

ԳԱԶԱՏՐԱՆՍՊՈՐՏԱՅԻՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԻ ԷԼԵՄԵՆՏՆԵՐՈՒՄ ՀՈԳՆԱԾՍԱՅԻՆ ԵՎ
ՄԱԿԵՐԵՎՈՒԹԱՅԻՆ ՊԼԱՍՏԻԿ ԴԵՖՈՐՄԱՑՄԱՆ ԳՈՐԾԸՆԹԱՑՆԵՐԻ ՀԱՄԱԼԻՐ
ՀԵՏԱԶՈՏՈՒՄ

Միհրան Գրիգորի Ստակյան*, Նարինե Վիլիկի Փիրումյան,
Անգին Վիկտորի Մարտիրոսյան, Աշոտ Յուրիի Մաֆարյան

Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան, ք. Երևան, ՀՀ

*stakyan.mihran@yandex.ru

Դիտարկվում են գազատրանսպորտային համակարգի մայրուղային խողովակաշարերի եռակցված կարերում ընթացող ցիկլային երևույթները, որոնք որոշակի աշխատաժամանակից հետո կարող են հանգեցնել կարերի հոգնածային քայքայումների և դադարեցնել բնականոն գազամատակարարումը: Նշված երևույթները բացատրելու նպատակով առաջադրված է եռակցված կարերի կրողունակության բարձրացման տեխնոլոգիա, որը կատարվում է շրջազրոմամբ գործող հոլովակային ամրացնող սարքով: Սարքում տեղակայված այլ մեխանիզմով կատարվում է նաև ամրացված շերտի երեսապատում հակակոռոզիոն ծածկույթով: Տվյալ աշխատանքում նախկին հետազոտությունների վերլուծությամբ և եռակցված կարերի պլաստիկ ամրացված շերտերում ենթամակերևութային միկրոկարծրությունների բազմաքանակ չափումներով կատարված է ազդող գործոնների ցուցանիշների գնահատում և ֆունկցիոնալ կապերի ձևակերպում, որոնք բազմապարամետրական բնույթ են կրում: Արդյունքում հնարավոր է գնահատել հետազոտվող նյութերի և երևույթների համալիր ազդեցությունը ցուցանիշների օպտիմալ արժեքները ստանալու նպատակով:

Բանալի բառեր. գազատրանսպորտային համակարգ, խողովակաշար, եռակցված կար, մակերևութային ամրացման պլաստիկ դեֆորմացիա, հոգնածային դիմադրություն, գործոնների համալիր գնահատում

Ներածություն

Գազատրանսպորտային համակարգի (ԳՏՀ) նախագծման, պատրաստման և տեղակայման արդի վիճակը բնութագրվում է կոնստրուկցիայի թողարկման ծավալների կտրուկ աճով, որակի ցուցանիշների անշեղ բարձրացմամբ և բնական գազի սպառման շուկաներում մրցակցային պայմանների տարեցտարի խստացմամբ: Նշված պահանջները ենթադրում են համակարգի ստեղծման և իրացման ողջ գործընթացում կատարել յուրաքանչյուր առանձին միջոցառման կատարելագործում, որոնց մեջ հատկապես առանձնանում են կոնստրուկցիոն տարրերի պատրաստման և վերջնամշակման գործընթացները, որոնք և ձևավորում են պատասխանատու էլեմենտների աշխատանքային մակերևույթների աշխատունակության անհրաժեշտ ցուցանիշները:

Արդի շրջանում արտադրանքի զանգվածային և խոշոր խմբաքանակներով թողարկումը և արտադրության կազմակերպմանն առնչվող ֆինանսական ծախսերի մեծացումը պահանջներ են առաջադրում կատարված հետազոտությունների համալիր դասակարգմամբ մշակել կոնստրուկտորատեխնոլոգիական մեթոդիկա, որն ընդհանրացնելով կատարված հետազոտությունների արդյունքները, հնարավորություն կընձեռի մի շարք գործողությունների համալիր գնահատմամբ իրականացնել հետևյալ ընթացակարգերը.

- կոնստրուկցիայի պատասխանատու էլեմենտներում համեմատաբար էժան՝ միջին ածխածնային և ցածր լեզիրված կոնստրուկցիոն պողպատների ընտրություն և ամրացման տեխնոլոգիաների կիրառում,
- ամրացված էլեմենտների ենթամակերևութային շերտերում մնացորդային սեղմող լարումներով և բարձր միկրոկարծրությամբ օպտիմալ խորության ստեղծում, որը զգալիորեն կբարձրացնի հոգնածային դիմադրությունը և մաշակայունությունը,
- ամրացման գործընթացի համալիր մաթեմատիկական մոդելի և փոխկապակցված ֆունկցիոնալ կապերի ստեղծում:

Նյութեր և մեթոդներ

Նշված հիմնախնդիրն իրականացնելու համար անհրաժեշտ է քննարկել հետևյալ հարցերը.

1. ուսումնասիրել աշխատանքային մակերևույթների միկրոերկրաչափական պարամետրերի օպտիմիզացման գործընթացները մակերևութային պլաստիկ դեֆորմացման (ՄՊԴ) մեթոդի կիրառմամբ և դրանց ազդեցությունն էլեմենտների աշխատունակության հիմնական ցուցանիշների վրա,
2. ամրացման տեխնոլոգիական պարամետրերի և դեֆորմացված մակերևութային շերտերի ֆիզիկամեխանիկական ցուցանիշների միջև ֆունկցիոնալ կապերի բացահայտման նպատակով մշակել ամրացված գլանական մակերևութային շերտերի միկրոկարծրությունների չափման մեթոդիկա և գրաֆիկական սխեմա՝ ըստ դեֆորմացված շերտերի խորացման չափի,
3. նախկին և առկա հետազոտություններում ստացված տվյալների հիման վրա ձևավորել և դուրս բերել բազմապարամետրական ֆունկցիոնալ կապեր էլեմենտների նյութագիտական և երկրաչափական ցուցանիշների, ամրացման տեխնոլոգիաների պարամետրերի և դեֆորմացված մակերևութային շերտերի ֆիզիկամեխանիկական ցուցանիշների խմբերի միջև:

Հետազոտության գիտամեթոդական հիմքը՝ դա պատասխանատու էլեմենտներում ՄՊԴ տեխնոլոգիաների և ամրացված մակերևութային շերտերում ընթացող ֆիզիկամեխանիկական գործընթացների ուսումնասիրումը և տեսական նկարագրումն է: Հետազոտության տեսական մասը հիմնված է կոնստրուկցիոն մեխանիկայի և մաթեմատիկական վիճակագրության դրոյթների վրա, որոնք թույլ են տալիս ներկայացնել նշված գործընթացների մաթեմատիկական մոդելները:

Այդ նպատակով օգտագործվել են ստանդարտ համակարգչային ծրագրեր (*Wolfram Mathematica* և *այլն*), որոնցում օպտիմալ լուծումներ առաջադրելու համար ընդգրկված են նաև լրացուցիչ ենթածրագրեր [1, 2]:

Կիրառված է նաև համակարգային վերլուծության մեթոդը, ըստ որի դասակարգվել և ընտրվել են առավել գործնական նշանակություն ունեցող տարբերակները, որոնց համար կարելի է ստանալ բազմապարամետրական ֆունկցիոնալ կապեր:

Արդյունքներ և քննարկում

Ինչպես վկայում են կոտրվածքաբանական և տեխնիկական արատաորոշման հետազոտությունները, կոնստրուկցիոն համակարգերում վնասվածքների զգալի մասը (մոտ 75%-ը) հոգնածային բնույթ է կրում, որի պատճառով առաջնային է դառնում տարրերի հոգնածային դիմադրության բարձրացման համալիր միջոցառումների կիրառումը: Այս տեսակետից կարևոր նշանակություն է ստանում հաշվանախագծային և տեխնոլոգիական գործընթացների համալիր ուսումնասիրումը: Առաջին դեպքում անհրաժեշտություն է դառնում հաշվարկներում քվանտիլային հոգնածային գծերի հավասարումների օգտագործումը, որը թույլ է տալիս հուսալիության գնահատումներում ցիկլային ամրության և երկարակեցության ցուցանիշները ներկայացնել չքայքայման հավանականության տրված մակարդակով, իսկ երկրորդ դեպքում՝ ԳՏՀ-ի էլեմենտներում ՄԴՊ-ի կիրառումը, որը տեխնոլոգիապես հեշտ իրականացվող և տնտեսապես ընդունելի մեթոդ է և թույլ է տալիս ցիկլային ամրության ցուցանիշները բարձրացնել 1,5...2,0 անգամ, իսկ երկարակեցության ցուցանիշները 2...4-ի սահմաններում:

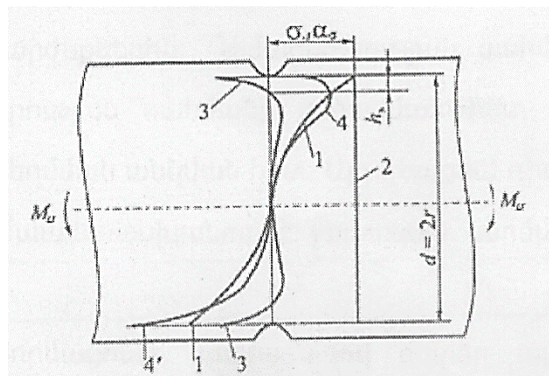
Տվյալ ոլորտում կատարված աշխատանքները հիմնականում վերաբերվել են որոշակի դասի կոնստրուկցիաների և տեխնոլոգիական սարքավորումների պատասխանատու էլեմենտների և հանգույցների կրողունակության բարձրացման նպատակով ամրացման նոր տեխնոլոգիաների առաջադրմանը, սարքավորումների և դեֆորմացնող գործիքների կոնստրուկցիաների մշակմանը, ներգործման ֆիզիկական մեթոդների ընդլայմանը և դրանց համակցված կիրառմանը: Համեմատաբար քիչ են ուսումնասիրված մակերևութային շերտերում ամրացման երևույթների օրինաչափությունները, որոնք կարևոր նշանակություն ունեն տրված ծառայության ժամկետում աշխատանքային մակերևութների կրողունակության ապահովման, ինչպես նաև կոռոզիոն, շփական և հոգնածային ներգործումները (առանձին կամ համատեղ) հնարավորինս նվազացնելու և որպես արդյունք՝ մակերևութային վնասվածքները շերտի խորությամբ ներթափանցմանը դիմակայելու տեսակետից [3, 4]:

Տվյալ հետազոտության թեմայով ՃՇՀԱՀ-ում նախագծված է մայրուղային գազատարներում եռակցված կարերի մակերևութային ամրացման համար նախատեսված և շրջալուրման սկզբունքով գործող հոլովակային ամրացնող սարքի կոնստրուկցիան, որը նաև երեսապատում է ամրացված շերտը հակակոռոզիոն ծածկույթով: Նշված երկու միջոցառումները (կոնստրուկցիա և ամրացման տեխնոլոգիա) արտոնագրված են Հայաստանում [5, 6]:

Նշված միջոցառումների համալիր և տարբեր գույքորդումներով դիտարկումը, ինչպես նաև դրանցից որևէ մեկի առաջնայնության ընդունումը կոնստրուկցիաների նախագծման և խոշոր խմբաքանակներով թողարկման պայմաններում առաջադրում են այդ գործընթացների մաթեմատիկական մոդելավորում և դիտարկվող միջոցառումների ցուցանիշների օպտիմալացում: Դա թույլ կտա բնագավառի հետազոտություններում հիմնախնդիրների լուծման համար ընդունված դիֆերենցիալ սկզբունքից անցում կատարել նշված միջոցառումների համալիր և համակարգված մեթոդիկային, բացահայտել դիտարկվող պարամետրերի միջև ֆունկցիոնալ կապեր և առաջադրել ամրացման օպտիմալ գործընթացներ:

