

PRILOG PROJEKTOVANJU KAROSERIJE PUTNIČKOG MOTORNOG VOZILA POBOLJŠANJEM VIBROAKUSTIČKIH PARAMETARA

Miloš Radisavljević,
Zastava automobili, Institut za automobile, Kragujevac

Miroslav Demić,
Mašinski fakultet u Kragujevcu

Redukcija nivoa buke i vibracija karoserijskih limenih površina postiže se primenom različitih antivibracionih (prigušnih) materijala. Upotreba prigušnih materijala je efikasna ako su dva fizička parametra: modul i faktor gubitka što viši. Viši moduli zahtevaju veće sile za deformisanje prilikom vibracija dok se viši faktor gubitka i prigušenje, bolje transformišu u mehaničku oscilatornu energiju. U ovom radu prikazani su rezultati dobijeni ispitivanjem uticaja prigušnih materijala nekoliko proizvođača na viboakustičke parametre karoserije. Tokom eksperimenta, registrovan je uticaj pomenutih materijala na brzinu prigušenja, zvučnu izolaciju, modalne parametre i unutrašnju buku vozila. Prilikom ovih razmatranja mora se problem posmatrati sa više aspekata, jer se, osim glavne funkcije, moraju uzeti u obzir i njihova težina, lakoća primene i zaštite, dimenzije i cene, a da pri tome imaju i dobre ekološke parametre.

Ključne reči: vozilo, buka, vibracije, prigušni materijali

UVOD

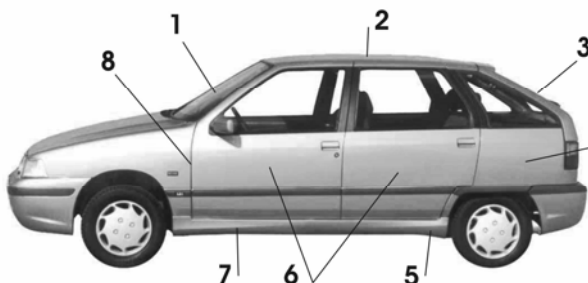
Motor sa unutrašnjim sagorevanjem i automobil čine uzajamno povezan akustički sistem višeg reda, to jest složeni izvor zračenja buke. Oscilacije automobilske konstrukcije generišu zvučne talase koji se čuju kao buka, a javljaju se na svim površinama motora i karoserije. Naročito direktno i intenzivno deluje buka koja se emituje od motora prema putničkom prostoru. Vozač joj je izložen u toku vožnje stalno i neizbežno, svesno ili nesvesno, on je neprekidno ocenjuje. Buka unutar vozila ima centralni karakter, tako da ona potiskuje dejstvo ostalih karakteristika, gubi se utisak o dobrom vozilu, kada je buka neprijatna. Vozač ocenjuje komfor kao dobar onda kada nema razlika između njegovih očekivanja i onoga što on zaista oseća. Pri tom nisu dovoljna samo tradicionalna mišljenja eksperta, već je, automobil komforniji, ukoliko je tiši, tj. ukoliko je niži nivo unutrašnje buke u dB(A). Dešava se, da automobil sa objektivno nižim nivoom buke, zavisno od vozača bučniji i manje prijatan od uporednog vozila sa visokim nivoom buke. Pored nivoa buke veliki značaj ima njen

spektralni sastav i vremenska raspodela amplituda. Preklapanje buke od dva izvora čije su srednje frekvencije približno iste, dovodi do toga da se ne čuje tiši od glasnijeg. Prag čujnosti ovog drugog tihog događaja je zbog prvog, glasnog podignutog do takozvanog praga istovremene čujnosti. Da bi se snizila ukupna buka vozila potrebno je istraživanja usmeriti na mesta gde se generiše, putevima prostiranja i na mestu prijema. Od izvora buke se prenosi kroz dva medija, vazduh i čvrstu sredinu do uha vozača odnosno putnika. Veoma je važno znati puteve prenosa buke jer jedino intervencija na njihovom presecanju može dati pozitivne rezultate. Zvučna zaštita na mestima prijema zvuka je najmanje opravdana kako ekonomski tako i tehnički. Aktivno praćenje buke vozila ("Sound engineering"), je nova ali sve važnija tema u razvoju automobila [2].

Vibroakustički materijali

Presecanjem puteva prenosa buke vrši se njena izolacija odgovarajućim vibroakustičkim materijalima, "pasivna izolacija". Na osnovu kompletne analize karoserije, izvora buke u

