

Dejan Živković,
dipl. inž.
Gradimir Basarić,
dipl. inž.

Institut za medicinu rada ZPM VMA,
Beograd
Dr sc med. Stojan Jovelić,
pukovnik
Institut za vazduhoplovnu medicinu
ZPM VMA,
Beograd

OPŠTE VIBRACIJE NA SEDIŠTU PILOTA KOD DVA TIPA HELIKOPTERA

UDC: 613.644 : 358.432 : 623.746.174

Rezime:

U ovom radu opisano je merenje opštih vibracija na sedištu pilota kod dva tipa helikoptera (po jedna letelica) sa turbomlaznim motorima, kao i trećinsko-oktavna analiza ubrzanja opštih vibracija u sve tri ose. Iz dobijenih rezultata sledi da su nivoi ubrzanja kod prvog tipa helikoptera najveći u trećinsko-oktavnom opsegu sa centralnom frekvencijom od 16 Hz. Maksimalne vrednosti ubrzanja opštih vertikalnih vibracija izmerene su za režime lebdenja ($0,977 \text{ m/s}^2$) i horizontalnog leta pri brzini od 250 km/h ($0,950 \text{ m/s}^2$), a dopušteno vreme neprekidnog izlaganja za ove nivoe ubrzanja iznosi približno 5 sati. Kod drugog tipa helikoptera nivoi ubrzanja su maksimalni u trećinsko-oktavnom opsegu sa centralnom frekvencijom od 6,3 Hz. Najveće vrednosti ubrzanja opštih vertikalnih vibracija izmerene su za režime zaokreta ($0,737 \text{ m/s}^2$) i horizontalnog leta pri brzini od 200 km/h ($0,621 \text{ m/s}^2$), a dopušteno vreme neprekidnog izlaganja za ove nivoe ubrzanja iznosi približno tri sata. Nivoi ubrzanja u pravcu x i y ose su kod oba tipa helikoptera, u svim režimima i svim trećinsko-oktavnim opsezima, bili daleko ispod graničnih vrednosti ubrzanja za vreme izlaganja od 24 časa. S obzirom na to da je neprekidno dnevno trajanje leta pilota u ispitivanim režimima u oba helikoptera ispod navedenih intervala, može se konstatovati da nivoi opštih vibracija ne utiču bitno na radnu sposobnost pilota.

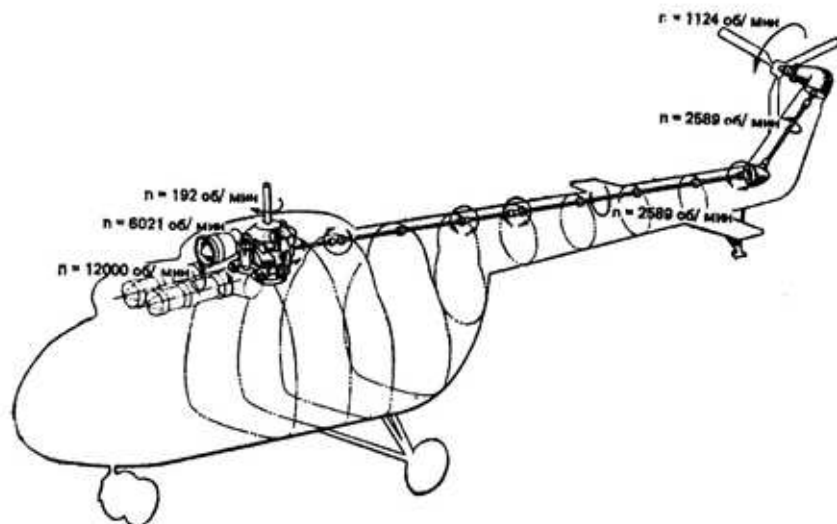
Ključne reči: opšte vibracije, ekspozicija, piloti helikoptera, radna sposobnost.

WHOLE BODY VIBRATION ON HELICOPTER PILOT SEAT FOR TWO TYPES OF HELICOPTERS

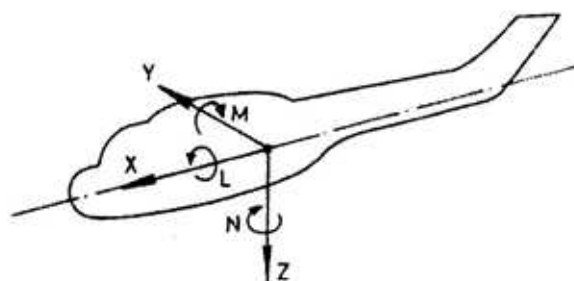
Summary:

The aim of the work was to measure the whole body vibration on helicopter pilot seats in two types of helicopters with jet engines and to accomplish the third octave analysis of whole body vibration acceleration in all three axes. The results of measurement on the first type of helicopters showed that the highest acceleration levels were in third octave band with the mid frequency of 16 Hz. The highest whole body vibration acceleration values were for the following regimes: the regime of levitation and the regime of horizontal flight with a speed of 250 km/h. The permissible exposure time periods for these acceleration levels were around 5 hours. The results of measurement on the second type of helicopters showed that the highest acceleration levels were in the third octave band with the mid frequency of 6,3 Hz. The highest whole body vibration acceleration values were for the following regimes: the regime of turning point and the regime of horizontal flight with a speed of 200 km/h. The permissible exposure time periods for these acceleration levels were around 3 hours. The acceleration levels in X or Y axes for both types of helicopters, in all regimes and all third octave bands, were very far below from the exposure levels for 24 hours. Since the pilots' continuous exposure in the investigated regimes of flights is below these mentioned time periods, we can conclude that the whole body vibration levels do not have significant effects on the pilots' working ability.

Key words: whole body vibration, exposure, helicopter pilots, working ability.



a)



b)

Sl. 1 – Osnovni izvori vibracija kod helikoptera:
a) – transmisija helikoptera; b) – komponente sila i momenta glavnog rotora

Uvod

Osnovni izvori vibracija unutar helikoptera su sile i momenti koji nastaju na glavnom rotoru (prenose se preko šarnira na glavčinu i trup helikoptera – slika 1), inercione i elastične sile trupa i ostalih sklopova, kao i interakcija navedenih sila. Značajne izvore vibracija predstavlja ju i repni rotor, reduktori i pogonska grupa, kao i sistem za transmisiju. Svi navede-

ni sklopovi tokom leta međusobno reaguju i tako definišu formu i intenzitet vibracija. Spoljašnji izvori vibracija jesu turbulencije vazduha, kao i jaki udari vetra.

Opšte vibracije se preko sedišta prenose na telo pilota koji upravlja helikopterom. Širenje vibracija kroz telo zavisice ne samo od mesta prenosa vibracija, u ovom slučaju sedišta pilota helikoptera, nego i od strukture tkiva i fizičkih parametara vibracija. Od mesta prenosa vi-

bracije se rasprostiru na sve strane u vidu talasnog kretanja, izazivajući naizmenično skupljanje i rastezanje čestica tkiva. Kod većine serijski proizvedenih helikoptera najintenzivnije vibracije javljaju se u oblasti niskih frekvencija (do 30 Hz), tako da zalaze u oblasti rezonantnih frekvencija većine ljudskih organa. Naime, niskofrekventne vibracije se dalje prostiru, a rezonancija se javlja kao posledica podudaranja frekvencije oscilovanja izvora i tkiva organizma. Pri projektovanju i izradi helikoptera prethodno navedena činjenica je od velikog značaja, sa stanovišta zaštite od vibracija [1-5].

U ovom radu opisano je merenje opštih vibracija na sedištu pilota kod dva tipa helikoptera (po jedna letelica) sa turbomlaznim motorima, kao i trećinsko-oktavna analiza ubrzanja opštih vibracija u sve tri ose.

Materijal i metode merenja

Ubrzanja opštih vibracija snimana su kod dva tipa helikoptera (po jedna letelica) – prvi tip ima dva turbomlazna motora, a drugi jedan turbomlazni motor. Vibracije su snimane u toku reprezentativnih i najvažnijih faza leta, a u sklopu redovnih letačkih zadataka. Snimanje je obavljeno pomoću mernog lanca koji se sastojao od: dva troosna akcelerometra, tip 4231 i magnetofona 7006 (sa jednom Direct Unit tip ZE 0299 i tri Vibration UNIT ZM 0060). Prvi akcelerometar bio je fiksiran za sedišta pilota (prva pozicija), a drugi za metalnu pločicu, koja je postavljena na gornjoj površini podmetača za sedenje, ispod sedalnog dela pilota (druga pozicija). Time je vršena procena atenuacije ubrzanja vibracija.

Vibracije su snimane u periodu od 65 minuta kod prvog tipa helikoptera, a kod drugog tipa helikoptera u periodu od 55 minuta. Snimljena ubrzanja opštih vibracija u navedenim pozicijama su kasnije, u laboratoriji, reprodukovana na digitalni frekventni analizator (tip 2131), sa kojim je izvršena trećinsko-oktavna analiza u pojasevima sa centralnim frekvencijama od 1,6 Hz do 80 Hz. Svi uređaji su proizvodi firme Brüel & Kjaer iz Danske.

