

Noguruma plaisu agrīnās atklāšanas tehnoloģija šasijas stenda izmēģinājumos

Alexander Urbach¹, Mukharbiy D. Banov², Sergey Doroshko³, Riga Technical University¹⁻³,
Aleksy Nasibullin⁴, Vladislav P. Turko⁵, Aviatest LNK Ltd⁴⁻⁵

Kopsavilkums. Izstrādājot gaisa kuģa elementu noguruma izmēģinājumu stendu tehnoloģijas, vissvarīgākie ir reālā slogojuma imitācijas un parametru jautājumi, kas ir saistīti ar noguruma plaisu rašanās un attīstības parametru analīzi.

Par pētījuma objektu tika izvēlēts pasažieru lidmašīnas šasijas statnis. Noguruma plaisu rašanās un attīstība tika regulāri kontrolēta ar tradicionālo nesagraujošās kontroles metodi, kā arī nepārtraukti ar akustiskās emisijas aparatūras palīdzību.

Atslēgas vārdi: akustiskā emisija, lidmašīnas šasija, noguruma plaisa, stenda izmēģinājumi.

IEVADS

Viena no galvenajām lidojumu drošības nodrošināšanas problēmām ir gaisa kuģu resursa noteikšana un pagarināšana. Konstruktijas resurss ir saistīts ar tās noguruma raksturojumiem un ir atkarīgs no sagrūšanas procesa rašanās un attīstības.

Pasažieru lidmašīnas šasijas statnis ir ideāls objekts noguruma procesu pētīšanai. Tā ir konstrukcija, kas tiek pakļauta daudzkārtējam periodiskam slogojumam ilgā laika posmā. Galvenais slogojuma cikls ir pacelšanās – nolaišanās. Pati šasijas konstrukcija satur dažādus mezglus, kas nodrošina kā enerģijas absorbciju pie nolaišanās, tā arī lidmašīnas amortizāciju, tai pārvietojoties pa lidlauku plašā ātruma diapazonā. Iedarbojošos slodžu līmenis ir visai augsts, tā kā šasija sastāv no sarežģītas formas detaļām, tas ar augstu varbūtību noved pie noguruma plaisu rašanās konstrukcijā. Rezultātā lidmašīnas resursu nosaka ne tikai nolodotās stundas, bet arī nosēšanās skaits. Visbeidzot, konstrukcija sastāv no tipveida elementiem: skrūvēm, cilindriem, virzuļiem, atgāžņiem utt., tādējādi pētījumu rezultāti var tikt izmantoti arī citās tehnikas nozarēs.

Viena no šasijas raksturīgajām iezīmēm ir tāda, ka tā tiek projektēta pēc drošā kalpošanas laika principa, jo šasijai ir praktiski neiespējami radīt konstrukciju, kas atbilstu drošam bojīguma principam. Tāpēc jebkura šasijas resursa pagarināšana paredz kompleksu noguruma izmēģinājumu veikšanas datu iegūšanu, kas apstiprina to, ka konstrukcijai ir noteikta stiprības rezerve attiecībā pret nepieciešamo ekspluatācijas laiku.

Tradicionālās nesagraujošās kontroles (NK) metodes, kuras tiek izmantotas šasijas tehniskā stāvokļa noteikšanai izmēģinājumu laikā (vizuāli optiskās, ultraskaņas, virpuļstrāvas, magnētisko pulveru u.c.) ne vienmēr ir efektīvas. Sagrūšanas procesa kontroles uzticamības paaugstināšanai ir lietderīgi papildus pielietot akustiskās emisijas (AE) metodi, ar kuras palīdzību ir iespējams ne tikai

konstatēt noguruma defektus sarežģītās konstrukcijās un savienojumos, bet arī sekot to attīstībai [1, 2]. Šajā pētījumā neizjaukšanas diagnostikai tiek izmantotas ultraskaņas (US) un AE metodes. Papildus tiek pielietotas virpuļstrāvas un magnētisko pulveru metodes – to pielietošanai bija nepieciešama pilnīga vai daļēja izmēģinājuma objekta izjaukšana.

Galvenie uzdevumi, kurus ir nepieciešams atrisināt, izstrādājot noguruma plaisu meklēšanas tehnoloģijas, ir:

- slogojuma programmas izvēle un realizācija;
- NK metodes pielietošanai noguruma stenda izmēģinājumos nepieciešamā instrumentārija izvēle;
- primāro pārveidotāju (devēju) izvietošana un stiprinājums;
- parametru analīze, kuri ir saistīti ar noguruma plaisu rašanos un attīstību,;
- noguruma plaisu attīstības novērtēšanas kritēriju izvēle.

Vislielākās problēmas ir saistītas ar reālā slogojuma, kuram tiek pakļauts izmēģinājuma objekts ekspluatācijas laikā, imitāciju, kā arī ar plaisas attīstības kinētiku un noguruma plaisu attīstības novērtēšanas kritēriju izvēli. Šie jautājumi tiks analizēti zemāk. PĒTĪJUMA OBJEKTS UN SLOGOJUMA PROGRAMMA

Par pētījuma objektu tika izmantots vidēja attāluma pasažieru lidmašīnas Tupolev TU-154 galvenais statnis [3, 4]. Galvenā šasijas balsta bāzes elementi ir:

- amortizācijas statnis, kas sastāv no cilindra un virzuļa ar kātu, rievās šarnīra un kardāna;
- atgāžņa cilindrs, kurš nodrošina šasijas ievilkšanu un tās fiksāciju izlaistā stāvoklī;
- trīsasu ratiņi ar 6 riteņiem;
- ratiņu pārmešanas mehānisms, kurš sastāv no veltņa, savienojošās savilcējstangas un stabilizējošā amortizatora;
- kronšteins statņa stiprinājumam pie spārna;
- fiksatori šasijas piekarei ievilkta un izlaistā stāvoklī u.c.

Uz ekspluatācijas apstākļu analīzes pamata tika noteiktas noguruma plaisu rašanās vietas. Tās bija rievās šarnīra un atgāžņa cilindra cilpas, kā arī amortizējošais statnis. Tehnoloģijas izstrāde uz noguruma plaisu attīstības analīzes pamata minētajos elementos tiek analizēta zemāk.

