{3sa}{2}} = 0 \quad (2.10)$$

Наименьший корень уравнения (2.10) приближенно определяется следующим образом:

$$(sa)_{кр} \approx \frac{5}{3\sqrt{3}} \pi \approx 3.06 \quad (2.11)$$

Естественно (2.11) считать флаттерной скоростью, которая, согласно (1.2), имеет значение

$$U_{кр}^{\phi} \approx 28.65 \frac{D}{\rho_0 a_0 a^3} \quad (2.12)$$

Однако для обоснования приведенных здесь результатов необходим также учёт инерции масс. Наиболее простой вариант учёта инерции приведен в [7], что и предполагается использовать в последующей работе.

Литература

1. Сейранян А.П. Парадокс дестабилизации в задачах устойчивости неконсервативных систем // Успехи механики. - 1990. - Т. 13, вып. 2. - С.89-124.
2. Langthjem M.A., Sugiyama Y. Dynamic Stability of Columns Subjected to follower Loads// A survey. Journal of Sound and Vibration. - 2000. - V.238. - №5. - P.809-851.
3. Пановко Я.Г., Губанова И.И. Устойчивость и колебания упругих систем. -М.: Наука, 1979. -384с.
4. Болотин В.В. Неконсервативные задачи теории упругой устойчивости. -М.: Физматгиз, 1961. -340с.
5. Ржаницын А.Р. Консольный упругий стержень, нагруженный следящей силой// Изв. АН АрмССР. -1985. -Т.38, №5. -С.33-34.
6. Мовчан А.А. О колебаниях пластинки, движущейся в газе //ПММ. - 1956. -Т.20. -С.211-222.
7. Gevorgyan S., Samra G., Mkhitarian A. On one model problem of instability of plate at flow //Աղիջազգային երկրափոխության գիտաճողովի նյութեր: -Երևան, 2005.

К ДИНАМИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ОРТОТРОПНОЙ ПРЯМОУГОЛЬНОЙ ПЛАСТИНКИ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЯХ

А. Арустамян

В предлагаемой работе рассматривается задача динамической устойчивости ортотропной пластинки, нагруженной сжимающими силами при различных условиях опирания. Теории слоистой анизотропной пластинки и оболочек посвящено множество работ. Основные результаты обобщены в монографиях, обзорных статьях и фундаментальных работах Алфутова Н.А., Болотина В.В., Васильева В.В., Гнуни В.Ц., Лехницкого С.Г., Образцова И.Ф. и других.

Рассмотрим задачу динамической устойчивости ортотропной пластинки, шарнирно опертой по краям $y=0$ и $y=b$, а на краях $x=0$, $x=a$ приняты различные граничные условия. Пластика выбрана толщины h с соотношением сторон $\lambda = a/b$ нагружена силами $P_i(t) = P_{i0} + P_{it} \cdot \cos \omega t$ ($i=1,2$) (рис. 1).

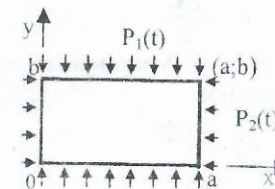


Рис.1



Рис.2

Предполагается, что пластинка состоит из одного слоя композиционного материала (КМ), уложенного под углом по отношению к главной геометрической оси пластинки Ox (рис.2).

Обозначим соответствующие упругие константы через $E_1, E_2, \nu_{12}, \nu_{21}, G_{12}$. Упругие характеристики элементарного слоя вдоль главных физических направлений определяются по формулам [1]

$$B_{11}^0 = \frac{E_1}{1 - \nu_{12}\nu_{21}}, B_{22}^0 = \frac{E_2}{1 - \nu_{12}\nu_{21}}, B_{12}^0 = \frac{\nu_{12}E_2}{1 - \nu_{12}\nu_{21}}, B_{11}^0 = \frac{\nu_{21}E_1}{1 - \nu_{12}\nu_{21}}, B_{66}^0 = G_{12}$$

Уравнение колебаний имеет вид [1]

$$D_{11} \frac{\partial^4 w}{\alpha^4} + 2(D_{12} + 2D_{66}) \frac{\partial^4 w}{\alpha^2 \partial y^2} + D_{22} \frac{\partial^4 w}{\partial y^4} + P_1(t) \frac{\partial^2 w}{\alpha^2} + P_2(t) \frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + \rho h \frac{\partial^2 w}{\alpha^2} = 0, \quad (1)$$

где $D_{ij} = B_{ij} h^3 / 12$ - жесткости; ρ - плотность композиционного материала, B_{ij} - упругие характеристики материала пластинки по геометрическим направлениям Ox и Oy , выражаемые через упругие характеристики элементарного слоя B_{ij}^0 по формулам [1]

$$\begin{aligned}
 B_{11} &= B_{11}^0 \cdot \cos^4 \varphi + 2 \cdot B_3^0 \cdot \sin^2 \varphi \cdot \cos^2 \varphi + B_{22}^0 \cdot \sin^4 \varphi, \\
 B_{22} &= B_{11}^0 \cdot \sin^4 \varphi + 2 \cdot B_3^0 \cdot \sin^2 \varphi \cdot \cos^2 \varphi + B_{22}^0 \cdot \cos^4 \varphi, \\
 B_{12} &= B_{12}^0 + (B_{11}^0 + B_{22}^0 - 2 \cdot B_3^0) \cdot \sin^2 \varphi \cdot \cos^2 \varphi, \\
 B_{66} &= B_{66}^0 + (B_{11}^0 + B_{22}^0 - 2 \cdot B_3^0) \cdot \sin^2 \varphi \cdot \cos^2 \varphi, \\
 B_3^0 &= B_{12}^0 + 2 \cdot B_{66}^0.
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Представим функцию прогиба в виде

$$w(x, y, t) = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} U_m(x) \cdot U_n(y) \cdot w_{mn}(t), \tag{3}$$

где m, n - числа полуволн по осям Ox и Oy ; $U_m(x)$ и $U_n(y)$ - фундаментальные балочные функции собственных колебаний, удовлетворяющие условиям опирания [3].

Для пластинки, шарнирно опертой по краям $y=0$ и $y=b$, балочные функции и собственные значения имеют вид [3]

$$U_n(y) = \sin \mu_n y, \quad \mu_n = \frac{n\pi}{b}.$$

Для пластинки с различными граничными условиями по переменной x имеем:

1. $x=0, x=a$ - шарнирное опирание

$$U_m(y) = \sin \lambda_m x, \quad \lambda_m = \frac{m\pi}{a}.$$

2. $x=0$ - шарнирное опирание, $x=a$ - жесткая заделка:

$$U_m(x) = \sin \lambda_m x - k_m \operatorname{sh} \lambda_m x, \quad k_m = \frac{\sin \lambda_m a}{\operatorname{sh} \lambda_m a},$$

$$\lambda_1 = 3.927, \lambda_2 = 7.069, \lambda_3 = 10.210, \lambda_4 = 13.352, \lambda_m = \frac{4m+1}{4} \cdot \frac{\pi}{a} \quad (\text{при } m > 4).$$

3. $x=0$ - жесткая заделка, $x=a$ - жесткая заделка:

$$U_m(x) = \sin \lambda_m x - \operatorname{sh} \lambda_m x - k_m (\cos \lambda_m x - \operatorname{ch} \lambda_m x), \quad k_m = \frac{\sin \lambda_m a - \operatorname{sh} \lambda_m a}{\cos \lambda_m a - \operatorname{ch} \lambda_m a},$$

$$\lambda_1 = 4.730, \lambda_2 = 7.859, \lambda_3 = 10.996, \lambda_4 = 14.137, \lambda_m = \frac{2m+1}{2} \cdot \frac{\pi}{a} \quad (\text{при } m > 4).$$

Случай 1. Функция прогиба (3) принимает вид

$$w(x, y, t) = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \sin \lambda_m x \cdot \sin \mu_n y \cdot w_{mn}(t). \tag{4}$$

После подстановки выражения (4) в уравнение (1) на основании метода Бубнова - Галеркина имеем

$$\iint_0^a \iint_0^b L(w_{mn}(x, y, t)) \cdot \sin \lambda_m x \cdot \sin \mu_n y \, dx \, dy = 0. \tag{5}$$

Задача динамической устойчивости пластинки приводится к одному дифференциальному уравнению второго порядка - к уравнению Маттье-Хилла [2]:

$$w_{mn}'' + \Omega_{mn}^2 (1 - 2\mu \cos \theta t) w_{mn} = 0, \tag{6}$$

$$\text{где } \Omega_{mn}^2 = \omega_{mn}^2 \left[1 - \frac{P_{10}}{P_{1mn}^*} - \frac{P_{20}}{P_{2mn}^*} \right], \quad \mu = \frac{P_{1t} \cdot P_{2mn}^* + P_{2t} \cdot P_{1mn}^*}{2(P_{1mn}^* \cdot P_{2mn}^* - P_{10} \cdot P_{2mn}^* - P_{20} \cdot P_{1mn}^*)}, \tag{7}$$

$$P_{1mn}^* = \frac{D(\lambda_m^2 + \mu_n^2)^2}{\lambda_m^2}, \quad P_{2mn}^* = \frac{D(\lambda_m^2 + \mu_n^2)^2}{\mu_n^2}, \quad \omega_{mn}^2 = \frac{D(\lambda_m^2 + \mu_n^2)^2}{\rho h}; \tag{8}$$

P_{1mn}^*, P_{2mn}^* - критические силы; μ - коэффициент возбуждения; ω_{mn} - частота собственных колебаний незагруженной пластинки; Ω_{mn} - частота собственных колебаний пластинки, нагруженной постоянной составляющей силы.

Случай 2. Функция прогиба имеет вид

$$w(x, y, t) = \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} (\sin \lambda_m x - k_m \operatorname{sh} \lambda_m x) \cdot \sin \mu_n y \cdot w_{mn}(t). \tag{9}$$

Подставив выражение (9) в уравнение (1), на основании метода Бубнова - Галеркина имеем

$$\iint_0^a \iint_0^b L(w(x, y, t)) \cdot (\sin \lambda_m x - k_m \operatorname{sh} \lambda_m x) \sin \mu_n y \, dx \, dy = 0. \tag{10}$$

С учетом свойства квазиортогональности балочных функций в отношении производных второго порядка получаем уравнение Маттье-Хилла (6), где

$$\Omega_{mn}^2 = \omega_{mn}^2 \left[1 - \frac{P_{10}}{P_{1mn}^*} - \frac{P_{20}}{P_{2mn}^*} \right], \quad \mu = \frac{P_{1t} \cdot P_{2mn}^* + P_{2t} \cdot P_{1mn}^*}{2(P_{1mn}^* \cdot P_{2mn}^* - P_{10} \cdot P_{2mn}^* - P_{20} \cdot P_{1mn}^*)}, \tag{11}$$

$$\omega_{mn}^2 = \frac{D_{11}}{\rho h} \cdot \lambda_m^4 + 2 \cdot \frac{D_{12} + 2D_{66}}{\rho h} \cdot \mu_n^2 \cdot \lambda_m^2 \cdot A_m + \frac{D_{22}}{\rho h} \cdot \mu_n^4, \quad A_m = \frac{\int_0^a U_m(x) \cdot U_m(x) \, dx}{\int_0^a U_m^2(x) \, dx}. \tag{12}$$

Аналогичным образом для случая 3 получаем уравнение Маттье (6), где (11), (12) имеют тот же вид, но с применением соответствующих балочных функций.

Значения безразмерной величины частоты собственных колебаний незагруженной пластинки в зависимости от соотношения сторон $\lambda = a/b$ и угла укладки слоя для случаев 1 и 2 с учетом свойства квазиортогональности приведены в таблице.

Таблица. Значения частоты $\tilde{\omega}_{mn}^2 = \omega_{mn}^2 12\rho h b^4 / \pi^4 h^2 B_{11}^0$

Граничные условия	φ	$\lambda=a/b$							
		ω_{mn}	1/4	1/3	1/2	1	2	3	4
y=0 шарнир y=b шарнир x=0 шарнир x=a шарнир	0°	ω_{11}	16.11	9.106	4.110	1.132	0.439	0.339	0.311
		ω_{31}	144.1	81.10	36.10	9.104	2.365	1.131	0.713
		ω_{13}	17.07	10.19	5.449	3.047	2.644	2.587	2.568
		ω_{33}	144.9	81.94	36.98	10.18	3.949	3.046	2.795
	45°	ω_{11}	10.33	6.320	3.395	1.470	0.849	0.702	0.645
		ω_{31}	82.80	47.15	21.68	6.319	2.315	1.470	1.130
		ω_{13}	18.08	13.23	9.262	6.319	5.419	5.239	5.175
		ω_{33}	92.91	56.87	30.55	13.228	7.637	6.319	5.807
	90°	ω_{11}	4.969	3.047	1.755	1.132	1.027	1.012	1.007
		ω_{31}	41.10	23.28	10.58	3.047	1.362	1.132	1.067
		ω_{13}	11.415	10.18	9.460	9.104	9.026	9.012	9.007
		ω_{33}	44.71	27.42	15.80	10.183	9.245	9.104	9.058
y=0 шарнир y=b шарнир x=0 шарнир x=a заделка	0°	ω_{11}	25.08	14.14	6.331	1.660	0.539	0.369	0.323
		ω_{31}	169.1	95.15	42.34	10.66	2.744	1.292	0.797
		ω_{13}	25.79	14.94	7.345	3.320	2.675	2.597	2.573
		ω_{33}	169.8	95.90	43.13	11.63	4.212	3.125	2.826
	45°	ω_{11}	15.12	8.920	4.463	1.696	0.901	0.726	0.659
		ω_{31}	96.80	54.98	25.09	7.107	2.485	1.540	1.168
		ω_{13}	21.94	15.26	10.11	6.532	5.474	5.264	5.189
		ω_{33}	106.1	63.958	33.44	13.86	7.794	6.391	5.849
	90°	ω_{11}	7.398	4.350	2.249	1.196	1.035	1.014	1.008
		ω_{31}	48.13	27.22	12.31	3.440	1.426	1.150	1.074
		ω_{13}	12.83	10.76	9.619	9.127	9.03	9.014	9.008
		ω_{33}	51.38	30.96	17.10	10.35	9.266	9.112	9.062

Литература

1. Амбарцумян С.А. Общая теория анизотропных пластин. -М.: Наука, 1974. - 448с.
2. Болотин В.В. Динамическая устойчивость упругих систем. -М., 1956. - 600с.
3. Власов В.З. Строительная механика тонкостенных пространственных систем. - М., 1949. - 435 с.

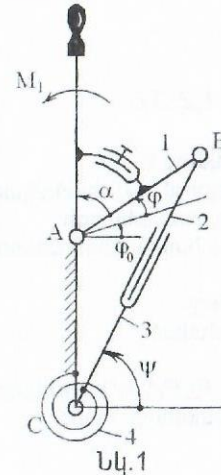
ՍԱՐԴՈՒ ԱՐՅԱՆ ՇՐՋԱՆԱՌՈՒԹՅՈՒՆԸ ԿԱՐԳԱՎՈՐՈՂ, ՍՐՋԱՆՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ՇՆՁԱՌԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐԸ ԱՊԱՔԻՆՈՂ ՍԱՐՋԱՍԱՐՔԻ ՆԱԽԱԳԾՈՒՄՆ ԸՍՏ ՏՐՎԱԾ ԲԵՆՆԱՎՈՐՄԱՆ ՕՐԵՆՔԻ

Ս. Հարությունյան

Վերջին տարիներին բժշկության մեջ, մասնավորապես վերականգնողական կենտրոններում և սպորտի տարրեր ճյուղերում լայն կիրառության են ստացել մարզասարքերը, որոնց օգնությամբ կարգավորվում է արյան շրջանառությունը, նպաստում է սրտանոթային ու շնչառական ուղիների ֆունկցիոնալ խանգարումների վերականգնմանը:

Գոյություն ունեցող սարքերում գործադիր մեխանիզմի բռնակի վրա կիրառվող մոմենտը, կախված պտտման անկյունից, կամ հաստատուն է, կամ էլ փոխվում է գծային օրենքով [1]:

Աշխատանքում առաջարկվում է մարզասարքերում կիրառվող գործադիր մեխանիզմների նախագծման այնպիսի մեթոդ, որը թույլ է տալիս ապահովել բռնակի վրա վերարտադրվող մոմենտի փոփոխությունը՝ նախապես տրված օրենքով:



Դիտարկվող խնդիրը բերվում է կուլիսային մեխանիզմի 1 օղակի հետ կոշտ կապված բռնակի վրա (Նկ. 1) ազդող մոմենտի տրված

$$M_{1i} = M_1(\varphi), (i=1, 2, \dots, N) \quad (1)$$

Ֆունկցիոնալ կախվածությունը վերարտադրող կուլիսագսպանակավոր մեխանիզմի նխագծմանը, որտեղ φ -ն ընդհանրացված կորդինատն է:

Կուլիսային մեխանիզմի դիրքի ֆունկցիան որոշվում է հայտնի բանաձևով [2],

$$\operatorname{tg} \psi = \frac{1 + l_1 \cdot \sin(\varphi_0 + \varphi)}{l_1 \cdot \cos(\varphi_0 + \varphi)}, \quad (2)$$

որտեղ φ_0 -ն ընդհանրացված կորդինատի արժեքն է մեխանիզմի ելակետային դիրքում:

Ածանցելով (2)-ը ըստ φ -ի կստանանք 3-րդ օղակի անկյունային արագության նմանակը:

$$i_{31} = \frac{d\psi}{d\varphi} = \frac{l_1 + \sin(\varphi_0 + \varphi)}{l_1^2 + 2l_1 \cdot \sin(\varphi_0 + \varphi) + 1} \cdot l_1, \quad (3)$$

Նշենք, որ M_{1i} մոմենտն ապահովվում է 3-րդ օղակին միացված 4 ոլորման գսպանակի միջոցով, որի ոլորող մոմենտը որոշվում է

$$M_0 = M_0 + C \cdot \psi, \quad (4)$$

որտեղ M_0 ոլորող մոմենտն է նրա ելակետային դիրքում ($\varphi=0$), իսկ C -ն կոշտությունն է:

Մեխանիզմի վրա ազդող ուժերից 3-րդ օղակի վրա բերված մոմենտը որոշվում է.

$$M_i \left(\frac{d\psi}{d\varphi} \right)_i = M_{1i}, (i=1, 2, \dots, N) \quad (5)$$

Տեղադրելով (5)-ի մեջ (3)-ը, կստանանք

$$M_i = \frac{l_1^2 + 2l_1 \sin(\varphi_0 + \varphi_i) + 1}{l_1^2 + l_1 \cdot \sin(\varphi_0 + \varphi_i)} \cdot M_{1i}, \quad (6)$$

Մեխանիզմի սինթեզի մուտարկման չափանիշ (նպատակային ֆունկցիա) վերցնենք 3-րդ օղակի վրա բերված M_i մոմենտի և (4) օրենքով գսպանակից զարգացված $M_{0i} = M_0 + C \cdot \psi_i$ մոմենտի միջին քառակուսային շեղումը մեխանիզմի $i=1, 2, \dots, N$ դիրքերում,

$$S(P_1, P_2, P_3, \varphi_0) = \sum_{i=1}^N (P_1 + P_2 \Psi_i - \frac{P_3^2 + 2P_3 \cdot \sin(\varphi_0 + \varphi_i) + 1}{P_3^2 + P_3 \cdot \sin(\varphi_0 + \varphi_i)} \cdot M_{1i})^2 \quad (7)$$

որտեղ $P_1=M_0, P_2=C, P_3=I_i$;
 Խնդիրը բերվում է այնպիսի $P^*=(P_1^*, P_2^*, P_3^*)$ և $\varphi_0=\varphi_0^*$ պարամետրերի որոշման, որոնց համար տեղի ունի

$$S(P^*, \varphi_0^*) = \min_{\substack{P \in E^3 \\ \varphi = E^1}} S(P, \varphi_0) \quad (8)$$

(7)-ի min-ը որոշվում է

$$\frac{dS}{dP_j} = 0 \quad \frac{dS}{d\varphi_0} = 0 \quad (j=1, 2, 3) \quad (9)$$

պայմաններից, որը ոչ զծային հավասարումների համակարգ է:
 Այս առումով խնդրի լուծումը հարմար է իրականացնել իտերացիոն մեթոդով, որը կատարվում է հետևյալ քայլերով.

1. Կամայականորեն տրվում են $P_3=P_3^*, \varphi_0=\varphi_0^*$ արժեքները:
2. Կազմում ենք $S(P_1, P_2, P_3^*, \varphi_0^*)$ ֆունկցիան՝ կախված է P_1 և P_2 պարամետրերից:
3. Լուծելով $\sum a_{kj} P_j = b_k (k=1, 2)$, որը ստացվում է $S(P_1, P_2, P_3^*, \varphi_0^*)$ ֆունկցիայի min-ի պայմանից, որոշում ենք $P_1=P_1^*, P_2=P_2^*$ պարամետրերը, որտեղ

$$a_{kj} = \sum_{i=1}^N f_{kj} f_{ij}, b_k = \sum_{i=1}^N f_{ki} F_i,$$

$$f_{1i} = 1, f_{2i} = \Psi_i, F_i = \frac{P_3^{*2} + 2P_3^* \cdot \sin(\varphi_0^* + \varphi_i) + 1}{P_3^{*2} + P_3^* \cdot \sin(\varphi_0^* + \varphi_i)} \cdot M_{1i}$$

$$(i=1, 2, \dots, N, j=1, 2)$$

4. Ստացված $P_1=P_1^*, P_2=P_2^*$ արժեքները տեղադրում ենք (7)-ի մեջ և ստանում $S(P_1^*, P_2^*, P_3, \varphi_0)$ ֆունկցիան՝ կախված P_3 և φ_0 փոփոխականներից, որի min-ի պայմանից որոշվում են $P_3=P_3^*$ և $\varphi_0=\varphi_0^*$ պարամետրերը:

Որոշված $P_3=P_3^*, \varphi_0=\varphi_0^*$ արժեքներն ընդունվում են որպես սկզբնական, և անցնում ենք 1 կետի կատարմանը:

Իրականացնելով նկարագրած պրոցեսը՝ ստանում ենք $P^{(k)}, \varphi_0^{(k)}$ վեկտորների հաջորդականություն, որոնց համար տեղի ունի

$$S(P^{(1)}, \varphi_0^{(1)}) > S(P^{(2)}, \varphi_0^{(2)}) > \dots > S(P^{(k)}, \varphi_0^{(k)}) > \dots$$

որի սահմանը բերում է (7) ֆունկցիայի լոկալ փոքրագույնին:

Անհրաժեշտ է նշել, որ նախագծված սարքում փոփոխելով φ_0 անկյունը, կարելի է կարգավորել 1 բռնակի ոլորող մոմենտի մեծագույն արժեքը, և այն կնդունի իր փոքրագույն արժեքը, երբ մեխանիզմի ելակետային դիրքում $AB \perp BC$:

Օրինակ տրված է.

