

RAZVOJ VIBROAKUSTIČKIH MATERIJALA U AUTOMOBILSKOJ INDUSTRIJI

Zorica Pantelić Milinković, zoricapantelic51@yahoo.com, Saša Jovanović, piter@ia.kg.ac.rs, Zoran Marjanovic, z.marjanovic74@yahoo.com "Zastava automobili" Direkcija Razvoja automobila u Kragujevcu

Sadržaj - Ovaj rad predstavlja deo istraživanja u okviru razvoja vibroakustičkih materijala i njihove primene na vozilima. Date su uporedne analize akustičko apsorpcionih svojstava materijala i predloga proizvođaču za poboljšanje njihovih funkcionalnih karakteristika. Ispitivan je uticaj: debljine, termooblikovanja, i tehnologije izrade, na koeficijent apsorpcije i akustičkih otvora na moć izolacije. Ispitivanja su rađena u laboratorijskim uslovima i na vozilu. Prikazan je samo deo rezultata laboratorijskih merenja koja se odnose na delove od izolacionih i apsorpcionih materijala kao i njihov uticaj na parametre akustičkog komfora ispitivanog vozila. Istraživanja su rađena u cilju poboljšanja akustike već proizvedenog vozila, uz što manje troškove.

1. UVOD

Tržište automobila je sve zahtevnije po pitnju udobnosti i zagađenja čovekove okoline. Sve više raste značaj prijatnog šuma unutar vozila i razvoja mera u pogledu akustike. Zato se dosta investira u razvoj akustike automobila. Ipak ne postoji opšte važeća strategija razvoja jer na ovu temu puno uticaja imaju subjektivna osećanja, koja se razlikuju, ne samo u zavisnosti od proizvođača već i zavisno od zahteva različitih svetskih tržišta. Već duži niz godina neprestano se radi na poboljšanju akustičkog komfora putničkih automobila, što se javlja kao posledica sve većih zahteva korisnika vozila.

Pored raznih metoda, na primer: snižavanje buke izvora, primena prigušnih, izolacionih i apsorpcionih materijala, još uvek značajnu ulogu u poboljšanju akustičkog komfora vozila ima uticaj akustičkih otvora. Preduslov za uspešno izolovanje vazdušne buke je dobro zaptivanje što je ovde razmatrano. Ovo zvuči trivijalno ali ako se posmatraju brojni otvori, za provodnike komande i tako dalje, shvati se koliko pažnje treba da se posveti ovoj temi. Dobar izbor vibroakustičkog materijala zahteva i formiranje datoteke podataka o materijalima gde pored akustičkih i fizičkih karakteristika, treba poznavati i njihov uticaj na: zagađenje životne sredine, tehnologiju izrade, mogućnost reciklaže i cene. Pojedini izolacioni materijali, pokazuju dobre osobine u laboratoriji a to se ne potvrđuje ugradnjom na vozilo. Ovo se događa zbog loše akustičke obrade putničkog prostora, zapravo zbog pojave tzv. "akustičkih otvora". Pod akustičkim otvorom smatra se površina koja pokazuje slabo akustičko izolovanje[1]. Realni otvori u zaštitnom limu, gumeni prstenovi za prolaz kablova, ručica menjača, kočnica, u krajnjem slučaju stakla i drugo, mogu formirati izolacionu površinu slabiju od ostalog dela putničkog prostora i tako postati akustički otvori.

2. VIBROAKUSTIČKI MATERIJALI NA VOZILIMA

Putnički prostor treba odvojiti od motorskog tako da što

manje zvučne energije, generisane pogonskim agregatom, dospe u prostor za putnike. Tradicionalni proces pri projektovanju akustičkog komfora sastoji se u tome, da se posmatra predhodni model, da se eventualno poznata slaba mesta otklone, a da se postojeći delovi prilagode najnovijem tehnološkom nivou. Polazna tačka su eksperimentalno određeni podaci: analiza izvora buke neobrađenih površina koje uokviruju unutrašnji prostor i mogućnost prigušenja, izvedena iz lokalne prigušenosti limenih površina. Zatim se određuje i optimira delovanje mera prigušenja, izolacije i apsorpcija. Koncept uspešnog rešavanja unutrašnje buke prenete vazdušnim putem u suštini sadrži sledeće:

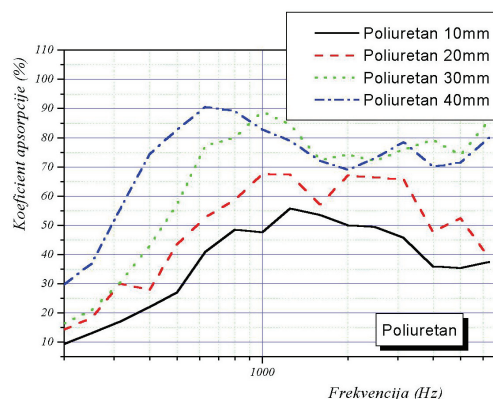
Apsorpcija u blizini izvora: apsorpcija pregradnog zida zaključno sa kućištem amortizera i unutar kućišta točka, apsorpcija velike površine poklopca motora, izolovanje buke usisavanja svežeg vazduha sa funkcijom apsorpcija.

Izolacija: izolacija pregradnog zida, nogostupa, kućišta točkova uz neznatno korišćenje mase.

Apsorpcija u unutrašnjem prostoru se integriše u sledećim konstruktivnim delovima: tepih, obloga krova, obloga prtljažnika, obloge vrata i drugo.

2. LABORATORIJSKI REZULTATI ISPITIVANJA APSORPCIONIH MATERIJALA

Apsorpcioni materijali u putničkom prostoru imaju vrlo delikatan zadatak da apsorbuju akustičku energiju koja je raznim putevima tamo dospela i time doprinesu poboljšanju akustičke udobnosti vozila. Danas se pored apsorpcionih materijala dobijenih na bazi pamučnih vlakana koriste i poliuretanske pene. Njihova karakteristika apsorbovanja zvuka data na sl. 1, dobijena je merenjima u Kundt-ovoj cevi.

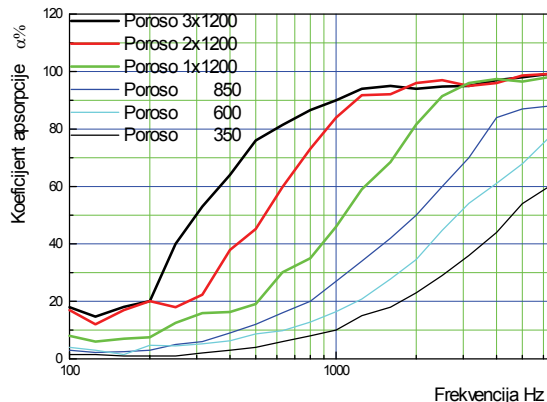


Sl.1. Koeficijent apsorpcije tvrde poliuretanske pene

Sa porastom debljine poliuretanske pene raste i koeficijent apsorpcije na nižim učestanostima, dok je na višim

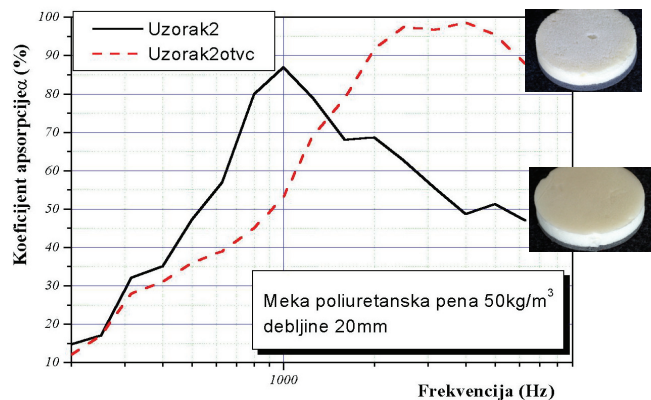
učestanostima uticaj debljine pozitivan do neke vrednosti (ovde 30mm) a dalje teži jednoj konstantnoj vrednosti.