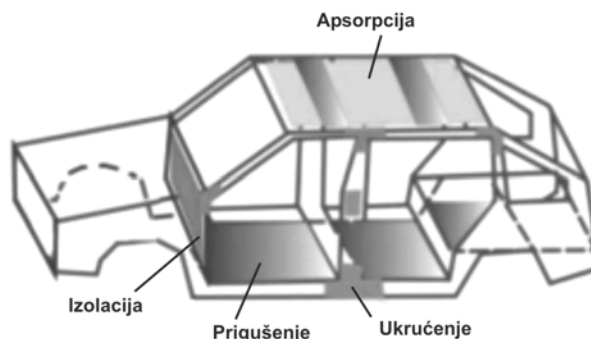
vozilu, puteva njenih prolaza i osobina vibroakustičkih materijala, vrši se njihov izbor i mesta postavljanja. Problem se usložnjava kada dođe do superponiranja vibracionih i akustičkih modova karoserije. Ukoliko do toga dođe, vrši se njihovo raspredanje, odnosno izolacija jednih u odnosu na druge. Iskustva svetskih proizvođača automobila prikazana su na slici 1, [1], gde se daje procentualni iznos doprinosa pojedinih delova karoserije vozila na unutrašnju buku. U frekventnom domenu komponente buke su u opsegu od (0,06 do 6) KHz. Frekvencija nije podjednaka za sve delove karoserije, već varira u odnosu na njihove gabaritne dimenzije, mehanička svojstva i granične uslove. Niža prenešena buka unutar vozila do uha putnika postiže se i manjim otvorima na pregradnom zidu za prolaz kablova, užadi, komandnih papuča i dr. i većom aktivnom površinom apsorpcije unutrašnjeg prostora vozila [4].



Slika 1. Procentualni udeo delova karoserije na ukupni nivo unutrašnje buke

1-vetrobransko staklo, 9%, 2-krov, 1%, 3-zadnje staklo, 3%, 4-zadnji deo vozila, 3% 5-zadnji deo poda, 21% 6-vrata, 14%, 7-prednji deo poda, 24%, 8-pregradni zid, 25%

Primarnu, odnosno direktnu buku, treba izolovati izolacionim materijalima, velike limene površine obložiti prigušnim materijalima kako bi se povećalo njihovo unutrašnje prigušno svojstvo a time izbegla pojava strukturnih vibracionih modova. Pojava akustičkih modova je posledica zatvorenih zapremina koje se kod automobila javljaju u motorskom, putničkom i prtljažnom prostoru kao posledica formiranja stojećih talasa. Da bi se akustička energija apsorbovala, a time i onemogućilo stvaranje stojećih talasa, u vozilo se postavljaju apsorpcioni materijali, koji će upijati akustičke talase i neće dozvoliti njihovu refleksiju.



Slika 2. Mesta primene vibroakustičkih materijala

Prema svojoj funkciji vibroakustički materijali se dele na: apsorpcione, prigušujuće, izolacione i materijale za povećanje krutosti struktura. Na slici 2 data su mesta primene vibroakustičkih materijala na vozilima Zastava.

Apsorpcioni materijali se koriste kod vozila u putničkom prostoru kao akustički apsorberi za povećanje vremena reverberacije i u sendviču sa drugim materijalima za izolaciju motorskog i putničkog prostora. U apsorpcione materijale spadaju materijali kod kojih je kruta masa prožeta kanalićima (porama) i koji su međusobno povezani u neprekidnu mrežu. Zvuk prodire u pore ovih materijala gde se usled velikog trenja akustička energija pretvara u toplotu. Ovaj tip materijala se obično proizvodi od: tekstilnih vlakna (pamuk, vuna, svila), mineralnih vlakna (kamena vuna, staklena vuna), biljnih vlakna (drvena vuna, drvene čestice, kokos, juta, sisal i dr.). Ovim materijalima pridodati su poslednjih godina sintetičke pene, sušeri, sa otvorenim porama slabe čvrstoće, penasti polietilen, penasti poliuretan, polipropilen sa puniocem od drveta, pena hlorid polivinila itd. Za ocenu kvaliteta ovih materijala koristi se koeficijent apsorpcije. Njegova vrednost se kreće od 0 do 1 ili od (0 do 100)%, a definiše se jednačinom (1) [6].

$$\alpha = \frac{4N}{(N+1)} \quad (1)$$

gde su:

$$N = \frac{P_{\max}}{P_{\min}}$$

$P_{\max}$ i $P_{\min}$ - maksimalni i minimalni akustički pritisci, respektivno.

Izolacioni materijali imaju zadatak da spreče prodiranje akustičke energije od izvora (motorskog prostora i izduvnog sistema) u putnički prostor. Znači, oni sprečavaju prodor zvučne energije od mesta nastanka do elementata koji će je ponovo aktivirati. Vibraciona energija koja potiče od površina motora i drugih agregata koji njemu pripadaju odaju vibracionu energiju karoseriji i okolnom vazduhu koji kasnije služe kao pobuda za druge delove i agregate koji će je pretvoriti zavisno od svoje rezonantne karakteristike u akustičke signale. Izolacioni materijali dobijaju se kombinacijom jednog ili više slojeva prigušnih i apsorpcionih materijala. Često se ovim kombinacijama dodaju i tanke aluminijumske folije radi povećanja njihovih reflektujućih svojstava. Izolacioni materijali se ocenjuju preko koeficijenta izolacije. Kod izolacionih materijala sa više od jedne izolacije zbirni koeficijent izolacije izračunava se prema jednačini (2).