Na osnovu dobijenih vrednosti ubrzanja (u dB) sa digitalnog frekventnog analizatora, tip 2131, izvršeno je preračunavanje pomoću sledeće formule:

$$a = a_o \times 10^{L/20} \quad (\text{m/s}^2),$$

što je obezbedilo dobijanje vrednosti ubrzanja vibracija u m/s^2 . Dopuštena vremena izlaganja proračunavana su uz pomoć računara i odgovarajućeg programa.

Za normiranje dobijenih rezultata korišćene su granične vrednosti za ubrzanje, koje definiše kriterijum štetnog dejstva opštih vibracija na čoveka koji pri radu sedi, i odnosi se na zaštitu radne sposobnosti od zamora, iz međunarodnog standarda ISO 2631/1 – 1985 [5-7].

Rezultati merenja i diskusija

Nivoi ubrzanja opštih vibracija, koji su dobijeni pomoću akcelerometra fiksiranog na sedištu pilota prvog tipa helikoptera (prva pozicija) bili su praktično isti, posmatrano za sve tri ose, kao i nivoi ubrzanja koji su dobijeni pomoću akcelerometra postavljenog u drugoj poziciji (u ovoj poziciji se između pločice sa akce-

lerometrom i sedišta nalazi tanko jastuče koje nema dobru sposobnost prigušenja vibracija). Kako je signal koji je poticao od akcelerometra fiksiranog na sedištu bio mnogo korektniji od signala koji je poticao od drugog akcelerometra (javljale su se nagle promene u signalu zbog pomeranja pilota), on je korišćen za analizu. U tabeli 1 prikazane su upravo vrednosti ubrzanja opštih vertikalnih vibracija (a_z) izmerene pomoću akcelerometra u prvoj poziciji. Može se uočiti da su izmereni maksimalni nivoi ubrzanja bili u trećinsko-oktavnom pojasu sa centralnom frekvencijom od 16 Hz. Maksimalne vrednosti ubrzanja opštih vertikalnih vibracija izmerene su za režime lebdenja ($0,977 \text{ m/s}^2$ u trećinsko-oktavnom pojasu sa centralnom frekvencijom od 16 Hz) i za režim horizontalnog leta pri brzini od 250 km/h ($0,950 \text{ m/s}^2$ u trećinsko-oktavnom pojasu sa centralnom frekvencijom od 16 Hz). Proračunata dopuštena vremena izlaganja za ove režime su: 284 minuta – za režim lebdenja i 300 minuta (5 sati) – za režim horizontalnog leta pri brzini od 250 km/h.

Jastuče na kojem sedi pilot drugog tipa helikoptera je deblje nego kod prvog tipa helikoptera. Nivoi ubrzanja opštih vibracija, dobijeni pomoću dva akcelerometra postavljena u navedenim pozicijama, u ovom slučaju znatno se razlikuju, što ukazuje na to da jastuče ima dobru sposobnost prigušenja vibracija. Izmerene vrednosti ubrzanja opštih vertikalnih vibracija (a_z) na obe pozicije na sedištu pilota drugog tipa helikoptera prikazani su u tabeli 2 i tabeli 3. Može se uočiti da su izmereni maksimalni nivoi ubrzanja

bili u trećinsko-oktavnom pojasu sa centralnom frekvencijom od 6,3 Hz. Najveće vrednosti ubrzanja opštih vertikalnih vibracija izmerene su za režime zaokreta helikoptera ($0,737 \text{ m/s}^2$ na prvoj poziciji, a $0,531 \text{ m/s}^2$ na drugoj poziciji, i to u trećinsko-oktavnom pojasu sa centralnom frekvencijom od 6,3 Hz) i za režim horizontalnog leta pri brzini od 200 km/h ($0,802 \text{ m/s}^2$ na prvoj poziciji, a $0,621 \text{ m/s}^2$ na drugoj poziciji, u trećinsko-oktavnom pojasu sa centralnom frekvencijom od 6,3 Hz). Proračunata dopuštena vremena izlaganja su: za režim zaokreta 239,50 minuta i za režim horizontalnog leta pri brzini od 200 km/h – 194,50 minuta. Navedena su dopuštena vremena izlaganja samo za drugu poziciju, jer su od interesa upravo ovi nivoi vibracija koji se prenose na kičmeni stub pilota.