Pie lidmašīnas pacelšanās un nolaišanās, kā arī pārvietojoties pa lidlauku, uz lidmašīnas riteņiem iedarbojas statiskās un dinamiskās slodzes. To vērtību un virzienu nosaka šasijas shēma, nosēšanās apstākļi un veids, pacelšanās – nolaišanās joslas (PNJ) tips, amortizācijas sistēmas raksturojumi u.c. Šīs slodzes var attēlot kā uz riteņiem pielikto

spēku komponentus, kuri ir vērsti lidmašīnas galveno koordinātu asu virzienā (1. att.):

P_x – priekšējā sītiens spēks (priekšējā slodze; sastāv no diviem komponentiem: P_{x3} , pielikta riteņu saskaršanās ar zemi punktiem, un P_{x0} , pielikta riteņu asīm);

P_y – vertikālais spēks (pielikts riteņu asīm);

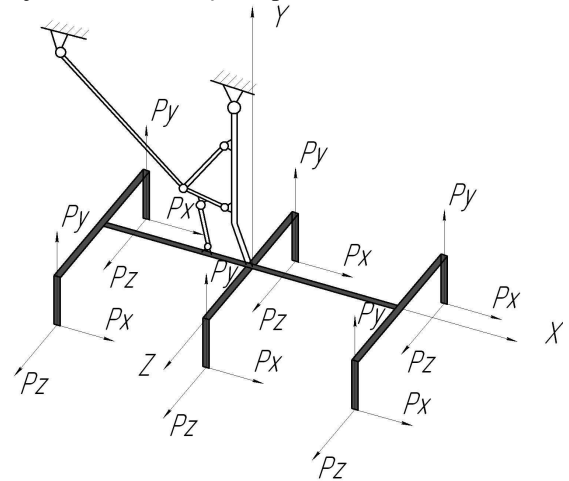
P_z – sānu sītiens spēks (sānu slodze; pielikta riteņu saskaršanās ar zemi punktiem).

Šo slodžu vērtības nosaka stiprības normas vai aviācijas noteikumi, kuri veido šasijas noslogojuma galvenos aprēķinu gadījumus, pārslodzi un drošības koeficientu katram gadījumam, slodzes vērtību, tās virzienu un sadalījumu starp balstiem un riteņiem.

Slogojuma programma noguruma izmēģinājumos imitēja šasijas tipveida slodzes lidojuma procesā. Par vienu slogojuma bloku tika pieņemts pamata slogojuma cikls – „pacelšanās – nolaišanās”, kurā ietilpst statistiskie spēki, kā arī mainīgās slodzes, kuras rodas sekojošos lidojuma režīmos:

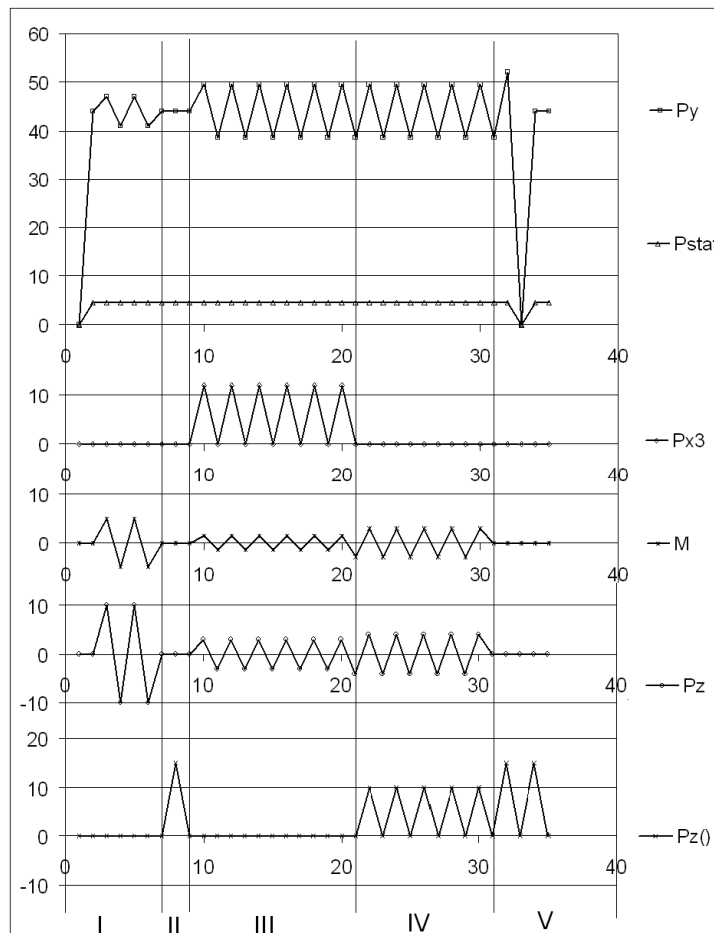
- apgriešanās pirms pacelšanās;
- bremžu atlaišana;
- stūrēšana un pacelšanās;
- šasijas ievilkšana un izlaišana;
- nosēšanās;
- apgriešanās pēc nolaišanās.

Viena slogojuma bloka (vienas pacelšanās – nolaišanās imitācijas) slodžu izmaiņas ir parādītas att. 2.