$$R = 10 \log(10^{R1/10} + 10^{R2/10}) \quad (2)$$

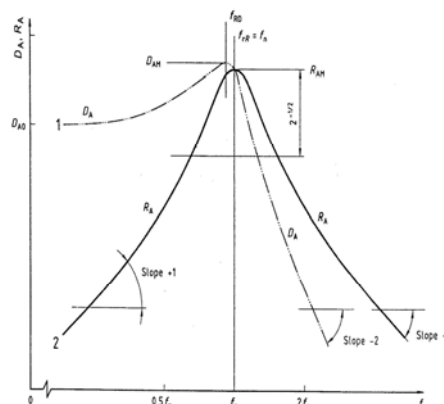
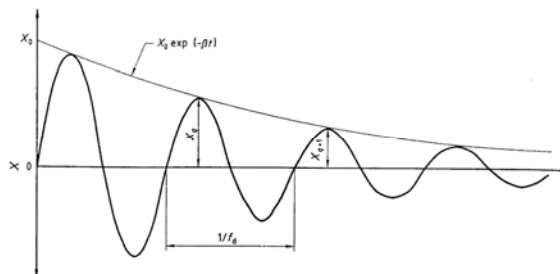
gde su: $R1$ i $R2$ - zvučne izolacije prve i druge pregrade.

Materijali za povećavanje krutosti, koriste se, da izvrše ukrućivanje karoserije na određenim mestima, a kao rezultat se dobija pomeranje rezonance karoserije ka višim vrednostima, odnosno niži nivo buke. Koriste se na čvornim mestima karoserije, kao što su veza prednjih i zadnjih stubova za pod i krov, mesta spajanja uzdužnih i poprečnih lonžerona itd. Obično su to ekspanzirajući materijali, zapremine im se na višoj temperaturi može povećati i do deset puta. Korišćenjem akustičke pene mogu se popuni šupljine karoserije i na taj način preseći protok buke u putnički prostor (aerodinamička buka koja prolazi kroz kanale, tunele i slično).

Prigušni materijali

Premazivanje karoserije antivibracionim prigušnim materijalima utiče na snižavanje strukturne buke. Osim glavne funkcije prigušenja, mora se voditi računa o njihovoj težini, lakoći primene, zaštiti (toksičnosti), da zuzimaju mali prostor i imaju nisku cenu. Određivanje dinamičkih elastičnih parametara uzoraka u obliku šipke ili trake sa pravougaonim profilom, u vremenskom i frekventnom domenu data je u literaturi [6], sa naznakom da amplitude oscilacija treba da su dovoljno male, tako da su periodična

naprezanja proporcionalna odgovarajućim izduženjima (linearni opseg).



Slika 3. Prigušene viskoznoelastične oscilacije u vremenskom i frekventnom domenu

Na slici 3 dat je vremenski zapis prigušenih oscilacija u vremenskom i deo rezonantne krive vibracija u frekventnom domenu. Amplituda oscilovanja $X(t)$ data je jednačinom (3).

$$X(t) = X_0 \exp(-\beta t) \sin 2\pi f_d t \quad (3)$$

gde je: X_0 - amplituda oscilovanja u nultom vremenu, f_d - frekvencija prigušnog sistema i β - koeficijent prigušenja.

Logaritamski dekrement Λ predstavlja prirodni logaritamski odnos dve uzastopne amplitude oscilovanja za viskozno-elastični sistem i dat je jednačinom (4)

$$\Lambda = \ln(X_q / X_{q+1}) \quad (4)$$

gde su: X_q i X_{q+1} dve uzastopne amplitude oscilovanja.

Veza između logaritamskog dekrementa i koeficijenta prigušenja data je jednačinom (5).

$$\Lambda = \beta / f_d \quad (5)$$

Faktor gubitka $d = \tan \delta$ predstavljen je jednačinom (6).

$$\tan \delta \approx \frac{\Lambda}{\pi} \quad (6)$$

Sa dijagrama na slici 3 R_{AM} -predstavlja amplitudu oscilovanja na rezonantnoj frekvenciji f_{ri} . Amplituda $R_{Ah} = 0,707 R_{AM}$ ili $R_{Ah} = R_{AM} - 3dB$ ukoliko je amplituda data u logaritamskoj razmeri. Rezonantna poluširina izračunava se prema izrazu $\Delta f_i = (f_2 - f_1)/2$. Na ovaj način faktor gubitka $d = \tan \delta$ izračunava se pomoću izraza (7).

$$d = \frac{\Delta f_i}{f_{ri}} \quad (7)$$

Veza između Λ , β i d data je izrazom (8)

$$\Lambda = \frac{\beta}{f_r} = \pi d \quad (8)$$

Faktor gubitka d (slika 4) raste sa odnosom debljine prevlake prema debljini lima (relativna debljina prevlake) i teži kod vrlo visokih odnosa prevlake graničnoj vrednosti, koja odgovara prigušenju materijala prevlake. Srednja vrednost faktora gubitka je $d_1=0,05$ za neobrađene karoserijske limove pa se može dovoljno tačno proceniti delovanje sredstva za prigušenje buke. Ukupno prigušenje jednako je zbiru od prigušenja trenja i prigušenja usled unutrašnjih gubitaka u materijalu. Redukcija nivoa mehaničkog zvuka sa sredstvom za prigušenje data je formulom (9).

