

# INCREASING FATIGUE DURABILITY OF A BOLT JOINT

A. Krenevičius & K. Vislavičius

To cite this article: A. Krenevičius & K. Vislavičius (2000) INCREASING FATIGUE DURABILITY OF A BOLT JOINT, *Statyba*, 6:4, 262-267, DOI: [10.1080/13921525.2000.10531598](https://doi.org/10.1080/13921525.2000.10531598)

To link to this article: <https://doi.org/10.1080/13921525.2000.10531598>



Published online: 26 Jul 2012.



Submit your article to this journal [↗](#)



Article views: 65

---

## SRIEGINĖS JUNGTIES CIKLINIO ILGAAMŽIŠKUMO DIDINIMAS TAIKANT DETALIŲ TARPUSAVIO PASUKIMŲ BŪDĄ

A. Krenevičius, K. Vislavičius

*Vilniaus Gedimino technikos universitetas*

### 1. Įvadas

Srieginės jungtys, patiriančios tempimo poveikį, dažnai pasitaiko įvairiuose mechanizmuose, įrenginiuose, taip pat ir statybinėse konstrukcijose. Paprastai srieginės jungtys naudojamos įrengiant įvairias sandūras, atraminius mazgus, jos yra dažnos kabamosiose konstrukcijose. Bet koks tokių jungčių, ypač veikiamų cikline apkrova, ilgaamžiškumo padidinimas turi nemažą praktinę reikšmę.

Yra žinoma [1], kad srieginės jungties apkrova nevienodai pasiskirsto sąveikaujančiose vijose. Didžiausia apkrovos dalis visada tenka pirmajai visu profiliu sukibusių vijų porai. Todėl ciklinio apkrovimo metu varžto ar smeigės pirmosios vijos įduboje pažeidimai kaupiasi greičiausiai ir būtent čia pirmiausia atsiranda nuovarginis plyšys. Yra būdų [1, 2], leidžiančių keičiant veržlės, varžto ar jų vijų konstrukciją perskirstyti apkrovą vijose ir kartu sumažinti pirmajai vijų porai tenkančią apkrovą. Tačiau ir patobulintose srieginėse jungtyse pirmoji vijų pora vis dėlto lieka labiausiai apkrauta. Kitas būdas, leidžiantis padidinti srieginės jungties ilgaamžiškumą, yra susijęs su jos eksploatavimo režimu. Periodiškai pasukant jungties detales (pvz., veržlę smeigės atžvilgiu), galima pasiekti, kad po kiekvieno pasukimo labiausiai apkrauta smeigės vija atsidurtų jungties gilumoje, t. y. ten, kur veikia mažesnė apkrova. Pirmą kartą šis būdas buvo nagrinėtas darbe [3], kuriame jis buvo panaudotas suvienodinti sukaupiamus ciklinius pažeidimus sriegio vijose, jau turinčiose plyšius. Deja, gautų rezultatų pritaikymas šiuo metu yra ribotas, nes normos (pvz., [4]) srieginių jungčių su plyšiais eksploatuoti neleidžia.

Šiame darbe srieginės jungties detalių tarpusavio pasukimo būdas taikomas norint padidinti srieginės jungties ilgaamžiškumą, kai plyšiai neleidžiami, t. y.

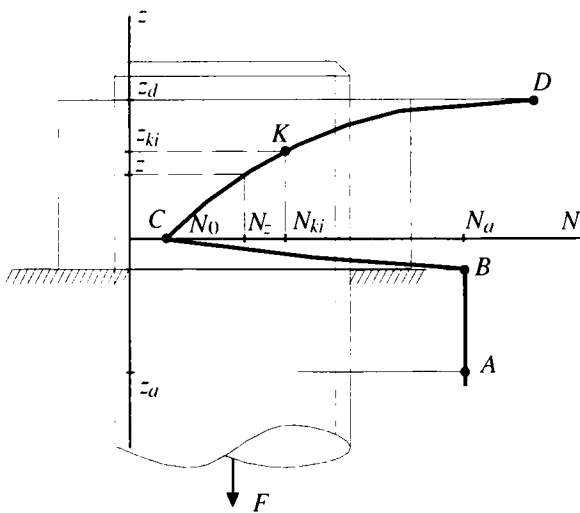
jungties detalių tarpusavio pasukimai atliekami taip, kad niekur jungtyje (jokioje vijos įduboje) neatsirastų nuovarginis plyšys. Uždavinys formuluojamas ir sprendžiamas taikant matematinio programavimo metodus. Tai leidžia tiek nustatyti optimalius srieginių jungčių detalių pasukimų režimus, tiek įvertinti realius technologinius ar eksploatacinius apribojimus, t. y. modeliuoti srieginės jungties darbą. Modeliavimo galimybė yra ypač svarbi, nes tokiu būdu galima labai sumažinti brangiai kainuojančių eksperimentų apimtį.