$M_1 = M_0 + k\varphi^2 = 20 + 200\varphi^2$ (ն.մ.) և $\varphi_{max} = 30^\circ$: Պահանջվում է որոշել մեխանիզմի M_0, C, φ_0 և I_i հաստատուն պարամետրերը:

Լուծելով բերված ալգորիթմով, ստանում ենք $P_1=39.92, P_2=635.3, P_3=0.72, \varphi_0=9.52^\circ$;

որտեղից կստանանք՝

$$M_0=39.92 \text{ ն.մ.}, C=635.3 \text{ ն.մ./ռադ.}, I_i=0.72, \varphi_0=9.52^\circ$$

Գրականություն

1. Микулин А.А. Активное долголетие //Физкультура и спорт.- 1977. -110 с.
2. Артаболевский И.И. Теория механизмов и машин. -М., 1975. -638 с.

ВЫХОД РАКЕТЫ ИЗ ЖИДКОСТИ

Ю. Сафарян, А. Атасунц, О. Малинцян
 /Горис/

Рассматривается задача выхода конуса малого угла раствора 2β конечной высоты H через свободную поверхность жидкости, занимающей нижнее полупространство. Точку касания вершины конуса со свободной поверхностью в момент времени $t=0$ обозначим через O , направим Ox и Oz по свободной поверхности и перпендикулярно ей. Эта задача решена в работе [1] в виде квадратур, полное исследование которых для распределения давления вдоль поверхности конуса там не дано, а в имеющихся частных результатах содержатся неточности. Полное исследование пределов интегралов, но не самых квадратур, дано в [2]:

Пусть $f(t)$ -длина образующей (оси) конуса, вышедшей из жидкости.

Граничное условие на образующей имеет вид $\frac{\partial \varphi}{\partial r} = f'(t)\beta$, где φ - потенциал движения жидкости, причем на поверхности полупространства $\varphi=0$. Симметрично продолжая движения относительно $x=0$, имеем граничное условие и на продолжении x :

$$\frac{\partial \varphi}{\partial r} = \begin{cases} f'(t)\beta, & 0 \leq x \leq H - f(t), \\ -f'(t)\beta, & -H + f(t) \leq x < 0. \end{cases} \quad (1)$$

Потенциал $\varphi(r, x, t)$ удовлетворяет волновому уравнению

$$\frac{1}{a^2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial t^2} = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial \varphi}{\partial r} + \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2}. \quad (2)$$

На участке оси x , свободном от условий (1), выполняется $\frac{\partial \varphi}{\partial r} = 0$ в силу

симметрии задачи. Решение задачи (1), (2) дается методом источников [1] и имеет вид

$$\varphi = -\frac{1}{2} \int_0^{z_0} \frac{f'(t') \beta^2 \{f(t') + \xi\} d\xi}{\sqrt{(\xi-x)^2 + r^2}} + \frac{1}{2} \int_{-z_1}^0 \frac{f'(t') \beta^2 \{f(t') + \xi\} d\xi}{\sqrt{(\xi-x)^2 + r^2}}, \quad (3)$$

где в случае постоянной скорости конуса $f'(t') = V_0$, $f(t') = V_0 t'$:

$$\bar{z}_0 = H - V_0 \left\{ t - \frac{1}{a} \sqrt{(\bar{z}_0 - x)^2 + r^2} \right\}, \quad (4)$$

$$\bar{z}_1 = H - V_0 \left\{ t - \frac{1}{a} \sqrt{(\bar{z}_1 + x)^2 + r^2} \right\}. \quad (5)$$

Изучим поведение пределов интегриации \bar{z}_0 и \bar{z}_1 на конусе $r = \beta(v_0 t + x)$, $r \approx 0$. Если ввести еще $t' = t - \frac{|\xi - x|}{a}$, то уравнения для пределов интегриации можно геометрически трактовать в плоскости (ξ, t')

как абсциссы пересечения прямых $t' = t - \frac{|\xi - x|}{a}$ и $|\xi| = H - V_0 t'$.

Область интегрирования находится из условия $t' \geq 0$ (участок $t' < 0$ выпадает из области интегриации ввиду того, что $\varphi = 0$ при $t' < 0$ из начальных условий). Рассмотрим случай $V_0 < a$ (дозвуковая скорость конуса). Для области (1) $0 < x < H - at$ прямые $t' = t - \frac{|\xi - x|}{a}$ не

пересекаются с прямыми $|\xi| = H - V_0 t'$, и пределы будут

$$\bar{z}_0 = at + x, \quad \bar{z}_1 = at - x. \quad (6)$$

В области (1) $|H - at| < x < H - V_0 t$ пересечение $t' = t - \frac{|\xi - x|}{a}$ и

$\xi = H - V_0 t'$ дает $M = \frac{V_0}{a}$,

$$\bar{z}_0 = \frac{H - V_0 t - Mx}{1 - M}, \quad \bar{z}_1 = at - x. \quad (7)$$

В области (3) $x < H - V_0 t$, $x > H + V_0 t$, $x < at - H$ имеют место пересечения прямых $t' = t - \frac{|\xi - x|}{a}$ и $|\xi| = H - V_0 t'$,

$$\bar{z}_0 = \frac{H - V_0 t - Mx}{1 - M}, \quad -\bar{z}_1 = \frac{V_0 t - H - Mx}{1 - M}. \quad (8)$$

Таким образом, найдены \bar{z}_0, \bar{z}_1 для всех точек конуса. Подставляя (6) в (3) для $f'(t) = V_0$, можно получить в области (1):

$$p = -\rho_0 \frac{\partial \varphi}{\partial t}, \quad p = \beta^2 \rho_0 \frac{V_0 x}{t} + \beta^2 \rho_0 V_0^2 \ln \frac{x + \sqrt{x^2 + \beta^2 (v_0 t + x)^2}}{\beta (v_0 t + x)}, \quad (9)$$

что только первым слагаемым отличается от решения [1]. Подставляя (7) в (3), можно получить в области (2):

$$\frac{p}{\frac{1}{2} \beta^2 \rho_0 V_0^2} = \ln \frac{(H - v_0 t - x) \left\{ x + \sqrt{x^2 + (v_0 t + x)^2 \beta^2} \right\}^2}{(v_0 t + x)^2 \beta^2 at (1 - M)} - \left(\frac{1}{(H - v_0 t - x)} + \frac{1}{at - x - H + v_0 t} \right) H. \quad (10)$$

Второе слагаемое в правой части отличается от решения [1]. Подставляя (8) в (3), можно получить в области (3):

$$\frac{p}{\frac{1}{2} \beta^2 \rho_0 V_0^2} = -\frac{2Hx}{(H - v_0 t)^2 - x^2} + \ln \frac{\left\{ x + \sqrt{x^2 + (v_0 t + x)^2 \beta^2} \right\}^2 (H - v_0 t - x)}{(v_0 t + x)^2 \beta^2 (H + x - v_0 t)}, \quad (11)$$

что совпадает с решением для несжимаемой жидкости, получаемом из (3) при $a = \infty$. Задавая значения для безразмерных переменных

$\frac{v_0 t}{H} = \bar{t}$, $\frac{x}{v_0 t} = \bar{x}$, можно получить графики $\bar{p} = \frac{p}{\frac{1}{2} \beta^2 \rho_0 V_0^2}$ вдоль конуса для

$\beta = \frac{1}{10}$. Для этого рассмотрим следующие случаи.

а) Рассмотрим случай $M = \frac{1}{6}$, $\bar{t} = \frac{1}{8}$. В области (1) $x < H - at$,

$$0 \leq \bar{x} \leq \frac{1}{\bar{t}} - \frac{1}{M},$$

$$\bar{p} = 2\bar{x} + 2 \ln \frac{\bar{x} + \sqrt{\bar{x}^2 + \beta^2 (1 + \bar{x})^2}}{\beta (1 + \bar{x})}, \quad 0 \leq \bar{x} \leq 2, \quad (12)$$

для которых потенциал будет

$$\varphi = -\frac{\beta^2 v_0}{2} \int_{z_2}^{\bar{z}_0} \frac{v_0 t' + \xi}{\sqrt{(\xi - x)^2 + r^2}} d\xi. \quad (13)$$

Для области (4) имеет место

$$\bar{z}_0 = x + at, \quad \bar{z}_2 = x - at. \quad (14)$$

Давление на конусе будет $P = -\rho_0 \frac{\partial \varphi}{\partial t}$,

$$P = \beta^2 \rho_0 v_0 \frac{x}{t} + \beta^2 \rho_0 v_0^2 \ln \frac{2at}{\beta(v_0 t + x)}. \quad (15)$$

Для области (3) имеет место

$$\bar{z}_0 = \frac{H - v_0 t - Mx}{1 - M}, \quad \bar{z}_2 = x - at.$$

Давление на конусе будет

$$P = -\frac{\beta^2 \rho_0 v_0^2}{2} H \frac{1}{H - v_0 t - x} + \frac{\beta^2 \rho_0}{2} v_0 \frac{x - at}{t} + \frac{\beta^2 \rho_0 v_0^2}{2} \ln \frac{4(H - v_0 t - x)at}{\beta^2 (v_0 t + x)^2 (1 - M)}. \quad (16)$$

x и t меняются в пределах $0 \leq x \leq H - v_0 t$, $0 \leq t \leq \frac{H}{v_0}$.

С учетом условия $x < at$ в (1), (2) получится, после выбора $M = \frac{1}{6}$,

$\bar{t} = \frac{1}{8}$, что область (2) имеет место лишь для $\bar{x} > 2$, $\bar{x} < 6$. Для $\bar{x} > 6$, $\bar{x} < 7$ следует брать область (3), т. е. Формулу (16). Для этих M, \bar{t} (4) не имеет места.

В области (3), согласно (16), в безразмерных переменных имеем

$$\bar{P} = -\frac{1}{\bar{t} - 1 - \bar{x}} + \bar{x} - \frac{1}{M} + \ln \frac{4 \left(\frac{1}{t} - 1 - \bar{x} \right) \frac{1}{M}}{\beta^2 (1 + \bar{x})^2 (1 - M)}. \quad (17)$$

В точках $\bar{x} = \frac{1}{M}$, $M = \frac{1}{6}$, $\bar{t} = \frac{1}{8}$ выражение (12) дает

$$\bar{P} = -8 \left(1 - \frac{1}{7} \right) + \ln \frac{4 \cdot 6}{7^2 \cdot \beta^2 \cdot \frac{5}{6}}, \text{ а (17) дает } \bar{P} = -8 + \ln \frac{4 \cdot 6}{\beta^2 \cdot 7^2 \cdot \frac{5}{6}}, \text{ т.е. за}$$

счет первых слагаемых имеет место разрыв. Рассматриваются также

частные случаи задания M и \bar{t} . Для $M = \frac{2}{3}$, $\bar{t} = \frac{1}{2}$ (1) $0 < \bar{x} < \frac{1}{2}$; (2)

$\frac{1}{2} < \bar{x} < \frac{2}{3}$; (5) $\frac{2}{3} < \bar{x} < 1$; (3) для $M = \frac{1}{2}$, $\bar{t} = \frac{2}{3}$, $0 < \bar{x} < \frac{1}{2}$; (4) для

$M = \frac{2}{3}$, $\bar{t} = \frac{1}{2}$ $\bar{x} > \frac{3}{2}$, $\bar{x} < \frac{1}{2}$ не имеет места.

Задачи проникания тонких тел в сжимаемую жидкость, занимающую полупространство, рассмотрены в [3].

Литература

1. Багдоев А. Г. Пространственные нестационарные движения сплошной среды с ударными волнами // Изд. АХ АрмССР. - Ереван, 1961. - 276 с.
2. Согомонян А. Я, Поручиков В. Б. Пространственные задачи неустановившегося движения сжимаемой жидкости. - М.: Изд. МГУ, 1970. - 120 с.
3. Григорян С. С. Некоторые задачи гидродинамики тонких тел: Дис... канд. ... наук, МГУ, 1956.

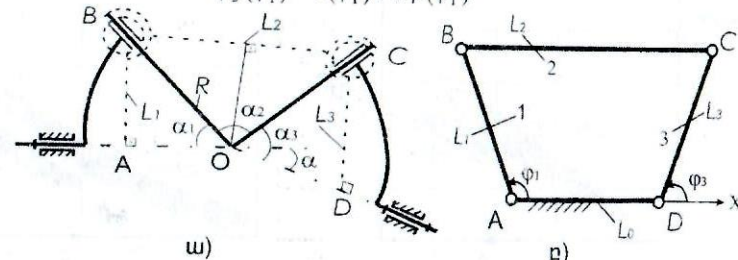
ՊԵՐՈՒՆՈՒՄ ԵՎ ՀԱՐԹ ԵՐԿՈՒՄՏՎԻԿ ՄԵՒԱՆԻՉՄՆԵՐԻ ԿԵՐՆՈՒԹՅՈՒՆ ԵՎ ՄԻՆԹԵՃ

Ե. Սախառոյան

Գնդաձուրտային բառողակ մեխանիզմները հնարավորություն են տալիս իրականացնել տարածության մեջ ցանկացած անկյանը հատվող առանցքների միջև շարժման փոխանցում:

Գնդաձուրտային բառողակ լծակային մեխանիզմը բնութագրվում է պտտագույգերի α_1 , α_2 , α_3 և α միջառանցքային անկյուններով (նկ.1ա), իսկ նրա դիրքի ֆունկցիան հարթ բառողակային լծակային մեխանիզմի (նկ.1բ) նման բացահայտ տեսքով կարելի է ներկայացնել

$$\varphi_3(\varphi_1) = \theta(\varphi_1) + k\beta(\varphi_1) \quad (1)$$



Նկ. 1

բանաձևով [1], որտեղ φ_1 -ը մուտքի անկյունն է, իսկ θ և β փոփոխական անկյունների արժեքները համապատասխանաբար փոփոխվում են $0 \leq \theta \leq 2\pi$ և $0 < \beta < \pi$ տիրույթներում և որոշվում հետևյալ բանաձևերով՝

$$\cos \theta = \frac{(a_1 \sin \alpha + L_1 \cos \alpha \cos \varphi_1)}{\sqrt{(a_1 \sin \alpha + L_1 \cos \alpha \cos \varphi_1)^2 + (L_1 \sin \varphi_1 - L_0)^2}} \quad (2)$$

$$\cos \beta = \frac{\cos \varphi_3 (a_1 \sin \alpha + L_1 \cos \alpha \cos \varphi_1) + \sin \varphi_3 (L_1 \sin \varphi_1 - L_0)}{\sqrt{(a_1 \sin \alpha + L_1 \cos \alpha \cos \varphi_1)^2 + (L_1 \sin \varphi_1 - L_0)^2}} \quad (3)$$

$k = \pm 1$ հավաքման գործակիցը տարբերակում է մեխանիզմի երկու սիմետրիկ հավաքումները և որոշվում է հետևյալ կերպ՝

$$0 < \varphi_3 < \pi \rightarrow k = +1, \quad \pi < \varphi_3 < 2\pi \rightarrow k = -1:$$

Երկու անգամ ըստ φ_1 -ի ածանցելով (1), (2) և (3) արտահայտությունները՝ ելքի օղակի անկյունային արագության և արագացման նմանակների որոշման համար կստանանք

$$\varphi_3' = \frac{\omega_3}{\omega_1} = \theta' + k\beta, \quad \varphi_3'' = \frac{\varepsilon_3}{\omega_1^2} = \theta'' + k\beta'' \quad (4)$$

բանաձևերը և θ ու β փոփոխական անկյունների՝ (4)-ում ներառված ածանցյալները:

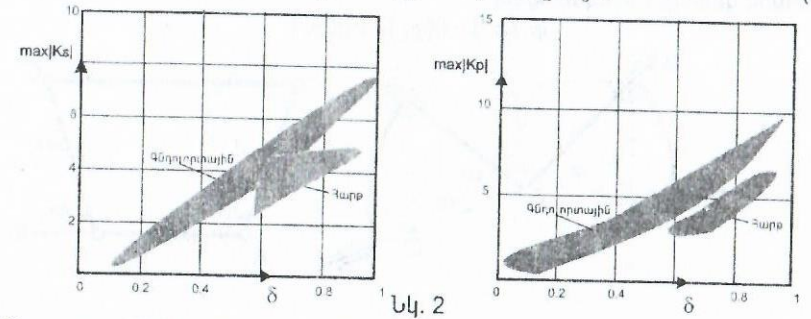
Գնդոլորտային և հարթ երկշուռտվիկ մեխանիզմների համար (նկ.1) ընտրենք նրանց հաստատուն երկրաչափական պարամետրերի փոփոխման հետևյալ տիրույթները՝

$$\alpha = 10^\circ \dots 30^\circ, \quad \alpha_1 = \alpha_3 = 75^\circ \dots 85^\circ, \quad \alpha_2 = 70^\circ \dots 90^\circ, \quad (5)$$

$$L_0 = 1, \quad L_1 = L_3 = 2.5 \dots 4, \quad L_2 = 1.5 \dots 3.5:$$

Քառօղակ երկշուռտվիկ գնդոլորտային մեխանիզմների ելքի օղակների **շարժման** օրենքների համեմատությունն իրականացնենք նրանց արագության (K_ω), արագացման (K_ε) և դինամիկ հզորության (K_p) չափազուրկ գործակիցներով [2], որոնք լիապատույտ ելքի օղակով մեխանիզմների համար որոշվում են հետևյալ բանաձևերով՝

$$K_\omega = \varphi', \quad K_\varepsilon = 2\pi\varphi_3'', \quad K_p = K_\omega K_\varepsilon: \quad (6)$$



Նկ. 2

Գնդոլորտային և հարթ քառօղակ լծակային երկշուռտվիկ մեխանիզմների համար ստացված արդյունքները ներկայացված են գրաֆիկներով (նկ. 2) և կոռելյացիոն բանաձևերով (աղյուսակ): Վերջիններս թույլ են տալիս դիտարկվող երկշուռտվիկ մեխանիզմների (5) հայտնի երկրաչափական պարամետրերով որոշել ելքի շուռտվիկի անհավասարաչափ պտտման օրենքը բնութագրող (6) չափազուրկ

գործակիցների **առավելագույն արժեքները**, ինչպես նաև իրականացնել այդ մեխանիզմների սինթեզն ըստ (6) գործակիցների տրված առավելագույն արժեքների: Աղյուսակում Γ տառով ներկայացված են նրա ինդեքսում նշված պարամետրերի որոշման ժամանակ կոռելյացման ընթացքում ստացված կոռելյացիայի գործակից արժեքները, որոնք, որպես կանոն, մեծ են 0.99-ից:

Աղյուսակ

Գնդոլորտային քառօղակայ երկշուռտվիկ մեխանիզմներ						
Կոռելյացիոն բանաձևի տեսքը	a	b	Γ_{ab}	c	d	Γ_{cd}
$\max K_\omega =$	3.907	$6.67 \cdot 10^{-6}$	0.99	1.068	1.13	0.99
$= (a\alpha_2^{-3} + b)\alpha^3$	1.66	$6.9 \cdot 10^{-6}$	0.99	2.14	1.047	0.99
$+ c\alpha_2^{-3} + d$	0.77	$5.84 \cdot 10^{-6}$	0.99	3.928	1.029	0.99
$\max K_\varepsilon =$	250.2	$9.83 \cdot 10^{-4}$	0.99	$-9.89 \cdot 10^{-3}$	0.366	0.98
$= (a\alpha_2^{-3} + b)\alpha^2$	274.5	$-1.4 \cdot 10^{-3}$	0.99	$-2.06 \cdot 10^6$	0.173	0.99
$+ c\alpha_2^{-5} + d$	380.59	$2.11 \cdot 10^{-3}$	0.99	0.073	$-6.2 \cdot 10^7$	0.99
$\max K_p =$	348.3	$5.56 \cdot 10^{-4}$	0.99	$-3.16 \cdot 10^7$	0.559	0.97
$= (a\alpha_2^{-3} + b)\alpha^2$	219.17	$1.12 \cdot 10^{-3}$	0.99	$-6.06 \cdot 10^6$	0.152	0.99
$+ c\alpha_2^{-4} + d$	452.19	$2.23 \cdot 10^{-3}$	0.99	$-3.002 \cdot 10^4$	0.065	0.99
Հարթ քառօղակայ երկշուռտվիկ մեխանիզմներ						
Կոռելյացիոն բանաձևի տեսքը	A	B	Γ_{AB}	C	D	Γ_{CD}
$\max K_p =$						
$= (AL_3^{-5} + B)L_2^7$	0.115	$-1.87 \cdot 10^{-4}$	0.98	565.89	2.42	0.99
$+ CL_3^{-5} + D$						
$\delta =$						
$= (AL_3^{-1.5} + B)L_2^6$	$1.25 \cdot 10^{-3}$	$-1.71 \cdot 10^{-4}$	0.92	2.653	0.23	0.99
$+ CL_3^{-1.5} + D$						

Գնդոլորտային և հարթ **երկշուռտվիկ** քառօղակ լծակային մեխանիզմների համար ստացված չափազուրկ գործակիցների առավելագույն արժեքների կախվածությունը ելքի շուռտվիկի շարժման անհավասարաչափության $\delta = (\max \omega_3 - \min \omega_3) / \omega_1$ գործակիցից բերված է նկ. 2-ում:

Գրաֆիկների և ստացված արդյունքների համեմատական վերլուծությունը ցույց է տալիս, որ գնդոլորտային քառօղակ մեխանիզմներում ելքի շուռտվիկի անհավասարաչափ պտտման օրենքը նկարագրող $\max |K_\varepsilon|$ և $\max |K_p|$ գործակիցների արժեքները ավելի բարձր են, քան հարթ լծակային երկշուռտվիկ մեխանիզմներում:

Ստացված կոռելյացիոն բանաձևերից օգտվելով՝ կարելի է իրականացնել

գնդղորտային և հարթ քառօղակ երկշուռտովիկ մեխանիզմների սինթեզի խնդիր՝ ըստ (5) գործակիցների առավելագույն արժեքների:

Գրականություն

1. Ջավահյան Ռ.Պ. Մեխանիզմների կառուցվածքը և կինեմատիկան, Երևան, 2003.- 391 էջ:
2. Левитский Н.И. Кулачковые механизмы. -М.:Машиностроение, 1964.-С. 29-33.