Ubrzanja opštih vibracija u smeru X i Y ose su kod posmatranih helikoptera daleko manja od navedenih ubrzanja opštih vibracija u pravcu Z ose, a njihov uticaj na radnu sposobnost pilota helikoptera je znatno manji. Činjenica je da je i kod ovih osa uočeno da su najviši nivoi ubrzanja, takođe, bili u trećinsko-oktavnim opsezima sa centralnim frekvencijama od 16 Hz i 6,3 Hz, sukcesivno, ali i da su sve vrednosti bile u opsegu dopuštenih vrednosti izlaganja, tj. da dopuštaju neprekidno viščasovno izlaganje bez uticaja na pojavu zamora i opadanje radne sposobnosti pilota helikoptera.

Na slici 2 i slici 3 grafički su prikazane trećinsko-oktavne analize opštih vertikalnih vibracija za neke režime leta posmatranih helikoptera.

Vrednosti ubrzanja opštih vertikalnih vibracija (a_v) na sedištu pilota prvog tipa helikoptera

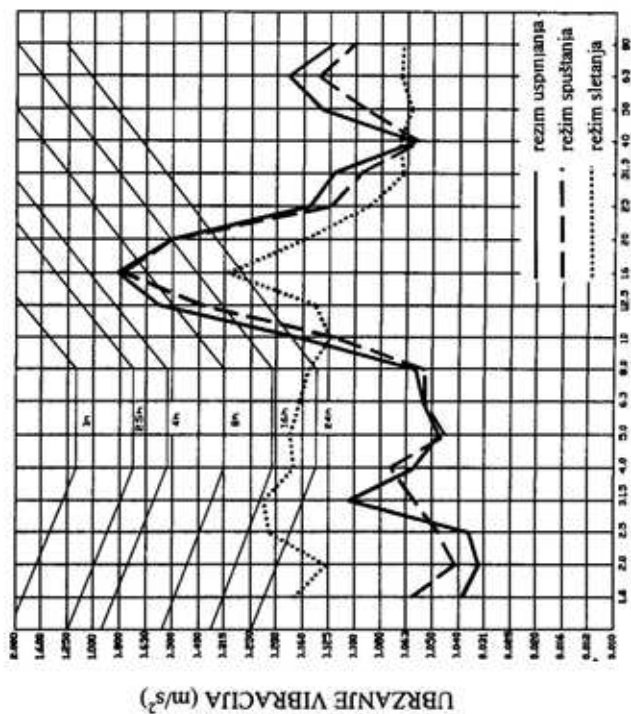
Centralne frekvencije trećinsko-oktavnih pojaseva (Hz)	a_v (m/s^2) za režim zapuštanja motora	a_v (m/s^2) za režim korekcije	a_v (m/s^2) za režim lebdenja	a_v (m/s^2) za režim uspinjanja	a_v (m/s^2) za režim spuštanja	a_v (m/s^2) za režim sletanja	a_v (m/s^2) horizontalni let (200 km/h)	a_v (m/s^2) horizontalni let (100 km/h)	a_v (m/s^2) horizontalni let (250 km/h)	a_v (m/s^2) za ubrzanje	a_v (m/s^2) za usporavanje	a_v (m/s^2) za režim zaokreta
1,6	0,013	0,043	0,136	0,039	0,062	0,178	0,045	0,041	0,054	0,039	0,048	0,052
2,0	0,030	0,047	0,132	0,033	0,041	0,126	0,037	0,040	0,042	0,040	0,035	0,039
2,5	0,013	0,051	0,127	0,037	0,048	0,216	0,035	0,033	0,031	0,041	0,035	0,036
3,15	0,018	0,074	0,146	0,103	0,060	0,229	0,081	0,069	0,085	0,093	0,083	0,064
4,0	0,017	0,048	0,128	0,059	0,075	0,178	0,058	0,041	0,062	0,047	0,060	0,072
5,0	0,016	0,027	0,072	0,048	0,045	0,180	0,043	0,036	0,041	0,047	0,040	0,038
6,3	0,013	0,028	0,074	0,055	0,054	0,166	0,050	0,048	0,039	0,050	0,052	0,047
8,0	0,025	0,033	0,088	0,059	0,054	0,148	0,058	0,055	0,044	0,059	0,053	0,055
10,0	0,123	0,033	0,147	0,170	0,120	0,124	0,126	0,142	0,105	0,133	0,113	0,123
12,5	0,077	0,082	0,414	0,592	0,395	0,140	0,406	0,410	0,338	0,559	0,128	0,477
16,0	0,060	0,257	0,977	0,804	0,785	0,313	0,944	0,891	0,950	0,876	0,825	0,825
20,0	0,092	0,162	0,461	0,506	0,501	0,157	0,495	0,476	0,497	0,444	0,491	0,587
25,0	0,032	0,025	0,099	0,148	0,124	0,085	0,105	0,098	0,076	0,117	0,102	0,132
31,5	0,020	0,028	0,085	0,123	0,096	0,067	0,099	0,073	0,082	0,085	0,080	0,104
40,0	0,067	0,026	0,059	0,060	0,057	0,069	0,055	0,057	0,052	0,052	0,052	0,064
50,0	0,044	0,051	0,105	0,134	0,093	0,062	0,098	0,105	0,097	0,095	0,076	0,108
63,0	0,065	0,087	0,181	0,183	0,136	0,068	0,135	0,122	0,136	0,130	0,094	0,123
80,0	0,049	0,074	0,153	0,123	0,101	0,067	0,113	0,104	0,120	0,107	0,093	0,084