Sa porastom debljine povećava se i apsorpciona moć materijala poroso, sl. 2. U području srednjih frekvencija porast koeficijenta apsorpcije je gotovo linearan, dok pri višim frekvencijama za uzorak poroso 1200 dostiže maksimum.



Sl.2. Uticaj debljine apsorbujućih materijala dobijenih od pamučnih vlakana, poroso, na koeficijent apsorpcije

Otvaranjem pora (skidanjem glatkog površinskog sloja koji zatvara pore) na uzorku od mekog poliuretanskog materijala, debljine 20mm, koeficijent apsorpcije se izrazito poboljšava na višim frekvencijama, iznad 1250Hz, dok se na frekvencijama nižim od 1250Hz nešto pogoršava, sl. 3.



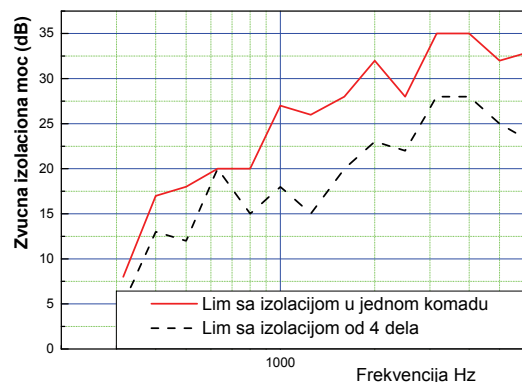
Sl.3. Uticaj otvaranja površinskih ćelija na koeficijent apsorpcije meke i lake poliuretanske pene

3. UTICAJ OTVORA NA IZOLACIJU BUKJE PREGRADE

Prema teorijskim analizama dokazano je da otvor malih dimenzija na pregradama zanemarljive debljine, gotovo nema uticaja, dok ako je lim (pregrada) obložen postaje vredan pažnje. Uticaji geometrije i dimenzija otvora na zvučnu izolacionu moć buke ovde su rađeni su po metodi za ispitivanja zvučne izolacione moći, [3]. Na sledećim slikama prikazan je uticaj izduženih otvora na izolacionom materijalu, sendvič, na zvučnu izolacionu moć. Ispitivana je zvučna izolacija ravne

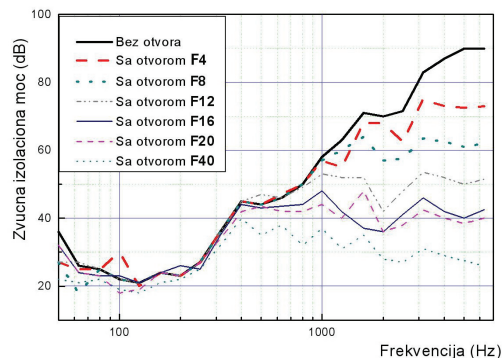
površine urađena u jednom komadu, zatim isečena pravolinijski na četiri komada, pa merena moć izolacije, sl. 4.

Na osnovu ovih ispitivanja pokazalo se da je najbolje izolaciju praviti kao jedan deo, bez rasecanja, naravno ukoliko to dozvoljava tehnologija ugradnje. Ako je potrebno rasecanje pri ugradnji, treba izvršiti zaptivanje na isečenom mestu što će poboljšati izolacionu moć [3]. Neintegrisanost izolacione obloge umanjuje njenu funkciju na pregradi, što je vrlo važno znati pri projektovanju akustičkih izolacionih delova.