ՔԱՌՉՈՂԱԿԱՊԱՅԻՆ ԼԾԱԿԱՅԻՆ ՈՒՂՈՐՈՂԻՉ ՄԵԽԱՆԻԶՄՆԵՐԻ ՍԻՆԹԵԶ ԵՎ ՀԱՍԵՄԱՏԱԿԱՆ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ

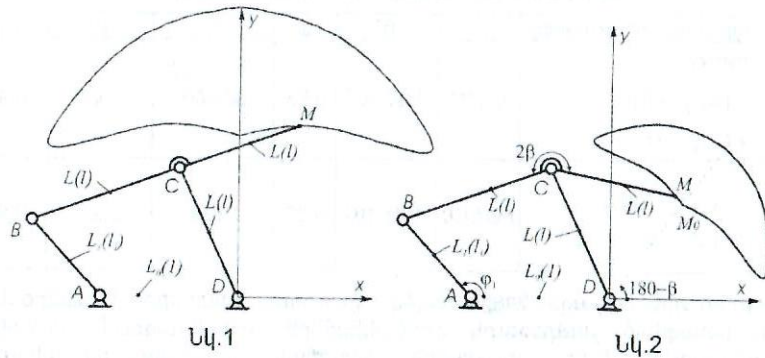
Ռ. Ջավահյան, Ա. Հարությունյան

Վշխատանքի նպատակն է կատարել քառօղակապային լծակային ուղղորդիչ մեխանիզմի սինթեզ ըստ շարժաթևային կետի հետագծի «ուղղագծային» տեղամասի տեսքի, ինչպես նաև ստացված մեխանիզմների և Չերիշևի λ -աձև ուղղորդիչ մեխանիզմի համեմատական վերլուծությունը ըստ շարժաթևային կետի հետագծի՝ ուղղագծայնությունից շեղումը նկարագրող պարամետրերի:

Քառօղակ ուղղորդիչ մեխանիզմով ստանում են շարժաթևային M կետի մոտավոր ուղղագծի շարժում, ինչպես նաև դրա հիման վրա ստանում են ելքի օղակի մոտավոր կանգառքով վեցօղակ մեխանիզմ:

Չերիշևի λ -աձև ուղղորդիչ մեխանիզմն ունի նկ.1-ում պատկերված կինեմատիկ սխեման, իսկ օղակների երկարությունները բավարարում են հետևյալ պայմաններին՝

$$BC = CM = CD = L : \quad (1)$$



M կետի հետագծի նկատմամբ կիրառելով ֆունկցիայի լավագույն մոտարկման մեթոդը՝ [1] Չերիշևը ստացել է (1) պայմաններին բավարարող ուղղորդիչ մեխանիզմի օղակների հարաբերական չափերի կախումն արտահայտող հետևյալ բանաձևը՝

$$l = 0.5(3 - l_1), \quad (2)$$

որտեղ l -ը և l_1 -ն օղակների հարաբերական չափերն են և որոշվում են հետևյալ բանաձևով՝

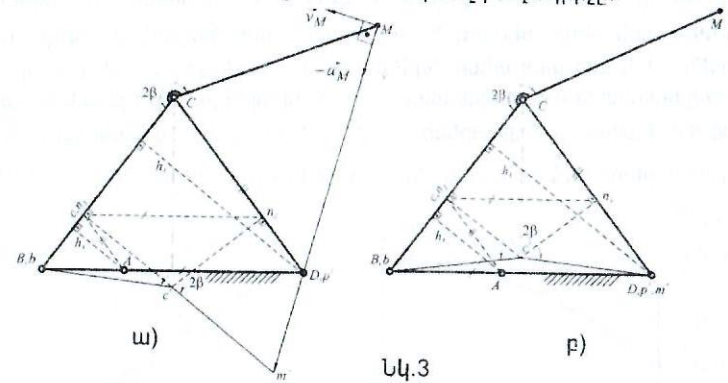
$$l = \frac{L}{L_0}, \quad l_1 = \frac{L_1}{L_0} : \quad (3)$$

Չերիշևի λ -աձև մեխանիզմն ուղղորդիչ մեխանիզմների մասնավոր դեպքն է, երբ շարժաթևային M կետը ընտրված է մեխանիզմի BC շարժաթևի երկայնական առանցքի վրա (նկ.1): Ընդհանուր դեպքում շարժաթևի M կետը կարելի է ընտրել C կենտրոնով և BC շառավղով շրջանագծի վրա (նկ.2): Այս դեպքի համար ֆունկցիայի լավագույն մոտարկման մեթոդով (2) տիպի բանաձև դուրս բերված չեն խնդրի բարդ լինելու պատճառով:

Ստորև առաջարկվում է ընդհանուր դեպքի ուղղորդիչ մեխանիզմի ստացման այլ եղանակ: Որպեսզի M կետի հետագծի ստորին մասում որոշակի տեղամաս քիչ տարբերվի ուղիղ գծից, պահանջենք, որ այդ տեղամասի միջին M_0 կետում (նկ.2) հետագծի կորության շառավիղը լինի անվերջ մեծ ($\rho \rightarrow \infty$): Ինչպես ցույց տվեց համակարգչային վերլուծությունը, (1) պայմանի ամկայության դեպքում, շարժաթևային M կետի հետագծի համաչափության առանցքի վրա գտնվող M_0 կետում $v = v_{ext}$ պատճառով զրոյի է հավասար այդ կետի արագացման շոշափող բաղադրիչը, իսկ շուռտովիկի դիրքը բնութագրող φ_1 անկյունը ընդունում է հետևյալ արժեքը՝

$$\beta \in (0^\circ, 70^\circ) \Rightarrow \varphi_1 = 0^\circ, \quad \beta \in (70^\circ, 180^\circ) \Rightarrow \varphi_1 = 180^\circ : \quad (4)$$

$\rho \rightarrow \infty$ պայմանը բավարարելու համար պետք է, որ (4) դիրքում զրոյի հավասարվի M կետի արագացման նաև նորմալ բաղադրիչը:



Խնդիրը լուծելու համար դիտարկվող մեխանիզմի կինեմատիկ սխեման ներկայացնում ենք $\varphi_1 = 180^\circ$ դիրքում և նրա հետ համադրում 90° -ով պտտված և A կետից կառուցված արագությունների և շարժաթևի պտտման ակնթաթային $D \equiv p'$ բևեռից կառուցված և 180° -ով շրջված արագացումների բազմանկյունները [2] (նկ.3ա): Այնուհետև նկ.3ա-ում մեխանիզմի օղակների չափերը ընտրում ենք այնպես, որ M կետի արագացման նորմալ բաղադրիչը ներկայացնող $p'm'$ վեկտորը զրո դառնա (նկ.3բ): Նկ.3բ-ի դիտարկումից կարելի է ստանալ $l = (l_1, \beta)$ կախումը ներկայացնող

$$l = \sqrt{\frac{ctg^2(\beta) + \frac{2k_1 l_1}{1+k_1 l_1} + k_2 |ctg(\beta)| \sqrt{ctg^2(\beta) + \frac{4k_1 l_1}{(1+k_1 l_1)^2}}}{\frac{8l_1^2}{(1+k_1 l_1)^4}}} \quad (5)$$

բանաձևը, որում առկա k_1, k_2 գործակիցները β -ի փոփոխման տարբեր տիրույթներում ունեն հետևյալ արժեքները՝

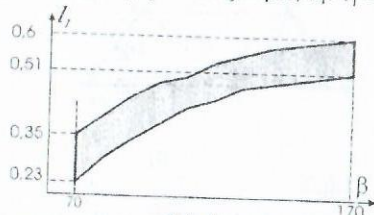
$$\beta \in (0^\circ, 70^\circ) \Rightarrow k_1 = -1, k_2 = 1,$$

$$\beta \in (70^\circ, 90^\circ) \Rightarrow k_1 = 1, k_2 = -1,$$

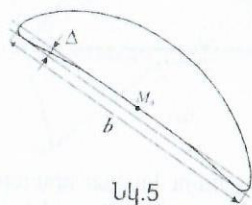
$$\beta \in (90^\circ, 180^\circ) \Rightarrow k_1 = 1, k_2 = 1:$$

Ստացված մեխանիզմի շարժաթևային M կետի փակ հետագծի տեսքը, կախված β -ից և l_1 -ից, կարող է լինել ուռուցիկ կամ գոգավոր:

Երբ $\beta \in (0^\circ, 70^\circ)$, ապա կորը անկախ l_1 -ից ստացվում է ուռուցիկ: Այս տիրույթում β -ի մեծացմանը զուգընթաց l_1 -ի փոփոխման տիրույթը փոքրանում է: Այդ պատճառով համեմատական վերլուծության նպատակով դիտարկվում է միայն $\beta \in (70^\circ, 180^\circ)$ տիրույթը: Այս տիրույթում l_1 -ից կախված, կորը կարող է լինել գոգավոր կամ ուռուցիկ. $l_1 \in (0, l_1^*(\beta))$ դեպքում կորը ուռուցիկ է, իսկ $l_1 \in (l_1^*(\beta), 1)$ դեպքում՝ գոգավոր: $l_1^*(\beta)$ -ն տրված β -ով մեխանիզմի համար l_1 -ի այն արժեքն է, երբ կորը ուռուցիկից կերպափոխվում է գոգավորի (սահմանային l_1): Ակնհայտ է, որ շարժաթևային կետի հետագծի «ուղղագծային» տեղամասի ուղիղ գծից շեղման չափի՝ Δ -ի և այդ տեղամասի երկարության՝ b -ի (նկ.5) $\varepsilon = \Delta/b$ հարաբերությունը, որը կանվանենք հարաբերական շեղում, կլինի նվազագույն այն դեպքում, երբ տրված β -ի համար l_1 -ն ընտրենք $(l_1^*(\beta), l_1^*(\beta) + l_{1\Delta}(\beta))$ միջակայքից (նկ.4), որտեղ $l_{1\Delta}(\beta)$ -ն ընտրվում է այնպես, որ $l_1 = l_1^*(\beta) + l_{1\Delta}(\beta)$ դեպքում $\varepsilon < 7 \cdot 10^{-6}$:



Նկ.4



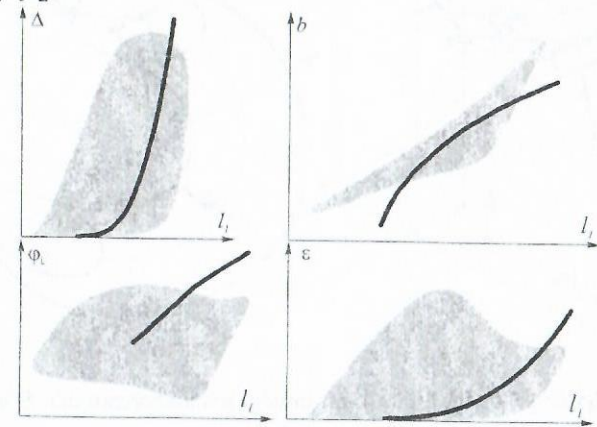
Նկ.5

Համեմատական վերլուծության ժամանակ օգտագործվում է նաև φ_L մեծությունը, որը որոշվում է հետևյալ բանաձևով՝ $\varphi_L = \varphi_{12} - \varphi_{11}$, որտեղ φ_{12} -ը և φ_{11} -ը շուռտվիլը դիրքորոշող անկյան այն արժեքներն են, երբ M կետը գտնվում է ուղղագծային տեղամասի համապատասխանաբար վերջում և սկզբում:

Նկ.5-ում բերված են շարժաթևային M կետի հետագծի, ուղղագծայնությունը բնութագրող Δ, b պարամետրերը, իսկ Նկ.6-ում առաջարկված մեթոդով ստացված ուղղորդիչ մեխանիզմի համար բերված են $\Delta, b, \varphi_L, \varepsilon$ պարամետրերի l_1 -ից կախված փոփոխման տիրույթները, որոնք Չերիշևի մեխանիզմի համար կորեր են հանդիսանում:

Համադրելով այդ տիրույթները՝ եզրակացնում ենք, որ առաջարկվող մեխանիզմի օգտագործումը որոշ դեպքերում կարող է ապահովել ավելի մեծ ճշտություն

և «ուղղագծային» տեղամասի երկարություն, քան Չերիշևի λ -աձև ուղղորդիչ մեխանիզմը:



Նկ.6

Գրականություն

1. Кожевников С.Н. Теория механизмов и машин. -М.: Машиностроение, 1973, 591 с.
2. Չավախյան Ռ.Պ. Մեխանիզմների կառուցվածքը և կինեմատիկան. -Երևան, 2003. -394 էջ.

ԵԼՔԻ ՕՂԱԿԻ ՄՈՏԱՎՈՐ ԿԱՆԳԱՌՔՈՎ ՏԱՐԱԾԱԿԱՆ ԲԱՌՕՂԱԿ ԼԾԱՎԱՅԻՆ ՄԵԽԱՆԻԶՄԻ ՎԵՐԼՈՒԾՈՒԹՅՈՒՆ ԸՍՏ ԿԱՆԳԱՌՔԻ ՃՇՏՈՒԹՅԱՆ

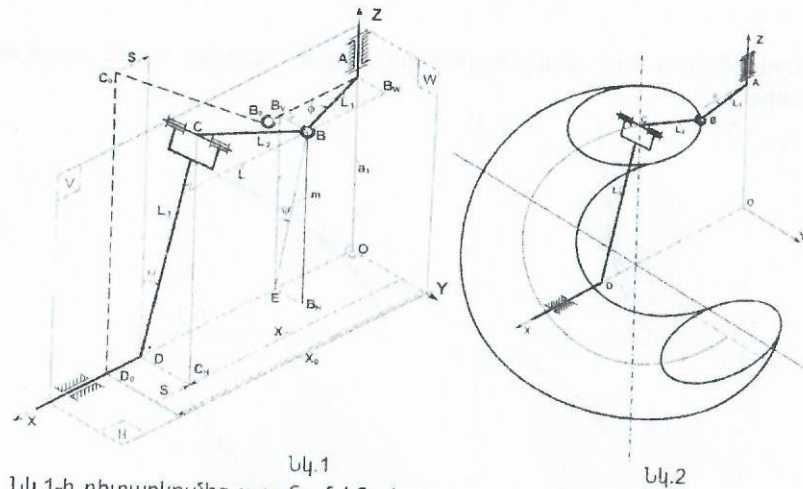
Ռ. Չավախյան, Դ. Գևորգյան

Աշխատանքի նպատակն է ստանալ ելքի օղակի մոտավոր կանգառքներով տարածական բառօղակ լծակային մեխանիզմ, ինչպես նաև կատարել մոտավոր կանգառքի ճշտության գնահատում և ստանալ մոտավոր կոռեկցիոն բանաձևեր:

Նկ. 1-ում պատկերված է դիտարկվող մեխանիզմը, որի մուտքի պտտական և ելքի գլանական կինեմատիկ գույգերի առանցքները փոխուղղահայաց են և հատվում են O կետում:

Մեխանիզմի հաստատուն պարամետրերն են՝ AB շուռտվիլի պտտման հարթության և ելքի գլանական գույգի առանցքի միջև եղած $a_1=OA$ հեռավորությունը, շուռտվիլի L_1 , շարժաթևի L_2 և ելքի օղակի L_3 երկարությունները, որտեղ L_1 -ը և L_3 -ը ներկայացնում են B գնդային հողակապի կենտրոնի և C պտտագույգի առանցքի կարճագույն հեռավորությունները համապատասխանաբար՝ մուտքի պտտական և ելքի գլանական գույգերի առանցքներից:

Պտտականային շարժում կատարող ելքի օղակը դիրքորոշող պարամետրերն են նրա՝ ZOX հարթության հետ կազմած ψ անկյունը և D_0 ծայրային դիրքից հաշվարկված S տեղափոխությունը:



Նկ.1-ի դիտարկումից ստանում ենք ելքի օղակի տեղափոխության $S(\phi)$ ֆունկցիան, իսկ նրա ածանցումով՝ ելքի օղակի արագության S' և արագացման S'' նմանակների որոշման՝

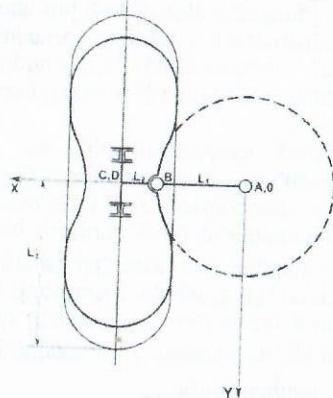
$$S = X_0 - X, \quad S' = -X', \quad S'' = -X'',$$

բանաձևերը, որտեղ $X = L + L_1 \cos \phi$, $X' = L' - L_1 \sin \phi$, $X'' = L'' - L_1 \cos \phi$, իսկ X_0 -ն ելքի օղակի ($\phi = 0$) ձախ ծայրային դիրքին համապատասխանող կոորդինատն է:

Ելքի օղակի շարժման պտտական բաղադրիչի համար համանմանորեն ստանում ենք հետևյալ արտահայտությունները՝

$$\psi = \text{arctg}(K \sin \phi), \quad \psi' = K \cos \phi / \Theta, \quad \psi'' = -(K \sin \phi + \Theta \psi') / \Theta,$$

որտեղ ψ -ն ելքի օղակը ZOX հարթության նկատմամբ դիրքորոշող անկյունն է, իսկ Θ -ն որոշվում է հետևյալ կերպ՝ $\Theta = 1 + (K \sin \phi)^2$, $K = L_1/a_1$:



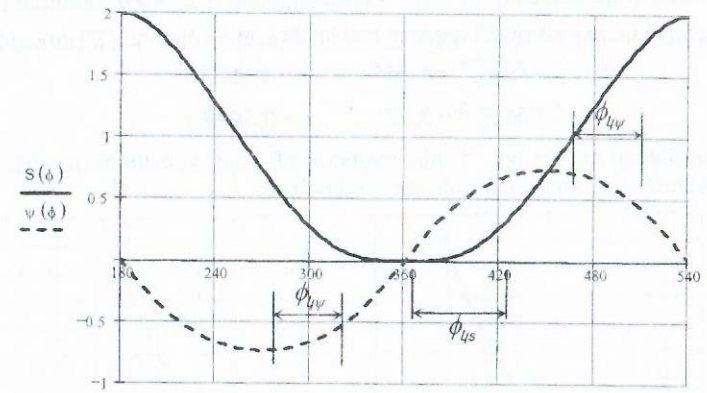
Նկ.3

Եթե ելքի օղակի ծայրային դիրքում ($\phi = 0$) B հողակապում տարանջատենք 1 և 2 օղակները և պտտենք 3 և 2 օղակները իրենց կինեմատիկ զույգերի առանցքների շուրջ, ապա B կետը կգտնվի այդ պտույտից առաջացած տորի մակերևույթի վրա (Նկ. 2): Եթե պտտենք նաև L_1 շուռտվիկն իր պտտման առանցքի շուրջ, ապա՝ ինչպես երևում է Նկ.3-ից, շուռտվիկի B կետի գծած շրջանագիծը $Z = a_1$ բարձրության վրա շոշափում է տորը, ուստի այդ հատույթի եզրագիծը և շրջանագիծը կունենան ընդհանուր համան մաս, որն էլ կապահովի ելքի օղակի մոտավոր կանգառը այդ դիրքում (Նկ.4): Գտնելով այդ հատման կորի հավասարումը, ապա նրա կորության շառավիղը B կետում և հավասարեցնելով շուռտվիկի L_1 երկարությանը, ստանում ենք՝

$$L_2 = \frac{L_3 - a_1}{a_1} \sqrt{L_1^2 + a_1^2} \quad (1)$$

պայմանը, որի առկայության դեպքում դիտարկվող մեխանիզմի ելքի օղակը կապահովի մոտավոր կանգառը [1]:

Նկ.4-ում պատկերված են $S(\phi)$ և $\psi(\phi)$ ֆունկցիաների գրաֆիկները:



Նկ.4

Ելքի օղակի մոտավոր կանգառի ճշտությունը՝ նրա պտտական և հանընթաց շարժման բաղադրիչների համար, գնահատենք համապատասխանաբար ε_S և ε_ψ գործակիցներով:

Ելքի օղակի շարժման հանընթաց բաղադրիչի դեպքում կանգառի ճշտությունը կորոշվի հետևյալ բանաձևով՝

$$\varepsilon_S = (S' - S_0) / S_m,$$

որտեղ S'' -ը ելքի օղակի տեղափոխությունն է կանգառի վերջում (կամ սկզբում), այսինքն մեխանիզմի $\phi = 2\pi + \frac{\phi_{\delta S}}{2}$ դիրքում, որը կանգառի վերջում ելքի օղակի

դիրքը բնորոշող տեղափոխությունն է, իսկ ϕ_{yS} -ն ելքի օղակի կանգառքին համապատասխանող մուտքի պտտման անկյունն է, S_0 -ն D կետի կորորհման է մեխանիզմի $\phi = 2\pi$ դիրքում, իսկ $S_m = 2L_1$ ելքի օղակի ընթացքն է:

Ելքի օղակի շարժման պտտական բաղադրիչի դեպքում կանգառքի ճշտությունը կորոշվի հետևյալ բանաձևով՝

$$\varepsilon_\psi = (\psi^* - \psi_0) / \Psi_m,$$

որտեղ ψ^* -ը մոտավոր կանգառքի վերջում (կամ սկզբում) ելքի օղակը դիրք-

որոշող անկյունն է $\phi = \frac{\pi}{2} \pm \frac{\phi_{y\psi}}{2}$ և $\phi = \frac{3\pi}{2} \pm \frac{\phi_{y\psi}}{2}$ դիրքերում, ψ_0 -ն մեխանիզմի

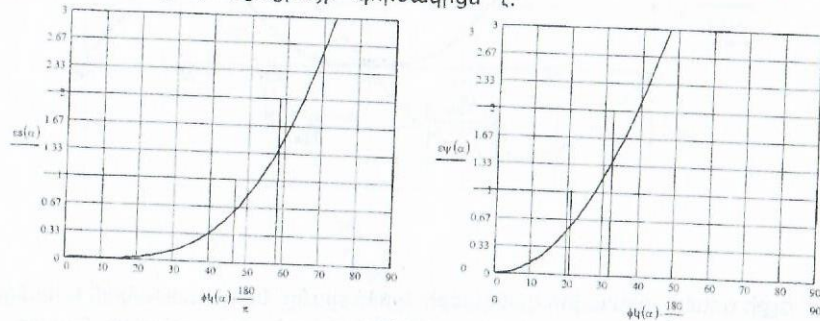
ելքի օղակը դիրքորոշող անկյունն է $\phi = \frac{\pi}{2}$ և $\phi = \frac{3\pi}{2}$ դիրքերում, իսկ Ψ_m -ը՝

ելքի օղակի ճոճման անկյունը:

Նկ.5-ում պատկերված են դիտարկվող մեխանիզմի ելքի օղակի կանգառքների ճշտությունները գնահատող ε_S , ε_ψ գործակիցների և $\phi_y = 2\alpha$ կանգառքի անկյան միմյանցից կախվածության կորերը, իսկ կոռելյացիոն մեթոդով [2] ստացված՝

$$\left. \begin{aligned} \phi_y = 8.479 \varepsilon_S^{0.5} - 7.367, \quad r = 0.9994, \\ \phi_y = 2.756 \varepsilon_\psi^{0.5} - 0.001, \quad r = 0.9999 \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

առնչությունները մոտավոր ներկայացնում են այդ կախվածությունները: (2) բանաձևերում r -ը կոռելյացիայի գործակիցն է:



Նկ.5

Ստացված արդյունքները թույլ են տալիս կատարել հետևյալ եզրակացությունները.