Vrednosti ubrzanja opštih vertikalnih vibracija (a_z) na sedištu pilota drugog tipa helikoptera

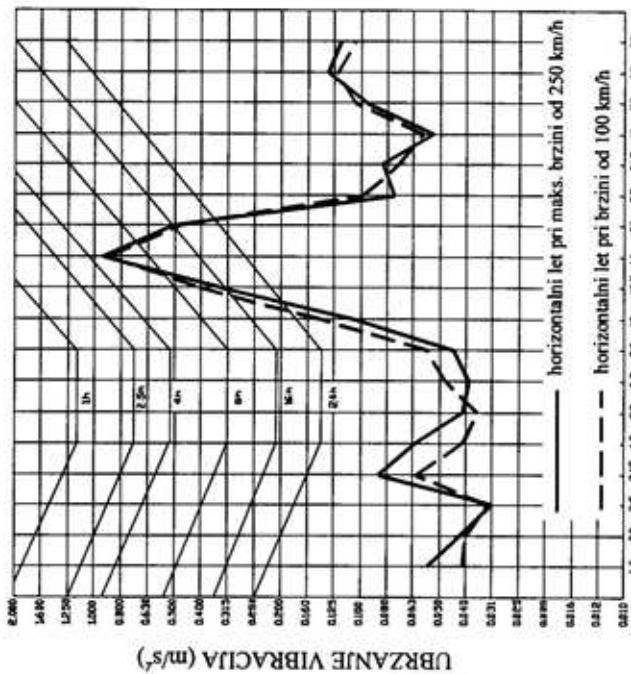
Centralne frekvencije trećinsko-oktavni pojava (Hz)	a_z (m/s^2) za režim zapanjanja motora	a_z (m/s^2) za režim zapanjanja rotora	a_z (m/s^2) za režim lebdjenja		a_z (m/s^2) za režim zaokreta		a_z (m/s^2) za režim autorotacije		a_z (m/s^2) za režim ubrzanja i uspinjanja		a_z (m/s^2) za režim usporavanja	
			I pozicija	II pozicija	I pozicija	II pozicija	I pozicija	II pozicija	I pozicija	II pozicija	I pozicija	II pozicija
1,6	0,024	0,087	0,098	0,062	0,159	0,042	0,092	0,036	0,295	0,030	0,066	0,034
2,0	0,039	0,094	0,082	0,028	0,157	0,030	0,088	0,032	0,200	0,027	0,058	0,028
2,5	0,083	0,117	0,065	0,017	0,141	0,025	0,079	0,029	0,140	0,022	0,056	0,021
3,15	0,032	0,079	0,057	0,014	0,143	0,024	0,069	0,028	0,119	0,019	0,034	0,014
4,0	0,033	0,070	0,049	0,011	0,114	0,022	0,063	0,028	0,129	0,021	0,037	0,013
5,0	0,040	0,112	0,117	0,017	0,110	0,024	0,110	0,030	0,112	0,023	0,045	0,018
6,3	0,172	0,347	0,617	0,452	0,737	0,531	0,653	0,484	0,661	0,501	0,507	0,285
8,0	0,034	0,133	0,065	0,037	0,089	0,051	0,125	0,040	0,091	0,047	0,082	0,038
10,0	0,042	0,071	0,065	0,040	0,093	0,043	0,117	0,043	0,051	0,047	0,095	0,045
12,5	0,038	0,157	0,089	0,080	0,116	0,074	0,145	0,060	0,060	0,046	0,116	0,056
16,0	0,042	0,155	0,085	0,035	0,140	0,080	0,160	0,072	0,100	0,062	0,120	0,045
20,0	0,158	0,216	0,457	0,282	0,582	0,359	0,292	0,211	0,462	0,285	0,327	0,202
25,0	0,012	0,062	0,115	0,050	0,111	0,103	0,114	0,075	0,076	0,062	0,135	0,076
31,5	0,063	0,126	0,143	0,089	0,188	0,132	0,080	0,040	0,146	0,120	0,168	0,099
40,0	0,102	0,202	0,351	0,269	0,372	0,339	0,237	0,207	0,320	0,234	0,292	0,184
50,0	0,068	0,150	0,146	0,071	0,211	0,193	0,135	0,110	0,150	0,095	0,327	0,065
63,0	0,065	0,112	0,209	0,127	0,335	0,221	0,160	0,138	0,180	0,141	0,168	0,098
80,0	0,069	0,115	0,099	0,089	0,186	0,112	0,112	0,100	0,104	0,062	0,095	0,056