### 2. Smeigės sriegio vijų pažeidimų kaupimosi analizė

Taikant srieginės jungties detalių tarpusavio pasukimo būdą, kiekvieno darbo periodo metu pasikeičia veržlės ir smeigės tarpusavio padėtis. Todėl kiekvieną kartą veržlės vijos būna sukibusios vis su kitomis smeigės vijomis. Taigi per visą jungties eksploatavimo laiką didžiausia apkrova tenka ne vienai smeigės vijai, o kelioms. Taip padidėja apkrovos ciklą, kuriuos gali atlaikyti atitinkama vija iki plyšio atsiradimo (tiksliau – skaičiuojamasis jos įdubos taškas), skaičius, o kartu padidėja ir srieginės jungties ilgaamžiškumas. Paprastai nauja veržlės padėtis smeigės atžvilgiu gaunama naudojant įvairių aukščių įvoves-poveržles [3].

Siūlomas srieginės jungties ilgaamžiškumo padidinimo būdas gali būti realizuotas tik tuomet, kai yra žinoma smeigės sriegio vijų nuovargio kreivė. Ji gaunama be pasukimų varginant nagrinėjamą srieginę jungtį ir parodo apkrovimo ciklą skaičiaus, sukeliančio plyšio atsiradimą smeigės vijos įduboje, priklausomybę nuo smeigės vijos padėties veržlėje (1 pav.). Ypačingą tašką šioje nuovargio kreivėje yra taškas C. Jis yra ties pirmosios (pavojingiausios) veržlės vijos, visu profiliu sukibusios su smeigės vija, pradžia. Būtent čia, veržlės vija, veikdama su ja sukibusią smeigės vija, jos įduboje sukelia plyšio atsiradimą po mažiausio ciklą

skaičiaus ( $N_0$ ). Giliau veržlėje esančios smeigės vijos įdubos taške (pvz., turinčiame koordinatę  $z$ ) plyšys atsiranda po didesnio apkrovimo ciklų skaičiaus ( $N_z$ ). Visu profiliu sukibusių smeigės vijų nuovargio kreivės dalis pažymėta  $CD$ . Kreivės dalis  $CB$  apibūdina plyšio atsiradimą jungties pradžioje. Čia veržlės vijos sukibusio profilio gylis didėja nuo nulio (ties atrama) iki šį sriegį atitinkančio viso didumo (ties tašku  $C$ ). Nesukibusioje smeigės dalyje (tiesė  $AB$ ) visų vijų įdubose plyšiai atsiranda po vienodo skaičiaus ( $N_a$ ). Taigi sriegio vijų nuovargio kreivės forma yra sudėtinga. Joje koordinatinių pradžios taškas paprastai sutapdinamas su tašku  $C$ .



1 pav. Strypo siegio vijų nuovargio kreivė

Fig 1. Fatigue curve of turns in the thread joint

Smeigės vijų nuovargio kreivė priklauso ne tik nuo jungties geometrinių matmenų ir medžiagos mechaninių savybių rodiklių, bet ir nuo apkrovimo sąlygų, t. y. nuo maksimalaus nominalaus įtempimo smeigėje ( $\sigma_{\max}$ ) ir nuo ciklinio apkrovimo asimetrijos koeficiento ( $r$ ). Ši kreivė gali būti apskaičiuota (pavyzdžiui, pagal [4]) arba nustatyta eksperimentiškai.