Յուրաքանչյուր առանձին դեպքում ամրացման եղանակի ընտրությունը պահանջում է լարվածային վիճակի և մնացորդային լարումների բնույթի մանրակրկիտ հետազոտում լարումների կուտակիչների տարբեր տիպերի առկայության դեպքում: Այդ պատճառով ամրության բարձրացման օպտիմալ մեթոդի և դրա պարամետրերի որոշումը կայացվում է բնապայման փորձարկումների հիմքի վրա, որոնք նմանակում են էլեմենտների աշխատանքի պայմանները, հաշվի առնելով մնացորդային լարումների փաստացի բաշխումը լարումների կուտակիչի տվյալ տիպի դեպքում (նկ. 1):

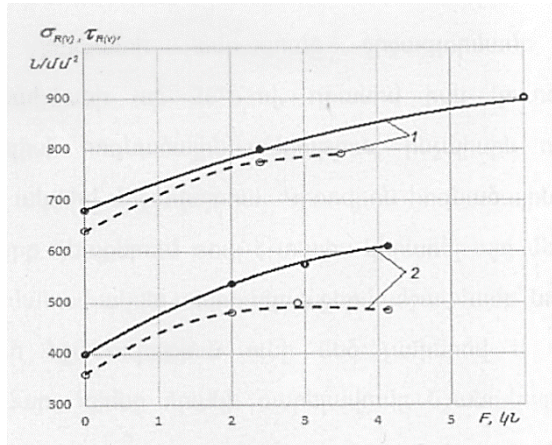
Տվյալները ցույց են տալիս, որ պողպատի դիմացկունության սահմանի վրա այնպիսի գործոնների ազդեցությունը, ինչպիսիք են՝ պոկման դիմադրությունը, պլաստիկությունը և լարումների կուտակիչների նկատմամբ զգայունությունը, սերտ կապված և փոխապայմանավորված են: Այս դեպքում մեծ նշանակություն ունեն նաև միկրոկառուցվածքի յուրահատկությունները՝ դրա համասեռությունը, կազմվածքը (մարտենսիտային կամ տրոստիտային) և մետակայունությունը, ոչ մետաղական հավելանյութերի առկայությունը և պինդ լուծույթում ածխածնի պարունակությունը [7-9]:



Նկ. 1. Լարումների կուտակիչով էլեմենտի մակերևութային ամրացման սխեմատիկ տեսքը.

1 – չամրացված էլեմենտի սահմանային աշխատանքային էլյուրը, 2 – չամրացված էլեմենտի ամրության մակարդակը, 3 – մնացորդային սեղանող լարումների բաշխումը մակերևութային դեֆորմացումից հետո, 4 և 4՝ - 1 և 3 էլյուրների գումարային արդյունքն ամրացումից հետո

$\sigma_{R(v)}$, $\tau_{R(v)}$ դիմացկունության սահմանների աճի վրա զգալի ազդեցություն ունեն նաև ամրացման տեխնոլոգիական պարամետրերը (V, S, t, F) և հատկապես F նորմալ ուժը, որի օպտիմալ արժեքի դեպքում կարելի է ստանալ այդ սահմանների առավելագույն արժեքները (նկ. 2):



Նկ. 2. Տարբեր միկրոկառուցվածքային 45XH կոնստրուկցիոն պողպատի ցիկլային ծռման ($\sigma_{R(v)}$, կոր 1) և ցիկլային ուրրման ($\tau_{R(v)}$, կոր 2) դիմացկունության սահմանների փոփոխությունները շրջազրորման F ուժից. \circ – մարտենսիտային, \bullet – տրոստիտային միկրոկառուցվածքներ

Ամրացված էլեմենտների հոգնածային դիմադրության աճը, որը պայմանավորված է մնացորդային սեղմող լարումների առաջացմամբ և դեֆորմացված շերտի հատկությունների բարենպաստ համակազմով, էլեմենտի առավելագույն ամրացման սահմաններում հասանելի է դառնում նյութի մակերևութային շերտերի դիմադրության, մինչև կրիտիկական երկարությամբ հոգնածային ճաքերի առաջացման, իսկ դրանց կրիտիկական երկարության դեպքում՝ ճաքերի արդյունավետ արգելակման շնորհիվ:

Հոգնածային դիմադրության բնութագրերը որոշելու համար օգտագործում են քվանտիլային հոգնածային գծերի ընտանիքի հավասարումները, որոնց պարամետրն է չքայքայման հավանականության $P(N)$ մակարդակը, ներկայացված $P(z)$ նորմալ բաշխման նորմավորված ֆունկցիայի z_p քվանտիլով և որոնք ունեն հետևյալ տեսքը [3].

- $N \leq 5 \cdot 10^6$ տիրույթում (քվանտիլային գծերի ձախ հատվածը).

$$N \leq N_{G(v)}, \quad \lg N = (\lg \bar{N}_v + z_p S_{Nr(v)}) - (\bar{m}_{(v)} + z_p S_{m(v)})(\lg \sigma - \lg \bar{\sigma}_{(v)}) = C_{(v)} - m_{(v)} \lg \sigma, \quad (1)$$

- $N > 5 \cdot 10^6$ տիրույթում (քվանտիլային գծերի աջ հատվածը).

$$N > N_{G(v)}, \quad \lg N_{G(v)}, \quad \lg \bar{\sigma}_{R(v)} = (C_{(v)} - \lg N_{G(v)}) / m_{(v)}: \quad (2)$$

(1)-(2) – ում բերված են հետևյալ մեծությունները.