Vrednosti ubrzanja opštih vertikalnih vibracija (a_z) na sedištu pilota drugog tipa helikoptera

Centralne frekvencije trećinsko- oktavnih pojasova (Hz)	a_z (m/s^2) za režim brzine od 100 km/h		a_z (m/s^2) za režim brzine od 150 km/h		a_z (m/s^2) za režim brzine od 200 km/h		a_z (m/s^2) za režim spuštanja u autorotaciji		a_z (m/s^2) za režim sletanja	
	I pozicija	II pozicija	I pozicija	II pozicija	I pozicija	II pozicija	I pozicija	II pozicija	I pozicija	II pozicija
	1,6	0,158	0,060	0,193	0,058	0,168	0,071	0,282	0,065	0,417
2,0	0,116	0,039	9,133	0,050	0,151	0,080	0,184	0,059	0,380	0,060
2,5	0,112	0,030	0,140	0,035	0,132	0,048	0,120	0,044	0,221	0,058
3,15	0,100	0,025	0,122	0,028	0,132	0,045	0,108	0,048	0,138	0,053
4,0	0,088	0,025	0,084	0,026	0,108	0,046	0,077	0,035	0,110	0,047
5,0	0,178	0,114	0,135	0,127	0,095	0,044	0,054	0,033	0,074	0,047
6,3	0,620	0,562	0,650	0,592	0,802	0,621	0,653	0,447	0,624	0,351
8,0	0,140	0,049	0,136	0,082	0,080	0,066	0,040	0,040	0,168	0,068
10,0	0,047	0,041	0,050	0,044	0,080	0,052	0,042	0,040	0,161	0,065
12,5	0,075	0,054	0,105	0,062	0,347	0,080	0,063	0,057	0,170	0,079
16,0	0,116	0,076	0,211	0,082	0,372	0,057	0,085	0,068	0,153	0,064
20,0	0,340	0,278	0,372	0,327	0,473	0,355	0,343	0,299	0,507	0,235
25,0	0,114	0,054	0,135	0,077	0,178	0,106	0,094	0,083	0,100	0,074
31,5	0,087	0,077	0,188	0,127	0,223	0,115	0,170	0,123	0,216	0,111
40,0	0,327	0,193	0,351	0,195	0,355	0,229	0,295	0,245	0,234	0,157
50,0	0,071	0,027	0,119	0,079	0,170	0,120	0,178	0,151	0,091	0,088
63,0	0,130	0,117	0,202	0,157	0,299	0,172	0,186	0,153	0,144	0,135
80,0	0,071	0,049	0,080	0,052	0,099	0,089	0,108	0,061	0,088	0,047