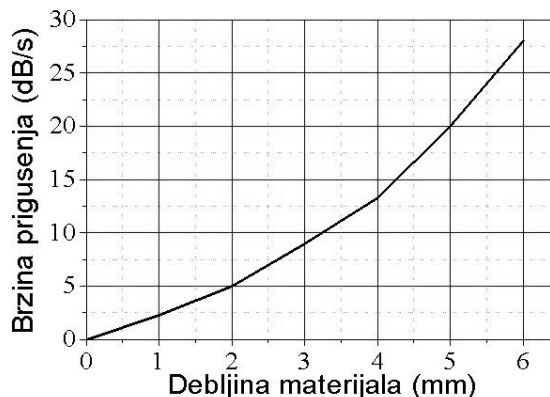
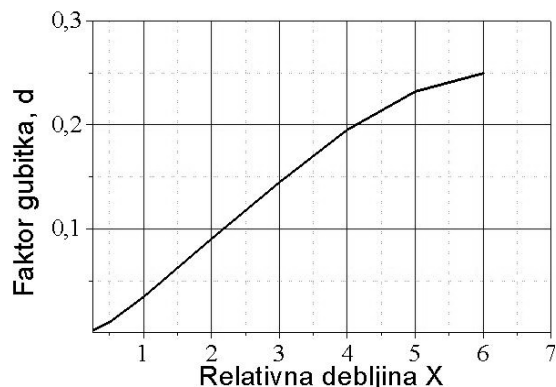
$$\Delta K = 20 \log \frac{d_1 + d_2}{d_1} \quad (9)$$

Sa slike 5 može se videti da se kod predprigušenja neobrađenih karoserijskih limova od $d_1=0,05$ i debljine prevlake, koja odgovara, približno, dvostrukoj debljini lima ($x = 2$), nivo mehaničkog zvuka smanjuje za oko (10-15) dB, [5]. Ovaj red veličine potvrđen je u praksi.

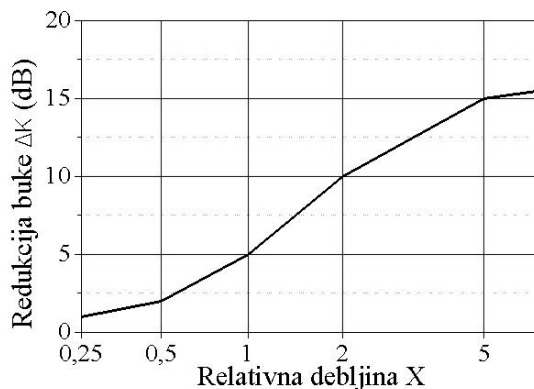
Načini upotrebe prigušnih materijala

Premazivanje limova je efikasno ako su dva fizička parametra: modul i faktor gubitka što viši. Viši moduli zahtevaju veće sile za deformisanje prilikom vibracija dok se viši faktor gubitka (prigušenje) transformiše u mehaničku energiju uglavnom ireverzibilno. Problem je, što

materijali sa velikim modulom imaju nizak faktor gubitka (malo prigušenje), dok materijali sa visokim faktorom gubitka imaju veliko unutrašnje trenje, meki su i imaju nizak modul elastičnosti. Fizičke analize ovakvog ponašanja sugerišu razvoj prevlačnih materijala u kojima je proizvod modula i faktora gubitka maksimiziran.



Slika 4. Zavisnost faktora gubitka d i brzine prigušenja od debljine prevlake



Slika 5. Redukcija buke u zavisnosti od relativne debljine prevlake x sa $d_1=0,05$

Mala gustina je prednost zato što debljina ima eksponencijalni uticaj (slika 4). Veća debljina sa poroznim materijalom ima bolju efikasnost u odnosu na težinu. Konstruktor vozila treba da zna odgovor na pitanja: kako deluju sredstva za prigušenje buke, kako se primenjuju i kako se razlikuju? Prigušni materijali na tržištu po svojoj tehnici primene mogu se podeliti u sledeće grupe:

- prigušni materijali koji se nanose premazivanjem ili pomoću spreja,
- lepljive prigušne prevlake i
- u obliku "sendvič"-a.

Prednost materijala koji se nanose prskanjem pomoću spreja ili premazivanjem leži, u prvom redu, u mogućnosti da se individualno može prilagoditi debljina prevlake. Debeli slojevi, primenjuju se, kod građevinskih mašina i limovima sklonih deformisanju. Mnogobrojni dalji uslovi obrađivanja, prijanjanje na raznim osnovama, različite temperature i vremena sušenja, eventualno nanošenje na još mokru osnovu i zajedničko sušenje sa osnovom (tzv. "mokro u mokro") dovela je do razvoja različitih tipova ovih materijala. Mogu biti disperzovani u vodi, raznim rastvaračima, razređivačima kao i bez rastvaranja.