Sl.4. Uporedni dijagram izolacije: poroso 700 i bitumenski sloj 1 mm, urađen u jednom komadu pa isečen na četiri dela

Na dijagramu, sl. 5, dat je uticaj veličine otvora na moć izolacije troslojnog materijala: lim 0.8mm, poroso 1200 (debljine 20 mm) i septum 2 mm (površinske gustine 5kg/m²). Akustički otvori kružnog oblika imaju uticaja na moć izolacije pri frekvencijama iznad 500Hz što znači da će imati uticaja i na buku u vozilu, prenešenu vazдушnim putem. U slučaju troslojne izolacije uticaj površine otvora, na zvučnu izolacionu moć, ima isti karakter kao kod jednoslojne, samo su vrednosti veće [3]. Sa povećanjem površine otvora umanjuje se izolaciona moć materijala na pregradi, naročito na visokim frekvencijama. Pa za velike otvore izolacija gubi svoju efikasnost, praktično sva akustička energija koja stoji na raspolaganju prolazi na drugu stranu. Laboratorijska ispitivanja pokazuju važnost otvora pri transmisiji buke iz jedne u drugu prostoriju, pa se mogu primeniti za snižavanje buke u vozilu.

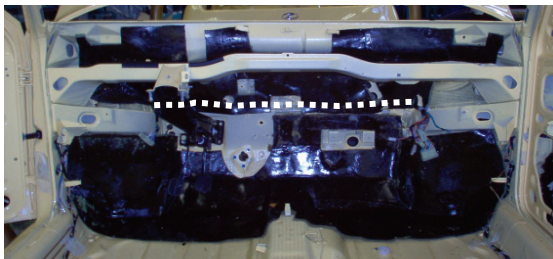


Sl.5. Uticaj akustičkih otvora na izolaciju ravnih površina

4. REZULTATI ISPITIVANJA U VOZILU

Pošto je poboljšanje akustičkog komfora, rađeno na gotovom vozilu, najjeftinije je koristiti pasivnu metodu za sniženje buke, odnosno već generisanog buci preseći puteve prenosa u putnički prostor. Pri ovom postupku izbor materijala i konstrukcija dela ima značajan uticaj na akustiku u vozilu. Da bi se snizio zvučni pritisak buke u unutrašnjem prostoru, svakako je efikasno da se poveća apsorpcija buke, kako u motorskom prostoru, tako i u unutrašnjem prostoru. Smanjenje buke putem sendvič-izolacije (pregradni zid) je tradicionalno korišćenje velike mase pri čemu treba voditi računa o smanjenju akustičkih otvora na minimum.

Ovde je prikazan deo paketa mera za snižavanje unutrašnje buke. Pokazan je uticaj inovirane izolacije pregradnog zida i povećanje apsorpcije na zadnjim blatobranima. Na zadnjim blatobranima povećana je apsorpcija dodavanjem materijala poroso 700 na tepih. Postojeća izolacija koja ima za cilj da spreči prodor buke iz motorskog prostora preko pregradnog zida nije konstruktivno dobro odrađena: napravljena je iz dva komada i ima veliki je broj akustičkih otvora, slika 6.



Sl.6. Postojeća (standardna) izolacija pregradnog zida

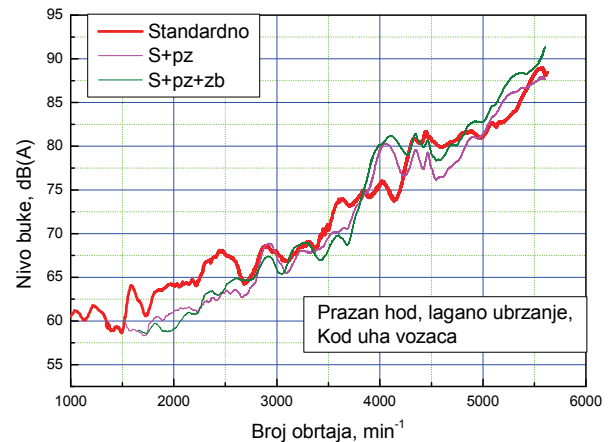
Isprekidana linija na slici 6 označava mesto razdvajanja dva dela od kojih je sačinjena postojeća izolacija. Inovirana izolacija je urađena od istog materijala kao i postojeća samo je izmenjena konstruktivno, slika 7. Otvori su svedeni na minimum i urađena je kao jedan deo.