Kai taikomi detalių tarpusavio pasukimai, smeigės vija kiekvienu darbo periodu kaupia pažeidimus būdama sukibusi vis su kita veržlės vija. Pavyzdžiui, tarkime, kad smeigės vijos skaičiuojamasis taškas pirmuoju darbo periodu, kurio trukmė  $N_1$  ciklų, dar nėra sukibęs su veržle (jis dar yra įvorės-poveržlės ertmėje), antruoju periodu ( $N_2$ ) – jis sukibęs su veržle

taške  $C$ , o trečiuoju periodu ( $N_3$ ) – yra taške, kurio koordinatė  $z$ . Tuomet visas pažeidimas (pažeidimų suma), kurį šis smeigės vijos skaičiuojamasis taškas sukaupė per tris periodus, yra lygus:  $\frac{N_1}{N_a} + \frac{N_2}{N_0} + \frac{N_3}{N_z}$ .

Pagal Mainerio principą [5] plyšys smeigės vijos įduboje (skaičiuojamajame taške) atsiranda tada, kai ši pažeidimų suma pasidarys lygi vienetai, t. y. kai  $\frac{N_1}{N_a} + \frac{N_2}{N_0} + \frac{N_3}{N_z} = 1$ . Akivaizdu, kad skaičiuojant realią srieginę jungtį tokios lygtys turi būti užrašytos kiekvienam smeigės vijos skaičiuojamajam taškui ir turi įvertinti visus darbo periodus.

Srieginės jungties ilgaamžiškumo padidinimo uždavinys gali būti suformuluotas labai įvairiai, atsižvelgiant į technologinius apribojimus. Dažniausiai būna apribotas: a) pasukimų skaičius; b) įvorės-poveržlės aukštis; c) didžiausias ciklų skaičius iki plyšio atsiradimo, d) pasukimų žingsnis.

### 3. Matematinis modelis

Srieginės jungties optimalios laikomosios galios nustatymo uždavinys formuluojamas taip: žinant veržlės aukštį ir pasukimų skaičių bei turint smeigės vijų nuovargio kreivę, reikia gauti didžiausią jungties darbo trukmę ciklais, atsižvelgiant į sąlygą, kad pasibaigus paskutiniam darbo ciklui visuose smeigės sriegio vijų skaičiuojamuosiuose taškuose pažeidimų suma, susikaupusi per visus darbo periodus, neviršytų vieneto. Šio uždavinio matematinis modelis turi tokį pavidalą:

$$\left. \begin{aligned} \sum_{i=1}^n \lambda_i \cdot N_i &\rightarrow \max, & (a) \\ \sum_{i=1}^n \frac{1}{N_{ki}} N_i &\leq 1, \quad k = 1, 2, \dots, s, & (b) \\ \sum_{j=1}^m d_{vj} \cdot N_i &\leq h_v, \quad v = 1, 2, \dots, r, & (c) \\ N_i &\geq 0. & (d) \end{aligned} \right\} (1)$$

$\lambda_i$  –  $i$ -ojo darbo periodo įtakos koeficientas;  $N_i$  –  $i$ -ojo darbo periodo trukmė ciklais;  $n$  – darbo periodų skaičius;  $N_{ki}$  – eksperimentiškai nustatytas arba te-

oriškai apskaičiuotas ciklų skaičius, po kurio  $k$ -ajame skaičiuojamajame taške atsiranda plyšys, kai šis strypo sriegio taškas yra sukibęs su veržlės sriegio vieta, atitinkančia  $i$ -ąjį darbo periodą, ir yra varginamas be pasukimų;  $s$  – skaičiuojamųjų taškų skaičius;  $d_{vj}$  –  $v$ -osios papildomos nelygybės  $j$ -ojo komponento koeficientas;  $h_v$  –  $v$ -osios papildomos nelygybės laisvasis narys;  $r$  – papildomų nelygybių skaičius.

Tikslo funkcija (1 a) reiškia srieginės jungties ilgaamžiškumą iki plyšio (arba plyšių) susidarymo, nelygybės (1 b) apriboja pažeidimų sumą, kuri suskaičiuojama visuose taškuose per visus darbo periodus, nelygybės (1 c) žymi papildomus (technologinius) apribojimus, nelygybės (1 d) garantuoja sprendinio realumą.