Lepljivi prigušni materijali imaju prednost jer se relativno lako pričvršćuju na limove. Unapred date debljine slojeva omogućuju brzu primenu, ali im je mana jer nisu sposobne za individualno podešavanje. Kao prekrivači ili folije radi prigušenja savojnih oscilacija delova karoserije, primenjuju se impregnirane lepenke ili filcevi koji su, često, povezani sa ukrućenim nosećim slojevima. Za prilepljivanje takvih prigušnih folija može se koristiti jedno - ili obostrano nanošenje lepka, prijanjajući lepak, topljivi lepak kao i magnetni prah

Idealni sendvič sastoji se od dva lima iste debljine koji su spojeni međusobno sa mekom plastikom. Takvi spojevi postižu 4 puta veće faktore gubitka nego oni koji su naneti sa

uobičajenom debljinom ili nalepljeni. Da bi se debeli limovi prigušili sa ekonomski podnošljivim troškovima i da bi se postigla njihova noseća sposobnost i čvrstoća, zadržali vremenski taktovi proizvodnje, prepo-ručen je idealni sendvič sa odnosom debljine nosećeg lima prema debljini međusloja od plastike i otkrivnog lima kao odnos 4:1:1. Praksa je više puta pokazala da se sendvič rasporedi sa ovim oblikovanjem ne mora izvesti na celoj površini, već da je često dovoljno pokrivanje površina za prigušivanje od najmanje 30%, [5].

EKSPERIMENTALNA ISTRAŽIVANJA

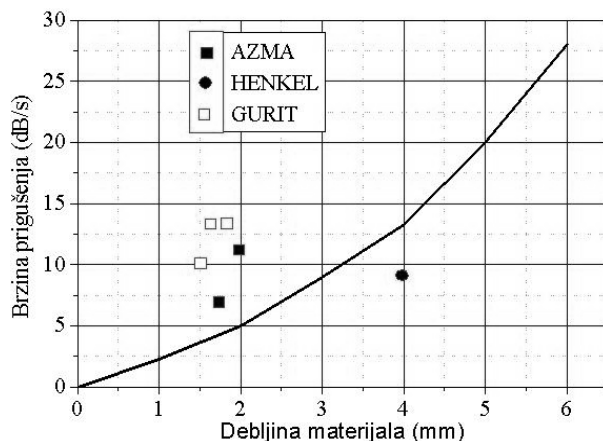
Najjednostavnija i najrelevantnija ocena prigušnih materijala je pomoću brzine prigušenja [6] ili faktora gubitka [7]. Sledeći korak je određivanje mesta primene i optimizacija količine primenjenog materijala na karoseriji vozila. To se vrši se pomoću modalne analize na karoseriji vozila, identifikacijom rezonantnih učestanosti, određivanjem modalnih oblika i modalnih prigušenja. Pomoću prigušnih materijala moguće je pomerati rezonantne učestanosti, vršiti vibraciona rasprezanja, snižavati amplitude i povećavanje modalnih prigušenja. Na vozilu se na kraju vrši ocena primene ovih materijala merenjem nivoa buke i vibracija.

Brzina prigušenja

Rezultati merenja se odnose na brzine prigušenja materijala firme HENKEL terophon, IFF (bitumenska folija) AZMA iz Kragujevca, (sada je u upotrebi na vozilima Zastava) i firme GURIT, (nekoliko uzoraka). Brzina prigušenja određuje se prema FIAT-ovom TU 9.55648/70. U tabeli 1 date su fizičke osobine ispitivanih materijala, a na dijagramu na slici 6 izmerene brzine prigušenja. Puna linija predstavlja dozvoljenu brzinu prigušenja u odnosu na debljinu prevlake [6].

Tabela 1. Fizičke osobine i brzina prigušenja

Uzorak		Tež.(kg/m ²)	Deblj.(mm)	Priguš.(dB/s)	Efikasnost.
AZMA - KG.	IFF(bitumen)	3.40	2	12	3.53
		2.89	1.7	6.45	2.23
GURIT	199283/85325	1.95	1.6	13.3	6.80
	197938/85228	1.75	1.5	10.2	5.82
	Bitumen+AL folija	3.35	1.8+0.2	13.3	3.90
HENKEL	Terophon 4855	5.4	4	9.2	1.70



Slika 6. Grafički prikaz brzine prigušenja

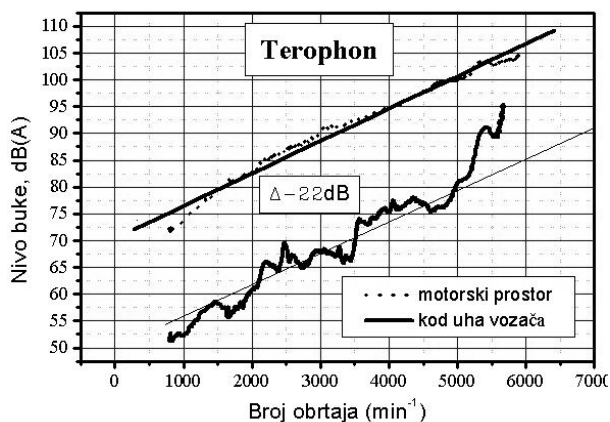
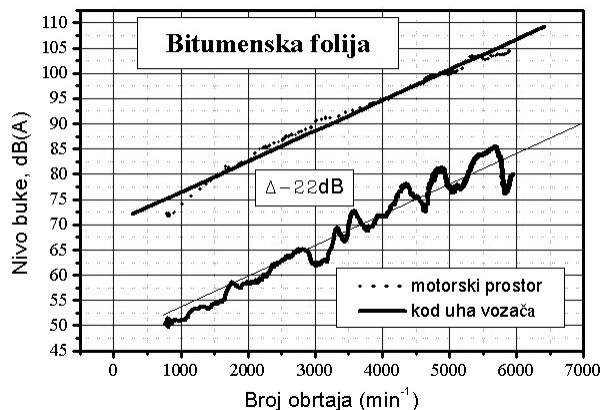
Zvučna izolacija