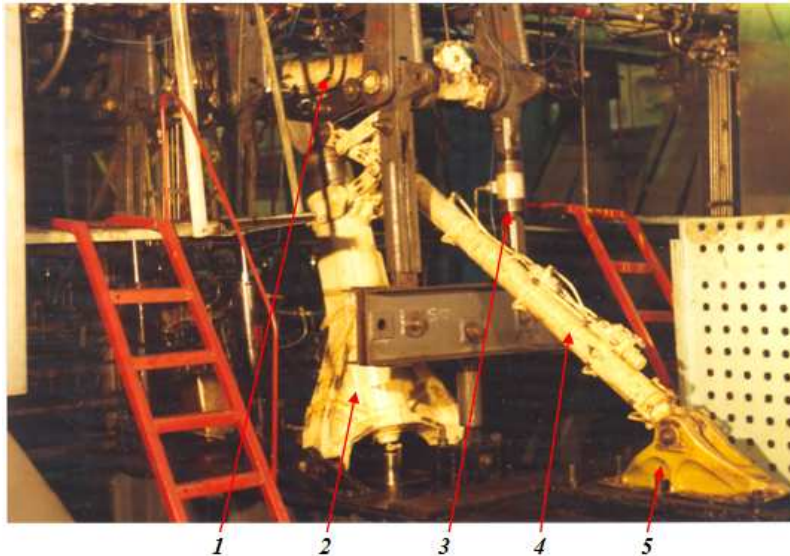


1. att. Šasijas balsta slogojuma shēma

Izmēģināmā objekta slogošana tika veikta ar hidrocilindriem, kuru kāti tika savienoti ar dažādiem šasijas punktiem noteiktā slodžu spektra radīšanai. Šasijas noguruma izmēģinājumu stenda kopskats ir attēlots att. 3 – šasijas statnis uz tā ir izvietots apgrieztā stāvoklī.



2. att. Šasijas galvenā statņa slogojuma programma (viens slogojuma bloks; viena lidojuma imitācija): I - apgriešanās pirms pacelšanās; II - bremžu atlaišana; III - stūrēšana un pacelšanās; IV - nosēšanās; V - apgriešanās pēc nolaišanās



3. att. Šasijas statnis uz izmēģinājumu stenda: 1 – ratiņi; 2 – amortizators; 3 – sloģojuma sistēmas hidrocilindrs; 4 – atgāznis – pacēlājs; 5 – kronšteins

PLAISAS ATTĪSTĪBAS ANALĪZE RIEVAS ŠARNĪRA CILPĀ

Šasijas sloģojums notiek atbilstoši att. 2 attēlotajai programmai. Noguruma plaisas attīstības kontrolei uz rievas šarnīra bija uzstādīti US un AE signālu primārie pārveidotāji (att. 4) un tika izmantoti AE analizatori AF-14 un US defektoskopi UD-11PU un UD-12.

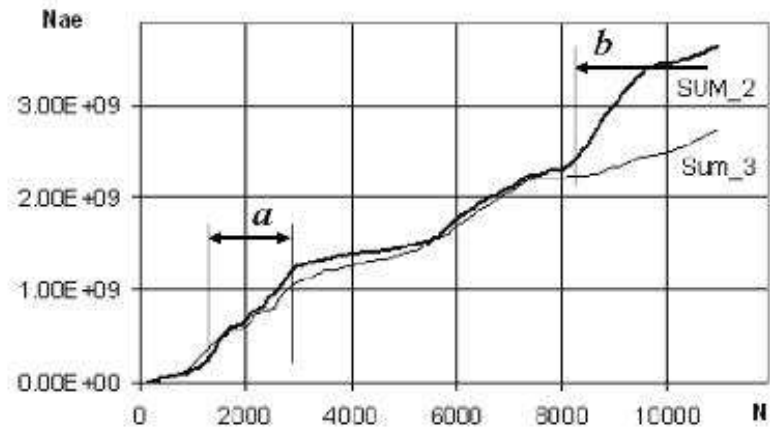
Noguruma plaisa rievas šarnīra cilpā attīstījās no koncentratora – iezāģējuma. Tā tika atklāta ar periodisku US kontroli pēc 11000...12000 bloku nostrādāšanas. Fraktografiskā analīze parādīja, ka savienojumā ar ievīlējumu atrodas daudz noguruma perēkļi, kas liecināja par augstu spriedzes līmeni koncentratora pamatnē; šai gadījumā ir iespējama vairāku mikroplaisu rašanās, kuras vēlāk apvienojās vienā. Plaisa veidojās iezāģējuma dziļumā un paralēli tam, bet neparādījās uz atveres iekšējās virsmas. Plaisas maksimālais dziļums sasniedza 4 mm.

Noguruma rievu solis nebija vienāds dažādā plaisas dziļumā: 0,5 mm dziļumā tas bija 0,28 μm ; 1,6 mm dziļumā - 0,32 μm ; 1,8 mm dziļumā - 0,46 μm ; 2,3 mm dziļumā - 0,33 μm ; 4,0 mm dziļumā - 0,70 μm . Tas liecina par nevienmērīgu plaisas augšanu nostrādes laikā. Aptuvenais plaisas rašanās brīža novērtējums pēc šiem datiem uzrāda vērtību apmēram 2800 sloģojuma blokus.

Plaisu attīstības procesa analīze pēc AE informācijas apstiprina plaisas veidošanās nevienmērīgumu: plaisu paātrinātas augšanas periodus nomaina tās lēnas attīstības periodi. Šos periodus var noteikt, analizējot AE N_{AE} līnijas leņķa summāro slīpumu α no sloģojuma bloku skaita N – šis parametrs ir pazīstams kā α -kritērijs [5]. Noguruma plaisa radās (att. 5) pēc 1500...2000 sloģojuma bloku nostrādes (diapazons a); tās pārvēršanās par makroplaisu sākās pēc 8000 sloģojuma blokiem (diapazons b). Tādējādi AE analīze ļauj indicēt noguruma plaisas rašanās brīdi, ko nav iespējams izdarīt ar citām NK metodēm. Bez tam, tā ļauj sekot plaisas attīstībai, precīzāk fiksējot tās pārvēršanos bīstamā defektā.