Didžiausia problema sprendžiant uždavinį (1) yra koeficientai  $N_{ki}$ , nes ryšys tarp ciklų skaičiaus, kuriam esant atsiranda plyšys, ir skaičiuojamojo taško koordinatės (jo vietos jungtyje) yra sudėtingas ir turi būti sudarytas kiekvienam darbo režimui (konkrečioms  $\sigma_{\max}$  ir  $r$ ).

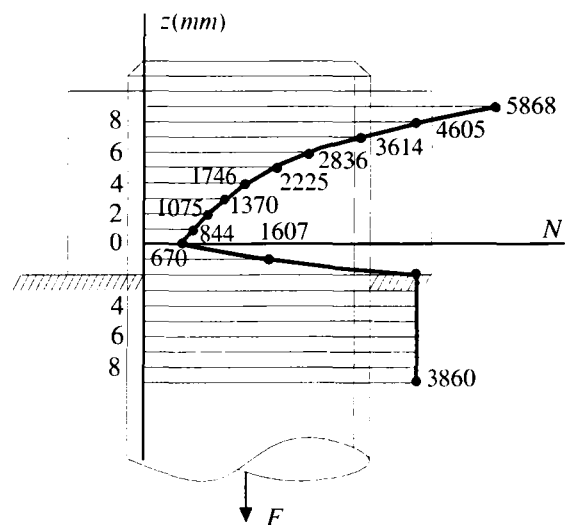
Darbo periodų skaičių paprastai lemia technologiniai apribojimai. Akivaizdu, kad pasirinkus darbo periodų skaičių kartu apibrėžiama ir smeigės vijų nuovargio kreivės skaičiuojamoji sritis. Šios srities vienas kraštinis taškas yra ruožė  $CD$ . Tai taškas, kuriame paskutinio darbo periodo metu atsiduria skaičiuojamasis taškas, kuris pirmojo darbo periodo metu buvo sukibęs su tašku  $C$ . Be abejo, kitas nuovargio kreivės kraštinis taškas turi turėti tokia pačią koordinatę (tik su priešingu ženklu), nes tik tokiu atveju jungties darbo metu bus patikrinti visi skaičiuojamieji taškai, kurie tam tikrais darbo periodais buvo sukibę su pavojingu tašku  $C$ .

#### 4. Skaičiuojamasis eksperimentas

Skaičiuojamasis eksperimentas buvo atliktas su smeige M16, kurios sriegio žingsnis – 2,0 mm. Veržlės aukštis – 12,0 mm. Jungtis pagaminta iš plieno 25X1MΦ, ji buvo varginama 320° temperatūroje įtempimų ciklu, kurio didžiausias įtempimas  $\sigma_{\max} = 0,7\sigma_{0,2}$ , asimetrijos koeficientas  $r = 0$ . Smeigės sriegio vijų pažeidimų laukas buvo ištirtas eksperimentiškai. Skaičiuojamajam eksperimentui buvo imti šie rodikliai: mažiausias ciklų skaičius, sukiantis plyšio atsiradimą labiausiai apkrautame smeigės sriegio vijos taške  $N_0 = 670$ , ciklų skai-

čius, sukiantis plyšio atsiradimą nesukibusios smeigės dalies vijose  $N_a = 3860$ . Ciklų skaičius, sukiantis plyšio atsiradimą pereinamojoje srityje, buvo skaičiuojamas taikant empirinę rodiklinę funkciją  $N = 10^{\frac{z+7,40}{2,62}}$ , o ciklų skaičius, sukiantis plyšio atsiradimą veržlės ir smeigės sukibimo srityje, – empirinę rodiklinę funkciją  $N = 10^{\frac{|z|+26,8}{9,5}}$ .