1. (1) պայմանին բավարարող մեխանիզմները թույլ են տալիս ապահովել ելքի օղակի մոտավոր կանգառք արտաքին ծայրային դիրքում (նկ.4): Կանգառքի առավելագույն տեղափոխությունը համապատասխանում է մուտքի օղակի պտտման $\phi_{yS} \approx 73^\circ$ անկյանը, իսկ կանգառքի անճշտությունը չի գերազանցում 3%-ը (նկ.5):

2. Համընթաց շարժման միջնամասում ելքի օղակն իր ուղիղ և հակադարձ ընթացքի ժամանակ ունի մոտավոր կանգառքներ իր հետադարձ պտտական շարժման ծայրային դիրքերում (նկ.4): Այդ կանգառքներից յուրաքանչյուրի առավելա-

գույն տեղափոխությունը համապատասխանում է մուտքի օղակի պտտման $\phi_{y\psi} \approx 48^\circ$ անկյանը, իսկ կանգառքի անճշտությունը չի գերազանցում 3%-ը (նկ.5):

Գրականություն

1. Shrivastava A.K., Hunt K.H. Dwell Motion from Spatial Linkages // Transaction of ASME, Series B: Journal of Engineering for industry, 1973, No 2.-P. 96-103.
2. Համբարձումյան Գ.Հ. Հավանականությունների տեսություն: Ուսում-նական ձեռնարկ բուհերի ուսանողների համար. - Երևան. - 1977:

ԼԻՍԵՆՆԵՐՈՒՄ ԾԱՔԵՐԻ ԶԱՐԳԱՑՄԱՆ ՎՐԱ ԱԶԴՈՂ ԳՈՐԾՈՆՆԵՐԻ ՀԱՇՎԵԳՐԱՖԻԿԱԿԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄ

Ս.Ստակյան, Մ.Սանուկյան, Ա.Ուսմազյան

[1, 2]-ում ուսումնասիրված են տարբեր գործոնների ազդեցությունները լիսենզիայի հոգնածային քայքայման գործընթացի վրա ծաքերի զարգացման $I-IV$ փուլերում, ինչպես նաև փորձարարական տվյալներով ստացված համեմատական վնասվածքային քվանտիլային գծերի համակարգերը:

Այդ համակարգերում առկա են ֆունկցիաների և դրանց պարամետրերի փոխկապակցությունները, որոնք փաստորեն հոգնածային քայքայման գործընթացի փուլերի վրա ազդող այս կամ այն գործոնի քանակական գնահատումները բնութագրող մաթեմատիկական մոդելի բաղադրամասերն են: Պարամետրական տեսքով այն կարելի է ներկայացնել՝

$$F(K_{\sigma v}, K_{Nv}, C_{v(y)}, m_{v(y)}, \sigma_{R(f)}, v_{\sigma(f)}, \sigma, N, z_p) = 0 \quad (1)$$

Այս հանգամանքը թույլ է տալիս հաշվարկային և նախագծային ընթացակարգերում երկու մոտեցում ցուցաբերել:

1. Համեմատաբար պարզ, բայց մեծածավալ վիճակագրական հաշվարկներ կատարելու նպատակով կազմում են հետևյալ ալգորիթմը և համակարգչային ծրագիրը:

Համեմատական (ելքի և հետազոտվող գործոնի ազդեցությամբ) հոգնածային փորձարկումների և ֆիզիկական չափումների արդյունքով կազմում են 4-ական երկչափ տվյալների համախմբեր, որոնք համապատասխանում են հոգնածային քայքայման 4 փուլերին՝ $\{\sigma_{i(f)}, N_{iv(y)}\}$ $i = \overline{1, n}$, $v = \overline{1, 4}$, որտեղ n -ը փորձարկում-

ների ծավալն է: Այդ համախմբերը $(\lg N - \lg \sigma)$ համակարգում մշակված են հանրահայտ հարաբերակցական վերլուծության մեթոդներով և ստացվում են $P(N) = 10 \dots 99,9\%$ հավանականությունների մակարդակների միջակայքում

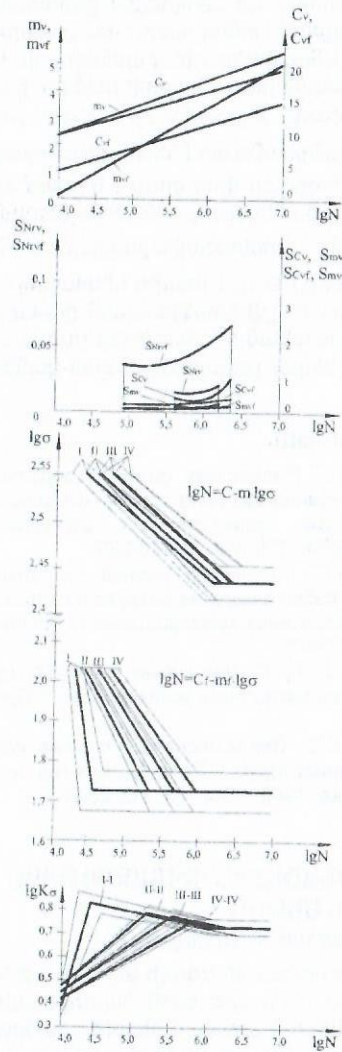
($z_p = -1,28 \dots 3,09$): Նույն ձևով հաշվարկում են քվանտիլային գծերի ընդհանուր հորիզոնական պարամետրերը: σ և N արժեքների $I-III$ տիրույթների համար ստանում են $K_{\sigma v} = f(N, z_p)$ և $K_{Nv} = \varphi(\sigma, z_p)$ -ի հավանական պարամետրերը, իսկ դրանցով էլ՝ $K_{\sigma v}$ -ի արժեքները $N = 10^5, 10^6, N_{Gv(y)}$ -ի և K_{Nv} -ի արժեքները $\sigma = 1,5\sigma_{R(f)}, 1,25\sigma_{R(f)}, \sigma_{R(f)}$ նշագրված մեծությունների դեպքերում:

Նշված հաշվարկային գնահատումների համար *MathCad* ստանդարտ ծրագրով ստեղծված է *SMMM* համակարգչային ծրագիրը (2 418 կԲթ):

2. Օգտագործելով (1)-ում առկա պարամետրական կապերը, արագ և լավարկային լուծումների հանգելու նպատակով, որոնք առավել գործածելի են որոնողական հետազոտություններում, փորձարարական գործընթացներում և արտադրական պայմաններում, նպատակահարմար է օգտվել նոմոգրաֆիկական մեթոդներով ստացվող գրաֆիկական լուծումներից և կառուցել համապատասխան նոմոգրամներ: Դրանք թույլ են տալիս որոշակի դասի կառուցվածքային պողպատներից պատրաստված մեքենամասերի և հանգույցների խմբերի համար համեմատաբար պարզ և մատչելի գրաֆիկական եղանակներով անմիջապես ստանալ $K_{\sigma v}$ և K_{Nv} գործակիցների հավանական արժեքները (σ, N) երկչափ տիրույթի ցանկացած կետի համար՝ շրջանցելով մեծածավալ հաշվարկներ:

Այս առումով ստեղծված է մի նոմոգրամ, որն ամփոփում է հոգնածային փորձարկումների և դրանց զուգընթաց՝ ճաքագոյացման և զարգացման գործընթացները հետևող և չափագրող ֆերոգոնդային սարքից ստացված փորձարարական տվյալների ողջ համալիրը: Որպես ելքային վերցված են 36թ2 մակնիշի պողպատյա հարթ փորձանմուշների ($d=12$ մմ, $\sigma_B = 810$ ՄՊա, $\sigma_T = 520$ ՄՊա, $HB = 200..215$) բարձակային ծռամբ հոգնածային փորձարկումների [3], իսկ որպես համեմատական՝ նույն պողպատից և բեռնվածության ռեժիմով՝ հորատային խողովակաշարերի պարուրակային միացությունների ($D=113,03$ մմ, $\delta=10$ մմ, $G4 - A$ մակնիշի պարուրակ, $\rho_4 h 2631-75$ ՝ $D/d=1,034$ $r/d 0,003$ $\omega = 60^\circ$, $\alpha_\sigma = 3,35$) բնօրինակային փորձարկումների արդյունքները (աղյուսակ) [4]:

№	(1)-ի վիճակագրական ցուցանիշներ	Հոգնածային փորձարկումների արդյունքները			
		Հոգնածային բայթայման փուլեր			
		I	II	III	IV
1.	$\bar{\sigma}_R / \bar{\sigma}_{Rf}$	260 ՄՊա/40 ՄՊա			
2.	$v_\sigma / v_{\sigma f}$	0,03/0,09			
3.	\bar{C}_v	15,6748	16,0624	16,5133	17,8333
	\bar{C}_{vf}	7,3936	10,3192	11,5704	12,5514
4.	\bar{m}_v	4,1486	4,2096	4,3125	4,8333
	\bar{m}_{vf}	1,5421	2,9310	3,4667	3,8725
5.	$\lg \bar{N}_{Gv}$	5,6560	5,8962	6,0986	6,2020
	$\lg \bar{N}_{Gvf}$	4,9230	5,6237	6,0164	6,3473
6.	\bar{s}_{Cv}	0,5929	0,6158	0,6689	1,1401
	\bar{s}_{Cvf}	0,3434	0,3616	0,4758	0,6179
7.	\bar{s}_{mv}	0,2287	0,2372	0,2577	0,4435
	\bar{s}_{mvf}	0,1494	0,1573	0,2058	0,2688
8.	\bar{s}_{Nv}	0,0253	0,0271	0,0293	0,0394
	\bar{s}_{Nvf}	0,0650	0,0685	0,0923	0,1170



Նկ. F($K_{\sigma v}, K_{Nv}, C_v(vf), m_v(vf), \sigma_R(f), v_{\sigma(f)}, \sigma, N, z_p$) = 0 նոմոգրամ

Նույն SMMM ծրագրում որպես ինքնավար գործող ենթածրագիր նախատեսված է դիտարկվող վիճակագրական ցուցանիշների և գործակիցների գրաֆիկական զննահատման մաս, ուր արդեն MathCad ստանդարտ ծրագրով կառուցված է ողջ նոմոգրամը: Դրա առանձին հատվածների հարմարադասման ընթացքում պահպանվել է նոմոգրաֆիայի հիմնական սկզբունքը՝ դիտարկվող ֆունկցիաների այնպիսի հանգուցային և ծայրամասային դասավորություն, որը գոնե մեկ ընդհանուր կորորդինատային առանցքի առկայության դեպքում թույլ կտա առանց լրացուցիչ

և բարդ կառուցումների միանգամից ապահովել գրաֆիկական ընթացակարգը մեկ քառորդամասից մյուսին անցնելու դեպքում: Նոմոգրամի 1-ին քառորդամասում տրված են ելքային և համեմատական վնասվածքային քվանտիլային գծերի ընտանիքների $-IV$ փուլերի թեք և հորիզոնական տեղամասերի համար, իսկ 2-րդ և 3-րդ քառորդամասերում՝ համապատասխան $K_{\sigma v} = f(N, z, p)$ և $K_{Nv} = \varphi(\sigma, z, p)$ -ի ընտանիքները $P(N) = 10, 50$ և $99,9\%$ հավանականությունների մակարդակներով ($z_p = -1,28, 0, և 3,09$) ըստ (3)-ի (նկար): Նոմոգրամի վրա ցույց է տրված գրաֆիկական լուծման մի օրինակ, որի դեպքում որպես մեկնարկային տվյալներ են վերցված σ , ցիկլային գերլարումը, $P(N)$ մակարդակը և հոգնածային քայքայման // փուլը:

Այսպիսով, *SMMM* համակարգչային ծրագիրը թույլ է տալիս դիտարկել և իրականացնել տարաբնույթ ուղիղ և հակադարձ հաշվեգրաֆիկական ընթացակարգեր, որոնք բխում են որոշակի ճարտարագիտական հիմնախնդրի լուծման տրամաբանությունից, և դրա արդյունքով առաջադրել լավարկային կամ կանխագուշակային լուծումներ:

Գրականություն

1. Стакян М.Г., Манукян М.А., Маркарян А.Г. Расчетная оценка сопротивления усталости и трещиностойкости деталей, работающих на воздухе в коррозионных средах. Сообщ. 1. Математическая модель сравнительных испытаний на усталость и трещиностойкость // ВИАА. -2004. -Т.1, №2.-С. 220-225.
2. Стакян М.Г., Манукян М.А., Маркарян А.Г. Расчетная оценка сопротивления усталости и трещиностойкости деталей, работающих на воздухе и коррозионных средах. Сообщ. 2. Расчетные схемы для определения коэффициентов прочности и долговечности. // ВИАА. -2004. -Т.1, №4.-С. 660-667.
3. Стакян М.Г., Мнацаканян А.С., Оганесян А.П., Современные методы изучения накопления усталостных повреждений ферромагнитных материалов. // Проблемы прочности. - 1990. - №7. - С.41-47.
4. Стакян М.Г., Шагаев Ю.П., Мнацаканян А.С. Вероятностная оценка периодов усталостного разрушения стальных буровых труб // Республ. межвед. н.-т. сб.: Химическое машиностроение. - Киев: Техника, 1990. -Вып. 51. - С. 23-28.

ՊՈՂՊԱՏՆԵՐԻ ԿՈՌՈԶԻՈՆ ԳՈՐԾՆՆԵՐԻ ԴԻՍԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՅԻՆԱԿԱՆ ԿԱՐԿԱՆՈՒՄԸ

Մ. Ստակյան, Ա. Մարգարյան, Գ. Միրաբյան

Մեքենաների և տեխնոլոգիական սարքավորման մի զգալի թվով դասի համար բնութագրական է աշխատանքը մթնոլորտային և կոռոզիոն ներգործման պայմաններում, որն իր առանձնահատկությունների և առաջին հերթին՝ ծանրաբեռնված մեքենաների և հանգույցների աշխատանքային մակերևույթներում ընթացող բարդ էլեկտրաքիմիական և աղտորեցիոն երևույթների շնորհիվ է ապես է ազդում այդ օբյեկտների երկարակեցության և հուսալիության վրա: Նշված երևույթները պատճառ են դառնում մեքենաների վտանգավոր հատույթներում ճաքագոյացման և զարգացման անընդհատ ընթացքի, որոնցում, ի տարբերություն շինություններում աշխատող սարքավորման, չի բացահայտվում դիմացկունության ֆիզիկական սահմանի առկայությունը: Այս առումով կոռոզիոն հոգնածային գործընթացն ընդգրկում է բազմացիկլային հոգնածության մի մեծ տիրույթ ($N = 10^5 \dots 10^8$),

որի սահմաններում երևույթը նկարագրող մաթեմատիկական մոդելը՝ կոռոզիոն հոգնածության քվանտիլային գծերի ընտանիքը երկճյուղ տեսք ունի:

Նշված փորձարկումներում համեմատաբար բարդ և արժեքավոր տեղակայվածների, տարաբնույթ ֆիզիկաքիմիական երևույթները վերահսկող և գրանցող սարքերի առկայության անհրաժեշտությունը, ինչպես նաև փորձարկումների զգալի երկարատևությունը որոշակիորեն սահմանափակել են այս բնագավառում հետազոտություններն ընդլայնելու հնարավորությունները: Այդ պատճառով հիմնականում ընթացել է փորձարարական տվյալների և վիճակագրական տեղեկատվության կուտակում, իսկ առաջադրված հաշվարկային մեթոդներում չեն կիրառվել համակարգային մոտեցման սկզբունքները:

Կուտակված վիճակագրական տեղեկատվությունը հնարավորություն է տալիս փորձարարական տվյալների նպատակաուղղված կանոնակարգման շնորհիվ մշակել անհրաժեշտ ալգորիթմ և հաշվարկել այդ ֆունկցիաների պարամետրերը:

Նշված հաշվեգրաֆիկական մեթոդի մշակման համար օգտագործվել է կոռոզիոն միջավայրերում իրականացված համալիր հոգնածային փորձարկումների արդյունքները [1, 2], որոնք ընդգրկում են հետազոտվող գործընթացի վրա առանձին և համատեղ ազդող գործոնների բավական լայն տարրապատկեր:

Փորձանմուշների աշխատանքային տեղամասի տրամագիծն է՝ $d = 12$ մմ, իսկ լարումների կուտակիչների երկարաչափական պարամետրերը՝ $r/d = 0,05$ և $0,025$,

$D/d = 1,25$, $D/d = 1,25$, : Որպես նյութ օգտագործվել է մեքենաշինությունում լայնորեն օգտագործվող պողպատ 45-ը (նորմալիզացում, $\sigma_B = 680$ ՄՊա, $\sigma_T = 427$ ՄՊա, $HB = 190 \dots 210$):

Ընդամենը փորձարկվել է փորձանմուշների 15 խմբաքանակ, 7-ը՝ օդում, իսկ 8-ը՝ կոռոզիոն միջավայրերում:

Փորձարկումների արդյունքները ($Ig \sigma - Ig N$) կորոզիմատային համակարգում մշակվել են գծային հարաբերակցության հայտնի մեթոդներով:

Կոռոզիոն հոգնածային գործընթացի վրա տարաբնույթ գործոնների առանձին կամ համատեղ ազդեցությունը, դրանց տարբեր գույքողություններով ինտեգրալային արդյունքով, համագեցնում է բազմացիկլային հոգնածության տիրույթում քվանտիլային հոգնածային գծերի ընտանիքների դասավորվածության հարաբերական տեղաշարժի, որն էլ արտահայտվում է պարամետրերի՝ որոշակի օրինաչափությամբ փոփոխմամբ:

Այդ օրինաչափության բացահայտումը թույլ կտա իրականացնել հոգնածային գործընթացի վրա ազդող գործոնի քանակական գնահատումը, որը նախկինում չի կատարվել ազդեցության արտահայտման էվրիստիկ բնույթի պատճառով: Դրա համար անհրաժեշտ է փորձարկումների խմբաքանակների նպատակահարմար և դասակարգված խմբավորման միջոցով դուրս բերել հետազոտվող գործոնի գլխավոր կամ բնութագրիչ պարամետրերի (τ/σ , α_σ , pH , խտության % և այլն) և հոգնածային դիմադրության ցուցանիշների միջև ֆունկցիոնալ կապը:

[3] - ում ցույց է տրված, որ գործոնների ազդեցության տակ մշակված քվանտիլային գծերի ընտանիքների փոփոխականությունը պայմանավորում է նաև այդ գծերի բեկման կետի տեղաշարժը ($Ig \sigma - Ig N$) տիրույթում որպես մի հանգուցային կետի՝ քվանտիլային գծերի ընտանիքների ճյուղերի միջև, որը և թելադրում է համալիր մոտեցում, այսինքն ոչ միայն այդ ցուցանիշների, այլ նաև $\sigma_{R(k)} = f(N_{Gk})$ կապերի բացահայտում: Այդ կապը դիտարկվող գործոնների ազդեցության դեպ-