Na dva vozila Florida PCM 1.1 izvršeno je merenje buke sa materijalom za prigušenje od HENKEL-a i bitumenskih folija firme AZMA iz Kragujevca. Materijal je postavljen prema važećoj tehničkoj dokumentaciji. Merena je buka u putničkom i motorskom prostoru vozila. U putničkom prostoru buka je merena kod desnog uha vozača, a u motorskom prostoru iznad motora po njegovoj sredini na 25 cm visine. Pošto je nivo buke u dB, jednostavnim oduzimanjem između nivoa buke motora kao izvora i kod vozača, ili putnika, kao prijemnika te buke u putničkom prostoru određuje se zvučna izolacije. Što je razlika veća efekat izolacije je bolji, na slici 7 dati su rezultati ispitivanja.

Ispitivanje modalnih parametara

Na odabranim delovima karoserije vršena je delimična modalna analiza, sa Henkel-ovim materijalima i bitumenskim folijama koji se sada koriste na vozilima Zastava. Modalna analiza, podrazumeva određivanje frekventnog odziva, rezonantne učestanosti, modalnog oblika i

modalnog prigušenja. Odzivi su registrovani od impulsne pobudne funkcije koja je izazvana takozvanom "metodom čekića". Na slici 8 prikazana su merna mesta na kojima je vršena modalna analiza. Na dijagramima na slikama 9,10, i 11 dati su amplitudno frekventni odzivi. Uporedni rezultati merenja koeficijenta modalnog prigušenja i rezonantne učestanosti dati su u tabeli 2.



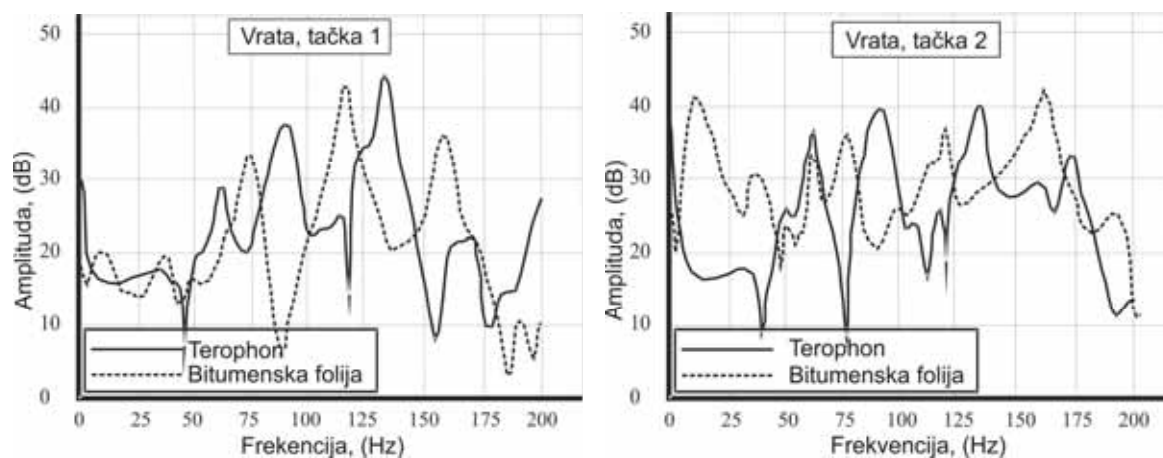
Slika 7. Grafički prikaz moći izolacije sa prigušnim materijalima



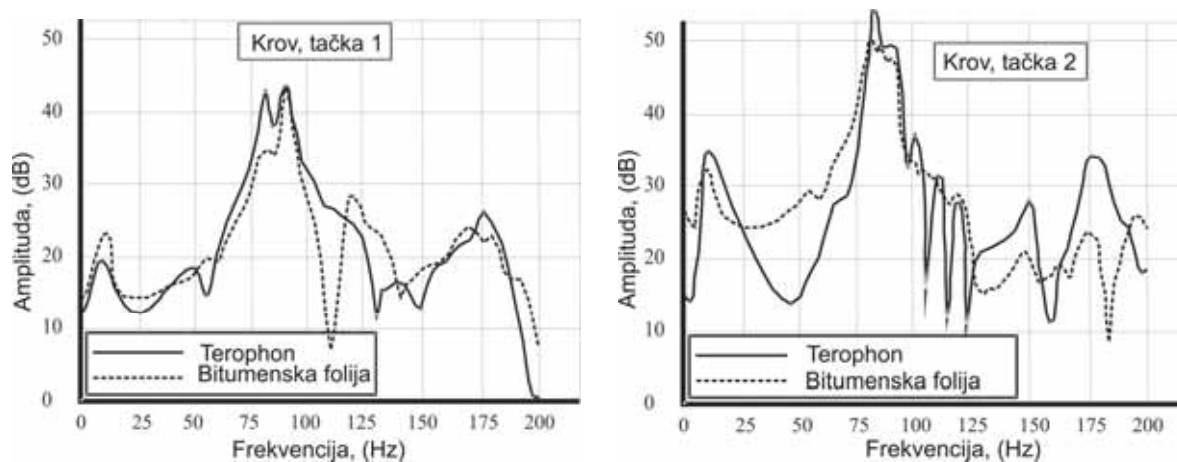
Slika 8. Merna mesta na vratima, krovu i prtljažnom prostoru