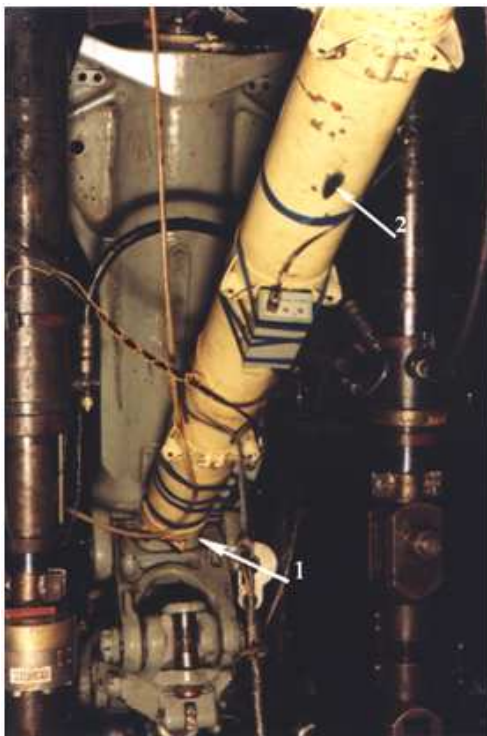
4. att. Aparatūras elementu izvietojums: 1, 5 – AE pārveidotāji; 2 – US pārveidotāji; 3 – priekšpastiprinātājs; 4 – amortizatora galviņa



5. att. Summārās AE NAE atkarība no slogojuma bloku skaita N kanālos SUM2 un SUM3

PLAISAS ATTĪSTĪBAS ANALĪZE ATGĀŽŅA PACĒLĀJA CILPĀ

Šasijas slogojums, tāpat kā iepriekšējā gadījumā, tika veikts ar att. 2. attēlotās programmas palīdzību. Lai kontrolētu noguruma plaisas attīstību, primārie AE pārveidotāji tika izvietoti atgāžņa kāta galviņas cilpā un hidrocilindra korpusā (att. 6). AE kontrole tiek veikta nepārtraukti; US kontrole notiek pēc katriem 500...1000 slogojuma blokiem.



6. att. AE pārveidotāju izvietošanas shēma: 1 – uz cilpas (AE1); 2 - uz cilindra (AE2)

Atgāžņa pacelājs, kurš tika izvēlēts izmēģinājumiem, ekspluatācijā nostrādāja 8033 nosēšanās. Tam bija daudzi punkveida korozijas perēkļi uz kāta virsmas. Tādēļ tika nolemts tos izmantot kā koncentratorus – tika gaidīts, ka noguruma plaisa sāksies vienā no šiem perēkļiem.

12845. slogojuma blokā ar magnētiskā pulvera kontroles palīdzību uz atsaites (atgāžņa) pacelāja kāta cilpas atveres

fazītes tika konstatēta stūra plaisa. Plaisas klātbūtne tika apstiprināta arī ar virpuļstrāvas kontroles metodes palīdzību. Stūra plaisa sākās vienā no korozijas perēkļiem, kurš atradās uz kāta virsmas. Plaisas atklāšanas brīdī tās izmēri bija: uz gala virsmas – 1,75...1,85 mm; uz iekšējās virsmas – 1,5...2,0 mm. Lai analizētu plaisas attīstību, izmēģinājumi tika turpināti 1187 bloku laikā (kopējā nostrāde bija 14032 bloki), mērot plaisas garuma izmaiņas; plaisas izmērs izmēģinājuma beigās bija 5,50x6,65 mm. Plaisas garuma izmaiņas nostrādes laikā ir attēlotas att. 7. Šī grafika analīze parāda, ka plaisa radās 12300...12700. slogojuma bloku intervālā.

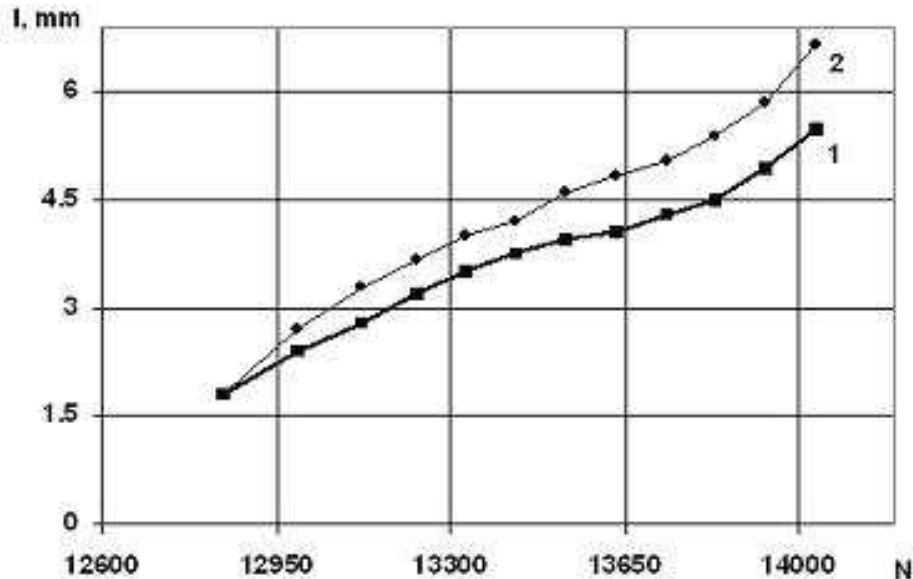
Šim atgāžņa pacelājam fraktografiskie pētījumi netika veikti, jo dotais objekts netika novests līdz sagrūšanai. Noguruma rievu soļa analīze agrāk sagrauto atgāžņa pacelāju cilpas lūzuma vietā ļauj novērtēt noguruma plaisu attīstības ātrumu – ņemot vērā šos datus, noguruma plaisa radusies apmēram pēc 12500 bloku nostrādes (tāds novērtējums ir jāuzskata par visai aptuvenu).

Tādējādi summārās AE N_{AE} vērtības, ko ir reģistrējusi AE1, analīze ļauj atzīmēt vienu ievērojamu parametra pieaugumu 11600...13200 bloku diapazonā (1. zona). Pirmkārt, tā ir makroplaisu rašanās zona, un otrkārt, to attīstība notiek visai intensīvi. Iespējams, ka noguruma mikroplaisa ir sākusi attīstīties agrāk, bet augstais vibroakustisko trokšņu līmenis neļauj ar pietiekamu ticamību noteikt šo brīdi.