$$m_{(v)} = \bar{m}_{(v)} + z_p S_{m(v)}, \quad C_{(v)} = \bar{C}_{(v)} + z_p S_{C(v)}, \quad \bar{m}_{(v)} = \bar{r}_{(v)} / S_{N(v)}^2, \\ \bar{C}_{(v)} = \bar{m}_{(v)} \lg \bar{\sigma}_{(v)} + \lg N_{(v)}, \quad S_{Nr(v)} = S_{N(v)} \sqrt{(1 - r_{(v)}^2)(n - 1) / (n - 2)}, \quad (3)$$

$$S_{m(v)} = (S_{N(v)} / S_{\sigma(v)}) \sqrt{(1 - r_{(v)}^2)(n - 2)}, \quad S_{C(v)} = S_{Nr(v)} + S_{m(v)} \lg \sigma_{(v)}:$$

Կատարելով համապատասխան ձևափոխություններ՝ $N_{G(v)}$ -ի համար, համաձայն (1)-(3)-ի կստացվի.

$$\lg N_{G(v)} = \lg \bar{N}_{G(v)} + z_p (S_{C(v)} - S_{m(v)} \lg \sigma_{R(v)} - \bar{m}_{(v)} S_{\sigma R(v)}) = \lg \bar{N}_{G(v)} + z_p S_{NG(v)}$$

$$\text{կամ } \lg N_{G(v)} = \lg \bar{N}_{G(v)} + z_p (S_{C(v)} - S_{m(v)} \lg \bar{\sigma}_{R(v)} - m_{(v)} S_{\sigma R(v)}) = \lg \bar{N}_{G(v)} + z_p \hat{S}_{NG(v)}, \quad (4)$$

որտեղ $N_{G(v)}$ -ի ընդհանրական միջին քառակուսային շեղումը՝

$$s_{NG(v)} = (s_{C(v)} - s_{m(v)} \lg \sigma_{R(v)} - \bar{m}_{(v)} s_{\sigma_{R(v)}})$$

կամ $s_{NG(v)} = (s_{C(v)} - s_{m(v)} \lg \bar{\sigma}_{R(v)} - m_{(v)} s_{\sigma_{R(v)}}):$ (5)

Նույն ձևով՝

$$\lg \sigma_{R(v)} = \lg \bar{\sigma}_{R(v)} + z_p s_{\sigma_{R(v)}}: \quad (6)$$

Աշխատանքի նպատակն է ի հայտ բերել ամրացման էֆեկտի գումարային ազդեցությունն էլեմենտների երկրաչափական պարամետրերի, ձևերի, մակերևութային անհարթությունների և վերջնական արդյունքում դրանց դիմացկունության միջնարժեքային սահմանի վրա, ինչպես նաև որոշելու ամրացման տեխնոլոգիայի օպտիմալ ռեժիմները՝ հոգնածային դիմադրության գործակիցների տրված արժեքների դեպքում: Հաշվի առնելով տարբեր գործոնների ազդեցության ողջ տիրույթը և նախկինում կատարված լայնածավալ հետազոտությունները՝ որպես էլակետային վերցվել և դասակարգվել են փորձարկումների այն տեսակները, որոնք վերաբերում են առավել շատ օգտագործվող 40X մակնիշի կոնստրուկցիոն պողպատից (ջերամշակումը՝ նորմալիզացում, $\sigma_B = 920 \text{ ՄՊա}$, $HB = 215...250$) պատրաստված էլեմենտներին, որոնց աշխատանքային մակերևութները ենթարկվել են պլաստիկ շրջազլորման և փորձարկվել են ցիկլային ծոմամբ կամ համատեղ ծոմամբ և ոլորմամբ ([10-13], հոգնածային փորձարկումների մոտ 665 խմբաքանակներ), որոնցից ընտրված են առավել նշանակալից 64-ը, որոնք դասակարգված են ըստ d տրամագծի, $\bar{\alpha}_\sigma$ լարումների կուտակման գործակցի և Δh ամրացման շերտի խորության [14]:

Արդյունքում ստացվել են քվանտիլային հոգնածային զծերի 64 ընտանիքների հավասարումներ: Նշված փորձարկումները դասակարգված են ըստ հետազոտված գործոնների (նյութագիտական, կոնստրուկցիոն, տեխնոլոգիական, շահագործական) համատեղ և տարբեր զուգորդումներով ազդեցության, որը նախկինում համակարգված բնույթ չի կրել: Բացահայտվել են այդ գործոնների ցուցանիշների տարաբնույթ և փոխադարձ ֆունկցիոնալ կապերը: Նման մոտեցումը կարևոր նշանակություն ունի նախագծման փուլում ցուցանիշների հիմնավորված արժեքների կիրառման նպատակով, որոնք ընտրված են ըստ գործոնի առաջնայնության, իսկ մնացածները՝ ըստ հաջորդականության և որն էլ կապահովի գազատարի օպտիմալ կոնստրուկցիայի մշակումը: Այդ կապակցությամբ առաջադրված է բազմապարամետրական ֆունկցիոնալ կապ [12]՝

$$\Phi_1[(F, V, S), (d, \alpha_\sigma), (\Delta h, HV, HV_{max}), (R_a R_z, R_{max}), (\bar{C}_{(v)}, \bar{m}_{(v)}, \lg N_{G(v)}, \sigma_{R(v)})] = 0, \quad (7)$$

որը փոխարինված է պարամետրական հավասարումների համակարգով՝

$$\begin{aligned} \Delta h &= f_1(F, V, S), & HV &= \varphi_1(\Delta h), & \bar{C}_{(v)} &= \varphi_6(\bar{m}_{(v)}), \\ HV_{max} &= f_2(F, V, S), & HV_{max} &= \varphi_2(\Delta h), & \bar{m}_{(v)} &= \varphi_7(HV_{max}), \\ R_a &= f_3(F, V, S), & \bar{\sigma}_{R(v)} &= \varphi_3(\Delta h, d, \alpha_\sigma), & \bar{m}_{(v)} &= \varphi_8(\Delta h), \\ R_z &= f_4(F, V, S), & d &= \varphi_4(\bar{\sigma}_{R(v)}, \alpha_\sigma, \Delta h), & \bar{\sigma}_{R(v)} &= \varphi_9(\lg \bar{N}_{G(v)}), \\ R_{max} &= f_5(F, V, S), & \bar{m}_{(v)} &= \varphi_5(\bar{\sigma}_{R(v)}), & \lg \bar{N}_{G(v)} &= \varphi_{10}(\Delta h): \end{aligned} \quad (8)$$