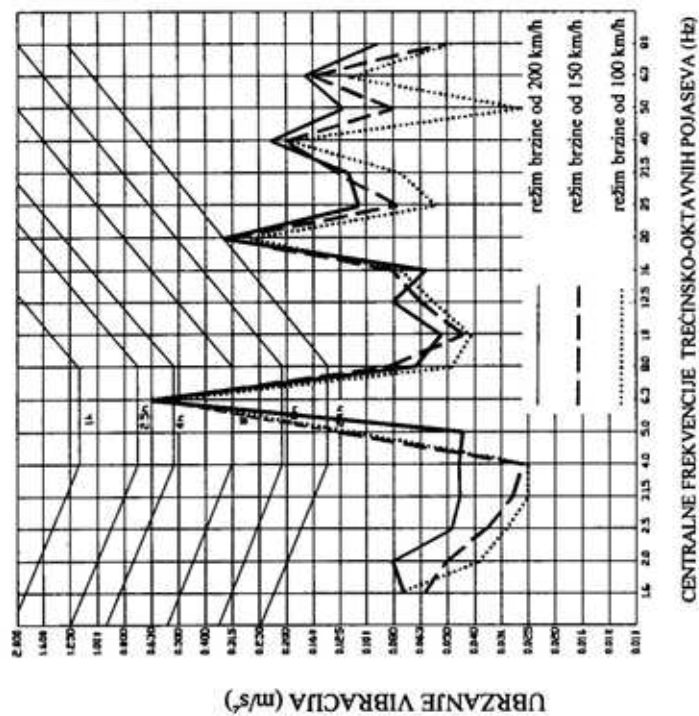
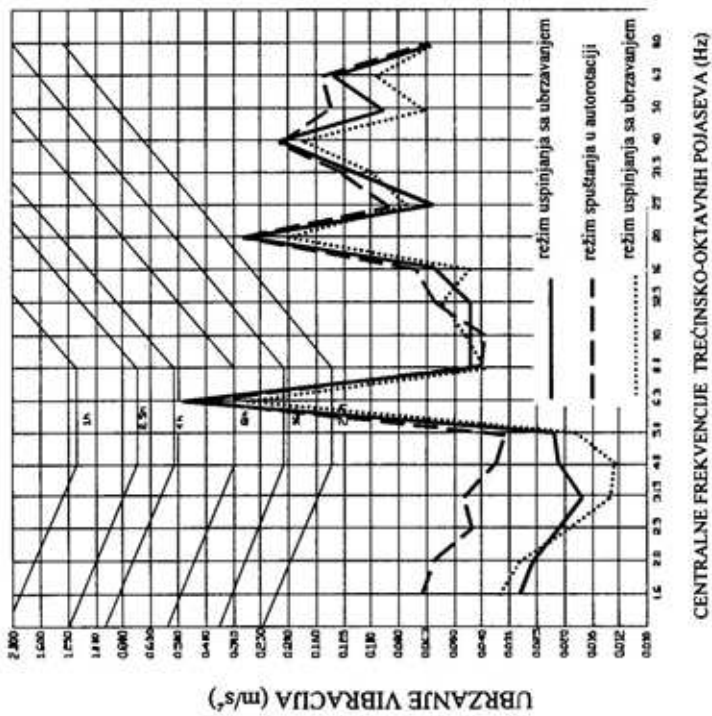


CENTRALNE FREKVENCIJE TREČINSKO-OKTAVNIH POJASEVA (Hz)



CENTRALNE FREKVENCIJE TREČINSKO-OKTAVNIH POJASEVA (Hz)

Sl. 2 – Trečinsko-oktavna analiza ubrzanja a_z na sedištu pilota prvog tipa helikoptera



Sl. 3 – Trećinsko-oktavná analiza ubrzanja a_z na sedištu pilota drugog tipa helikoptera



Sl. 4 – Pilot u položaju helikopterske povijenosti

Rezultati ukazuju na to da su posmatrane vibracije najizrazitije u oblasti niskih frekvencija. Takve niskofrekventne vibracije, većih amplituda, mogu prozrokovati promene na pojedinim ljudskim organima, a najčešće na kičmenom stubu. Poznato je da se bol u slabinskom delu kičme, koji se opaža kod pilota helikoptera, može javiti usled ekspozicije vibracijama, ali i kao posledica prinudnog sedećeg položaja pilota helikoptera (položaj „helikopterske povijenosti“ – slika 4).

Podaci dobijeni studijskim ispitivanjem ukazali su na srazmerno malu ulogu vibracija u nastajanju tranzitornog bola u leđima pilota helikoptera, što se može objasniti frekventno-amplitudnim karakteristikama izmerenih vibracija i srazmerno malom dnevnom i ukupnom ekspozicijom. Ono što je svakako važno jeste da je predominantna centralna frekvencija (16 Hz) trećinsko-oktavnog poja-

sa sa amplitudnim vrednostima ubrzanja iznad rezonantne učestanosti od 4 Hz za kičmeni stub.

Može se zaključiti da se ne isključuje nepovoljan uticaj vibracija na kičmeni stub pilota, posebno u genezi hroničnog bola, što zahteva dalja istraživanja. Činjenica je da ekcesivno i dugotrajno izlaganje vibracijama može dovesti do zamora i poremećaja fiziološkog stanja pojedinih čulnih organa, pa i opadanja radne sposobnosti pilota helikoptera. Zato iznalaženje novih i usavršavanje postojećih načina atenuiranja vibracija i ubuduće treba da ima značajnu ulogu [3, 4].