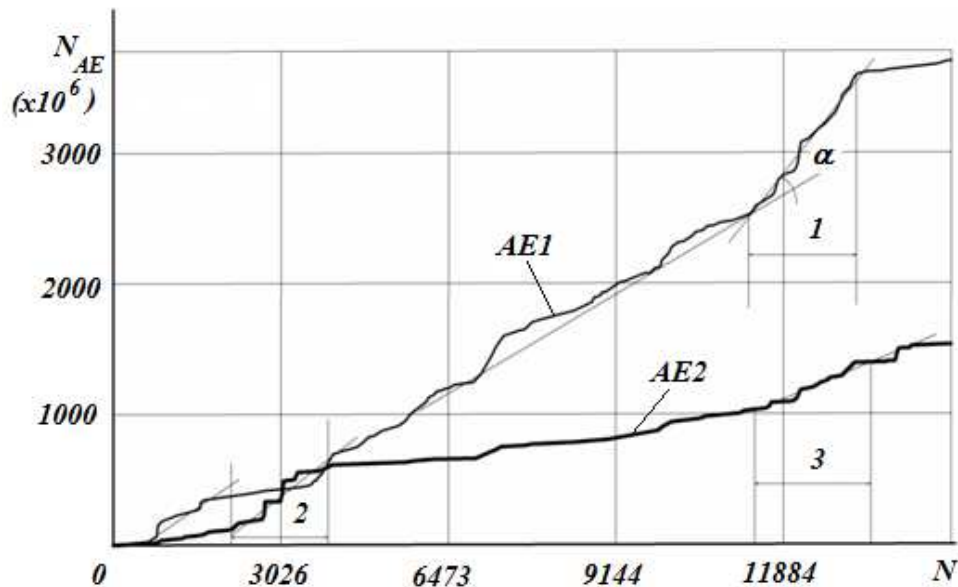
Tomēr jāatzīmē, ka ar AE metodes palīdzību pēc α -kritērija makroplaisu redzamās attīstības sākums iestājās apmēram 1200 blokus pirms to atrašanās ar magnētiskā pulvera kontroles palīdzību (pēc apmēram 11650 bloku nostrādes). Plaisas redzamās daļas analīze (skat. att. 7) parādīja, ka plaisa sāka attīstīties 12300...12700 slogojuma bloku diapazonā (kā minēts augstāk, netiešā fraktografiskā analīze uzrāda praktiski tādu pašu vērtību – apmēram 12500 blokus). Tādējādi var atzīmēt augstu AE metodes jutību. Ja pieņem, ka notiek plaisas nepārtrauktas attīstības process, tad iespējams, ka 650...1050 bloku starpība ir plaisas attīstības process, kuru nevar fiksēt ar esošajām kontroles metodēm. Mikroplaisas rašanos un tās attīstību par makroplaisu šajā gadījumā nevar identificēt.

AE summārās N_{AE} vērtības pieaugums ir atkarīgs ne tikai no defekta attīstības, bet arī no vibroakustiskajiem trokšņiem, kurus ģenerē konstrukcijas sloņojuma laikā. Šai gadījumā AE2 bija izvietots uz atgāžņa pacelēja cilindra un starp cilindru un kātu bija kustīgs savienojums caur virzuļa un kāta blīvējumu. Tātad AE signāls no defekta varēja nonākt līdz AE2 (skat. att. 8) stipri novājināts un diez vai būtiski atšķiras no vibroakustisko trokšņu līmeņa. Tā kā uz atgāžņa pacelēja cilindra netika reģistrēti kaut cik nozīmīgi defekti, tad par

pirmā tuvinājuma signāla pieaugumu, kuru atzīmē AE2, var uzskatīt par vibroakustisko troksni (kaut arī šeit var tikt fiksētas izmaiņas, kas satur informāciju par defektiem). Tā, var saistīt zināmu AE summārās vērtības N_{AE} pieaugumu, sākot no apmēram 11600. sloņojuma bloka (3. zona) līdz ar cilpas kāta plaisas augšanu; intensīvākas plaisas augšanas iemesli blokos 2500...3800 (2. zona) acīmredzami ir saistīti ar cilindra stāvokli, bet nevar tikt identificēti ar pietiekamu ticamību.



7. att. Plaisas garuma izmaiņas atgāžņa pacelēja cilpā: 1 – uz apakšējās gala virsmas; 2 – uz iekšējās virsmas



8. att. Summārās AE N_{AE} atkarība no sloņojuma bloku skaita N

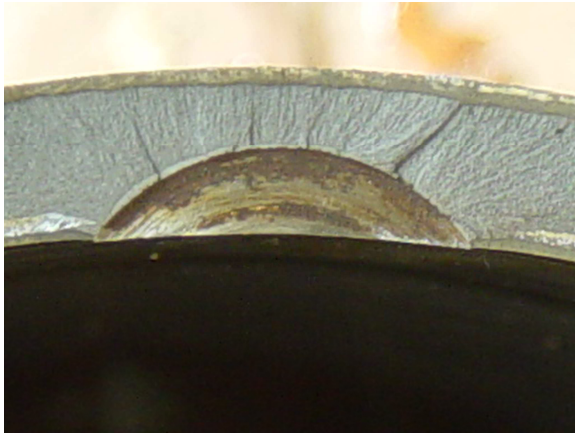
Tādējādi summārās AE N_{AE} vērtības, ko ir reģistrējusi AE1, analīze ļauj atzīmēt vienu ievērojamu parametra pieaugumu 11600...13200 bloku diapazonā (1. zona). Pirmkārt, tā ir makroplaisu rašanās zona, un, otrkārt, to attīstība notiek visai intensīvi. Iespējams, ka noguruma mikroplaisa ir sākusi attīstīties agrāk, bet augstais vibroakustisko trokšņu līmenis neļauj ar pietiekamu ticamību noteikt šo brīdi.