քում հիմնականում ուղղագծային բնույթ է կրում, որը զգալիորեն հեշտացնում է գործոնի քանակական գնահատման մաթեմատիկական և ծրագրային ապահովումը: Դիտարկված դեպքերի համար, օգտագործելով նվազագույն քառակուսիների մեթոդը, ստացվել են հետևյալ կապերը. լարումների կուտակման դեպքում (տարբ. 3)՝ $lg \sigma_{Rk} = A_1 + B_1 lg N_{Gk}$, միջավայրի փոփոխության դեպքում (տարբ. 4)՝ $lg \sigma_{Rk} = A_2 + B_2 lg N_{Gk}$:

Ուսումնասիրենք լարումների կուտակման երևույթի ազդեցությունը, որպես համեմատաբար հաճախ հանդիպող գործոնի: Փորձանմուշների վրա տեղադրվում են փոխանցիչ մեխանիզմների լիսեռներում առավել օգտագործվող լարումների կուտակիչները (կլորացում՝ галтель, ակոսատաշվածք՝ выточка), որոնց երկրաչափական պարամետրերի ընտրությունը թելադրված էր $d=10...80$ մմ տրամագծի լիսեռներին վերաբերող և լարումների կուտակման գործակցի՝ $\alpha_{\sigma}=1,00...3,25$ գործնական միջակայքի ընտրությամբ:

Տվյալների գրաֆիկական վերլուծությունը թույլ է տալիս խմբավորել դիտարկվող կապերն ըստ ուղղագծային և պարաբոլական ֆունկցիաների՝

$$\left. \begin{aligned} 1. y_{xi} &= a_i + b_i x, \quad s_C, s_m, s_{Np}, s_{Nf}, v_N, v_N = f_i(\alpha_{\sigma}), \\ 2. y_{xi} &= a_i + b_i / x, \quad lg \sigma_{Rk}, lg N_{Gk} = f_i(\alpha_{\sigma}), \\ 3. y_{xi} &= a_i + b_i x + c_i x^2, \quad C_k, C_k, m_k, m_k, s_C, s_m, v_C, v_C, v_m, v_m = f_i(\alpha_{\sigma}). \end{aligned} \right\} (1)$$

Որպես առանձնահատկություն հարկ է նշել α_{σ} -ի միջակայքում միջնարժեքային պարամետրերի ֆունկցիաների ($C_k^{(1)}, m_k^{(1)} = f_i(\alpha_{\sigma})$) գրադիենտների աննշան փոփոխությունը, որը բնութագրական է նաև հոգնածային փորձարկումների տվյալների «կոռելյացիայի դաշտի» ցրման ցուցանիշների ֆունկցիաներին ($s_{Np}, s_m, s_C, v_N = f_i(\alpha_{\sigma})$)՝ հիմնականում քվանտիլային գծերի ձախ ճյուղի համար: Դրա հետ մեկտեղ զգալի են գրադիենտների փոփոխությունները բեկման կետերի ($lg \sigma_{Rk}, lg N_{Gk} = f_i(\alpha_{\sigma})$), ինչպես նաև նույն միջնարժեքային պարամետրերի ցրման ցուցանիշների ֆունկցիաների ($s_C, s_m, v_C, v_m = f_i(\alpha_{\sigma})$) և հատկապես՝ քվանտիլային գծերի աջ ճյուղի դեպքերում:

Մեթոդը թույլ է տալիս տնտեսել զգալի ֆինանսական և ժամանակային ռեսուրսներ, կապված բարդ, հաճախ և նյութատար բնօրինակային կոռոզիոն հոգնածային փորձարկումներ կատարելու անհրաժեշտության հետ: Այն օժտված է որոշակի համապիտանիությամբ, որովհետև ստացված արդյունքները վերաբերում են միջին ածխածնային պողպատների դասի բնութագրիչ մակնիշին՝ պողպատ 45-ին, որը լայնորեն օգտագործվում է մեքենաներում և տեխնոլոգիական սարքավորումներում: Քանի որ առկա են նաև պարամետրական կապեր (1) համակարգի ֆունկցիաների և պարամետրերի միջև, ապա այդ համակարգը կարելի է ներկայացնել նաև նոնդրաֆիական պայմաններում, առանց համակարգչային միջոցներ որոշումը արտադրական պայմաններում, առանց համակարգչային միջոցներ օգտագործելու: Գրաֆիկական եղանակով կարելի է իրականացնել հաշվարկային ընթացակարգեր տարբեր մեկնարկային պայմաններով, որոնք

ընկալելի է հետազոտողի համար և միաժամանակ ապահովում է r_{max} -ի ոչ էական նվազում $\Delta r = 0...0,15$ -ի սահմանում, որը հաշվարկային մեծությունների վրա գործնականորեն չի ազդում ($\Delta = 0...5\%$): Նշված մեթոդն ունի այն առավելությունը, որ ճշտության ապահովման հետ մեկտեղ պահպանում է հետազոտվող ցուցանիշին առավելագույնս բնորոշ ֆունկցիայի տեսքը, որը կարևոր է տեսական լուծումներ իրականացնելիս:

3. Նույն հետազոտության շրջանակներում հոգնածային փորձարկումների որոշակի խմբի ցուցանիշների համալիր հաշվարկային գնահատումներ իրականացնելու և գրաֆիկական եղանակներով դրանք արագ որոշելու նպատակով, որոնք հիմնականում կիրառվում են նախագծային և որոնողական հետազոտություններում, կողմնորոշիչ հաշվարկներում կամ էլ արտադրական պայմաններում, նպատակահարմար է այդ հավասարումների համակարգը ներկայացնել նոնդրաֆիական տեսքով, որի օգնությամբ, պարզ գրաֆիկական կառուցումներով կարելի է ստանալ հետաքրքրող բոլոր ցուցանիշների կողմնորոշիչ արժեքները:

Վերոհիշյալ հաշվեգրաֆիկական ընթացակարգերն իրականացնելու նպատակով ստեղծված է *SMDA2* հաշվողական ծրագիրը (*C++ Builder, MathCad, 651 կԲթ*), որն ունի հետևյալ ավգորիթմը.

1. Տվյալների զանգվածի ձևափոխումն ըստ $u = f(v)$ ձևափոխիչ ֆունկցիաների փաթեթի (390 տարատեսակներ) և յուրաքանչյուր ֆունկցիայի կիրառմամբ՝ երկչափ փոփոխականի շարքերի կազմում.
2. Երկչափ վիճակագրական աղյուսակի կազմում, ընտրանքային հարաբերակցային r գործակցի որոշում և r_1, \dots, r_{390} փոփոխականի շարքի ստեղծում.
3. Ավտոմատ (կ. 1) կամ երկխոսության ռեժիմով (կկ. 2,3) r_{max} կամ r_{onn} գործակցի ընտրության և վիճակագրական հաշվարկների ավարտում ($u-v$) գծայնացնող կոորդինատային համակարգում.
4. Պարամետրական տեսքով $u = f(v)$ հետընթացային քվանտիլային գծերի ընտանիքների կառուցում և նրանց հարմարադասում ըստ կոորդինատային տարբեր քառորդամասերի.
5. Նոնդրամի ձևավորում և դրա վրա հոգնածային դիմադրության ցուցանիշների գրաֆիկական որոշման հաջորդական քայլերի կազմումը:

Ելնելով վերոհիշյալից կլորացումով (галтель) լիսեռների համար ($d=12$ մմ, $r/d=0,05, D/d=1,25, \sigma_r=2,02, \sigma_d=1,56$, պողպատ 45, նորմալացում, $\sigma_B=680$ ՄՊա, $\sigma_T=427$ ՄՊա, $\tau/\sigma=0...1,0$), ըստ կ.1-ի պահանջների հաշվարկված են $|r_{max}|=0,9451...0,9999$

արժեքների դեպքում $((lg y^m - x^m), (y^m - x^m)$ և $((lg y)^m - (lg x)^m)$, $m = \pm 4... \pm 10$ գծայնացնող կոորդինատային համակարգերում հաշվարկված են դիտարկվող ցուցանիշների հավասարումների պարամետրերը:

4. 2-ին համապատասխանող գծայնացնող կոորդինատային համակարգերի խումբը հետևյալն է՝ $(lg y - x^n), (y - x^n), (y^n - lg x)$ ($(lg y^n) - (lg x^n)$), $n=2...5$ որն ապահովում է $|r|=0,9461...0,9973$ պայմանը:

4. 3-ի պահանջները բավարարելու համար նախապես անհրաժեշտ է նշված համակարգի ֆունկցիաները խմբավորել ըստ կոորդինատային քառորդամասերի,

հաճախ թելադրվում են նախագծային և ստուգողական հաշվարկների իրականացման տրամաբանությունը:

Գրականություն

1. Стакян М.Г., Манукян Г.А. Об уравнении кривой коррозионной усталости конструкционных материалов // ФХММ. – 1990. – Т. 26, No. 5. – С. 57-60.
2. Стакян М.Г., Манукян Г.А. Об одном методе расчетной оценки сопротивления коррозионной усталости валов // Изв. вузов: Машиностр. – 1990. – No. 4. – С. 11-16.
3. Մարգարյան Ա.Գ. Մեքենանասերի կորոզիոն հոգնածային գործընթացի մոդելավորումը // ԳՊԵՃ տարեկան գիտաժող. նյութ. ժող. - Երևան, 2004. – Գ.1. - էջ 304-306:

ԼԻՍԵՆՆԵՐԻ ՀՈԳՆԱԾԱՅԻՆ ԴԻՍԱԴՐՈՒԹՅԱՆ ԳՆԱՀԱՏՄԱՆ ԴՆՇՎԵԳՐԱՖԻԿԱԿԱՆ ՄԵԹՈԴ ԵՎ ԾՐԱԳՐԱՅԻՆ ԱՊԱՀՈՎՈՒՄ

4. Իսախանյան

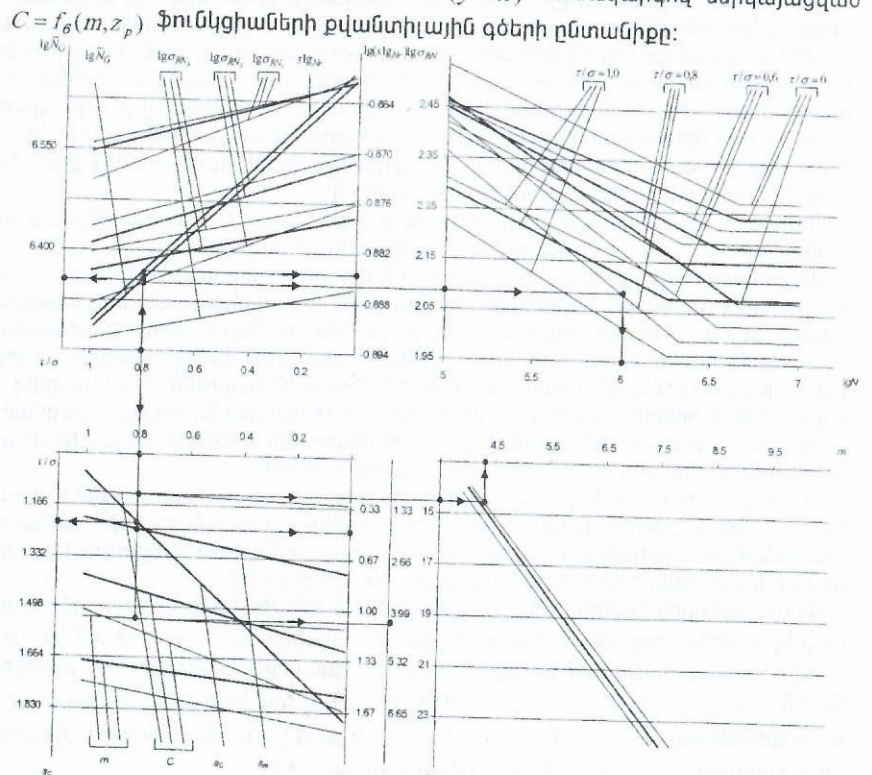
Լիսենների հոգնածային դիմադրության ցուցանիշներ $F(\sigma_{RN}, \bar{N}_G, C, S_C, S_{lg N_r}, \tau/\sigma, N, P(N)) \neq 0$ ֆունկցիան կարելի է ներկայացնել գծային հետընթացային հավասարումների ընտանիքների մի համակարգով, որում որպես պարամետր հանդես է գալիս Լապլասի նորմավորված ֆունկցիայի z_p քվանտիլը [1]: Այդ հետազոտությունում ձևափոխիչ ֆունկցիաների փաթեթի և դրանց համապատասխանող գծայնացնող $(u-v)$ կորոդինատային համակարգերի զանգվածային կիրառումը (44 խումբ ֆունկցիաների 390 տարատեսակներ), որում որպես գծայնացման չափանիշ է վերցված ընտրանքային հարաբերակցական r գործակցի արժեքը, ի հայտ է բերել այլընտրանքային լուծման տարբերակների մի մեծ խումբ, որի համար բավարարվում է $|r| \geq 0,75$ պայմանը: Սա վկայում է բացահայտված կապերի համակարգում գծային հետընթացային հավասարումների տեսքի ընտրության զգալի հնարավորությունների մասին, որն էլ իր հերթին համակարգային մոտեցում է ենթադրում:

Ելնելով լիսենների այդ հաշվարկային առանձնահատկություններից, հնարավոր են իրավիճակային լուծման հետևյալ երեք տարբերակները.

1. Եթե ցուցանիշների հաշվարկային գնահատումներին ներկայացվում են բարձր ճշտության ապահովման պահանջներ և դրանք իրականացվում են ավտոմատ ռեժիմով, օգտագործելով այդ նպատակով ստեղծված ծրագրային միջոցները, նպատակահարմար է ընտրել այն ձևափոխիչ ֆունկցիան, որի գծայնացնող $(u-v)$ կորոդինատային համակարգը, անկախ հաշվարկային բարդություններից, որոնք հաղթահարվում են նույն ծրագրային միջոցներով, ապահովում է ընտրանքային հարաբերակցական գործակցի $|r_{max}|$ արժեքը: Նույն ծրագրային ապահովմանը հնարավոր է հաշվարկել դիտարկվող ցուցանիշները ներկայացնող՝ գծային հավասարման պարամետրերը և կառուցել նրա վստահական միջակայքը:

2. [1]-ում պարամետրական տեսքով ներկայացվող ցուցանիշների հետազոտման և տրամաբանված եզրահանգումների գալու նպատակով ընդունելի է մասնակի ընդհանրացումների կիրարկումը, որոնք թույլ են տալիս քվանտիլային գծերի ընտանիքի տեսքով նկարագրվող ցուցանիշների ֆունկցիաների ներկայացումը միասնական գծայնացնող $(u-v)$ կորոդինատային համակարգում: Վերջինս ընտրվում է այնպիսին, որը համեմատաբար պարզ ձևափոխիչ ֆունկցիա ունի,

ելնելով այդ ֆունկցիաների ներկայացման ընդունված տեսքից և գրաֆիկական կառուցումների նպատակահարմարությունից (նկար): 1-ին քառորդամասում որպես մեկնարկային՝ $(lg y - lg x)$ համակարգով տրվում են $\sigma_{RN} = f_1(N, z_p)$ ֆունկցիայի քվանտիլային գծերի ընտանիքները τ/σ -ի ընդհատուն արժեքների համար, 2-րդ քառորդամասում՝ $(lg y - x)$ համակարգով $\sigma_{RN} = f_2(\tau/\sigma, z_p)$ ֆունկցիայի քվանտիլային գծերի ընտանիքը՝ N -ի ընդհատուն արժեքների համար, ինչպես նաև $\bar{N}_G = f_3(\tau/\sigma)$ և $S_{lg N_r} = f_4(\tau/\sigma)$ ֆունկցիաները: 3-րդ քառորդամասում ներկայացվող $m = f_5(\tau/\sigma, z_p)$, $C = f_6(\tau/\sigma, z_p)$ ֆունկցիաների քվանտիլային գծերի ընտանիքների և $S_m = f_7(\tau/\sigma)$, $S_C = f_8(\tau/\sigma)$ ֆունկցիաների համար ընդհանուր է τ/σ արգումենտը, որի պատճառով Ox կորոդինատային առանցքը նույնն է մնում և օգտագործվում է $(y-x)$ համակարգը, որն ապահովում է տվյալների գրաֆիկական պարզ անցումը 2-ից 3-րդ քառորդամաս: Նույն նկատառումներից ելնելով՝ 4-րդ քառորդամասում $(y-x)$ համակարգով ներկայացված է $C = f_9(m, z_p)$ ֆունկցիաների քվանտիլային գծերի ընտանիքը:



Նկ. $F(\sigma_{RN}, \bar{N}_G, C, S_C, S_{lg N_r}, \tau/\sigma, N, P(N)) = 0$ նոժգրամը

Նկարում այդ կառուցումները սկսվում են 2-րդ քառորդամասից, ուր որպես մեկնարկային վերցված է $\tau/\sigma = 0,8$ արժեքը:

Առաջադրված նոնոգրամը թույլ է տալիս իրականացնել նաև այլ մեկնարկային ընթացակարգեր՝ պարամետրերի որոշման տարբեր հաջորդականություններով և զուգորդումներով, որոնք բխում են լիսեռների ամրության, երկարակեցության և հուսալիության առաջադրված խնդիրների լուծման տրամաբանությունից:

Գրականություն

1. Իսախանյան Կ.Ց. Հարթ և աստիճանավոր լիսեռների հոգնածային դիմադրության հավանական գնահատումը: Տեխն. գիտ. թեկն. առեն.: Ե.02.01 – Պաշտպ. 23.05.03. – 146 էջ:

**ՋԵՐՄԱՄՇԱԿՎԱԾ ՄԻՋԻՆ ԱԾԽԱԾՆԱՅԻՆ ԿՈՆՍՏՐՈՒԿՑԻՈՆ
ՊՈՂՊԱՏՆԵՐԻ ՄԻԿՐՈԿԱՌՈՒՑՎԱԾՔԻ ՊԱՐԱՄԵՏՐՆԵՐԻ
ՀԱՎԱՆԱԿԱՆ ԳՆԱՀԱՏՈՒՄԸ
Հ. Ֆահրադյան, Գ. Վասիլյան**

Կատարված աշխատանքի նպատակն է ջերմամշակման տարբեր ռեժիմներում միջին ածխածնային պողպատներից պատրաստված մեքենամասերի աշխատանքային մակերևույթների միկրոկառուցվածքի պարամետրերի քանակական գնահատականի համալիր վիճակագրական հետազոտումը և բաշխման օրենքի բացահայտումը: Միկրոկառուցվածքի քանակական գնահատականը բնութագրվում է պողպատի միկրոմասնիկների ֆազերի բաղադրության չափսերով, մակերևույթում տարբեր մասնիկների տոկոսային հարաբերությամբ և որոշվում է քանակական մանրադիտակային վերլուծության մեթոդով:

Պողպատ 45 մակնիշի 5 փորձանմուշներ ենթարկվել են տարբեր ջերմամշակման, և ստացվել են աղյուսակում նշված միկրոկառուցվածքները:

Միկրոկառուցվածքային վերլուծություն կատարելու նպատակով փորձանմուշների մակերևույթները ենթարկվել են հղկման, փայլեցման, իսկ միկրոկառուցվածքը մանրադիտակի տակ տեսանելի դարձնելու նպատակով՝ խածատման: Յուրաքանչյուր փորձանմուշի համար MIM-7 մակնիշի մանրադիտակի օգնությամբ իրականացվել են միկրոմասնիկների 50-ական չափումներ և ստացվել են տվյալների 5 փոփոխակային ($n=250$) շարքեր: Դիտարկված են միկրոկառուցվածքի պեռլիտային բաղադրիչի չափերը, որոնք հիմնականում հանդես են գալիս անկանոն զնդային տեսքով (չափված է տրամագիծը $d_{կծ}$ -ով):

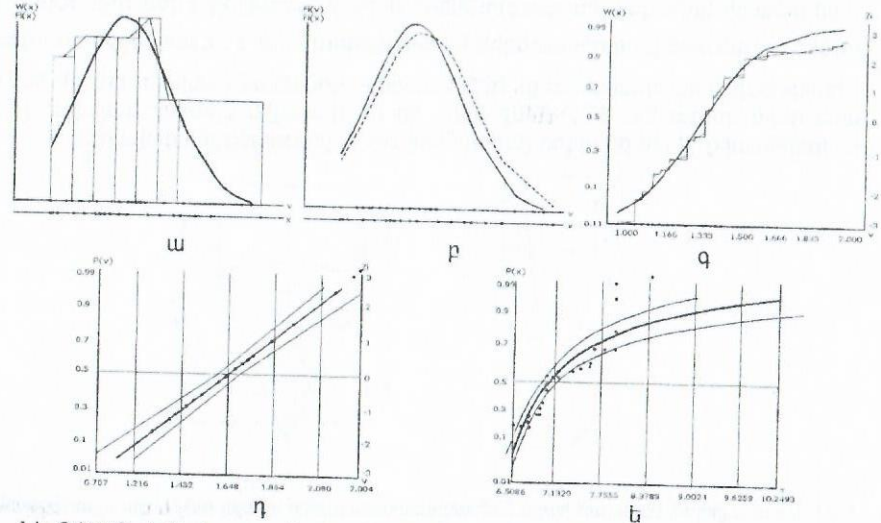
Ստացված արդյունքների համալիր վիճակագրական հետազոտության առաջնային խնդիրն է փոփոխակային շարքերի՝ նորմալ բաշխման օրենքին համապատասխանելու «գոյական» վարկածի ստուգումը, որն իրականացնելու նպատակով օգտագործվել է SMDA համակարգչային ծրագիրը [1]:

Փոփոխակային շարքերի համար ձևափոխ ֆունկցիաների կիրառմամբ ապահովվել է վիճակագրական հաշվարկների հուսալիության ելքի՝ $\alpha > 0,05$ պայմանը: Նորմալ բաշխման օրենքին առավել համապատասխանել են աստիճանային ($v = (x + \gamma)^m, m = -2, \dots, -5, \alpha = 0,1272, \dots, 0,9653$), լոգարիթմական ($v = [\lg(x + \gamma)]^{1/m}, m = -4, \dots, 5, \alpha = 0,5359, \dots, 0,9033$) ֆունկցիաներով ձևափոխված շարքերը (α_{max} արժեքները ստվերապատված են):