Հավասարումների (8) համակարգի կիրառմամբ ցիկլային երկարակեցությունների հաշվարկներ կատարելու համար անհրաժեշտ է օգտագործել հոգնածային զծերի հավասարումների

$\bar{m}_{(v)}$, $\bar{C}_{(v)}$, $\bar{\sigma}_{R(v)}$ և $\bar{N}_{G(v)}$ պարամետրերին առնչվող ֆունկցիոնալ կապերը: Այդ պարամետրերի առաջնայնության սկզբունքը թելադրվում է իրականացվող հետազոտության շրջանակներում կոնստրուկցիոն տարրերի հոգնաձային դիմադրության վրա գործոններից (հաշվանախագծային, տեխնոլոգիական, շահագործական) որևէ մեկի ազդեցության գերակայության հաշվառման դեպքում: Օրինակ, $\bar{\sigma}_{R(v)} = \varphi_9(\lg \bar{N}_{G(v)})$ ֆունկցիայի համար հնարավոր են արգումենտի և պարամետրերի առաջնայնության զուգորդումների հետևյալ տարբերակները.

1. $(\lg \bar{N}_{G(v)}, \alpha_\sigma, d, \Delta h)$, 3. $(\lg \bar{N}_{G(v)}, d, \alpha_\sigma, \Delta h)$, 5. $(\lg \bar{N}_{G(v)}, \Delta h, \alpha_\sigma, d)$,
 2. $(\lg \bar{N}_{G(v)}, \alpha_\sigma, \Delta h, d)$, 4. $(\lg \bar{N}_{G(v)}, d, \Delta h, \alpha_\sigma)$, 6. $(\lg \bar{N}_{G(v)}, \Delta h, d, \alpha_\sigma)$,
- (9)

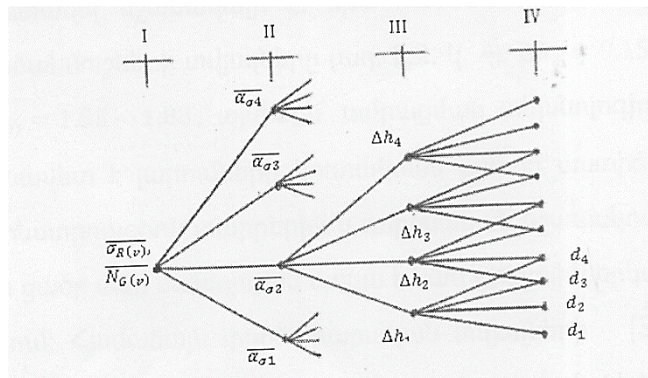
որոնցից յուրաքանչյուրը համապատասխանում է հոգնաձային դիմադրության հետազոտման որոշակի դեպքին: Դիտարկված են (9)-ի 1 և 2 տարբերակները, որոնցում ՄՊԴ-ի կիրառման դեպքում առաջնայնություն է տրվում էլեմենտի (հանգույցի) եզրագծի տեսքին (α_σ) և կոնստրուկտիվ չափերին (d):

Օգտագործելով նախկինում կատարված փորձարարական ուսումնասիրությունների նշանակալի ծավալը, կազմված է (3) պարամետրերի տվյալների բազա՝ առավել շատ կիրառվող 40X մակնիշի կոնստրուկցիոն պողպատի համար: Թվով 64 քվանտիլային հոգնաձային զծերի հավասարումների $\bar{\sigma}_{R(v)}$, $\bar{C}_{(v)}$, $\bar{m}_{(v)}$, $\lg \bar{N}_{G(v)}$ գուգանիշները դասակարգված են ըստ α_σ , Δh և d պարամետրերի (նկ. 3)՝

$\alpha_{\sigma 1} = 1,00 \dots 1,05,$	$\bar{\alpha}_{\sigma 1} \approx 1,00,$	$\Delta h_1 = 0,$	$d_1 = 7,5 \text{ մմ},$
$\alpha_{\sigma 2} = 1,06 \dots 1,50,$	$\bar{\alpha}_{\sigma 2} \approx 1,25,$	$\Delta h_2 = 0,05 \text{ մմ},$	$d_2 = 10 \text{ մմ},$
$\alpha_{\sigma 3} = 1,51 \dots 2,00,$	$\bar{\alpha}_{\sigma 3} \approx 1,75,$	$\Delta h_3 = 0,10 \text{ մմ},$	$d_3 = 15 \text{ մմ},$
$\alpha_{\sigma 4} = 2,01 \dots 3,50,$	$\bar{\alpha}_{\sigma 4} \approx 2,75,$	$\Delta h_4 = 0,15 \text{ մմ},$	$d_4 = 20 \text{ մմ}:$

(10)

Դիտարկվող տրամագծային միջակայքը համապատասխանում է հոգնաձային փորձարկումներում օգտագործված փորձանմուշների չափերին, որոնք հիմնականում վերցված են $d = 7,5, 10$ և 15 և $20,0 \text{ մմ}$ արժեքներով՝ ելնելով կիրառված ստանդարտ հոգնաձային փորձարկման սարքավորումների հնարավորություններից: Դեֆորմացված շերտի $\Delta h = 0,05 \dots 0,15 \text{ մմ}$ խորությունը ստացվում է փորձանմուշների մակերևույթները



Նկ. 3. $\bar{\sigma}_{R(v)} = \varphi_9(\lg \bar{N}_{G(v)})$ ֆունկցիայի արգումենտի և պարամետրերի առաջնայնության սխեման (9)–ի կ. 2–ի համար, ըստ I, ..., IV մակարդակների՝ ($\bar{N}_{G(v)} - \alpha_\sigma - \Delta h - d$)