Tomēr jāatzīmē, ka ar AE metodes palīdzību pēc α -kritērija makroplaisu redzamās attīstības sākums iestājās apmēram 1200 blokus pirms to atrašanās ar magnētiskā pulvera kontroles palīdzību (pēc apmēram 11650 bloku nostrādes). Plaisas redzamās daļas analīze (skat. att. 7) parādīja, ka plaisa sāka attīstīties 12300...12700 sloņojuma bloku diapazonā (kā minēts augstāk, netiešā fraktogrāfiskā analīze uzrāda praktiski

tādu pašu vērtību – apmēram 12500 blokus). Tādējādi var atzīmēt augstu AE metodes jutību. Ja pieņem, ka notiek plaisas nepārtrauktas attīstības process, tad iespējams, ka 650...1050 bloku starpība ir plaisas attīstības process, kuru nevar fiksēt ar esošajām kontroles metodēm. Mikroplaisas rašanos un tās attīstību par makroplaisu šajā gadījumā nevar identificēt.

PLAISAS ATTĪSTĪBAS ANALĪZE AMORTIZATORA KĀTĀ

Sakarā ar to, ka amortizatora kāta sagrūšana ekspluatācijas apstākļos rada augstu bīstamību, plaisas attīstības pētīšanas nosacījumi tika nedaudz izmainīti. Pirmkārt, amortizatora kāta konstrukcijā tika ieviests mākslīgs defekts – koncentrators. Koncentrators tika izveidots tai vietā, kur noguruma plaisa bija radusies iepriekšējo izmēģinājumu laikā un tas bija 21 mm garš un 0,8 mm plats iezāģējums (att. 9). Otrkārt, šasijas slojums tika veikts ar pulsējošu sānu spēku palīdzību, kas radīja iezāģējuma atvēršanos.



9. att. Koncentrators un lūzuma vieta pie koncentratora

Tā kā tradicionālo nesagraujošās kontroles metožu pielietojšanas iespēja bez mezgla izjaukšanas bija ierobežota (tika veikta periodiska US kontrole pēc katriem 200...400 slojuma cikliem), tad kā galvenā tika veikta AE kontrole.

AE pārveidotājs bija piestiprināts pie kāta spoguļa vietā, kas bija izvirzīta no cilindra (att. 10); AE informācijas sinhronizācijai ar slojuma procesu tika izmantots tenzodevējs, kurš tika izvietots līdzās.

Pie kārtējās US kontroles pēc 3550 slojuma ciklu nostrādes aptuveni tika fiksēta 0,6...1,7 mm gara noguruma plaisa.

Fraktografiskā analīze parādīja, ka maģistrālā plaisa ir radusies no daudziem perēkļiem, kuri bija radusies ap koncentratora virsotnēm. Mikroplaisas no atsevišķām perēkļu grupām izplatījās dažādā dziļumā gar plaisas fronti. Uz noguruma pētījumu pārtraukšanas brīdi plaisu attīstības ātrums atsevišķos apgabalos bija augsts. Pēc materiāla plaisu analīzes var secināt, ka plastiskās deformācijas zona pirms plaisas virsotnēm bija samērā liela.

Summārās AE N_{AE} izmaiņu atkarībā no slojuma cikla skaita N , kas ir iegūti ar dažādu AE palīdzību, grafiki ir

parādīti att. 11. Kā redzams, summārām AE N_{AE} izmaiņām ir analogs raksturs. Galvenā apskatīto atkarību īpatnība, tāpat kā iepriekšējos gadījumos, ir nevienmērīgā AE signālu uzkrāšanās dažādos slojuma diapazonos. Šai variantā var izcelt 3 posmus ar lēnu AE uzkrāšanu un, sekojoši, ar lēnu plaisu noguruma attīstību un 3 posmus ar paātrinātu AE pieaugšanu un, sekojoši, ar ātrāku plaisu attīstību. Plaisu noguruma ātras attīstības diapazonu atrašanai, tāpat kā iepriekš, var tikt izmantots α -kritērijs [6].

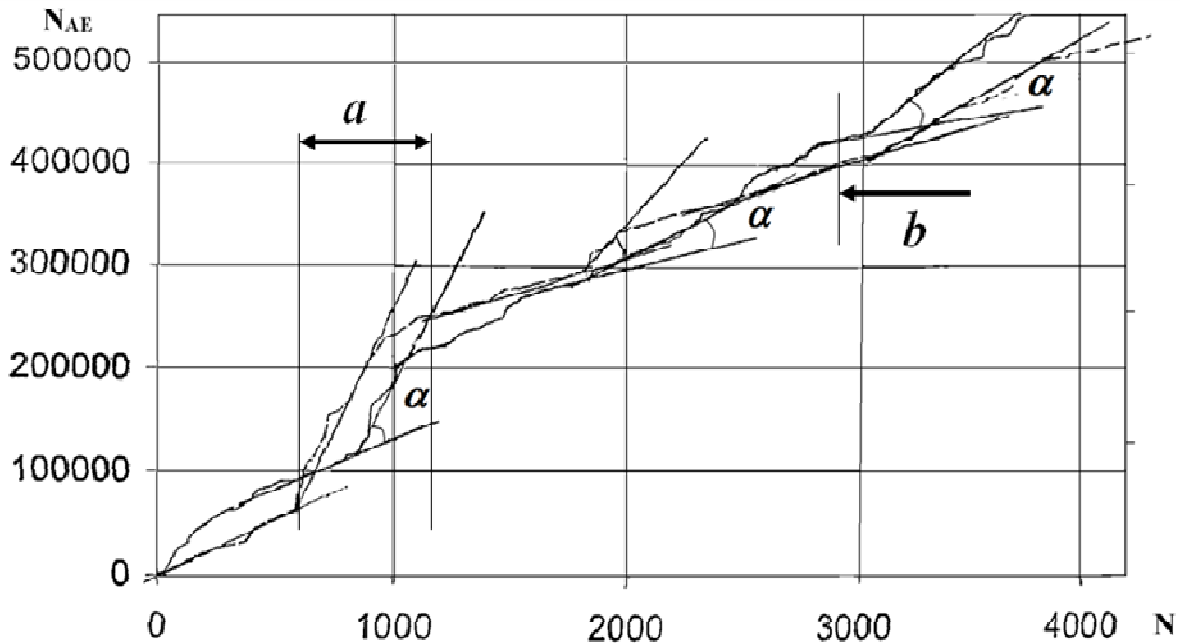
Acīmredzami, ka noguruma mikroplaisas ir radušās diapazonā α : šeit var ievērot vairākus raksturīknes $N_{AE}=f(N)$ lūzumus, kuri atbilst dažu mikroplaisu radīšanai. Šo faktu apstiprina Fraktografiskā analīze. Atzīmēsim, ka mikroplaisu rašanos šai attīstības posmā nevar fiksēt ne ar vienu citu NK veidu.