Tarkime, kad pavojingasis taškas  $C$  yra nutolęs per vieną sriegio žingsnį nuo veržlės apatinės briaunos, o pasukimo aukštis lygus pusei sriegio žingsnio (2 pav.). Pasukimus atliksime tol, kol smeigės taškas, jungties varginimo pradžioje buvęs ties tašku  $C$ , išeis iš veržlės ertmės. Taigi turėsime 10 darbo periodų. Tikrinsime 19 smeigės vijos taškų: 11 taškų, kurie jungties varginimo pradžioje yra sukibę su veržle (nuo taško  $z_{-1}$  iki  $z_9$  (2 pav.); čia indeksas prie  $z$  žymi taško koordinatę) ir 8 taškus, kurie jungties varginimo pradžioje yra nesukibę su veržle, bet vėliau varginimo metu sukimba su pavojingu tašku  $C$  (nuo taško  $z_{-9}$  iki  $z_{-2}$ ). Papildomai įrašykime technologinį apribojimą: tegul dešimtojo periodo ciklų skaičius neviršija 300 ( $N_{10} \leq 300$ ). Be to, tegul pirmojo darbo periodo reikšmingumas būna du kartus didesnis negu likusių darbo periodų, t. y.  $\lambda_1 = 2$ .



2 pav. Smeigės M16 sriegio vijų nuovargio kreivė

Fig 2. Fatigue curve of turns in the thread joint M16

Taip suformuluoto uždavinio pradiniai duomenys pateikti 1 lentelėje. Joje pirmosiose 19 eilučių užrašy-

1 lentelė. Smeigės M16 ilgaamžiškumo skaičiavimo pagal matematinį modelį (1) pradiniai duomenys

Table 1. Datum for calculating thread joint endurance using mathematical analogue (1)

Eil. Nr.	Skaičiuojamojo taško Nr.	Darbo periodai										Laisvieji nariai
		$N_1$	$N_2$	$N_3$	$N_4$	$N_5$	$N_6$	$N_7$	$N_8$	$N_9$	$N_{10}$	
1.	$z_9$	$\frac{1}{5868}$	0	0	0	0	0	0	0	0	0	$\leq 1$
2.	$z_8$	$\frac{1}{4605}$	$\frac{1}{5868}$	0	0	0	0	0	0	0	0	$\leq 1$
3.	$z_7$	$\frac{1}{3614}$	$\frac{1}{4605}$	$\frac{1}{5868}$	0	0	0	0	0	0	0	$\leq 1$
4.	$z_6$	$\frac{1}{2836}$	$\frac{1}{3614}$	$\frac{1}{4605}$	$\frac{1}{5868}$	0	0	0	0	0	0	$\leq 1$
5.	$z_5$	$\frac{1}{2225}$	$\frac{1}{2836}$	$\frac{1}{3614}$	$\frac{1}{4605}$	$\frac{1}{5868}$	0	0	0	0	0	$\leq 1$
6.	$z_4$	$\frac{1}{1746}$	$\frac{1}{2225}$	$\frac{1}{2836}$	$\frac{1}{3614}$	$\frac{1}{4605}$	$\frac{1}{5868}$	0	0	0	0	$\leq 1$
7.	$z_3$	$\frac{1}{1370}$	$\frac{1}{1746}$	$\frac{1}{2225}$	$\frac{1}{2836}$	$\frac{1}{3614}$	$\frac{1}{4605}$	$\frac{1}{5868}$	0	0	0	$\leq 1$
8.	$z_2$	$\frac{1}{1075}$	$\frac{1}{1370}$	$\frac{1}{1746}$	$\frac{1}{2225}$	$\frac{1}{2836}$	$\frac{1}{3614}$	$\frac{1}{4605}$	$\frac{1}{5868}$	0	0	$\leq 1$
9.	$z_1$	$\frac{1}{844}$	$\frac{1}{1075}$	$\frac{1}{1370}$	$\frac{1}{1746}$	$\frac{1}{2225}$	$\frac{1}{2836}$	$\frac{1}{3614}$	$\frac{1}{4605}$	$\frac{1}{5868}$	0	$\leq 1$
10.	$z_0$	$\frac{1}{670}$	$\frac{1}{844}$	$\frac{1}{1075}$	$\frac{1}{1370}$	$\frac{1}{1746}$	$\frac{1}{2225}$	$\frac{1}{2836}$	$\frac{1}{3614}$	$\frac{1}{4605}$	$\frac{1}{5868}$	$\leq 1$
11.	$z_{-1}$	$\frac{1}{1607}$	$\frac{1}{670}$	$\frac{1}{844}$	$\frac{1}{1075}$	$\frac{1}{1370}$	$\frac{1}{1746}$	$\frac{1}{2225}$	$\frac{1}{2836}$	$\frac{1}{3614}$	$\frac{1}{4605}$	$\leq 1$
12.	$z_{-2}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{1607}$	$\frac{1}{670}$	$\frac{1}{844}$	$\frac{1}{1075}$	$\frac{1}{1370}$	$\frac{1}{1746}$	$\frac{1}{2225}$	$\frac{1}{2836}$	$\frac{1}{3614}$	$\leq 1$
13.	$z_{-3}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{1607}$	$\frac{1}{670}$	$\frac{1}{844}$	$\frac{1}{1075}$	$\frac{1}{1370}$	$\frac{1}{1746}$	$\frac{1}{2225}$	$\frac{1}{2836}$	$\leq 1$
14.	$z_{-4}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{1607}$	$\frac{1}{670}$	$\frac{1}{844}$	$\frac{1}{1075}$	$\frac{1}{1370}$	$\frac{1}{1746}$	$\frac{1}{2225}$	$\leq 1$
15.	$z_{-5}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{1607}$	$\frac{1}{670}$	$\frac{1}{844}$	$\frac{1}{1075}$	$\frac{1}{1370}$	$\frac{1}{1746}$	$\leq 1$
16.	$z_{-6}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{1607}$	$\frac{1}{670}$	$\frac{1}{844}$	$\frac{1}{1075}$	$\frac{1}{1370}$	$\leq 1$
17.	$z_{-7}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{1607}$	$\frac{1}{670}$	$\frac{1}{844}$	$\frac{1}{1075}$	$\leq 1$
18.	$z_{-8}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{1607}$	$\frac{1}{670}$	$\frac{1}{844}$	$\leq 1$
19.	$z_{-9}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{3860}$	$\frac{1}{1607}$	$\frac{1}{670}$	$\leq 1$
20.		0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	$\leq 300$
21.		2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	max

