

Kontrola buke u dodiru točka i šine

ZDENKA POPOVIĆ
LEPOSAVA PUZAVAC
LUKA LAZAREVIĆ

Originalni naučni rad
UDC:651.1.089

1. UVOD

Za korišćenje prednosti koje nastaju uspostavljanjem jedinstvenog evropskog prostora bez unutrašnjih državnih granica, potrebno je podsticati međusobnu povezanost i interoperabilnost nacionalnih železničkih mreža.

Države potpisnice Protokola usvojenog u Kjoto 12. decembra 1997. godine obavezale su se da smanje emisije štetnih gasova. Republika Srbija je članica Kjoto protokola od 17. januara 2008. godine. Ciljevi smanjenja emisije štetnih gasova zahtevaju smanjivanje uticaja saobraćaja na životnu sredinu i ponovno uspostavljanje ravnoteže među različitim vidovima saobraćaja. Na taj način dolazi do izražaja porast konkurentnosti železničkog u odnosu na druge vidove saobraćaja.

Politika razvoja savremene železnice podrazumeva kontrolu mogućih štetnih uticaja na životnu sredinu u fazama planiranja, projektovanja, građenja i održavanja.

Kontrola buke od železničkog saobraćaja zauzima značajno mesto u saobraćajnoj politici EU. S obzirom na politiku organizacije železničkog saobraćaja u Evropi, koja podrazumeva veliki obim teretnog saobraćaja u toku noći, glavni uzrok buke od železničkog saobraćaja noću je saobraćaj teretnih vozova. Nivo buke od železničkog saobraćaja danju određen je saobraćajem vozova za velike brzine, konvencionalnim železničkim saobraćajem i šinskim sistemima u urbanom okruženju.

Evropska saobraćajna politika planira utrostručenje teretnog saobraćaja na železnici do 2020. godine, kako bi se smanjilo zagađenje vazduha i povećala bezbednost na putevima. Procenjuje se da će posledica ovakve politike biti povećanje nivoa buke od železničkog saobraćaja za 5 dB(A). Ovakvo povećanje buke bitno smanjuje kvalitet života građana, koji su već sada u gradovima EU često izloženi buci preko 60 dB(A). Zbog toga se od

železnice očekuje plansko preduzimanje mera za smanjenje buke od železničkog saobraćaja. Ako se zna da razlika u emisiji buke od teretnih kola i modernih etažnih putničkih kola Intercity voza iznosi oko 20 dB(A), što odgovara odnosu rok koncerta i kamernе muzike, može se naslutiti ozbiljnost ovog zadatka u oblasti teretnog saobraćaja.

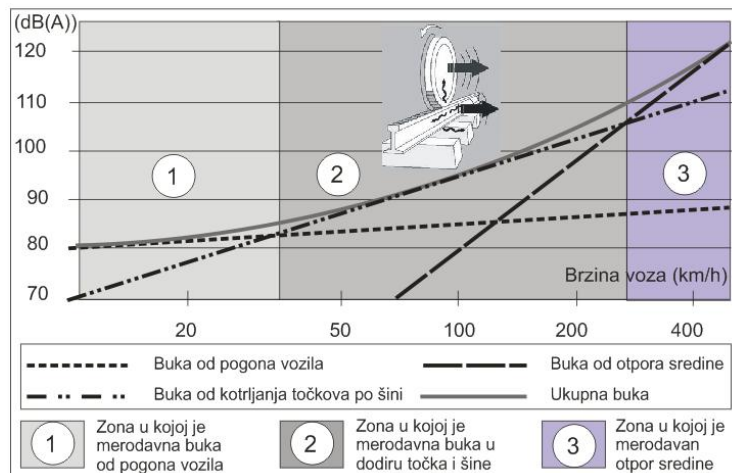
Za efikasno rešavanje problema buke neophodna je saradnja i zajednička strategija vlasnika vozila i vlasnika železničke infrastrukture. Ovako ozbiljan zadatak, zbog mogućih negativnih uticaja buke na zdravlje ljudi i smanjenje produktivnosti, ne može se rešavati apelima na svest i odgovornost, već zahteva jasno definisanu zakonsku regulativu i tehničke standarde u oblasti kontrole buke od železničkog saobraćaja u EU. U Republici Srbiji je u toku proces harmonizacije zakonske i tehničke regulative sa regulativom EU za oblast "Primene na železnici".