10. att. AE pārveidotāja un tenzodevēja izvietojums

Praksē vislielāko interesi izraisa brīdis, kad mikroplaisa pārvēršas makroplaisā, jo no šī brīža tā kļūst bīstama konstrukcijas darbam. Šī brīža noteikšanas jautājums būtībā ir galvenais konstrukcijas noguruma izturības novērtēšanā un tam nav viennozīmīga risinājuma. Kā zināms, atrodot noguruma plaisas ar tradicionālajām NK metodēm svarīgās spēka konstrukcijās, to ekspluatācija parasti tiek izbeigta. Pirmajā tuvinājumā šo brīdi var uzskatīt par mikroplaisas pārvēršanās makroplaisā brīdi, vai vismaz par bīstamu noguruma plaisas attīstības brīdi. Tomēr tradicionālo NK kontroles izmantošanu šī brīža noskaidrošanai bieži vien ietekmē konstrukcijas sarežģītība un izjaukšanas nepieciešamība.

AE metodei nepiemīt šādi ierobežojumi. Turklāt tā ir jutīgāka un var tikt izmantota defekta bīstamības agrākai indikācijai. Šai gadījumā mikroplaisas pārvēršanās makroplaisā sākas pie apmēram 3000 ciklu nostrādes diapazonā b . Tādējādi AE metodes izmantošana var paaugstināt noguruma sagrūšanas novērtējuma efektivitāti.



11. att. Summārās AE NAE atkarība no slogojuma bloku skaita N

NOSLĒGUMS

1. Lidmašīnas šasijas reālā slogojuma imitācijas izmantošana izmēģinājumu laikā ir saistīta ar dažādu lidojuma cikla posmu detalizētu analīzi.
2. Ir parādīta būtiska noguruma plaisas attīstības nevienmērība dažādos izmēģinājumos.
3. AE metode palīdz fiksēt noguruma mikroplaisu rašanās brīdi, kā arī var tikt izmantota noguruma plaisu bīstamas attīstības noteikšanai
4. Veiktie pētījumi ļauj iekļaut AE metodi atbildīgu konstrukciju stenda izmēģinājumu tehnoloģijā.



Šis darbs izstrādāts ar Eiropas Reģionālā attīstības fonda atbalstu projektā „Bezpilota aviācijas kompleksa izstrāde un lidaparātu industriālo prototipu izveide Latvijas tautsaimniecības uzdevumu risināšanai”.

LITERATŪRAS SARAKSTS

1. Introduction to Acoustic Emission Testing. [tiešsaiste]. [skatīts 23.09.2009]. Pieejams: http://www.ndt-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Other%20Methods/AE/AE_Index.htm
2. Huang M., Jiang L., Liaw P., etc. Using Acoustic Emission in Fatigue and Fracture Materials Research. [tiešsaiste]. [skatīts 25.09.2009]. Pieejams: <http://www.tms.org/pubs/journals/JOM/9811/Huang/Huang-9811.html>
3. Самолет Ту-154, Ту-154А, Ту-154Б. Руководство по эксплуатации и техническому обслуживанию. Книга 5, часть 2. Шасси, 1974 г.
4. Виртуальный кабинет конструкции самолетов, Часть III. Шасси [tiešsaiste]. [skatīts 29.09.2009]. Pieejams: http://cnit.ssau.ru/virt_lab/shassi/index.htm
5. A.Urbah, M.Banov, S.Doroshko, A.Nasibullin. Non-destructive checking of aircraft landing gear during residual strength testing. *Ultragarsas, vol.64, No.1*, Technologija, Kaunas, 2009.

6. A.Urbah, M.Banov, S.Doroshko, A.Nasibullin. Acoustic Emission Monitoring of Landing Gear Fatigue Testing. *Transport Means 2008. Proceedings of the 12th International Conference. Technologija, Kaunas, 2008, 33-36pp.*

Alexander Urbach is a 1981 undergraduate of the Faculty of Mechanical Engineering Riga Civil Aviation Engineering Institute and has been awarded the Dr.sc.ing. degree by the same faculty in 1986. In 1997 he was awarded the Dr.habil.sc.ing. degree by the Riga Aviation University. In 1989-1999 he is a Vice Dean and Dean at the Faculty of Mechanical Engineering of Riga Aviation University. Since 1999 he is a full time professor and Director at the Institute of Transport Vehicles Technologies of the Riga Technical University. His field of scientific interest includes: Mechanical Engineering; Transport; Unmanned Land/Sea/Air Vehicles; Science of Aviation Materials; Aircraft Construction Mechanics; Structural Materials Processing – Surface Protection Technologies; Diagnostics of Machinery; Logistics and Transport Systems.

Mukharbiy D. Banov was born in Adyge-Habl (Stavropol territory, Russian Federation).

Educational background: 2007. - The supreme state engineering courses of improvement of qualification on non-destructive testing, 1975.-1979. - Riga Civil Aviation Engineers Institute postgraduate study on the Faculty of aircraft repair and technology, 1969.-1975. - Riga Civil Aviation Engineers Institute, engineer-mechanics aircraft and engines maintenance, Riga, Latvia.
Operational experience: 2009 - RTU Institute of Transport Vehicle Technology lead researcher; 1979-2009 . – RCAEI, RAU, AI RTU assistant, lecturer, docent, professor.

Sergey Doroshko was born in Primorsk district, Russia.

Educational background: Doctor Habilitus in Engineering (1992), Latvian Academy of Science; Professor (1992), Riga Aviation University (RAU); Professor of Aviation Engines (1989), High Attestation Commission (U.S.S.R.); Doctor of Technical Sciences in Aviation (1988), Kiev Civil Aviation Engineering Institute, High Attestation Commission (U.S.S.R.); Candidate of Technical Sciences in Aviation (Ph.D; 1968), Riga Civil Aviation Engineering Institute (RCAEI); Mechanical Engineering Diploma – Aircraft&Engine Maintenance (1961), RCAEI (1960-1961) and Aviation Engineering High Military Academy, Riga, 1956-1960.

