

Rīgas Tehniskā universitāte
Mašīnzinību, transporta un aeronautikas fakultāte
Aeronautikas institūts

Aleksandrs Urbahs
Jevhens Harbužs

Aviācijas materiālu un konstrukciju noguruma bojājumu akustiskā kontrole

Zinātniska monogrāfija

Apstiprinājusi RTU Zinātnes padome 2015. gadā
Apliecinājums Nr. 04000-7/5

Recenzenti: Igors Kabaškins, *Dr. habil. sc. ing.*
Valdis Priednieks, *Dr. habil. sc. ing.*

SATURS

1. AVIĀCIJAS KONSTRUKCIJU ELEMENTU DEFEKTU VISPĀRĪGS RAKSTUROJUMS UN KLASIFIKĀCIJA	7
1.1. Metāla konstrukcijas elementu defektu raksturojums un to rašanās iemesli	7
1.2. Kompozītmateriālu konstrukcijas elementu defektu raksturojums	10
1.2.1. Kompozītmateriālu galvenās īpatnības, priekšrocības un sastāvs	10
1.2.2. Kompozītmateriāli gaisakuģu un to dzinēju konstrukcijās	15
1.2.3. Kompozītmateriālu konstrukcijas elementu defektu raksturojums un to rašanās iemesli	19
2. AVIĀCIJAS MATERIĀLU UN KONSTRUKCIJU KONTROLES METODES	22
2.1. Aviācijas materiālu un konstrukciju stāvokļa vispārīgs novērtējums	22
2.2. Aviācijas konstrukciju paliekošās stiprības novērtēšanas metodes	24
2.3. Sagraujošās kontroles metodes	27
3. AVIĀCIJAS TEHNIKAS NESAGRAUJOŠĀS KONTROLES METODES UN LĪDZEKĻI	28
3.1. Optiski vizuālā kontrole	28
3.2. Kapilārās nesagraujošās kontroles metodes un līdzekļi	30
3.3. Magnētiskās nesagraujošās kontroles metodes un līdzekļi	32
3.4. Virpuļstrāvas nesagraujošās kontroles metodes un līdzekļi	32
3.5. Akustiskās kontroles metodes	33
3.6. Tradicionālo nesagraujošās kontroles metožu priekšrocību un trūkumu analīze	36
4. AKUSTISKĀS EMISIJAS METODES FIZIKĀLIE PAMATI	37
4.1. Akustiskās emisijas signālu parametru rašanās būtība	38
4.2. Galvenie akustiskās emisijas signālu parametri	40
4.3. Akustiskās emisijas kontroles rezultātu novērtēšana	41
4.4. Materiālu bojājamības mehānisma izpēte, izmantojot akustiskās emisijas signālu mērījumu datus	42
4.5. Akustiskās emisijas metodes kontroles izmantošanas shēmas	45
4.6. Akustiskās emisijas metodes izmantošanas sfēras	46
4.7. Akustiskās emisijas metodes priekšrocības	47

5. MATERIĀLU BOJĀJAMĪBAS MODELĒŠANA CIKLISKO SLODŽU PROCESĀ.....	49
5.1. Metāla materiālu akustiskās emisijas avotu un noguruma sagrūšanas mehānisma analīze	49
5.2. Materiālu bojājamības modelēšana ciklisko slodžu procesā, izmantojot akustiskās emisijas signālu mērījumu datus	53
6. EKSPERIMENTĀLO PĒTĪJUMU VEIKŠANAS METODOLOĢIJA UN APRĪKOJUMS	59
6.1. Pētījumu objektu raksturojums.....	59
6.1.1. Kompozītmateriāla paraugu raksturojums	59
6.1.2. Vidējās maģistrāles lidmašīnas pamata statnes konstrukcijas īpatnības ...	60
6.1.3. Lidmašīnas elerona konstrukcijas īpatnības.....	62
6.1.3.1. Elerona komponējums un galvenie parametri.....	63
6.1.3.2. Elerona konstrukcijas raksturojums.....	65
6.2. Eksperimentālo pētījumu veikšanas metodoloģija	66
6.2.1. Kompozītmateriāla paraugu pētījumu veikšanas eksperimentālais stends un metodoloģija	66
6.2.2. Lidmašīnas šasijas statnes pārbaudes veikšanas stends un izmēģinājumu metodoloģija.....	71
6.2.3. Elerona statisko izmēģinājumu veikšanas stends un metodika	77
6.3. Akustiskās emisijas aparatūras tehniskais raksturojums	80
6.3.1. Akustiskās emisijas signālu analizators "AF-15"	82
6.3.2. Portatīvā akustiskās emisijas sistēma "Pocket AE-2"	83
6.3.3. Mērīšanas sistēmas modernizācija, izmantojot aparatūru "AF-15"	85
6.3.4. Tipveida shēma akustiskās emisijas iekārtu pieslēgšanas izmēģinājumu veikšanai	86
7. AVIĀCIJAS METĀLA KONSTRUKCIJU NOGURUMA BOJĀJUMU KONTROLE AR AKUSTISKĀS EMISIJAS METODI	88
7.1. Aviācijas metāla konstrukciju sagrūšanas mehānisma izpēte.....	88
7.2. Metāla noguruma bojājumu novērtēšanas kritēriji, izmantojot akustiskās emisijas kontroli.....	91
7.2.1. Bojājumu laukuma novērtējuma kritērijs pēc akustiskās emisijas mērījumu datiem	93
7.2.2. Konstrukciju paliekošās stiprības kompleksais kritērijs pēc slodzes parametra	94

8. AVIĀCIJAS KOMPOZĪTMATERIĀLU UN KONSTRUKCIJU SAGRŪŠANAS MEHĀNISMU IZPĒTE UN BOJĀJAMĪBAS NOVĒRTĒŠANA	96
8.1. Aviācijas konstrukciju kompozītmateriālu sagrašanās mehānisma analīze	96
8.1.1. Kompozītmateriālu sagrašanās mehānismu eksperimentālie pētījumi	96
8.1.1.1. Izmēģinājumu rezultāti eksperimentāliem paraugiem, kas netika pakļauti sākotnējai slogošanai	98
8.1.1.2. Izmēģinājumu rezultāti paraugiem, kas tika pakļauti sākotnējai slogošanai	108
8.1.2. Kompozītmateriālu paraugu sagrašanās procesa analīze	117
8.1.3. Iegūto rezultātu vispārīgs raksturojums	118
8.1.4. Materiālu bojājumu pakāpes akustiskās emisijas novērtējumi	119
8.1.4.1. Vienā virzienā vērstā kompozītmateriāla bojājumu pakāpes akustiskās emisijas novērtējumu kritēriji statistiskajā slogojumā	119
8.1.4.2. Kompozītmateriālu sagrašanās intensitātes novērtēšanas akustiskās emisijas kritērijs	121
8.1.4.3. Kompozītmateriāla konstrukciju sagrašanās veida noteikšanas akustiskā emisijas metode	121
8.2. Reālu kompozītmateriālu aviācijas konstrukciju bojājamības novērtējums	122
IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI	126
ABSTRACT	133
SUMMARY	134