Razvoj materijala, kao što su: kompoziti, kevlar, fiber-glas, karbon, epoksidne smole i elastomeri, omogućio je nove koncepcije u projektovanju i gradnji vitalnih sistema helikoptera. Na taj način se, pored poboljšanja performansi letelica, postiže i smanjenje intenziteta vibracija i produžava eksploatacioni vek helikoptera. Elastomeri i kompoziti omogućili su i razvoj polukrutih glava glavnih rotora, što smanjuje komponente inercionih sila, a samim tim i intenzitet vibracija, postižući istovremeno povećanje korisnog dejstva rotora. Za smanjenje intenziteta vibracija razvijeno je i više mehaničkih sistema koji su dobili naziv „gasitelji vibracija“.

Mere za smanjenje intenziteta vibracija nisu zaobišle ni pogonske grupe helikoptera. Razvoj savremenih turbomlaznih motora male specifične mase, sa dobrom mehaničkom ili elektronskom regulacijom, omogućio je usklađivanje rada motora sa zahtevima rotora, što dovodi do smanjenja inercionih sila i njihovog uticaja na spektar vibracija. Razvijeni su i novi mehanički si-

stemi i sklopovi transmisije, što dovodi do smanjenja još jednog značajnog i kompleksnog faktora koji stvara vibracije kod helikoptera.

Primena savremenih računarskih sistema omogućuje optimalno sagledavanje i simulaciju kompleksnih pojava i procesa koji se javljaju u toku leta helikoptera. To pruža priliku timu konstruktora da pre izrade prototipa helikoptera predvide kakav bi mogao biti spektar vibracija, i da još u fazi projektovanja preduzmu odgovarajuće tehničke mere i tako utiču na njih. Značajnu pažnju svakako treba obratiti i na sedište pilota, koje je najčešće izrađeno od grubog materijala, pa je neophodno razmotriti mogućnost ugradnje prigušivača, amortizera i sl. [2, 3, 4].

Zaključak

U svim režimima leta kod prvog tipa helikoptera, osim režima zapuštanja motora, maksimalne vrednosti ubrzanja opštih vertikalnih vibracija javljaju se u trećinsko-oktavnom pojasu sa centralnom frekvencijom od 16 Hz. Izmerene vrednosti ubrzanja su takvih nivoa (izuzev kod zapuštanja, korekcije i sletanja) da praktično dozvoljavaju neprekidno izlaganje pilota helikoptera posmatranim vibracijama u periodu do 5 sati, a da pri tome ne dolazi do pojave značajnog dejstva zamora na radnu sposobnost pilota.

U svim režimima leta kod drugog tipa helikoptera maksimalne vrednosti ubr-

zanja opštih vertikalnih vibracija javljaju se u trećinsko-oktavnom pojasu sa centralnom frekvencijom od 6,3 Hz. Izmerene vrednosti ubrzanja su takvih nivoa da dozvoljavaju neprekidno izlaganje pilota helikoptera posmatranim vibracijama u periodu do 3 sata, a da pri tome ne dolazi do pojave značajnog dejstva zamora na radnu sposobnost pilota.

Navedeni periodi odnose se prevashodno na horizontalni let, jer su drugi režimi u toku leta kratkotrajni.

Ubrzanja opštih vibracija u smeru X i Y ose su kod posmatranih helikoptera bila daleko manja od navedenih ubrzanja opštih vibracija u pravcu Z ose.

S obzirom na to da je neprekidno dnevno trajanje leta pilota u ispitivanim režimima u oba helikoptera ispod navedenih intervala, može se konstatovati da nivoi opštih vibracija ne utiču bitno na radnu sposobnost pilota.

Literatura:

- [1] Pejčić, P.: Vojni helikopteri, Vojnoizdavački i novinski centar, Beograd, 1993.
- [2] Nikodinović, D.: Vibracije helikoptera, Glasnik RV i PVO, br. 5, 1985.
- [3] Jovelić, S., Rudnjanin S.: Sedište pilota helikoptera – zdravstveno-ergonomski aspekt, Glasnik RV i PVO, br. 2, 1991.
- [4] Jovelić, S.: Specifičnosti nastanka bola u leđima pilota helikoptera i mere prevencije, doktorska disertacija, Beograd, VMA, 2000.
- [5] Izakson, A. M.: Sovetskoe vertoleto-stroenie, Mašinstroenie, 1981.
- [6] ISO 2631/1. Evaluation of human exposure to whole body vibration – part 1: General requirements. Geneva: International Standard Organization, 1985.
- [7] ISO 10326-1. Mechanical vibration – Laboratory method for evaluating vehicle seat vibration – Part 1; Basic requirements. Geneva: International Standard Organization, 1992.