Tabela 2. Koficijent modalnog prigušenja ξ (%)

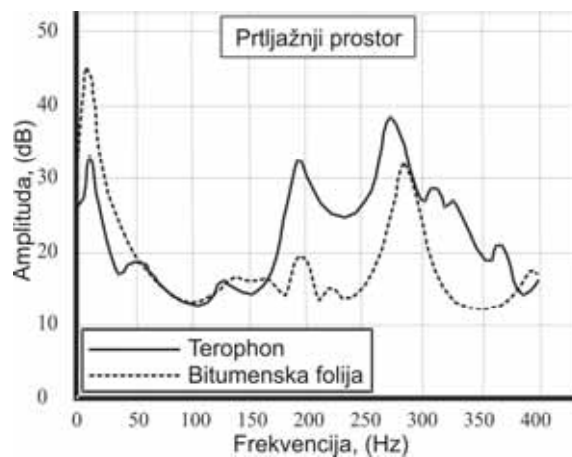
	HENKEL			AZMA			
VRATA							
f(Hz)	61.5	90	133	75	116	159	
1	3.7	4.1	1.5	3.0	1.5	1.7	
2	3.3	4.2	1.8	3.3	1.7	1.9	
3	3.3	3.3	1.8	-	1.7	1.7	
4	3.7	3.7	1.7	3.3	1.9	1.7	
PRTLJAŽNI PROSTOR							
f(Hz)	291.5	271		284.5			
1	2.7	2.0		1.9			
KROV							
f(Hz)	80.5	89	176	79	83	112	180
1	1.9	3.1	1.9	2.0	1.9	2.0	-
2	2.1	3.1	2.2	2.2	2.2	1.7	3.1
3	2.1	3.1	2.5	2.5	2.4	2.0	2.4



Slika 9. Frekventni odziv na vratima za tačku 1 i 2



Slika 10. Frekventni odziv na krovu za tačku 1 i 2



Slika 11. Frekventni odziv u prtljažniku tačka 2

Unutrašnja buka vozila FLORIDA PCM 1.1I

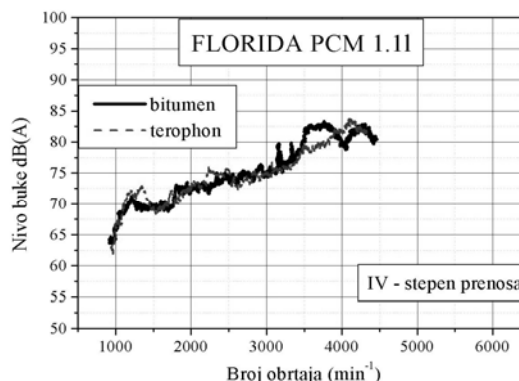
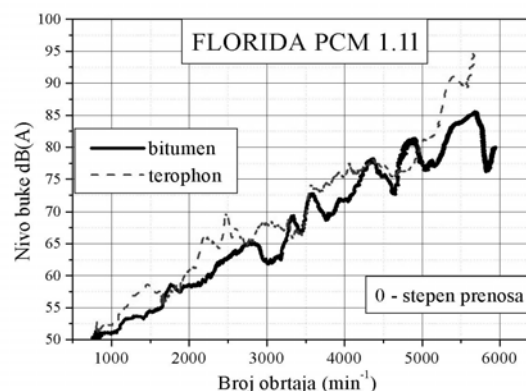
Buka je merena za vozilo u mestu i pokretu kod desnog uha vozača. Merenje je vršeno prilikom ubrzavanja vozila laganim dodavanjem "gasa". Nivo buke je automatski registrovan u funkciji broja obrtaja motora u različitim stepenima prenosa. Kao merna oprema korišćen je sistem za akviziciju podataka Spider a za analizu softverski paket Catmen. Na slici 12 dati su rezultati merenja nivoa unutrašnje buke kod uha vozača za vozilo u "nultom i IV" stepenu prenosa.