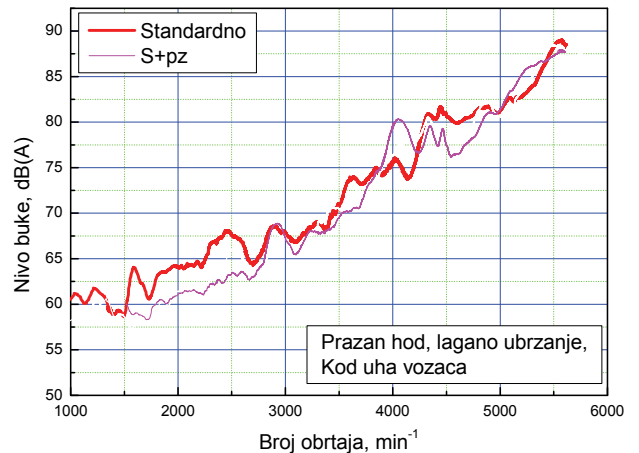
Sl.7. Inovirana izolacija pregradnog zida. U daljem tekstu na dijagramima naznačena kao *pz*.

Merenja u vozilu rađena su na otvorenom prostoru, korišćenjem merne opreme B&K (merač zvuka, mikrofoni sa kablovima), A/D konvertora, računara, obrtometra i hp frekventnog analizatora [1]. Sva ispitivanja su rađena kod uha

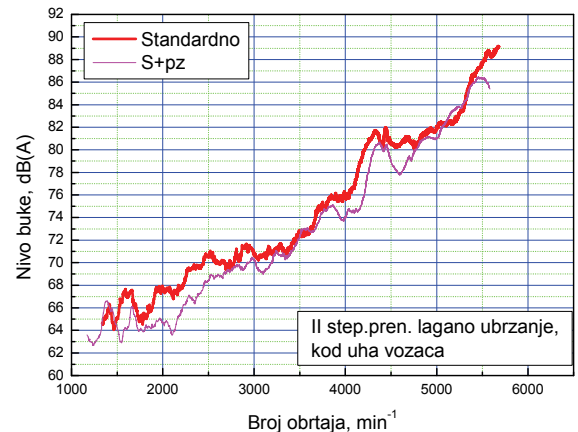
vozača pri laganom ubrzanju (promeni broja obrtaja), a deo rezultata je pokazani na sledećim dijagramima.



Sl. 8. Nivo buke kod uha vozača, prazan hod postojeće vozilo i sa inoviranim izolacijama na pregradnom zidu i blatobranima



Sl. 9. Nivo buke kod uha vozača, prazan hod, sa standardnom i inoviranom izolacijom pregradnog zida

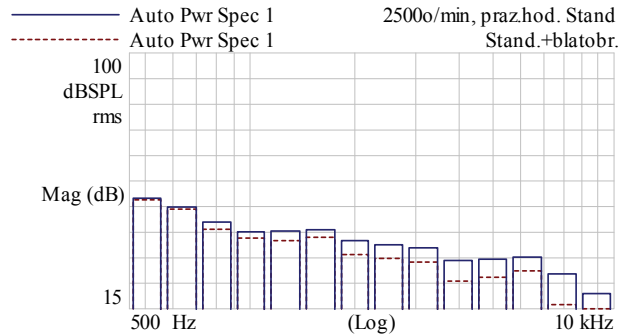


Sl. 10. Nivo buke kod uha vozača, drugi stepen prenosa, sa standardnom i inoviranom izolacijom pregradnog zida

Ugradnjom inovirane izolacije na pregradnom zidu snižava se nivo buke po karakteristici A, u proseku za 2dB(A) u II

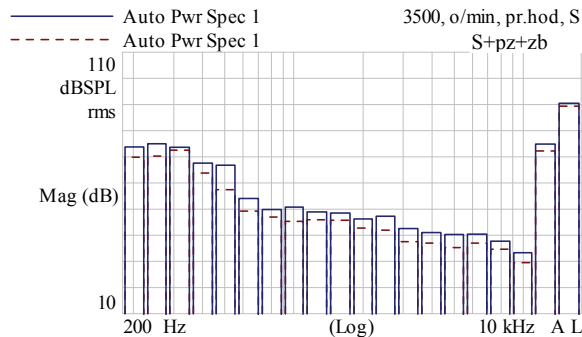
stepenu prenosa. Ispitivanja su rađena u svim stepenima prenosa. Najbolji doprinos izolacije je postignut u II stenu prenosa i na praznom hodu.