2. BUKA U DODIRU TOČKA I ŠINE

Buka od železničkog saobraćaja je neželjeni, neprijatan i uznemiravajući zvuk, koji nastaje kao vremenski promenljiva mehanička deformacija u elastičnoj sredini.

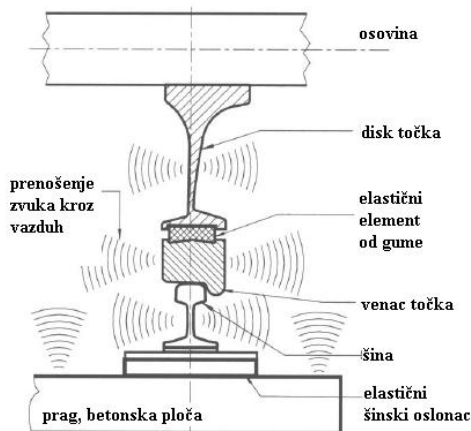
Izvor spoljašnje sile koja izaziva mehaničke deformacije tako što se mali delovi materije izvode iz ravnoteže i podstiču na kretanje oko svog ravnotežnog položaja, naziva se izvor zvuka. Glavni izvori buke od železničkog saobraćaja su pogon vozila, kotrljanje točka po šini i otpor sredine [1]. Merenjima i analizom strukture emisije buke od železničkog saobraćaja utvrđeno je da najveći problem predstavlja buka koja se stvara u dodiru točka i šine (slika 1). U domenu malih brzina merodavna je buka od pogona vozila, dok nivo buke u oblasti velikih brzina u najvećoj meri zavisi od aerodinamičnosti vozila, odnosno otpora sredine. Ovaj problem postaje sve izraženiji na železničkoj mreži u Evropi, nakon razdvajanja odgovornosti na vlasnike infrastrukture i vlasnike vozila.

Adresa autora: Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, Bul. Kralja Aleksandra 73



Slika 1 - Nivo i izvori buke od železničkog saobraćaja u zavisnosti od brzine vozila

Za pojavu neželjenog zvuka prilikom kotrljanja točka po šini od značaja su mase malih delova materije koji osciluju i unutrašnje sile koje teže njihovom vraćanju u ravnotežno stanje (slika 2).



Slika 2 - Oscilovanje sistema točak-šina-šinska podloga [2]

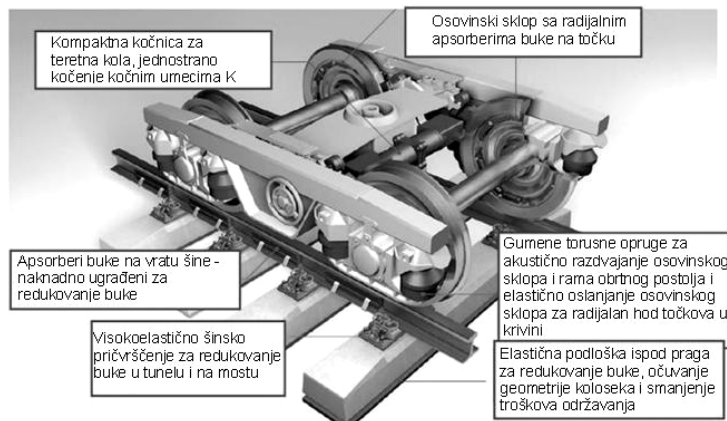
Pri kotrljanju točka železničkog vozila po šini nastaje buka usled sledećih uzroka:

- neravnost dodirnih površina točka i/ili šine,
- neregularnost geometrijskog oblika točka i/ili šine u zoni njihovog dodira,
- neujednačena krutost duž koloseka sa diskretnim oslanjanjem šine,
- šinski sastavi (mehanički sa vezicama, izolovani, zavareni),
- kolosek u krivini.