2 lentelė. Smeigės M16 ilgaamžiškumo skaičiavimo pagal matematinį modelį (1) rezultatai

Table 2. Results of calculating thread joint endurance using mathematical analogue (1)

Eil. Nr.	Optimizavimo sąlygos	Darbo periodai										Jungties ilgaamžiškumas (ciklais)
		$N_1$	$N_2$	$N_3$	$N_4$	$N_5$	$N_6$	$N_7$	$N_8$	$N_9$	$N_{10}$	
1.	Be jokių papildomų sąlygų	211	124	148	132	130	124	119	114	110	428	1640
2.	$N_{10} \leq 300$	143	189	164	159	126	115	117	100	225	300	1638
3.	$\lambda_1 = 2$	440	0	0	0	187	110	131	117	116	446	1547
4.	$N_{10} \leq 300, \lambda_1 = 2$	440	0	0	0	146	172	129	93	244	300	1524

tos sąlygos, reiškiančios, kad nei viename iš tiriamųjų taškų pažeidimų suma, susikaupusi per visus darbo periodus, neviršija vieneto, 20-ojoje eilutėje užrašytas technologinis reikalavimas, 21-ojoje – tikslo funkcija.

Iš viso buvo išspręsti keturi nagrinėjamojo uždavinio variantai. Skaičiavimo rezultatai pateikti 2 lentelėje: pirmojoje eilutėje – varianto be jokių apribojimų (šiuo atveju gaunamas didžiausias jungties ilgaamžiškumas), antrojoje – varianto tik su technologiniu apribojimu, trečiojoje – varianto be technologinių apribojimų, bet su pirmojo darbo periodo reikšmingumo kriterijumi, lygiu dviem, ketvirtojoje – varianto, kurio pradiniai duomenys pateikti 1 lentelėje. Ketvirtojo varianto pradiniai duomenys detalieji buvo aptarti tik todėl, kad jie visapusiškiausiai atspindi matematinį modelį (1).

Skaičiavimo rezultatų analizė rodo, kad didžiausias jungties ilgaamžiškumas gaunamas tada, kai nėra jokių apribojimų ir visi darbo periodai yra vienareikšmiai. Tačiau įtraukiant technologinius apribojimus arba keičiant darbo periodų reikšmingumą galima modeliuoti jungties darbą, pavyzdžiui, pasiekti, kad visi darbo periodai būtų maždaug vienodi arba kad dalis jų būtų lygūs nuliui.