$V = 52,2$ մ/ր, $F = 100 \dots 500$ Ն և $S = 0,050 \dots 0,155$ մմ/պտ ամրացման ռեժիմով մշակելու դեպքում:

Արտադրական պայմաններում առավելագույն արդյունքի հասնելու նպատակով F -ի մեծությունը կարելի է ավելի բարձր վերցնել, որն էլեմենտների $d = 20 \dots 60$ մմ տրամագծերի դեպքում հիմնավորված է: Տվյալ հետազոտության շրջանակում փորձանմուշների $d = 7,5 \dots 20$ մմ տրամագծերի համար F -ի արժեքները սահմանափակված են լայնական մնացորդային դեֆորմացիաներից և տրամագծերի փոփոխություններից խուսափելու պայմաններից ելնելով, սակայն նույնիսկ F -ի նշված արժեքների դեպքում ակնհայտ են էլեմենտների ամրության և երկարակեցության աճի միտումները:

Տվյալների քանակական գնահատումները, որոնք իրականացված են ցիկլային ամրության և երկարակեցության հարաբերական մեծություններով ($\delta\bar{\sigma}_{R(v)} = \bar{\sigma}_{R(v)} / \bar{\sigma}_R$, $\delta\bar{N}_{G(v)} / \bar{N}_G$), բացահայտում են ՄՂԴ-ի դրական ազդեցությունն այդ չափանիշների վրա (*աղյուսակ*):

Եթե հարթ փորձանմուշների համար $\Delta h_4 = 0,15$ մմ -ի դեպքում՝ $\delta\bar{\sigma}_{R(v)} = 1,16 \dots 1,27$, ապա $\bar{\alpha}_{\sigma 4}$ - համար այդ աճը հասնում է $\delta\bar{\sigma}_{R(v)} = 1,53 \dots 1,88$: Մյուս էական փոփոխությունը բացահայտվում է հարթ և լարումների կուտակիչներով փորձանմուշների տվյալների համեմատման դեպքում: Եթե չամրացված փորձանմուշների համար նշագրված է $\delta\bar{\sigma}_{R(v)} = 0,38 \dots 0,43$ արժեքների միջակայքը, ապա ՄՂԴ-ի դեպքում այն հասնում է $\delta\bar{\sigma}_{R(v)} = 0,67 \dots 0,70$, ապահովելով ամրության մոտ 27 % աճ (*աղյուսակ, կկ. 5, \dots, 8*): Այդ աճն առավել նշանակալի է, եթե համեմատվում են լարումների զգալի կուտակիչներով փորձանմուշների տվյալները (*աղյուսակ, կ. 4*). $\Delta h_4 = 0,15$ մմ-ի դեպքում այն հասնում է $\delta\bar{\sigma}_{R(v)} = 1,53 \dots 1,88$, այսինքն՝ ամրացման տեխնոլոգիայի ազդեցությունը հատկապես արդյունավետ է լարումների կուտակման բարձր աստիճանի դեպքում, որը բնորոշ է իրական կոնստրուկցիոն տարրերին և գործնական նշանակություն ունի:

Համեմատաբար ցածր աճի մակարդակ առկա է նաև ցիկլային երկարակեցությունների գնահատման դեպքում: Համաձայն փորձարարական տվյալների [10-12], $\bar{N}_{G(v)}$ -ի զգալի աճ հանդես է գալիս իրական կոնստրուկցիաներում Δh_i -ի բարձր արժեքների դեպքում ($\bar{N}_{G(v)} = (8 \dots 12) \cdot 10^6$), սակայն լարումների կուտակիչների առկայության պարագայում $\bar{N}_{G(v)}$ -ն, որպես կանոն, հարթ փորձանմուշների նկատմամբ որոշակիորեն ցածր է, որն էլ առկա է նաև ներկա հետազոտությունում:

Աղյուսակ

Փորձանմուշների հարաբերական ցիկլային ամրության և երկարակեցության փոփոխությունները

N°	$\bar{\alpha}_{\sigma}$	$\Delta h, \text{ մմ}$	$d_1, \dots, d_4, \text{ մմ}$	$\delta\bar{\sigma}_{R(v)}$	$\delta\bar{N}_{G(v)}$
Նույն $\bar{\alpha}_{\sigma}$ -ի, բայց $\Delta h_i = 0, 0,05, 0,10$ և $0,15$ մմ-ի դեպքում					
1	1,00	0	7,5...20,0	1,0	1,0
		0,05		1,01...1,07	0,48...0,64
		0,10		1,06...1,15	0,55...0,63
		0,15		1,16...1,27	1,04...1,51
2	1,25	0		1,0	1,0
		0,05		1,04...1,29	0,86...0,96
		0,10		1,06...1,33	0,83...0,96
		0,15		1,15...1,38	0,77...0,90

Աղյուսակի շարունակություն

3	1,75	0		1,0	1,0
		0,05		1,05...1,31	0,61...0,79
		0,10		1,16...1,43	0,67...0,84
		0,15		1,26...1,54	0,70...0,86
4	2,75	0		1,0	1,0
		0,05		1,31...1,54	0,79...0,83
		0,10		1,39...1,69	0,84...0,88
		0,15		1,53...1,88	0,88...0,91
Հարթ ($\bar{\alpha}_{\sigma_1} = 1,00, \Delta h_1 = 0$) և լարումների զգալի կուտակիչով ($\bar{\alpha}_{\sigma_4} = 2,75$) փորձանմուշների տվյալների համեմատման դեպքում					
5	1,00	0	7,5...20,0	0,38...0,43	0,64...0,81
6		0,05		0,56...0,58	0,52...0,64
7		0,10		0,59...0,63	0,54...0,70
8		0,15		0,67...0,70	0,59...0,73