3. MERE ZA KONTROLU BUKE

Kontrola buke u dodiru točka i šine zahteva sprovođenje odgovarajućih mera u konstrukciji i održavanju vozila i koloseka.

Na slici 3 predstavljene su mere u konstrukciji vozila i koloseka, koje utiču na smanjenje emisije primarne buke u dodiru točka i diskretno oslonjene šine.



Slika 3 - Mere u konstrukciji vozila i koloseka za smanjenje buke u dodiru točka i šine

Naboranost gornje površine glave šine je čest uzrok neravnina na površini po kojoj se kotrlja točak šinskog vozila. Uočava se kao periodična nepravilnost podužnog profila glave šine u obliku sjajnih ispupčenja i tamnih ulegnuća (slika 4).

Konstruktivne mere za smanjenje naboranosti su smanjenje razmaka diskretnih šinskih oslonaca (razmak pragova do 60 cm), čime se postiže povećanje krutosti na savijanje šine, i smanjenje krutosti direktnog šinskog pričvršćenja (preporučuje se statička krutost šinskih umetaka do 200 kN/cm). Zbog toga se u slučaju kontinualno oslonjene šine naboranost ne pojavljuje, ili se pojavljuje sa vremenskim zaostajanjem u odnosu na diskretno oslonjene šine.

U slučaju koloseka na višeslojnoj čvrstoj podlozi treba računati sa bukom koja je za 5dB(A) veća u odnosu na kolosek u zastoru od tucanika i u skladu sa tim primeniti mere u konstrukciji [1]. U tom smislu primenjuju se različita inženjerska rešenja, kao što su montažni apsorberi od recikliranog materijala, pokrivanje asfaltne kolosečne podloge tucanikom [3].



Slika 4 - Naboranost glave šine [4]

Za otklanjanje naboranosti glave šine primenjuje se brušenje. U svetu brušenje šina predstavlja rutinski deo nege šina. Pravovremenim brušenjem površinskih neravnina sprečava se njihov dalji razvoj. Treba naglasiti da efekat brušenja nije trajan. Nakon izvesnog vremena, postupak se ciklično ponavlja.

Smatra se da je potencijal za smanjenje nivoa buke na osnovu nege šina od 15 do 20 dB(A) u odnosu na stanje koloseka u kome se nega šina ne sprovodi [2].

Cilj brušenja je produženje veka trajanja šine u koloseku, smanjenje ukupnih troškova održavanja koloseka i vozila, kontrola nivoa buke i vibracija od železničkog saobraćaja. Strategija brušenja obuhvata preventivne, korektivne i ciklične aktivnosti.

Preventivne aktivnosti se preduzimaju pre nego se uoče defekti u zonama gde je njihova pojava iskustveno očekivana. Preventivno brušenje se preduzima nakon polaganja novih šina u kolosek pre prijema radova. Ukoliko se radi o zameni šine u postojećem koloseku, nove šine se mogu brusiti

odmah ili par nedelja nakon ugradnje. Brušenjem površine glave šine uklanja se sloj debljine 0.3 mm.

Brušenje naboranosti glave šine i pojava nastalih usled zamora šinskog čelika spada u korektivne aktivnosti. Ove aktivnosti se planiraju i sprovode kada se prekorači propisani prag tolerancije za odgovarajući defekt.

Cikličnim aktivnostima uklanja se sloj male debljine (0.1 do 0.2 mm) sa cele površi glave, odnosno do 0.6 mm u zonama oštećenja. Korekcije poprečnog profila šine rađe se u uskim granicama tolerancije ± 0.3 mm.

Defekti nastali usled zamora materijala su fenomen koji se uporno ponavlja tokom eksploatacije šine. Zbog toga nega šine podrazumeva sprovođenje cikličnih aktivnosti tokom celokupnog veka trajanja šine. Ciklično se uklanja materijal u oštećenim zonama uz očuvanje poprečnog profila šine u uskim granicama tolerancije.