Frekventna analiza je rađena kod uha vozača na brojevima obrtaja počev od 1000 min^{-1} , sa korakom od 500 min^{-1} . Ovdje su pokazani dijagrami samo na nekim brojevima obrtaja.



Sl. 11. Frekventna analiza kod uha vozača, prazan hod

Dodavanje apsorpcionog materijala (poroso 700) na oblozi zadnjih blatobrana u vozilu, ne doprinosi značajnom snižavanju unutrašnje buke po karakteristici A. Njegov doprinos poboljšanju akustičkog komfora je u snižavanju buke frekvencija iznad 500Hz, slika 11.



Sl.12. Frekventna analiza kod uha vozača, prazan hod

Vibroakustički paket (inovirana izolacija pregradnog zida i poboljšana apsorpcija zadnjih blatobrana) utiču na snižavanje buke pri frekvencijama iznad 200Hz, slika 12.

5. ZAKLJUČAK

Na osnovu rezultata merenja može se zaključiti da delovi od vibroakustičkih materijala u znatnoj meri mogu sniziti nivo unutrašnje buke vozila, naročito na frekvencijama u govornom području.

Akustički komfor postojećeg vozila može se znatno poboljšati rekonstrukcijom postojećih delova od vibroakustičkog materijala.

Dodavanje apsorpcionog materijala, poroso 700, na oblozi zadnjih blatobrana, doprinosi snižavanju buke na frekvencijama iznad 500Hz.

Inovirani pregradni zid (smanjeni akustički otvori i urađen u jednom komadu), snižava unutrašnju buku vozila po skali A u proseku za 2dB(A). Naročit doprinos ima u oblasti frekvencija iznad 200Hz, oblast govornog područja. Ovaj doprinos se pokazao kako na praznom hodu tako i u svim stepenima prenosa, ali se znatno smanjuje pri brojevima obrtaja iznad 4000 min^{-1} . Takođe, sa povećanjem stepena prenosa smanjuje se efekat inovirane izolacije na pregradnom zidu.

LITERATURA

- [1] Z.Pantelic Milinkovic, A.Dišic, "THE INFLUENCE OF THE FIREWALL INSULATION ON THE VEHICLE ACOUSTIC COMFOR", CAR20051009, Pitesti, Romania, 2-4. 2005.
- [2] R. Basshuysen, G. Kuipe, H. Hollerweg, "Akustik der Audi 100 mit direkt einspritzendem Turbo-Diselmotor" ATZ 92/1990
- [3] M.Radisavljevic, M.Milovanovic, Z.Pantelić-Milinković, "Possible methods for reduction of automobile noise by means of vibroacoustics materials", MONOGRAFIJA str.154-171, Mašinski fskultet u Kragujevcu, 2005
- [4] Von Quang-hue Vo, I.Wulf Sebbesse, "Entwicklung eines subjektiv angenehmen Innengeräusches" ATZ, Automobiltechnische Zeitschrift 95, 1993.

Abstract – This paper represents a part of research in the area of vibro-acoustic materials and their application on the vehicles. Comparing analysis for acoustic and absorption material properties and solution for producer to improve their functional characteristics are given. The influence of thickness, thermal shaping and fabrication technology on the absorption coefficient and the influence of acoustic holes on the isolation capability are examined. Researches are done in the laboratory and on the vehicle. It is shown only one part of the laboratory measurements results regarding to parts of isolation and absorption materials and also their influence on the acoustic comfort parameters for testing vehicle. Researches are done for improving acoustic of produced vehicle with minimal expenses.

DEVELOPMENT OF VIBRO ACOUSTIC MATERIALS IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

Zorica Pantelić Milinković, Saša Jovanović