Այն զգալի է հարթ փորձանմուշների փորձարկումներում՝ $\delta \bar{N}_{G(v)} = 1,04...1,51$, $\bar{\alpha}_{\sigma_4} = 2,75$ -ի դեպքում նվազում է մինչև $\delta \bar{N}_{G(v)} = 0,88...0,91$, իսկ հարթ և լարումների կուտակիչներով փորձանմուշների տվյալների համեմատման դեպքում՝ $\delta \bar{N}_{G(v)} = 0,59...0,73$ (աղյուսակ, կ. 8):

Եզրակացություն

ՄՊԴ տեխնոլոգիական հետազոտությունների վերլուծությամբ (665 խմբաքանակ փորձարկումներ) ընտրված և դասակարգված են առավել օգտագործվող 45 և 40X մակնիշի պողպատներից պատրաստված կոնստրուկցիոն էլեմենտների ամրության և երկարակեցության ցուցանիշներն ըստ բեռնվածության ռեժիմների, եզրագծի ձևերի և չափերի, ինչպես նաև մակերևութային ամրացման տեխնոլոգիական պարամետրերի (64 խմբաքանակ փորձարկումներ), որոնցով ձևակերպված է տվյալների բազա:

ՄՊԴ գործընթացների արդյունավետությունը մեքենամասերի ցիկլային ամրության և երկարակեցության վրա գնահատելու նպատակով, ըստ տվյալների բազայի և միկրոկարծրության կատարված չափումների դիտարկված է միջնարժեքային հոգնածային կորերի պարամետրերի և մակերևութային շերտերի ֆիզիկամեխանիկական ցուցանիշների հարաբերակցությունը ՄՊԴ պարամետրերից: Ձևակերպված են բազմապարամետրական ֆունկցիոնալ կապեր նշված մեծությունների միջև ըստ ազդող գործոնների ցուցանիշների առաջնայնության սկզբունքի, որոնք փաստորեն ՄՊԴ գործընթացի մաթեմատիկական մոդելներն են:

Կատարված համալիր հետազոտության արդյունքով ստացվել են հետևյալ որակական և քանակական գնահատականները.

- ՄՊԴ տեխնոլոգիայի օպտիմալ պարամետրերի կիրառման դեպքում հնարավոր է բարձրացնել էլեմենտների ցիկլային ամրությունը 1,2...1,5 անգամ, իսկ ցիկլային երկար-

րակեցությունը՝ 2,5...3,5 անգամ, մոտեցնելով 40X մակնիշի կոնստրուկցիոն պողպատների ֆիզիկամեխանիկական բնութագրերը բարձր ածխածնային և լեգիրված պողպատների համապատասխան մեծություններին,

- էլեմենտներում լարումների չափավոր կուտակման դեպքում ($\alpha_\sigma = 1,1 \dots 1,7$) ամրացման տեխնոլոգիան հնարավորինս նվազեցնում և նույնիսկ վերացնում է լարումների կուտակման և մասշտաբային գործոնի բացասական ազդեցությունները,
- մակերևութային ամրացման տեխնոլոգիայի կիրառումը թույլ է տալիս ԳՏՀ-ի նախագծման, թողարկման և շահագործման գործընթացներում լուծել ուղիղ և հակադարձ բնույթի հիմնախնդիրներ և ցածր ինքնարժեքի կոնստրուկցիոն պողպատների կիրառմամբ ապահովել տնտեսական արդյունավետություն:

Գրականության ցանկ

- [1] **М.Г. Стакян, Л.Г. Оганесян, Г.А. Манукян,** Корреляционный и регрессионный анализ результатов испытаний, Алгоритмы и программы: Инф. бюлл. ВНИТИЦентр, ГФАП, СССР, ЦИФ 5 (1990) 7 с.
- [2] **М.Г. Стакян, Т.Э. Джрбашян, А.С. Мнацаканян,** Вероятностные методы расчета относительной прочности и долговечности деталей машин, Алгоритмы и программы: Инф. бюлл. Всеросс. науч.-техн. инф. центра 3-6 (1992) 9 с.
- [3] **Ю.Г. Матвиенко,** Диаграммы трещиностойкости тел с надрезами и трещинами, Проблемы машиностроения и надежности машин 3 (2004) 53-57.
- [4] **ASTM E 1820-99a,** Standart Test Method for Measurement of Fracture Toughness, 2001.
- [5] **ՀՀ Արտոնագիր № 756У,** Եռակցված խողովակների կցվանքային կարերի վերջնամշակման սարք/ **Մ.Գ. Ստակյան, Ն.Վ. Փիրումյան, Հ.Ս. Ղազարյան,** 16.08.2022, 12 էջ:
- [6] **ՀՀ Արտոնագիր № 762У,** Գազատար խողովակների կցվանքային եռակցված կարերի ամրության և երկարակեցության բարձրացման եղանակ/ **Մ.Գ. Ստակյան, Ն.Վ. Փիրումյան, Հ.Ս. Ղազարյան,** 16.09.2022, 11 էջ:
- [7] **S. Neubert, A. Pittner, M. Rethmeier,** Numerical sensitivity analysis of TRIP-parameter K on weld residual stresses for steel S355J2+N, Journ. Therm. Sresses. 39 (2016) 201-219.
- [8] **R. Ossenbrink,** Thermomechanische Schweißsimulation unter Berücksichtigung von Berichte des Lehrstuhls Fuge- und Schweißtechnik der BTU Cottbus-Senftenberg, Band 2, 2009, 166 p.
- [9] **J. Rech, A. Moisan,** Surface integrity in finish hard turning of case-hardened steels, Int. Journ. of Machine Tools and Manufacture 43(5) (2003) 543-550.
- [10] **И.М. Жарский и др.,** Технологические методы обеспечения надежности машин, Высшая школа, Минск, 2010, 336 с.
- [11] **В.П. Когаев,** Расчеты на прочность при напряжениях, переменных во времени, Машиностроение, Москва, 2003, 232 с.
- [12] **М.Г. Стакян, М.С. Торосян,** Оценка показателей сопротивления усталости валов транспортных средств, подвергнутых поверхностному упрочнению, Сб. мат.междунар. науч.-практ. конф.: «Логистика, Транспорт, Природообустройство», 8-9 окт. 2015, Ереван, 2015, 101-109.
- [13] **Т.Ю. Степанова,** Технология поверхностного упрочнения деталей машин, Иваново, 2009, 64 с.
- [14] **Մ.Գ. Ստակյան, Ն.Վ. Փիրումյան, Ա.Վ. Մարտիրոսյան,** Գազատրանսպորտային համակարգերում էլեմենտների լարվածային վիճակի հետազոտումը, ՃՇՀԱՀ գիտ. աշխ. 1(91) (2025) 128-139:

КОМПЛЕКСНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ УСТАЛОСТИ И ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ГАЗОТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ

Мигран Григорьевич Стакян*, Нарине Виликовна Пирумян,
Ангин Викторвна Мартirosян, Ашот Юрьевич Сафарян

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

*stakyan.mihran@yandex.ru

Рассмотрены циклические явления, протекающие в сварных швах магистральных трубопроводов газотранспортной системы, которые после определенного срока работы могут свести к усталостным разрушениям швов, приостанавливать нормальную газоподачу. Для предотвращения указанных явлений предложена технология повышения несущей способности сварных швов, которая выполняется упрочняющим роликовым устройством, действующим по круговой обкатке. По монтированному в устройстве механизму производится также нанесение антикоррозионного покрытия. В данной работе анализом результатов ранее выполненных исследований и значительными измерениями микротвердостей в подслоях упрочненных сварных швов выполнена оценка показателей действующих факторов и получены функциональные связи, которые носят многопараметрический характер. В результате можно оценить комплексное воздействие исследуемых материалов и явлений с целью получения оптимальных значений их показателей.

Ключевые слова: газотранспортная система, трубопровод, сварной шов, поверхностная упрочняющая пластическая деформация, усталостное сопротивление, комплексная оценка факторов

COMPREHENSIVE STUDY OF FATIGUE AND SURFACE PLASTIC DEFORMATION PROCESSES IN GAS TRANSMISSION SYSTEM ELEMENTS

Mihran Stakyan*, Narine Pirumyan, Angin Martirosyan, Ashot Safaryan

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

*stakyan.mihran@yandex.ru

Cyclic phenomena occurring in the welds of the main pipelines of the gas transmission system are considered, which after a certain period of operation can cause fatigue failure of the seams and discontinue normal gas supply. In order to prevent these phenomena, a technology has been proposed to increase the bearing capacity of welds, which is performed by means of a reinforcing roller device, which is operating in a circular run-in. An anti-corrosion coating is also applied by means of a mechanism mounted in the device. In this paper, by analyzing the results of previous studies and on the basis of significant measurements of microhardnesses in the sublayers of plastically hardened welds, the indicators of the acting factors are evaluated and functional relationships are formulated, which are multiparametric in nature. In summary, it is possible to evaluate the complex impact of the studied materials and phenomena in order to obtain optimal values of their indicators.

Keywords: gas transmission system, pipeline, weld, surface hardening deformation, fatigue resistance, comprehensive assessment of factors

Ստակյան Միհրան Գրիգորի, տ.գ.դ., պրոֆեսոր (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, ավագ գիտաշխատող, (+374)10554362, (+374)33554560, stakyan.mihran@yandex.ru, **Փիրումյան Նարինե Վիլիկի, տ.գ.թ.** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, ավագ գիտաշխատող, (+374)77700901, pirumyan@gmail.com, **Մարտիրոսյան Անգին Վիկտորի, տ.գ.թ., դոցենտ** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, Մաթեմատիկայի, շինարարական մեխանիկայի և ֆիզիկայի դեպարտամենտ, (+374)94762396, angin84@mail.ru, **Սաֆարյան Աշոտ Յուրիի, ճ.թ., դոցենտ** (ՀՀ, ք. Երևան) - ՃՇՀԱՀ, ճարտարապետության տեսության, պատմության և ժառանգության ամբիոն, (+374)77700904, ayusafaryan@gmail.com

Стакян Мигран Григорьевич, д.т.н., профессор (РА, г. Ереван) - НУАСА, старший научный сотрудник, (+374)10554362, (+374)33554560, stakyan.mihran@yandex.ru, **Пирумян Нарине Виликовна, к.т.н.** (РА, г. Ереван) - НУАСА, старший научный сотрудник, (+374)77700901, pirumyan@gmail.com, **Мартirosян Ангин Викторевна, к.т.н., доцент** (РА, г. Ереван) - НУАСА, департамент Математики, строительной механики и физики, (+374)94762396, angin84@mail.ru, **Сафарян Ашот Юрьевич, канд.архит., доцент** (РА, г. Ереван) - НУАСА, кафедра Теории, истории и наследия архитектуры, (+374)77700904, ayusafaryan@gmail.com

Stakyan Mihran, Doctor of Science (engineering), professor (RA, Yerevan) - NUACA, Senior scientific researcher, (+374)10554362, (+374)33554560, stakyan.mihran@yandex.ru, **Pirumyan Narine, doctor of philosophy (Ph.D) in Engineering** (RA, Yerevan) - NUACA, Senior scientific researcher, (+374)77700901, pirumyan@gmail.com, **Martirosyan Angin, doctor of philosophy (Ph.D) in Engineering, Associate Professor** (RA, Yerevan) - NUACA, Department of Mathematics, Structural Mechanics and Physics, (+374)94762396, angin84@mail.ru, **Safaryan Ashot, doctor of philosophy (Ph.D) in Architecture, Associate Professor** (RA, Yerevan) - NUACA, Chair of Theory, History, and Heritage of Architecture, (+374)77700904, ayusafaryan@gmail.com

Ներկայացվել է՝ 29.08.2025թ.

Գրախոսվել է՝ 24.09.2025թ.

Ընդունվել է տպագրության՝ 22.12.2025թ.