ANALIZA REZULTATA ISPITIVANJA

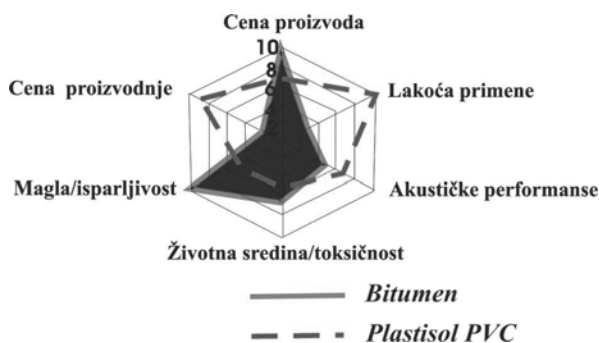
Brzina prigušenja materijala od GURIT-a (199283/85325 i bitumen +Al-folija) je 13.3 [dB/s], (197938/85228) 10.2 [dB/s] a materijala AZMA (IFF bitumen) 12.0 [dB/s]. Efikasnost predstavlja odnos brzine prigušenja i težine. Na osnovu ovog pokazatelja najbolji materijal je (199283/85325) sa 6,8 a najlošiji terophon sa 1,7. Osnova materijala za prigušenje, terophona 4855 je plastisol PVC. Kvalitativno rangiranje materijala za prigušenje je u obliku kružnog dijagrama, slika 12, [3]. Na apscisi su vrednosti između 0 i 10 (visoke vrednosti, spoljašnje područje dijagrama znači dobre performanse, dok niže vrednosti u središnjem delu dijagrama znače lošije performanse). Globalno, veće površine pokazuju superiornije performanse, ali ta veličina ne mora uvek da se procenjuje kvantitativno.

Na osnovu izvršenih merenja može se zaključiti da vozilo Florida 1.1 PCM sa Henkel-ovim materijalima za prigušenje nije pokazalo niži nivo buke u putničkom prostoru u odnosu na uporedno vozilo sa materijalima koji se sada koriste, a to su IFF (bitumenske folije). Zvučna izolacija kod oba vozila je bliska i iznosi 22 dB.

Upotrebom Henkel-ovog materijala došlo je do promene rezonantne učestanosti ka nižim vrednostima zbog povećane mase, što u tehničkom smislu ne znači i neku povoljnost. Koeficijenti modalnog prigušenja i amplitude oscilovanja imaju slične vrednosti, osim u tački 3 na krovu u frekventnom opsegu od (100 do 175) Hz i prtljažnom prostoru gde su evidentno niže kod karoserije sa bitumenskom folijom.



Slika 11. Nivo unutrašnje buke kod uha vozača



Slika 12. Kvalitativno rangiranje performansi materijala za prigušenje zvuka

Na osnovu merenja unutrašnje buke vozila u pokretu ne mogu da se daju relevantni zaključci, jer su merenja rađena na dva različita vozila Florida 1.1 PCM. Rezultati pokazuju da je vozilo sa Henkelovim materijalom bučnije u odnosu na standardno opremljeno vozilo. Ovo se prvenstveno može zaključiti na osnovu "0" stepena prenosa jer se pri višim ("IV") stepen prenosa izražajno javljaju i dodatni izvori buke koji doprinose ujednačavanju nivoa unutrašnje buke.

ZAKLJUČAK

Na osnovu izvršenih istraživanja može se zaključiti sledeće:

1. Prigušnom materiju, terophon, (u odnosu na njegovu glavnu funkciju da izvrši prigušenje vibracija strukture, tj. vibracije karoserije vozila), ne može se dati prednost u odnosu na do sada korišćene bitumenske folije. Brzina prigušenja kod GURIT-a je slična kao i bitumenskih folija ali su oni lakši.
2. Zvučna izolacija je kod terophona i bitumenskih folija ista i iznosi 22 dB.
3. Rezonantne učestanosti delova karoserije upotrebom terophona su snižene dok su koeficijenti modalnog prigušenja i amplitude oscilovanja imaju slične vrednosti.
4. Upotrebom terophona nije došlo do nižeg nivoa unutrašnje buke vozila Florida PCM 1,1l

LITERATURA

1. T.Kitahara, I.Terada, T.Watanabe, "Study on Effective Applicatio of Soundproofing Materials through Low Noise Prototype Car Development", JSAE Review, November 1982.
2. D. Hodgetts, Noise and vibration of engines and transmissions, Automotive Engineer, 4/1975.
3. D. Symietz, J. Leone, Inovative Sprable Vibration-Damping Coatings, Auto Tehnology, No.2 2002.
4. Ž. Petronijević, M. Radisavljević, V. Manojlović, "Determination of the body modes influence on vibrations in the car interior", NMV, Beograd, 1997.
5. A. Stankiewicz, K. Celle, " Möglichkeiten der Karosserieentdröhnung", ATZ Automobiltechnische Zeitschrift 76, 1974, 6
6. TU 9.55648, FIAT , Dinamičke karakteristike prigušnih materijala, 1970.
7. DIN 53 440, Ispitivanje oscilacija pri savijanju, 1973.

A CONTRIBUTION TO CAR BODY DESIGN OF A PASSENGER MOTOR VEHICLE THROUGH IMPROVED VIBRO-ACOUSTIC PARAMETERS

Reduction of noise and vibration levels in sheet metal surfaces of the car body is achieved by application of different anti-vibration (damping) materials. Application of damping materials is efficient if two physical parameters, modulus and loss factor, are as high as possible. Higher modulus demands higher deformation forces during vibration, while higher loss factor and damping are better transformed into mechanical vibration energy. The results obtained by investigation of influence of several producers' material damping characteristics on vibro-acoustic car body parameters are presented in this paper. The influence of materials mentioned on damping speed, sound isolation, modal parameters and internal noise of the vehicle is registered during experiments. The problem must be observed from several aspects during this research, because, material's weight, easy application and protection, dimensions and cost, must be taken into consideration along with its main function, while good ecological parameters should also be obtained.

Key word: vehicle, noise, vibration, damping materials