Փորձանմուշների միկրոկառուցվածքները և օպտիմալ ձևափոխիչ $F(x, k, \gamma, m)$ ֆունկցիայի ընտրությունը

Ջերմամշակման ռեժիմները	Չջերմամշակված վիճակում	Միաված առանց թողարկման	Միաված $t = (170...200^\circ C)$ թողարկմամբ	Միաված $t = (600...630^\circ C)$ թողարկմամբ	Թրձաթուղունից հետո
					Պեռլիտ-ֆերիտային
Միկրոկառուցվածքը	Մարտենսիտային	Մարտենսիտային	Սորբիդային	Պեռլիտ-ֆերիտային	Պեռլիտ-ֆերիտային
Չևափոխիչ ֆունկցիաները	α_{max} -ի արժեքները				
$(x + \gamma)^m$	0.1272	0.9693	0.9071	0.8222	0.5802
$(x + \gamma)^{1/m}$	0.6968	0.0497	0.8570	0.6857	0.6670
$[\lg(x + \gamma)]^m$	0.3032	0.9902	0.7856	0.5481	0.2422
$[\lg(x + \gamma)]^{1/m}$	0.5945	0.5308	0.9203	0.7334	0.6560
$\exp[(x + \gamma)m]$	0	0.8832	0.8755	0.0000	0.0000
$\exp[(x + \gamma)/m]$	0.4082	0.0000	0.3689	0.0043	0.1321
$\exp[(x + \gamma)^{1/m}]$	0.7170	0.5359	0.9033	0.6850	0.6368

Նշված դեպքերը վկայում են տվյալների բավականին բարձր աստիճանի համապատասխանության վերաբերյալ, որն էլ հաստատվում է գրաֆիկական ստուգումներով (նկար):



Նկ. Տվյալների ներկայացումը միտումը ($850^\circ C$), $170...200^\circ C$ թողարկմամբ ջերմամշակման համար. ա) հիստոգրամը և բաշխման դիֆերենցիալ ֆունկցիան, բ) բաշխման դիֆերենցիալ ֆունկցիայի տեսական և փորձառական կորերը, գ) նույնը՝ բաշխման ինտեգրալային ֆունկցիայի համար, դ) բաշխման միջնարժեքային գիծը և նրա 90%-անոց վստահական սահմանները, ե) նույնը՝ ձևափոխված տվյալների փոփոխակային շարքի համար:

Չևափոխված շարքերի "գրոյական" վարկածի համալիր ստուգումներն ըստ Պիրսոնի χ^2 , Կոլմոգորով-Սմիրնովի λ և Միգեսի ω^2 համաձայնության չափանիշների հաստատում են շարքերի նորմալ բաշխման օրենքին համապատասխանելու բարձր աստիճանը:

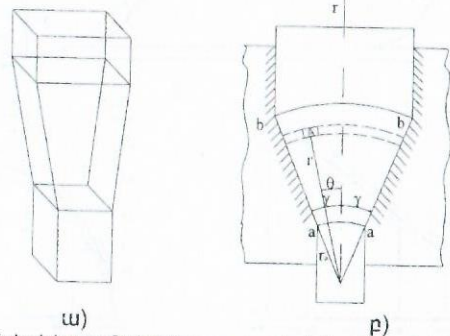
Գրականություն

1. Стакян М. Г., Демирханян А. Р. Модифицированный метод проверки нормальности распределения мех. испытаний //Изв. НАН РА и ГИУА. Сер. ТН.-2000.-Т.53, №3.- С.271-280.

ԿՈՆԱԿԱՆ ՄԱՍԼԱՄԱՅՐՈՒՄ ԶԱՐԹ ՆԱԽԱՊԱՏՐԱՍՏՎԱԾՔՆԵՐԻ ՇԱՌԱՎՐԱՅԻՆ ԳՈՍՔԻ ԼԱՐՎԱԾԱԴԵՖՈՐՄԱՑԻՈՆ ՎԻՃԱԿԻ ԲԱՐԱԴՐՈՒՉՆԵՐԻ ԱՐՏԱԳԱՅՏՈՒՄԸ ԵՌԱՆԿՅՈՒՆԱԶՈՒՄԿԱՆ ՖՈՒՆԿՑԻԱՆԵՐՈՎ

Գ. Պետրոսյան, Տ. Ալեքսանյան

Դիտարկենք երկու կողմից հարթ, կոշտ պատերով և սեպի ծև ունեցող մակերևույթներով սահմանափակված պլաստիկ զանգվածի հարթ խնդիրը: Փաստորեն դա հարթ նախապատրաստվածքի (նկ.1ա) կոնական մամլամայրում պլաստիկ դեֆորմացման այն գործընթացն է, երբ նրա հաստությունը չի փոխվում: Մամլամայրի կոնական հարթությունների միջև անկյունը 2γ է (նկ.1բ): Խնդիրը լուծենք գլանային կոորդինատային համակարգում՝ r, θ, z : z առանցքն ուղղված է հարթ նախապատրաստվածքի դեֆորմացվող կոնական մակերևույթների հատման գծին զուգահեռ: Ընդունենք նաև, որ լարվածային վիճակը կախված չէ z կոորդինատից: Այսինքն բոլոր լարումները z -ի ուղղությամբ չեն փոխվում



Նկ.1. Մասնակիորեն մամլված հարթ նախապատրաստվածքի տեսքը (ա) և նրա պրոյեկցիան z առանցքին ուղղահայաց հարթության մեջ (բ)

Քանի որ սիմետրիայի առանցքի վրա բոլոր շոշափող լարումները գրո են, հետևաբար z -ի ուղղությամբ $\tau_{z\theta} = 0$ և $\tau_{zr} = 0$ բոլոր կետերում մնում են գրո՝

$$\tau_{z\theta} = \tau_{zr} = 0, \quad (1)$$

իսկ լարվածային վիճակի մյուս բաղադրիչները՝ $\sigma_r, \sigma_\theta, \sigma_z, \tau_{\theta r}$ կախված են միայն r -ից և θ -ից:

Տրված հարթ խնդրի լուծման ժամանակ բնական է ենթադրել, որ դեֆորմացվող նախապատրաստվածքի մասնիկների տեղաշարժը (u) տեղի է ունենում շառավղի ուղղությամբ: Այդ պատճառով խնդրի ճշգրիտ լուծումը փնտրենք ընդունելով՝

$$u_r = u_r(r, \theta), u_\theta = u_\theta = 0: \quad (2)$$

Հաշվի առնելով (2) պայմանը՝ դեֆորմացիաների և տեղափոխությունների բաղադրիչների միջև կապ հաստատող հիմնական հավասարումները [1] բերվում են հետևյալ տեսքի՝

$$\epsilon_r = \frac{\partial u_r}{\partial r}, \quad \epsilon_\theta = \frac{u_r}{r}, \quad \epsilon_z = 0, \quad 2\gamma_{r\theta} = \frac{1}{r} \frac{\partial u_r}{\partial \theta}, \quad (3)$$

որոնց հիման ստացվում է գրել դեֆորմացիաների համատեղելիության դիֆերենցիալ հավասարումը՝

$$d\epsilon_\theta / d\theta = 2\gamma_{r\theta}, \quad (4)$$

ինչպես նաև նշանակելով միջին նորմալ լարումը σ_0 -ով և օգտագործելով պլաստիկության տեսության բանաձևերը [1] կստանանք՝

$$\sigma_z = \sigma_0 = (\sigma_r + \sigma_\theta) / 2: \quad (5)$$

Այդ դեպքում լարումների ինտենսիվությունը σ_i -ն [2] կունենա հետևյալ տեսքը՝

$$\sigma_i = (\sqrt{3}/2) \sqrt{(\sigma_\theta - \sigma_r)^2 + 4\tau_{r\theta}^2}: \quad (6)$$

Ինչպես երևում է (5) և (6) բանաձևերից լարվածային վիճակի բաղադրիչները σ_{ij} արտահայտվում են լարումների ինտենսիվությամբ σ_i և միջին նորմալ լարումով՝ σ_0 : Դա հնարավորություն է տալիս σ_{ij} -ն ներկայացնել σ_0 -ով, σ_i -ով և θ -ից կախված մի φ ֆունկցիայով այնպես, որ բավարարվի լարումների ինտենսիվության (6)-րդ բանաձևը:

Լարվածային վիճակի բաղադրիչների համար ստանում ենք.

$$\sigma_r = \sigma_0 + \frac{\sigma_i}{\sqrt{3}} \cos 2\varphi, \quad \sigma_\theta = \sigma_0 - \frac{\sigma_i}{\sqrt{3}} \cos 2\varphi, \quad \tau_{r\theta} = \frac{\sigma_i}{\sqrt{3}} \sin 2\varphi: \quad (7)$$

Այժմ դեֆորմացիոն վիճակի բաղադրիչները նույնպես արտահայտենք նույն φ ֆունկցիայով և ϵ_i դեֆորմացիաների ինտենսիվությամբ [2]: Հաշվի առնելով, որ $\epsilon_z = 0$, $\epsilon_\theta = \epsilon_z + \epsilon_r + \epsilon_\theta = 0$ (նյութի անսեղմելիության պայմանը), այսինքն $\epsilon_r = -\epsilon_\theta$, ապա կստանանք՝

$$\epsilon_i = (2/\sqrt{3}) \sqrt{\epsilon_r^2 + (\gamma_{r\theta}/2)^2}: \quad (8)$$

Յետևաբար՝

$$\varepsilon_r = \frac{\sqrt{3}}{2} \varepsilon_i \cdot \cos 2\varphi, \quad \varepsilon_\theta = -\frac{\sqrt{3}}{2} \varepsilon_i \cdot \cos 2\varphi, \quad \gamma_{r\theta} = \sqrt{3} \varepsilon_i \cdot \sin 2\varphi: \quad (9)$$

Նյութի անսեղմելիության պայմանից հաշվի առնելով (3)-րդ բանաձևերը կարող ենք գրել.

$$du_r/dr + u_r/r = 0:$$

Ստացված հավասարումից հետևում է, որ $u_r = c/r$, որտեղ c -ն կարող է ֆունկցիա լինել միայն θ -ից: Յետևաբար՝

$$u_r = v_\theta/r:$$

Վերջին հնարավորություն է տալիս (3)-րդ բանաձևով որոշվող դեֆորմացիայի բաղադրիչները ներկայացնել հետևյալ տեսքով՝

$$\left\{ \varepsilon_\theta = -\varepsilon_r = \frac{v(\theta)}{r^2}, \quad 2\gamma_{r\theta} = \frac{1}{r^2} v'(\theta), \right. \quad (10)$$

որտեղ՝ $v'(\theta) = d(v(\theta))/d\theta$:

(8)-(10) բանաձևերը հնարավորություն են տալիս φ ֆունկցիան արտահայտել $V(\theta)$ -ի միջոցով: Օգտվելով [3]-ում բերված մեթոդից կստանանք՝

$$v(\theta) = \cos 2\varphi \cdot r^2 \sqrt{\frac{(v(\theta))^2}{r^4} + \frac{1}{16r^4} (v'(\theta))^2}, \quad (11)$$

որը ձևափոխելով կարող ենք բերել հետևյալ տեսքի՝

$$\operatorname{ctg} 2\varphi = \pm \frac{4v(\theta)}{v'(\theta)}: \quad (12)$$

Եզրակացություն: Այսպիսով կոնական մամլամայրում հարթ նախապատրաստվածքների շառավղային հոսքի լարվածադեֆորմացիոն վիճակի բաղադրիչները արտահայտվեցին եռանկյունաչափական ֆունկցիաներով: Ստացված (12) բանաձևը հնարավորություն կտա $u(\theta) = \cos^n k\theta$ տեսքով մոտարկված ֆունկցիայի օգնությամբ որոշել φ -ն և օգտագործել այն խնդրի հավասարակշռության դիֆերենցիալ հավասարումների պարզեցված լուծման համար:

Գրականություն

1. Соколовский В. В. Теория пластичности. -М.: Высшая школа. -1969. -608 с.
2. Малинин Н. Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. - М.: Машиностроение. - 1975. -399 с.
3. Պետրոսյան Գ.Լ., Մաքևոսյան Յ.Խ., Կոնական մատրիցով կլոր հատույթով ձողի շառավղային հոսքի դեպքում լարվածա-դեֆորմացիոն վիճակի առանձնահատկությունները // ԳՊԵՅ-ի ուսանողական հոբելյանական գիտաժողով. Նյութերի ժողովածու. -Երևան, 2003. - էջ 114-117:

ԾԱԿՈՏԿԵԼ ՆՅՈՒԹԵՐԻ ՊԼԱՍՏԻԿՈՒԹՅԱՆ ՏԵՍՈՒԹՅԱՆ ՊԱՐՁԵՑՎԱԾ ԲԱՆԱԶԵԿԵՐԻ ՄԱՍԻՆ

Գ. Պետրոսյան, Յ. Պետրոսյան, Յ. Լևոնյան

Իրական ծակոտկեն (եռակալված) նյութերի պլաստիկության տեսության (ԾՆՊՏ) հավասարումների մանրամասն ստացումը բերված է [1]-ում, դրանք ունեն հետևյալ տեսքը՝

$$\sigma_{համ} = \frac{1}{\beta^{n+0.5}} \left(\frac{3}{2} S_{ij} S_{ij} + 9\alpha^m \sigma_0^2 \right)^{1/2}, \quad (1) \quad \bar{d}\varepsilon_{համ} = \beta^{2n-0.5} \left(\frac{2}{3} de_{ij} de_{ij} + \frac{d\varepsilon_0^2}{\alpha^m} \right)^{1/2}, \quad (2)$$

$$d\varepsilon_{ij} = \frac{3\bar{d}\varepsilon_{համ}}{2\beta^{3n}\sigma_{համ}} \left[\sigma_{ij} - (1-2\alpha^m)\delta_{ij}\sigma_0 \right], \quad (3) \quad dv = -\frac{9\alpha^m(1-v)\sigma_0 \bar{d}\varepsilon_{համ}}{\beta^{3n}\sigma_{համ}}, \quad (4)$$

որտեղ $\sigma_{համ}$ -ը և $\bar{d}\varepsilon_{համ}$ -ը համարժեքային լարումը և համարժեքային դեֆորմացիաների աճն են, de_{ij} -ն և $d\varepsilon_{ij}$ -ն, s_{ij} -ն և σ_{ij} -ն դեֆորմացիաների աճերի և լարումների շեղիչի (դեվիատորի) և թեմզորի բաղադրիչներն են, $d\varepsilon_0 = \delta_{ij} d\varepsilon_{ij} / 3$ -ը՝ միջին դեֆորմացիայի աճն է, $\sigma_0 = \delta_{ij} \sigma_{ij} / 3$ -ն՝ միջին լարումը, v -ն՝ ընթացիկ ծակոտկենությունն է, δ_{ij} -ն՝ Կրոնեկերի սիմվոլը, α -ն և β -ն, m -ը և n -ը՝ ծակոտկենության ֆունկցիաները և պարամետրերն են:

Նշենք, որ գոյություն ունեն ծակոտկենության տարբեր ֆունկցիաներ, որոնց վերլուծությունը [1] ցույց է տալիս, որ այդ ֆունկցիաները որակապես լավ են նկարագրում ծակոտկեն նյութերի դեֆորմացման մեխանիզմը և հաջողությամբ օգտագործվում են ԾՆՊՏ տեխնոլոգիական խնդիրներ լուծելիս: Ծակոտկենության ֆունկցիաները տարբեր ազդեցություն են թողնում նյութի լարվածա-դեֆորմացիոն վիճակի վրա: α ֆունկցիան հաշվի է առնում միջին լարման ազդեցությունը և β ֆունկցիայի հետ համատեղ հնարավորություն է տալիս ստանալ նյութի իրական մեխանիկական բնութագրերը: Այդ պատճառով ծակոտկենության α և β ֆունկցիաները տարբեր իրական ծակոտկեն նյութերի համար պետք է կախված լինեն ոչ միայն նյութի ծակոտկենությունից, այլ նաև այդ նյութի ստացման պայմաններից: Ծակոտկենության α և β ֆունկցիաների վրա ազդեցություն են թողնում նյութի կաղապարման ձևը, մամլման և եռակալման տեխնոլոգիան, փոշենյութի հատիկների չափերը և այլն:

Կարելի է առաջարկել α և β ծակոտկենության այլ ֆունկցիաներ, որոնք ապահովում են անցումը ոչ ծակոտկեն նյութերի պլաստիկության տեսությանը և որոնք հաստատված են փորձարարական հետազոտություններով: Քանի որ ծակոտկենության ուրվանկարը կախված է ոչ միայն նյութի փոշու հատկություններից, այլև նրա ստացման տեխնոլոգիական գործընթացի պարամետրերից, ապա ծակոտկենության ֆունկցիաների առնչությունները աճման անգամ կարող են փոփոխվել: Յուրաքանչյուր մասնավոր դեպքում ծակոտկենության մոր ֆունկցիաների ընտրությունը բարդ է և ոչ նպատակահարմար: Այդ պատճառով, անկախ ծակոտկեն նյութի առանձնահատկություններից, [1]-ում առաջարկվում է սկզբում ընտրել ծակոտկենության հայտնի ֆունկցիաներից առավել պարզերը, իսկ այնուհետև նյութի ծակոտկենության առանձնահատկությունները հաշվի առնելու համար

պլաստիկության պայմանի մեջ մտցնել տվյալ նյութի համար փորձնականորեն որոշվող ծակոտկենության m և n պարամետրերը:

Նշենք, որ մեկը մյուսից առանձնացված ԾՆՊՏ հավասարումները և ծակոտկենության ֆունկցիաները կարելի է միացնել, եթե վերջիններս ունեն պարզ տեսք:

Աշխատանքի նպատակն է պարզեցված ծակոտկենության ֆունկցիաների օգտագործմամբ ստանալ գործնական կիրառության համար ավելի հարմար ԾՆՊՏ բանաձևեր:

Դրա համար օգտագործվում են հետևյալ պարզագույն ծակոտկենության ֆունկցիաները [2]՝ $\alpha=v, \beta=1-v$:

α և β ծակոտկենության ֆունկցիաները (5)-ից տեղադրելով (1)-(4)-ի մեջ և ձևափոխելով՝ կստանանք

$$\sigma_{\text{համ}} = \frac{1}{(1-v)^{n+0.5}} \left(\frac{3}{2} S_{ij} S_{ij} + 9v^m \sigma_0^2 \right)^{1/2}, \quad (6)$$

$$\bar{d}\varepsilon_{\text{համ}} = (1-v)^{2n-0.5} \left(\frac{2}{3} d\varepsilon_{ij} d\varepsilon_{ij} + \frac{d\varepsilon_0^2}{v^m} \right)^{1/2}, \quad (7)$$

$$d\varepsilon_{ij} = \frac{3\bar{d}\varepsilon_{\text{համ}}}{2(1-v)^{3n}} \left[\sigma_{ij} - (1-2v^m)\delta_{ij}\sigma_0 \right], \quad (8)$$

$$dv = -\frac{9v^m \sigma_0 \bar{d}\varepsilon_{\text{համ}}}{(1-v)^{3n-1} \sigma_{\text{համ}}}, \quad (9)$$

Ինչպես տեսնում ենք, (6)-(9) հավասարումներն ավելի պարզ են (1)-(4)-ի նկատմամբ և ավելի ակնառու կոնկրետ խնդիրներ լուծելու համար, քանի որ դեֆորմացվող մարմնի լարվածա-դեֆորմացիոն վիճակի բաղադրիչների անմիջական կախվածությունը նյութի ընթացիկ ծակոտկենությունից պարզ երևում է:

Այժմ ԾՆՊՏ ստացված (6)-(9) պարզեցված բանաձևերի հիման վրա ցույց տանք նախապատրաստվածքների բեռնավորման տարբեր դեպքերում նյութի ընթացիկ ծակոտկենության որոշման մի քանի առանձնահատկություններ: Դրա համար, եթե նախապատրաստվածքների բեռնավորման ձևավորող (հիմնական) լարումը և դեֆորմացիաների աճը նշանակենք σ_δ և $d\varepsilon_\delta$ -ով, ապա (8) բանաձևը կգրվի հետևյալ տեսքով՝

$$d\varepsilon_\delta = \frac{3\bar{d}\varepsilon_{\text{համ}}}{2\beta^{3n}\sigma_{\text{համ}}} \left[\sigma_\delta - (1-2v^m)\sigma_0 \right],$$

որտեղից որոշելով $\bar{d}\varepsilon_{\text{համ}}$ -ը և տեղադրելով (9)-ի մեջ՝ կստանանք ընթացիկ ծակոտկենության աճի որոշման հետևյալ ունիվերսալ բանաձևը

$$dv = \frac{6v^m(1-v)d\varepsilon_\delta}{\left[k_{\sigma_\delta} - (1-2v^m) \right]}, \quad (10)$$

որտեղ $k_{\sigma_\delta} = \sigma_\delta/\sigma_0$ - նախապատրաստվածքների բեռնավորման ձևավորող լարման գործակիցն է [2]:

Այսպիսով նյութի ընթացիկ ծակոտկենության աճի որոշման (10) բանաձևը (4)-ի և (9)-ի պարզեցված տեսքն է և կիրառելի է ծակոտկեն նախապատրաստվածքների բեռնավորման տարբեր դեպքերի համար:

Այժմ բերենք (10) բանաձևի օգնությամբ նյութի ընթացիկ ծակոտկենության

որոշման օրինակներ՝

1. Կոշտ գլանական մամլամայրում շփման բացակայության դեպքում ծակոտկեն նախապատրաստվածքի եռառանցք սեղմման դեպքում, երբ շառավղային և շրջանային դեֆորմացիաների աճերը հավասար են գրոյի [1] ($d\varepsilon_r = d\varepsilon_\theta = 0$)

գլխավոր լարումների համար ունենք $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_r = \sigma_\theta = -p_z (1-2v^m)/(1+4v^m)$ և $\sigma_3 = \sigma_\delta = -p_z$:

Հաշվելով միջին լարման՝ $\sigma_0 = -p_z/(1+4v^m)$ և նախապատրաստվածքի բեռնավորման ձևավորող լարման գործակից՝ $k_{\sigma_\delta} = \sigma_\delta/\sigma_0 = 1+4v^m$ արժեքները (10)-րդ բանաձևով կգտնենք ընթացիկ ծակոտկենության աճի մեծությունը՝ $dv = (1-v)d\varepsilon_\delta$:

Ձևափոխելով ստացված բանաձևը և ինտեգրելով՝ կստանանք $d(1-v)/(1-v) = -d\varepsilon_\delta$, $\ln(1-v) = -\varepsilon_\delta + \ln C$: (11)

Սկզբնական պայմանն է՝ երբ $\varepsilon_\delta = 0$, $v = v_0$: Հետևաբար $\ln C = \ln(1-v_0)$: Տեղադրելով $\ln C$ -ի արժեքը (11)-ի մեջ և աստիճանաբար ձևափոխելով՝ կստանանք՝ $v = 1 - (1-v_0)\exp/\varepsilon_\delta$: (12)

2. Ծակոտկեն նախապատրաստվածքների հիդրոստատիկ սեղմման դեպքում ունենք $\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_\delta = -p$, հետևաբար նախորդ դեպքի նման համապատասխանաբար կունենանք՝ $\sigma_0 = -p$, $k_{\sigma_\delta} = 1$, $dv = 3(1-v)d\varepsilon_\delta$ և վերջապես՝

$$v = 1 - (1-v_0)\exp 3/\varepsilon_\delta$$
 (13)

Ինչպես տեսնում ենք, (12) և (13) բանաձևերը, ամբողջապես համընկնում են [1]-ի տվյալների հետ: Սակայն [1]-ում դրանք ստացվել են հիմնական (4) հավասարման միջոցով, իսկ (12) և (13) պարզեցված ունիվերսալ (10) բանաձևով:

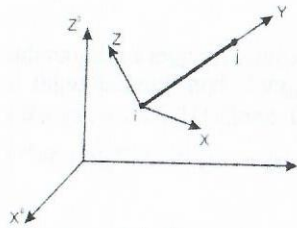
Եզրակացություն: Կատարվել է ԾՆՊՏ բանաձևերի պարզեցում: Լուծված օրինակների հիման վրա ցույց է տրվել դրանց գործնական կիրառման էֆեկտիվությունը:

Գրականություն

1. Петросян Г. А. Пластическое деформирование порошковых материалов.- М.: Металлургия, 1988. -152 с.
2. Петросян Г. А., Баус П., Амбарцумян А., Бадалян Г. Особенности построения диаграммы деформирования пористых спеченных образцов из стального порошка // Сб. матер. год. науч. конф. ГИУА. - 2001.- Т.1.-С. 209-210.