Taigi šiek tiek sumažinus jungties ilgaamžiškumą, galima pagerinti kitus jungties rodiklius, pavyzdžiui, sumažinti jungties eksploatacijos kainą, nes nereikia daryti kelių pasukimų, arba supaprastinti technologinius reikalavimus, padarius visus pasukimus vienodus. Pavyzdžiui, lygindami pirmojoje ir trečiojoje eilutėse surašytus skaičiavimo rezultatus gauname, kad praradę 93 ciklus, sumažiname jungties eksploataavimo

darbo sąnaudas, nes turime atlikti trimis pasukimais mažiau.

## 5. Išvados

1. Srieginės jungties detalių tarpusavio pasukimo būdas gali būti taikomas padidinti srieginės jungties ilgaamžiškumą, kai plyšiai neleidžiami. Priklausomai nuo technologinių apribojimų šis ilgaamžiškumo padidėjimas gali siekti 200%–300%.

2. Matematinio programavimo taikymas srieginių jungčių ilgaamžiškumui tirti leidžia: a) esant įvairioms sąlygoms gauti didžiausią ciklų skaičių, kurį jungtis atlaiko iki plyšio susidarymo; b) įvertinti kiekvieno darbo periodo svarbą ir kartu kompleksiskai nagrinėti varginamos jungties darbą; c) taikyti technologinius apribojimus darbo periodams.

## Literatūra

1. И. Ф. Биргер, Г. Б. Иосилевич. Резьбовые соединения. Москва: Машиностроение, 1973. 236 с.
2. А. И. Якушев, Р. Х. Мустаев, Р. Р. Мавлютов. Повышение прочности и надежности резьбовых соединений. Москва: Машиностроение, 1979. 215 с.
3. A. Krenevičius, K. Vislavičius. Srieginės jungties su plyšiu ciklinio ilgaamžiškumo padidinimas // Mechaninė technologija, 24 t. Kaunas: Technologija, 1996. p. 194–198.
4. Нормы расчета на прочность оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Москва: Энергоатомиздат, 1989. 525 с.
5. M. A. Miner. Cumulative fatigue damage // J. of Applied Mechanics. Vol 67, No 12, 1945, p. 159–164.

Įteikta 2000 04 28

## INCREASING FATIGUE DURABILITY OF A BOLT JOINT

A. Krenevičius, K. Vislavičius

### Summary

A method of increasing the fatigue durability of a bolt joint is considered. It is based on the position of the nut with respect to the bolt. Turning the nut causes its threads to be in contact with different threads of the bolt during sequential periods of use. The thread of the bolt which experiences the highest loading is in contact with the first (most dangerous) thread of the nut. With further nut turns, the bolt thread experiences less loading because of the contact with another (less dangerous) threads of the nut. Reducing the loading in this way can increase the fatigue durability. The nut position with respect to the bolt can be controlled using different heights of washer-bushing.

The durability calculation is based on the fatigue curve for the bolt joint when it is tested without turning the nut. The sum of damage is calculated for all points of the bolt thread which are in contact with the first turn of the nut for any loading period. According to the Miner's rule, fatigue failure occurs when the sum of damage is equal to one.

The mathematical model for calculating the maximum fatigue durability of bolt joint is given. It is assumed that the height of washer-bushing, the number of turns of the nut and the fatigue curve for the threaded bolt joint are known. The survival condition is that for any point on the bolt, the sum of damage after the last loading period must be less than one.

A personal computer program for the fatigue durability calculation is prepared, and some example problems are solved. An analysis of the results is presented.

.....  
**Algimantas KRENEVIČIUS.** Doctor, Associate Professor. Dept of Strength of Materials. Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania.

Doctor (structural mechanics, 1983). Research interests: fatigue of bolt joints, fracture mechanics and creep.

.....  
**Kęstutis VISLAVIČIUS.** Doctor, Associate Professor. Dept of Strength of Materials. Vilnius Gediminas Technical University, Saulėtekio al. 11, LT-2040 Vilnius, Lithuania. E-mail: vislavicius@fm.vtu.lt

Doctor (structural mechanics, 1977). Research interests: optimisation problems of elastic-plastic structures, concrete, asphalt concrete, bolted joints and traffic; computer-aided teaching.