Operational experience: 2008-present - RTU, ITVT, Prof., Main Scientific Worker; 2000 - 2008 – San Buenaventura University, Bogota, D.C., Colombia, Prof. of Aeronautical Engineering, Director of Engine Group; 1999 - 2000 - RTU, Aviation Institute, Head of Aircraft Powerplant Division;

1992 - 1999 - RAU, Head of Transport Engine Dpt.; 1987-1992 - RCAEI, Head of AeroEngine Dpt.; 1970-1987 - RCAEI, Associate Professor of AeroEngine Dpt.; 1968-1970 - RCAEI, Lecturer of AeroEngine Dpt.; 1965-1968 - RCAEI, Doctorate; 1961- 1965 - RCAEI, Assistant of AeroEngine Dpt.; 1961 - RCAEI, engineer.

Aleksey Nasibullin was born in Riga, Latvia.

Educational background: 2006 .-today - RTU postgraduate study on the Faculty of Transport and Mechanical Engineering. 1996 – 1998 Master of Science in Engineering. Riga Technological University of Civil Aviation. Radio Electronics and Computer Systems Faculty. 1992 – 1996 Bachelor of Science in Engineering. Riga Technological University of Civil Aviation. Radio Electronics and Computer Systems Faculty.

Operational experience: 2002 – today - Riga scientific experimental centre “Aviatest LNK” Ltd, test engineer, the head of group. 1997 - 2002 Riga scientific experimental centre “Aviatest LNK” Ltd, test engineer.

Vladislav P.Turko was born in Kislovodsk (Stavropol territory, Russian Federation).

Educational background: 1979.-1982. - RCAEI postgraduate study on the Faculty of aircraft repair and technology, 1975 The supreme state scientific - engineering courses of improvement of qualification on invention and patenting, 1968.-1974. - Riga Civil Aviation Engineers Institute, engineer-mechanics aircraft and engines maintenance, Riga, Latvia.

Operational experience: 2009 -... - deputy director (ISO-quality system); 1997 - 2009 Riga scientific - experimental centre “ Aviatest LNK ” Ltd, technical director. 1992-1997 RSEC “ Aviatest LNK ” Ltd, the senior scientific employee. 1982-1992 Riga branch GosNII GA, the scientific employee,

Awards: 2000 Open Stock Company " Tupolev " - «the Medal of academician A.N.Tupolev » for execution investigations on maintenance of safe operation of the plane TU – 154”

Alexander Urbach, Mukharbiy D. Banov, Sergey Doroshko, Aleksey Nasibullin, Vladislav P.Turko. Tehnology of earlier fatigue crack detection during undercarriage stand testing

Most important problems during development of fatigue bench test technology of airframe components are imitation of real loading and analysis of parameters connecting with initiation and fatigue crack growth. The key features when it is necessary taking for decision are to choice criterions of fatigue crack growth estimation. Abilities of traditional non-destructive testing (NDT), which are used during bench research, are limited. In addition to the traditional NDT it is offered to use the method of acoustic emission (AE). The main undercarriage leg of the passenger aircraft is an object of research. During the bench tests the loads acting during the different flight cycle were imitated. The critical undercarriage elements were found during operation and previous tests. There are a spline hinge eye, a trunnion, and a piston rod of shock absorber. The fatigue cracks were grown from artificial and natural stress concentrators. The fatigue crack initiation and development are checked by traditional NDT methods periodically and by AE method continuously. It is shown that in all cases the development of a fatigue crack occurs irregularly where the periods of accelerated growth are followed by the periods of slowdown. The crack initiation and initial growth cannot be to indicate by traditional NDT. They are analyzed either by the fractal analysis or by the AE method. Traditional NDT may be only used in final stages of fatigue crack growth. Comparison of results of AE and other methods shows that total AE change are connected with fatigue crack development. As a result, the AE method may be used to indicate microcrack initiation as well as to found its transformation into state which may be dangerous for further operation. It is shown that α -criterion is effective to estimate different stages of crack kinetics.

Александр Урбах, Мухарбий Банов, Сергей Дорошко, Алексей Насибуллин, Владислав Турко. Технология раннего обнаружения усталостных трещин при стендовых испытаниях шасси

При разработке технологии стендовых усталостных испытаний элементов воздушного судна наиболее важными вопросами являются имитация реального нагружения и анализ параметров, связанных с зарождением и развитием усталостных трещин. Возможности традиционных методов неразрушающего контроля (НК) ограничены. В дополнение к ним предлагается использовать метод акустической эмиссии (АЭ). Объектом исследований являлась основная стойка шасси пассажирского самолета. Нагружение при испытаниях имитировало нагрузки, возникающие последовательно на различных этапах полетного цикла. Наиболее нагруженные элементы шасси были выявлены по результатам эксплуатации и предыдущих испытаний. Ими являлись: проушины шлиц-шарнира, подкос-подъемник и шток цилиндра амортизатора. Усталостные трещины в них выращивались от искусственных и естественных концентраторов. Возникновение и развитие усталостных трещин контролировались периодически с помощью традиционных методов НК, а также непрерывно с помощью АЭ аппаратуры. Показано, что во всех случаях наблюдается неравномерный рост усталостных трещин, где периоды медленного роста сменяются ускоренным увеличением размера дефекта. Этапы возникновения и начального развития трещин не могут быть индцированы традиционными методами НК. Они анализируются или с помощью фрактографического анализа или методом АЭ. Сравнение результатов подтверждает, что изменение суммарной АЭ связано с особенностями развития усталостных трещин. На заключительных этапах роста усталостных трещин установлена связь АЭ с результатами традиционных методов НК. В результате метод АЭ может быть использован не только для индикации момента возникновения микротрещины, но и ее перехода в состояние, которое может быть критическим для безопасной эксплуатации. Показано, что для оценки различных этапов кинетики трещины эффективно применение α -критерия.