ՍՏՏՏԻԿՈՐԵՆ ԱՆՈՐՈՇԵԼԻ ՏԱՐԱԾԱՎԱՆ ԶՈՂԱՅԱՄԱԿԱՐԳԻՎ ԿԵՐՋԱՎՈՐ ՏԱՐԻԵՐԻ ՄԵԹՈՂՈՎ ԴՆԾՎԱՐԿՄԱՆ ՄԻ ՏԱՐԲԵՐԱՎԻ ՄԱՍԻՆ
Յ. Լևոնյան, Ա. Ասմանգուլյան

Դիտարկենք տարածական երկու կոորդինատային համակարգեր՝ XYZ, որը կապված է i, j եզրեր ունեցող ձողային տարրի հետ և $X^0Y^0Z^0$, որն անշարժ է: Ձողի i, j հատույթներում գործող ներքին ուժերի բաղադրիչներն են՝ $X_i, X_j, Y_i, Y_j, Z_i, Z_j$, իսկ տեղափոխությունների բաղադրիչները՝ $U_i, U_j, V_i, V_j, W_i, W_j$: Տարածության մեջ կամայական դիրքում (XYZ համակարգ) գտնվող ձողի կոշտության $[K^0]^\circ$ մատրիցը ստացվում է հորիզոնական ձողի $[K]^\circ$ բազիսային մատրիցից ($X^0Y^0Z^0$ համակարգ) $[\lambda]$ փոխակերպող մատրիցի օգնությամբ [1]



Նկ. 1.

$$[K^0]^e = [\lambda]^T [K]^e [\lambda], \quad (1)$$

որտեղ՝ $[K]^e = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{bmatrix} \quad (2)$

$$[\lambda] = \begin{bmatrix} l & m & n & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & l & m & n \end{bmatrix} \quad (3)$$

$[\lambda]^T$ -ն $[\lambda]$ -ի տրանսպոնացված մատրիցն է, E-ն՝ հեծանի նյութի առաձգականության մոդուլը, A-ն՝ լայնական հատույթի մակերեսը, l, m և n -ը ij տարրի ուղղորդ կոսինուսներն են $X^0 Y^0 Z^0$ համակարգում (Նկ. 1)

$$l = \frac{X_j - X_i}{L}, \quad m = \frac{Y_j - Y_i}{L}, \quad n = \frac{Z_j - Z_i}{L}$$

(1)-ում կատարելով մատրիցների բազմապատկման գործողություններ՝ կստանանք

$$[K^0] = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} l^2 & lm & ln & -l^2 & -lm & -ln \\ lm & m^2 & mn & -lm & -m^2 & -mn \\ ln & mn & n^2 & -ln & -mn & -n^2 \\ -l^2 & -lm & -ln & l^2 & lm & ln \\ -lm & -m^2 & -mn & lm & m^2 & mn \\ -ln & -mn & -n^2 & ln & mn & n^2 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Կոշտության (4) մատրիցի կիրառությունը ցուցադրենք նկ. 2-ում բերված ձողային համակարգի հաշվարկում, որտեղ տրված են՝ $A = 5 \cdot 10^{-4} \text{ մ}^2$, $E = 2 \cdot 10^{11} \text{ Պա}$, $P = 3 \cdot 10^4 \text{ Լ}$, $L_1 = L_2 = L_3 = L_4 = 1 \text{ մ}$, $\alpha = 30^\circ$, $\beta = 45^\circ$:

Չողահամակարգը տրոհենք վերջավոր թվով տարրերի (նկ. 2) և դրանց պարամետրերը գրանցենք աղյուսակում:

Տարր	i	x_i	y_i	z_i	j	x_j	y_j	z_j	l	m	n	L
1	1	0	0	0	5	0.866	0	0.5	0.866	0	0.5	1
2	2	0.366	-0.7	0	5	0.866	0	0.5	0.5	0.7	0.5	1
3	3	0.366	0.7	0	5	0.866	0	0.5	0.5	-0.7	0.5	1
4	4	0.866	0	1.5	5	0.866	0	0.5	0	0	-1	1

Յուրաքանչյուր տարրի համար (4)-ում բերված կոշտության մատրիցը կրճատենք հետևյալ տեսքը՝

$$[K_1^0] = 10^7 \begin{bmatrix} 7.5 & 0 & 4.3 & -7.5 & 0 & -4.3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4.3 & 0 & 2.5 & -4.3 & 0 & -2.5 \\ -7.5 & 0 & -4.3 & 7.5 & 0 & 4.3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -4.3 & 0 & -2.5 & 4.3 & 0 & 2.5 \end{bmatrix}, \quad [K_2^0] = 10^7 \begin{bmatrix} 2.5 & 3.5 & 2.5 & -2.5 & -3.5 & -2.5 \\ 3.5 & 5 & 3.5 & -3.5 & -5 & -3.5 \\ 2.5 & 3.5 & 2.5 & -2.5 & -3.5 & -2.5 \\ -2.5 & -3.5 & -2.5 & 2.5 & 3.5 & 2.5 \\ -3.5 & -5 & -3.5 & 3.5 & 5 & 3.5 \\ -2.5 & -3.5 & -2.5 & 2.5 & 3.5 & 2.5 \end{bmatrix}$$

$$[K_3^0] = 10^7 \begin{bmatrix} 2.5 & -3.5 & 2.5 & -2.5 & 3.5 & -2.5 \\ -3.5 & 5 & -3.5 & 3.5 & -5 & 3.5 \\ 2.5 & -3.5 & 2.5 & -2.5 & 3.5 & -2.5 \\ 2.5 & 3.5 & -2.5 & 2.5 & -3.5 & 2.5 \\ 3.5 & -5 & 3.5 & -3.5 & 5 & -3.5 \\ -2.5 & 3.5 & -2.5 & 2.5 & -3.5 & 2.5 \end{bmatrix}, \quad [K_4^0] = 10^7 \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 10 & 0 & 0 & -10 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & -10 & 0 & 0 & 10 \end{bmatrix} \quad (5)$$

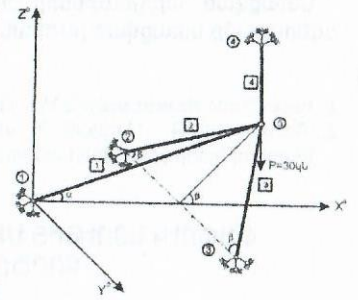
Արտաքին ուժերի վեկտորը և հանգույցների տեղափոխությունների վեկտորը կապված են հետևյալ մատրիցային հավասարումով [1]

$$\{F\} = [K^0] \{\delta\}, \quad (6)$$

որտեղ $\{F\}^T = \{X_i, Y_i, Z_i, X_j, Y_j, Z_j\}$,

$$\{\delta\}^T = \{U_i, V_i, W_i, U_j, V_j, W_j\}:$$

Առանձին տարրերի կոշտության մատրիցների (5) վերադրման ճանապարհով ստանալով ամբողջ համակարգի կոշտության մատրիցը՝ $[K^0]$ (6) հավասարումը բերվում է հետևյալ տեսքի՝



Նկ. 2.

$$\begin{bmatrix} U_1^0 \\ V_1^0 \\ Z_1^0 \\ X_2^0 \\ Y_2^0 \\ Z_2^0 \\ X_3^0 \\ Y_3^0 \\ Z_3^0 \\ X_4^0 \\ Y_4^0 \\ Z_4^0 \\ X_5^0 \\ Y_5^0 \\ Z_5^0 \end{bmatrix} = 10^7 \begin{bmatrix} 7.5 & 5 & 4.3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -7.5 & 0 & -4.3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 4.3 & 0 & 2.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -4.33 & 0 & -2.5 \\ 0 & 0 & 0 & 2.5 & 3.5 & 2.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2.5 & -3.5 & -2.5 \\ 0 & 0 & 0 & 3.5 & 5 & 3.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -3.5 & -5 & -3.5 \\ 0 & 0 & 0 & 2.5 & 3.5 & 2.5 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -2.5 & -3.5 & -2.5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.5 & -3.5 & 2.5 & 0 & 0 & 0 & -2.5 & 3.5 & -2.5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & -3.5 & 5 & -3.5 & 0 & 0 & 3.5 & -5 & 3.5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 2.5 & -3.5 & 2.5 & 0 & 0 & -2.5 & 3.5 & -2.5 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -7.5 & 0 & -4.3 & -2.5 & -3.5 & -2.5 & 2.5 & 3.5 & 2.5 & 0 & 0 & 10 & 0 & 9.33 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -3.5 & -5 & -3.5 & 3.5 & -5 & 3.5 & 0 & 0 & 0 & 10 & 0 & 0 \\ -4.3 & 0 & -2.5 & -2.5 & -3.5 & -2.5 & 3.5 & -2.5 & 0 & 0 & -10 & 9.33 & 0 & 17.5 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} U_1^0 \\ V_1^0 \\ W_1^0 \\ U_2^0 \\ V_2^0 \\ W_2^0 \\ U_3^0 \\ V_3^0 \\ W_3^0 \\ U_4^0 \\ V_4^0 \\ W_4^0 \\ U_5^0 \\ V_5^0 \\ W_5^0 \end{bmatrix} \quad (7)$$

Հաշվի առնելով 1, 2, 3 և 4-րդ հանգույցների եզրային պայմանները՝ $U_1=V_1=W_1=U_2=V_2=W_2=U_3=V_3=W_3=U_4=V_4=W_4=0$ և 5-րդ հանգույցում կիրառված արտաքին ուժը՝ $Z_5^0 = -P = -3 \cdot 10^4 \text{ Լ}$, (7)-ը վերածվում է երկու մատրիցային հավասարումների համակարգի: Առաջին 3 հավասարումներից բաղկացած համակարգը հնարավորություն է տալիս գտնել հանգույցների անհայտ տեղափոխությունների բաղադրիչները՝

$$\begin{Bmatrix} U_5^0 \\ V_5^0 \\ W_5^0 \end{Bmatrix} = 10^{-7} \begin{bmatrix} 12.5 & 0 & 9.33 \\ 0 & 10 & 0 \\ 9.33 & 0 & 17.5 \end{bmatrix}^{-1} \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \\ -P \end{Bmatrix} \quad (8)$$

Լուծելով (8) մատրիցային հավասարումը՝ կստանանք
 $U_5^0 = 2.125 \cdot 10^{-4} \text{ մ}$, $V_5^0 = 0 \text{ մ}$, $W_5^0 = -2.847 \cdot 10^{-4} \text{ մ}$:
 Մնացած 12 հավասարումներից բաղկացած երկրորդ համակարգից որոշվում են հենարանային հակազդումները՝
 $X_1^0 = -3.61 \cdot 10^3 \text{ Լ}$, $Y_1^0 = 0 \text{ Լ}$, $Z_1^0 = -2.084 \cdot 10^3 \text{ Լ}$, $X_2^0 = 1.805 \cdot 10^3 \text{ Լ}$,
 $Y_2^0 = 2.553 \cdot 10^3 \text{ Լ}$, $Z_2^0 = 1.805 \cdot 10^3 \text{ Լ}$, $X_3^0 = 1.805 \cdot 10^3 \text{ Լ}$, $Y_3^0 = -2.553 \cdot 10^3 \text{ Լ}$,
 $Z_3^0 = 1.805 \cdot 10^3 \text{ Լ}$, $X_4^0 = 0 \text{ Լ}$, $Y_4^0 = 0 \text{ Լ}$, $Z_4^0 = 2.847 \cdot 10^4 \text{ Լ}$:

Ստացված արդյունքները համընկնում են «ANSYS» ծրագրային փաթեթի օգնությամբ ստացված լուծման հետ:

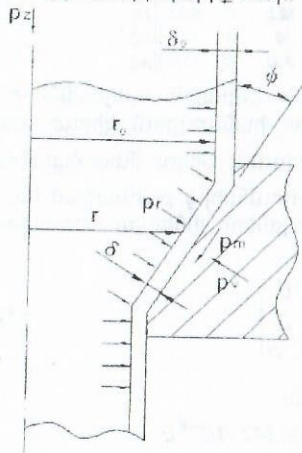
Գրականություն

1. Fagan Finite element analysis M.I. Theory and practice. Edinburgh. -1997. -316p.
2. Պետրոսյան Գ., Լևոնյան Յ., «MATLAB» ծրագրի հիման վրա վերջավոր տարրերի մեթոդով հարթ շրջանակի ամրության հաշվարկը //ՅՃԱԼ.- 2004. - Յատրո 1, N4:

ՓԱՓՈՒԿ ՆՅՈՒԹՅՑ ՄԻՋՈՒԿՈՎ ԵՐԿՄԵՏԱՂ ՉՈՂԵՐԻ ՄԱՍԼՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑԻ ՅԵՏԱՋՈՏՈՒՄԸ

7. Խաչատրյան

Կոնական մամլամայրում միամետաղ եւ երկմետաղ ձողերի մամլման գործընթացը լայն կիրառություն ունի արդյունաբերության մեջ: Նշված մշակման եղանակի առավելությունը արտադրանքի մակերեսային բարձր մաքրությունը և նյութի լավարկված մեխանիկական հատկություններն են: Կոնական մամլամայրերում մամլման գործընթացի հետազոտությունը, մամլամայրի կոնական մասում բարդ պլաստիկ դեֆորմացիաների պատճառով, հետազոտվում է մոտավոր եղանակների օգնությամբ, որոնցից է բարակ հատույթների մեթոդը: Այս մեթոդի օգնությամբ հետազոտված են մետաղական ձողերի մամլման գործընթացները սովորական նյութի անրացման անտեսման [1] և հաշվառման ինչպես նաև եռակալված փոշենյութերի մամլման [2] դեպքերում: Նշենք, որ երկմետաղ ձողերի մամլման խնդրի լուծումը բավական բարդ է, քիչ ուսումնասիրված եւ հետագա հետազոտությունների կարիք ունի:



Նկ. 1. Երկմետաղ ձողի մամլման գործընթացի գծապատկերը պայմանից ստանում ենք՝

Աշխատանքի նպատակն է ներկայացնել վերը նշված եղանակով հետազոտված երկմետաղ ձողերի մամլման գործընթացի արդյունքները: Նկ. 1.-ում ցույց է տրված մամլման գործընթացի գծապատկերը, որտեղ երևում է, որ երկմետաղը բաղկացած է միջուկից, որի սկզբնական շառավիղը r_0 է՝ ընթացիկը՝ r , եւ արտաքին շերտից, որի սկզբնական հաստությունը δ_0 է՝ ընթացիկը՝ δ : Միջուկը դիտարկում ենք որպես ձող, որի համար [1]-ում դուրս է բերված առանցքային ճնշման (p_z) փոփոխության հետեւյալ բանաձեւը՝

$$dp_z = 2 \frac{(Bp_z + (1+B)\sigma_h) dr}{r}, \quad (1)$$

որտեղ $B = f \cdot ctg\varphi$: Բարակ հատույթների մեթոդի ընդունելություններից է շառավիղային և անկյունային լարումների հավասարությունը $p_r = p_\theta$, որոնց համար Յուլեր-Միգեսի պլաստիկության

$$p_r = p_z + \sigma_h: \quad (2)$$

Արտաքին շերտի բարակության եւ շոշափող լարումների փոքրության պատճառով ընդունվում է, որ գլխավոր լարումներն են միջօրեական σ_m , շրջանային σ_θ եւ խողովակի մակերեսային նորմալ շառավիղային $\sigma_r = -p_r$ [2] լարումները: Այդ դեպքում պլաստիկության հոսունության տեսության հիման վրա σ_m -ի փոփոխության համար ստացվում է հետեւյալ արտահայտությունը՝

$$d\sigma_m = \frac{dr}{r} \left[c_1 \sigma_\theta - \frac{c_2 r p_r}{\delta} \cdot \frac{1}{k} - \sigma_m \left(1 + \frac{r}{\delta} \frac{d\delta}{dr} \right) \right], \quad (3)$$

որտեղ

$$c_1 = 1 + \frac{2 f r c t g \varphi}{2r + \delta k \cos \varphi}, \quad c_2 = \frac{f(2r - \delta k \cos \varphi)}{(2r + \delta k \cos \varphi) \sin \varphi}:$$

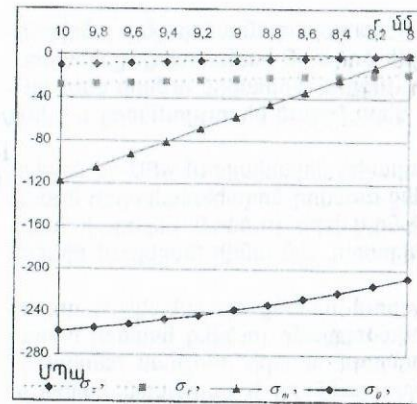
$d\delta$ արտաքին շերտի հաստության փոփոխությունը եւ σ_θ շրջանային լարումը որոշվում են

$$d\delta = -\frac{\delta(2p_r + \sigma_\theta + \sigma_m) dr}{r(2\sigma_\theta - \sigma_m + p_r)}, \quad (4)$$

$$\sigma_\theta = \frac{\sigma_m - p_r - Q}{2} \quad (5)$$

բանաձեւերով, որտեղ

$$Q = \sqrt{4\sigma_h^2 - 3\sigma_m^2 - 3p_r^2 - 6p_r \sigma_m}: \quad (6)$$



Նկ.2. Մամլամայրի կոնական մասում միջուկի եւ արտաքին շերտի լարումների բաշխման գրաֆիկները

դեպքում նույն հաշվարկները շատ արագ կատարել տարբեր մեխանիկական հատկություններ ունեցող նյութերի համար:

Նկ.2.-ից երևում է, որ համապատասխանաբար մեծ ամրություն ունեցող արտաքին

Շառավիղները կատարվել են երկմետաղ ձողի համար, որի միջուկը կապար է՝ $\sigma_h = 18$

ՄՊա եւ արտաքին շերտը արույր՝ $\sigma_h = 200$

ՄՊա: Տվյալ դեպքում արտաքին շերտը միջուկի համար կաղապար է հանդիսանում, որի ազդեցության տակ միջուկը դեֆորմացվում է: Միջուկի սկզբնական շառավիղը $r = 10$ մմ՝ արտաքին շերտի հաստությունը՝ $\delta = 2$ մմ, $\varphi = 15^\circ$: Բարակ շերտի դեպքում կարելի է ընդունել, որ նյութերի և արտաքին շերտի ու մամլամայրի միջուկի միջև գործակիցները հավասար են եւ տվյալ դեպքում ընդունվել են հավասար 0,1-ի: Խնդիրը լուծվել է MS EXCEL ծրագրի օգնությամբ, որը հնարավորություն է տալիս արդյունքները ներկայացնել մատչելի տեսքով (Նկ.2.) եւ անհրաժեշտության դեպքում նույն հաշվարկները շատ արագ կատարել տարբեր մեխանիկական հատկություններ ունեցող նյութերի համար:

շերտի լարումներն ավելի մեծ են քան փոքր ամրությամբ միջուկն:
Այսպիսով ստացվել են փափուկ նյութից միջուկով երկմետաղ ձողի կոնական մատրիցում մամլման գործընթացի հավասարումները, կազմվել է խնդրի լուծման ալգորիթն եւ MS EXCEL փաթեթի օգնությամբ ստացվել են երկմետաղ շերտերի լարվածային վիճակի բաղադրիչները:

Փրականություն

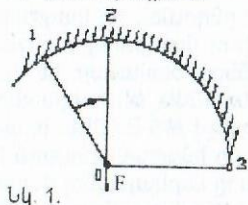
1. Խաչատրյան Յ. Ամրացող նյութից պատրաստված ձողերի կոնական մատրիցայում մամլման գործընթացի հետազոտությունը, մագիստրոսական ավարտական դիպլոմային աշխատանք: - Երևան. ԳՊՃՀ, 2003:
2. Томсен Э., Янг Ч., Кобаяши Ш. Механика пластических деформаций при обработке металлов. — М.: Машиностроение, 1969. — 503 с.