U zavisnosti od dubine oštećenja šine uklanja se materijal sa površine glave sa ciljem da se omogući kotrljanje točka po neoštećenoj površini čelika. Uklanjanjem materijala postupkom brušenja mora se održati poprečni profil šine kako bi se naponi u dodiru točka i šine održali u dozvoljenim granicama i osigurao stabilan tok vožnje.

Često se naboranost gornje površine glave šine kombinuje sa defektima tipa squat na koloseku u pravcu i krivinama $R \geq 3000$ m na deonicama za izrazitim kočenjem i ubrzavanjem vozila (slika 5) [4]. Ukoliko se defekt uoči u početnom stadijumu, može se ukloniti brušenjem i na taj način odložiti zamena šine. Samo u pojedinim slučajevima ovaj defekt se može sanirati navarivanjem. Ipak, najčešće se problem rešava zamenom šine [5].



Slika 5 - Defekt tipa squat usled zamora šinskog čelika (kolosek na mostu preko reke Gradac na pruzi Beograd-Bar)

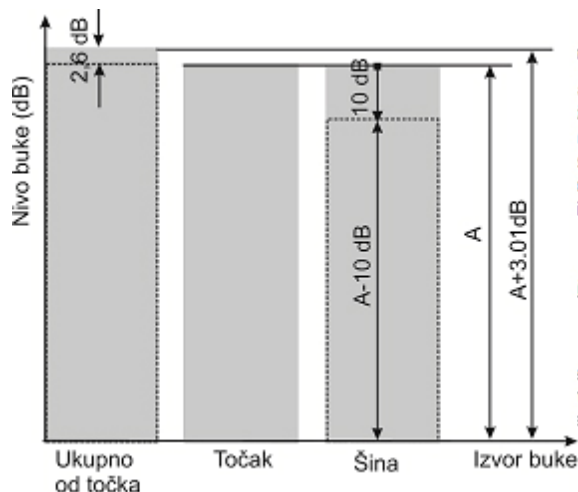
Čest uzrok neravnina na bandažu točka su oštećenja koja nastaju delovanjem kočnice na točak (slika 6). Nivo oštećenja je u direktnoj vezi sa konstrukcijom kočnice. Disk kočnice ne oštećuju bandaž točka, te na taj način doprinose smanjenju nivoa buke do 11 dB(A) u odnosu na kočnicu sa papučama od sivog liva [6].



Slika 6 - Karakteristično stanje površine bandaža u slučaju primene kočne papuče od sivog liva (levo), papuče sa oblogom od kompozitnog materijala (sredina) i disk kočnice (desno)[6]

4. ODNOS STRATEGIJE ODRŽAVANJA TOČKA I ŠINE

Pri jednakim nivoima buke od točka i šine, ukupna buka od oba entiteta povećava se za $10 \log 2 = 3.01$ dB. Takođe, smanjenje buke (pri jednakim nivoima buke od točka i šine) intervencijama na jednom od pomenutih entiteta za 10 dB smanjuje se ukupna buka od kotrljanja točka po šini za samo 2.6 dB (slika 7).



Slika 7 - Nivo ukupne buke u slučaju jednakog nivoa buke od točka i šine

Međutim, ukoliko je buka koju stvara jedan od entiteta veća, onda se veći efekti u smanjenju ukupne buke postižu upravo intervencijom na entitetu koji je izvor veće buke. Ovo se može ilustrovati jednostavnim numeričkim primerom. Pretpostavimo da jedan od entiteta emituje buku nivoa A izraženu u

dB, a drugi nivoa B, takođe, u dB. Ukoliko se intervencijom smanji nivo buke jednog entiteta za npr. 10 dB, može se dokazati jednostavnom matematičkom analizom da je ukupan nivo buke manji ukoliko se primene mere za smanjenje buke upravo na elementu koji emituje veću buku:

$$10 \cdot \log(10^{\frac{A-10}{10}} + 10^{\frac{B}{10}}) < 10 \cdot \log(10^{\frac{A}{10}} + 10^{\frac{B-10}{10}})$$

$$10^{\frac{A}{10}} > 10^{\frac{B}{10}} \quad (1)$$

$$\frac{A}{10} > \frac{B}{10}$$

$$A > B$$

Obrnuto rešenje nema praktičnog efekta u smanjenju ukupne buke od točka i vozila. Jasno je da kontrola buke mora da obuhvati strategiju i mere u konstrukciji i održavanju oba entiteta, kako bi se pravovremeno intervenisalo na elementu koji emituje viši nivo buke. Ovo je teško ostvarivo u uslovima razdvajanja vlasništva i upravljanja stanjem vozila i infrastrukture. Problem se delimično rešava uvođenjem jedinstvene zakonske i tehničke regulative na teritoriji EU.

5. ZAKLJUČNA RAZMATRANJA

Kontrola emisije buke od železničkog saobraćaja, sa aspekta železničke infrastrukture, ostvaruje se u oblasti planiranja, projektovanja, građenja i održavanja železničkih pruga.

S obzirom na to da je kotrljanje točka po šini primarni izvor buke u najširem opsegu eksploatacionih brzina vozila, posebna pažnja se mora usmeriti na konstrukciju i održavanje koloseka i vozila. Ističe se značaj nege šine i preventivnog održavanja koloseka.

Primena pasivnih mera zaštite od buke (postavljanje konvencionalnih ili niskih zidova za zaštitu od buke uz kolosek, ugradnja prozora za zaštitu od buke na objektima u okruženju) ima smisla tek nakon iscrpljivanja mera u okviru planiranja i projektovanja trasa železničkih pruga, kao i mera u konstrukciji i održavanju vozila i koloseka.

Zahvalnica

Ovaj rad je rezultat istraživanja u okviru Tehnološkog projekta broj 36012 „Istraživanje tehničko - tehnološke, kadrovske i organizacione sposobnosti Železnica Srbije sa aspekta sadašnjih i budućih zahteva Evropske Unije“, koji je finansiran od strane Ministarstva za nauku i tehnološki razvoj Republike Srbije.

LITERATURA

- [1] Buchman, A.: Feste Fahrbahn und Lärm - Gibt es hier Lösungen?, Vortrag, Institut für Straßen- und Eisenbahnwesen, Universität Karlsruhe (TH), S. 56, 2006.
- [2] Hohnecker, E.: Schienenfahrweg für das 21. Jahrhundert, Abschlussbericht, Karlsruhe, 2004, S. 160.
- [3] Popović, Z.: Kolosek na čvrstoj podlozi, monografija, Građevinski fakultet, Beograd, 2010.
- [4] International Union of Railways: UIC Code 712 Rail Defects, 2002.
- [5] International Union of Railways: UIC Code 725 Treatment of rail defects, 2007.
- [6] Hecht, M.: Lärmbelastung durch Schienengüterverkehr, Vortrag, TU Berlin, S. 31, 2003.

IZVOD

KONTROLA BUKE U DODIRU TOČKA I ŠINE

U radu se analizira odnos udela buke od točka i šine sa aspekta smanjenja ukupne buke. Definišu se prioritete za preduzimanje mera za smanjenje emisije buke od točka i šine. Ukazuje se da je za efikasno rešavanje problema buke neophodna saradnja i zajednička strategija vlasnika vozila i vlasnika infrastrukture, zasnovana na jasno definisanoj zakonskoj regulativi i tehničkim standardima.

Ključne reči: železnica, buka, točak, šina

ABSTRACT

WHEEL/RAIL NOISE CONTROL

This paper analyzes the relation between wheel and rail induced noise regarding the reduction in the total noise emission. Priorities are defined for reduction of noise emission from wheel and rail. It is also pointed out that efficient solution for noise emission requires the cooperation and common strategy of both, vehicle and infrastructure owners, which is based on legislative measures and technical specifications.

Key words: railway, noise, wheel, rail