ՋՍՊԱՆԱԿՆԵՐԻ ՎՐԱ ՀԵՆՎԱԾ ՄԵԿ ՀԱՐՔՈՒԹՅԱՆ ՄԵՋ ՊՏԵԿՈՂ ԱՆԻՎԻ ՃԱՂԵՐՈՒՄ ԾԻՖԵՐԻ ՈՐՈՇՈՒՄԸ
Ա. Ասմանգուլյան

Գործնականում բազմաթիվ ձգման-սեղողման տակ աշխատող կոնստրուկցիաներում ձողերը դրված են լինում զսպանակների վրա: ՎՏՍ-ով այդ խնդիրների լուծումը զսպանակի կոշտության ճիշտ հաշվարկման տեսանկյունից կապված է որոշակի դժվարությունների հետ: [1]-ում զսպանակի կոշտությունը մտցված է կոնստրուկցիայի ընդհանուր կոշտության մատրիցի մեջ: Այդ դեպքում փոխվում է ստանդարտ գործողություններով կազմվող և խնդրի լուծման համար հիմնական դեր խաղացող կոնստրուկցիայի ընդհանուր կոշտության մատրիցի տեսքը: Որը խնդրի ծրագրավորման և ավտոմատացված լուծման տեսանկյունից այնքան էլ հիմնավորված չէ:

Մեր կարծիքով զսպանակի ազդեցությունը ստատիկորեն անորոշելի խնդիրների լուծման ժամանակ պետք է իրականացվի ձողային համակարգի ընդհանուր մատրիցի հավասարման հանգույցների վրա ազդող արտաքին ուժերի վեկտոր-սյունակի միջոցով {F}: Վերջինս չի ունենա վերը նշված թերությունները և կլինի ավելի ակնառու:

Աշխատանքի նպատակն է Mathcad ծրագրային միջավայրում ՎՏՍ-ով մշակել զսպանակի վրա հենված մի հարթության մեջ գտնվող ձողահամակարգի ձգման կամ սեղողման ստատիկորեն անորոշելի խնդիրների լուծման մեթոդ, ի հայտ բերել դրա առանձնահատկությունները և կիրառել այն անվի ճաղերում ճիգերի որոշման դեպքում:



Նկ. 1.

Դրա համար սկզբում առանց զսպանակի և դրանց տարրեր դասավորվածությամբ լուծվեց եռանդղ համակարգի (Նկ. 1) ձողերում ճիգերի որոշման խնդիրներ, երբ ձողերի երկարությունները և լայնական հատույթների մակերեսները համապատասխանաբար իրար հավասար են՝ $L=0.5$ մ, $A=2 \cdot 10^{-4}$ մ² և նյութի Յունգի մոդուլը $E=2 \cdot 10^6$ ՄՊա: Հետևաբար ձողերի կոշտության մատրիցի ընդհանուր գործակցի արժեքը [2] կլինի $C=AE/L=8 \cdot 10^7$ Ն/մ:

Ընդունենք նաև, որ O հանգույցում ազդում է $F=100$ կն ուժ (Նկ. 1):

Խնդիրը լուծվում է [2]-ում բերված մեթոդով՝ համակարգը բաժանվում է առանձին ձողային տարրերի, այդ տարրերը և դրանց հանգույցները համարակալվում

են: Որոշվում են ձողերի չափերը, X և Y առանցքների համակարգում նրանց դիրքը բնորոշող պարամետրերը, կազմվում են այդ տվյալների աղյուսակը, ձողերի և ամբողջ համակարգի ընդհանուր կոշտության մատրիցները: Օգտագործվում է ընդհանուր դիրքում գտնվող ձողի համար հանգույցային ուժերի (X_i, Y_i) և տեղափոխությունների (U_i, V_i) բաղադրիչների միջև հետևյալ մատրիցային կախվածությունը՝

$$[K]^e \{\delta^e\} = \{F^e\},$$

որտեղ $[K]^e$ -ը ընդհանուր դիրքում գտնվող ձողի կոշտության մատրիցն է՝

$$[K]^e = \frac{AE}{L} \begin{bmatrix} \ell^2 & \ell m & -\ell^2 & -\ell m \\ \ell m & m^2 & -\ell m & -m^2 \\ -\ell^2 & -\ell m & \ell^2 & \ell m \\ -\ell m & -m^2 & \ell m & m^2 \end{bmatrix},$$

$$L = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}, \quad \ell = \cos \alpha = (x_i - x_j)/L, \quad m = \cos \beta = (y_i - y_j)/L,$$

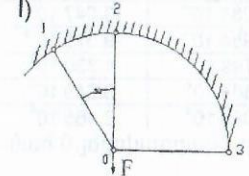
ℓ, m - ձողերի դիրքը որոշող պարամետրերն են:
Ամբողջ կոնստրուկցիայի կոշտության $[K]$ մատրիցը կազմելու համար օգտագործվում է վերադրման մեթոդը: $[K]$ մատրիցը հետևյալ կապն է հաստատում բոլոր հանգույցների $\{\delta\}$ տեղափոխությունների ու հանգույցների կիրառված արտաքին ուժերի $\{F\}$ վեկտոր-սյունակների միջև՝

$$[K] \cdot \{\delta\} = \{F\} \quad (1)$$

Ջսպանակի ազդեցությունը հաշվի է առնվում (1) մատրիցային հավասարման $\{F\}$ վեկտոր սյունակի միջոցով՝ համապատասխան հանգույցներին կիրառված արտաքին ուժերը փոխարինելով K կոշտություն ունեցող զսպանակն միջոցով ձողի վրա ազդող $X_i=K U_i$ և $Y_i=K V_i$ ուժերով: Այսինքն զսպանակն անշարժ հենարանը դարձնում է ընդկրկելի, և ձողերի ի ծայրերը ստանում է U_i, V_i անհայտ տեղափոխություն: Փաստորեն, ընդհանուր դեպքում անհայտ տեղափոխությունների թիվը, մեկ զսպանակի պատճառով, երկուսով ավելանում է:

Թվային հաշվարկները կատարելու համար ընդունենք, որ զսպանակի կոշտությունը $D=5$ անգամ մեծ է C-ից, այսինքն՝ $K=D \cdot C=5 \cdot 8 \cdot 10^7$ Ն/մ²: Այդ դեպքում, համաձայն (1) մատրիցային հավասարման, զսպանակների կոշտությունը հաշվի առնող գործակիցը կլինի $D=5$ -ի, իսկ մյուս անդամների գործակիցները կբաժանվեն $C=8 \cdot 10^7$ -ի:

Դիտարկված են խնդրի լուծման հետևյալ դեպքերը՝ առանց զսպանակի (I), զսպանակը տեղադրված միայն 1-ին հանգույցում(II), միայն 2-ում (III), միայն 3-ում (IV) և 1,2,3-րդ հանգույցներում մաժամանակ(V): Ներքևում բերված են նշված ձողահամակարգերի սխեմաները և (1)-ին հավասարումների համակարգից անջատված անհայտ հանգույցային տեղափոխությունների բաղադրիչներով արտահայտված համապատասխան հավասարումների համակարգերը՝



$$\begin{cases} 1.25 \cdot U_0 - 0.433 \cdot V_0 = 0 \\ -0.433 \cdot U_0 + 1.75 \cdot V_0 + 1.25 \cdot 10^{-3} = 0 \end{cases}$$

որտեղ U_0 և V_0 -ն O հանգույցի հորիզոնական և ուղղահայաց տեղափոխություններն են:

тел действуют контактное давление $p(\varphi)$ и касательное напряжение $\tau(\varphi)$, которые связаны между собой законом Кулона [1]:

$$\tau(\varphi) = f(P, T, V) p(\varphi), \varphi \in [-\alpha, \beta], \quad (1)$$

где $f(P, T, V)$ - коэффициенты трения, зависящие от давления P , температуры T и относительной скорости V .

Известно [2], что если угловая скорость цилиндра $\omega > 5$ рад/с, то температурное поле в рассматриваемом узле трения близко к осесимметричному. Исходя из этого, считаем, что температурное поле T_1 в цилиндре однородное, а его приращение $(T_1 - T_0)$ пропорционально средней мощности тепловыделения в контакте

$$T_1 - T_0 = \frac{\omega R}{\alpha + \beta} \int_{-\alpha}^{\beta} \tau(\varphi) d\varphi, \quad (2)$$

где K_1 - коэффициент пропорциональности; R - радиус цилиндра; T_0 - температура обоймы 3, удерживаемой постоянно. При таких предположениях во втулке 2 поля температуры T_+ , радиальных температурных перемещений u_T и нормальных напряжений σ_T определяются формулами [3]

$$T_2(r) = T_0 + (T_1 - T_0) \frac{\ln(b/r)}{\ln(b/a)}, a \leq r \leq b,$$

$$u_T(r) = \frac{1+\nu}{1-\nu} \alpha_0 \frac{1}{r} \int_a^r T_2(r) r dr + C_1 r + \frac{C_2}{r}, \quad (3)$$

$$\sigma_T(r) = -\frac{\alpha_0 E}{1-\nu} \frac{1}{r^2} \int_a^r T_2(r) r dr + \frac{E}{1+\nu} \left(\frac{C_1}{1-2\nu} - \frac{C_2}{r^2} \right),$$

где a и b - внутренний и внешний радиусы втулки; ν - коэффициент Пуассона; E - модуль Юнга; α_0 - коэффициент теплового расширения материала втулки; C_1 и C_2 - постоянные, определяемые из граничных условий

$$u_T(b) = 0, \sigma_T(a) = 0 \quad (4)$$

Условие равенства радиальных перемещений в зоне трения $r=a, \varphi \in [-\alpha; \beta]$ имеет вид

$$u_T + u_m + u_{yn}(\varphi) + u_{из} = \sqrt{e^2 - R^2 - 2er \cos \varphi} - a, \quad (5)$$

где u_m - перемещение, обусловленное деформацией поверхностного шероховатого слоя [1]:

$$u_m = A [p(\varphi)]^n, A > 0, 0 < \mu \leq 1 \quad (6)$$

$u_{yn}(\varphi)$ - упругое перемещение граничной точки u втулки, возникающее вследствие ее деформации, которое можно определить гипотезой Винклера [4]:

$$u_{yn} = (b-a) \frac{(1-2\nu)(1+\nu)}{(1-\nu)E} p \quad (7),$$

$u_{из}$ - перемещение, возникающее вследствие износа [1]:

$$u_{из} = B [p]^n t, B > 0, n > 1, \quad (8)$$

t - время, $e = O_1 O_2$ - расстояние между центрами O_1 и O_2 .

Уравнения равновесия цилиндра имеют вид

$$\int_{-\alpha}^{\beta} [p(\varphi) \sin(\varphi + \varphi_e) + \tau(\varphi) \cos(\varphi + \varphi_e)] d\varphi = 0,$$

$$R \int_{-\alpha}^{\beta} [p(\varphi) \cos(\varphi + \varphi_e) - \tau(\varphi) \sin(\varphi + \varphi_e)] d\varphi = F, \quad (9)$$

$$R^2 \int_{-\alpha}^{\beta} \tau(\varphi) d\varphi = M,$$

где ψ - угол, образующийся линией действия силы \vec{F} с линией, проходящей через центры O_1 и O_2 .

Граничные условия задачи в начале и конце области трения имеют вид $p(-\alpha) = 0, p(\beta) = 0$. (10)

Соотношения (1) - (10) образуют полную систему уравнений для определения основных неизвестных задачи, каковыми являются $p(\varphi), \tau(\varphi), \alpha, \beta, T_1, e, \psi$ и M .

Аналогичная задача в несколько другой постановке была рассмотрена в [5].

Литература

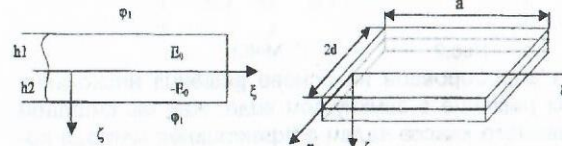
1. Крагельский И.В., Добычин М.Н., Комбалов В.С. Основы расчетов на трение и износ. -М.:Машиностроение, 1977. -526с.
2. Флоке А., Плей Д., Годе М. //Проблемы трения и смазки. -1977. - N 2. -С. 143-151.
3. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости. -М.:Наука, 1979. -560с.
4. Богатин О.Б., Мороз В.А., Тихонов А.Г. //Трение и износ. -1992. -Т.13, N1. -С.172-184.
5. Александров В.М., Коваленко Е.В. Журн. ПМТФ. -1985. -No3. -С.129-131.

НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ БИМОРФНОЙ ПЬЕЗОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ КОНСОЛЬНОЙ ПЛАСТИНКИ

М.Белубекян, М.Саркисян, Ю.Саноян

В современных прецизионных механизмах микроперемещений в качестве приводов используются пьезоэлектрические пластины. Особенно эффективно использование пьезоэлектрических пластин, выполненных по типу биморфа [1]. Пластины поляризованы по толщине, при коммутации электрического поля возникают изгибные деформации.

Рассматривается задача изгиба тонких пьезоэлектрических пластин, жестко скрепленных между собой лицевыми поверхностями. Пластины поляризованы по толщине. На обкладках биморфа заданы постоянные потенциалы,



Рис

т.е. электрическое поле постоянно, а обратный пьезоэлектрический эффект не учитывается (рис 1). Основные уравнения и граничные условия приведены в работах [2,3].

Уравнение изгиба пластины в указанной координатной системе имеет вид

$$\Delta^2 \tilde{W} = 0, \text{ где } \Delta = \frac{\partial^2}{\partial \eta^2} + \frac{\partial^2}{\partial \xi^2}.$$

Выражения для обобщенных изгибающих моментов и перерезывающих усилий для выбранной системы координат имеют вид:

- обобщенные изгибающие моменты:

$$M_\xi = -D \left(\frac{\partial^2 \tilde{W}}{\partial \xi^2} + \nu \frac{\partial^2 \tilde{W}}{\partial \eta^2} \right) + h_1 h_2 S E_0, \quad M_\eta = -D \left(\frac{\partial^2 \tilde{W}}{\partial \eta^2} + \nu \frac{\partial^2 \tilde{W}}{\partial \xi^2} \right) + h_1 h_2 S E_0;$$

- обобщенные перерезывающие усилия:

$$\tilde{N}_\xi = -D \frac{\partial}{\partial \xi} \left[\frac{\partial^2 \tilde{W}}{\partial \xi^2} + (2-\nu) \frac{\partial^2 \tilde{W}}{\partial \eta^2} \right], \quad \tilde{N}_\eta = -D \frac{\partial}{\partial \eta} \left[\frac{\partial^2 \tilde{W}}{\partial \eta^2} + (2-\nu) \frac{\partial^2 \tilde{W}}{\partial \xi^2} \right],$$

где $D = \frac{2h^3}{3} \left(C_{11} - \frac{C_{13}^2}{C_{33}} \right), \nu = \left(C_{12} - \frac{C_{13}^2}{C_{33}} \right) \left(C_{11} - \frac{C_{13}^2}{C_{33}} \right)^{-1}, S = \epsilon_{31} \left(1 - \frac{C_{13}}{C_{33}} \right).$

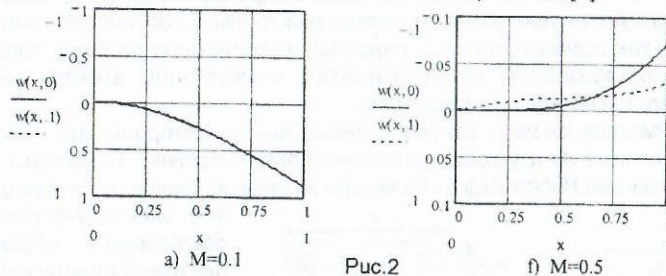
На основе анализа модельных задач предлагается решение задачи изгиба биморфной пьезоэлектрической пластины жестко защемленной по левому краю при следующих граничных условиях:

$$\tilde{W}(0, \eta) = 0, \quad \frac{\partial \tilde{W}}{\partial \xi}(0, \eta) = 0 \quad \text{при } \xi = 0,$$

$$\frac{\partial^2 \tilde{W}}{\partial \xi^2} + \nu \frac{\partial^2 \tilde{W}}{\partial \eta^2} = \beta, \quad \frac{\partial^3 \tilde{W}}{\partial \xi^2 \partial \eta} = 0 \quad \text{при } \xi = 1,$$

$$\frac{\partial^2 \tilde{W}}{\partial \eta^2} + \nu \frac{\partial^2 \tilde{W}}{\partial \xi^2} = \beta, \quad \frac{\partial^3 \tilde{W}}{\partial \eta^3} + (2-\nu) \frac{\partial^3 \tilde{W}}{\partial \xi^2 \partial \eta} = 0 \quad \text{при } \eta = \pm \alpha, 0 < \xi < 1,$$

где \tilde{W} - функция прогиба; β -параметр, определяющий изгибные моменты, обусловленные воздействием электрического поля; α -параметр, определяющий соотношение сторон пластины. Задача решается на основе разложения в ряды Фурье, исконая функция которой дана в работе [4].



Указанная форма решения апробирована на основе решения нескольких модельных задач, допускающих решение в замкнутом виде. Как мы считаем этот подход к решению указанного класса задач эффективнее метода конечных элементов, т.к. он позволяет точнее вычислить производные вто-

ТЕМПЕРАТУРА НА ВЕРШИНЕ ЛЕЗВИЯ РЕЖУЩЕЙ ПЛАСТИНЫ

А. Арзуманян, О. Манукян
Гюмри

Известно, что тепловые явления оказывают существенное влияние на работоспособность режущего инструмента и качество обработанных поверхностей. Экспериментальные методы определения температур при прерывистой обработке цветных металлов рубиновыми режущими пластинами, имея в виду диэлектрические способности корунда, - весьма трудоемкий процесс. Поэтому большое значение приобретают теоретические методы исследования, позволяющие рассчитать уровень температур в любых точках тел, участвующих в теплообмене.

Статья посвящена определению температуры на вершине режущего лезвия в зависимости от режимов резания и других параметров обработки.

Для решения тепловых задач в теплофизике наиболее часто применяют метод источников теплоты [1,2]. Метод основан на исследовании использования решений и принципов отражения источников и позволяет сравнительно просто определить интеграл, удовлетворяющим дифференциальному уравнению теплопроводности и условиям однозначности. В дальнейшем остается лишь произвести вычисление этого интеграла.

Сложные источники представляют в виде той или иной системы, состоящей из мгновенных точечных источников теплоты. Поэтому температурное поле, возникающее под действием источника сложной формы, получают методом суперпозиции полей, возникающих под действием каждого из мгновенных точечных источников. Математическое выражение, описывающее температурное поле, имеет вид

$$\Theta(x, y, z, t) = \frac{Q}{\lambda \sqrt{\omega} (4\pi t)^{3/2}} \exp \left[-\frac{R^2}{4\omega t} \right], \quad (1)$$

где Q - количество теплоты, внесенное в тело источником; t - время, прошедшее с момента теплового импульса; λ и ω - теплофизические характеристики материала; R - расстояние от места вспышки $J(x_u, y_u, z_u)$ до произвольной точки тела $M(x, y, z)$, и определяемое по формуле

$$R = \sqrt{(x - x_u)^2 + (y - y_u)^2 + (z - z_u)^2}. \quad (2)$$

Возникающий на передней поверхности режущей пластины из синтетического корунда источник теплоты имеет плоские двумерные прямоугольные размеры $b \times l$, равные площадке контакта стружки с передней поверхностью [1]. Длина контактной площадки в направлении схода стружки l и ее размер вдоль главной режущей кромки b равны

$$l = 2\alpha [k(t - tg\gamma) + \sec \gamma], \quad \alpha = s \sin \phi, \quad b = t / \sin \phi, \quad (3)$$

где α - толщина среза; k - коэффициент продольной усадки стружки; γ -

рого и третьего порядков, т.е. моменты сил и перерезывающие усилия.

На рис.2 представлены графики изгиба консольной пластины. Для пластин с соотношением сторон $\alpha=0.1$ изгиб можно считать цилиндрическим, однако при $\alpha=1$ прогибы края пластины и ее осевого сечения различны.

Л и т е р а т у р а

1. Ватульян А.О., Рынкова А.А. Изгибные колебания пьезоэлектрического биморфа с внутренним разрезным электродом // Прикл. механика и техн. физика. -2001. -N.1.- С.184-189.
2. Белубекян М.В., Карапетян М.Э., Саркисян М.Г. Устойчивость изгибной формы пьезоэлектрической биморфной пластинки // Изв. НАН АР. Механика. -2003.-Т.56, N.3. -С.30-36.
3. Belubekyan M.W., Mkrtychyan L., Sargsyan M.G. Deformation Control by Electric Field // Int. Conf. of ISTC. Conversion Potential of Armenia and ISTC Programs. -Yerewan 2000 Coauthors. National Academy of Sciences of Armenia.
4. Белубекян М.В., Саноян Ю.Г. Расчет изгиба пластинки-консоли // Изв. НАН АР. Механика. - 2004. -Т.57, N 3.