



**26. MEDZINÁRODNÁ KONFERENCIA
„SÚČASNÉ PROBLÉMY V KOLĀJOVÝCH
VOZIDLÁCH - PRORAIL 2023“
20. – 22. septembra 2023, Žilina, Slovensko**

<https://doi.org/10.26552/spkv.Z.2023.2.02>

HLUK V NÁKLADNEJ KOLĀJOVEJ DOPRAVE - RIEŠENIE V NEDOHLĀDNE

NOISE IN FREIGHT RAILWAY TRANSPOR – THERE IS NO SOLUTION IN SIGHT

Ladislav MAČÁK, Marián MORAVČÍK^{*)}

1 ÚVOD

Hluk v nákladnej koľajovej doprave – jeden z negatívnych prejavov inak veľmi žiadaného spôsobu prepravy. Téma ktorá sa rozoberá na rôznych fórach a úrovniach, vyhotovujú sa mapy najviac zasiahnutých oblastí, vyčísluje sa množstvo zasiahnutej populácie, prehodnocujú sa spôsoby merania a hodnotenia techniky, posudzuje sa medicínsky vplyv na kvalitu života zasiahnutého obyvateľstva, vyčleňujú sa tiché úseky tratí len pre tzv. „tiché vlakové súpravy“, prehodnocujú sa dovoľené limity a plánuje sa čas ich zavedenia. Hluk je téma, o ktorej je napísaných už veľa textov, ale existujú akceptovateľné riešenia, ktoré by požiadavky verejnosti ale aj prevádzkovateľov naplnili? Trend na nadchádzajúce roky je jasný, snaha o zvýšenie objemu prepráv po železnici ovplyvní ďalšie masy obyvateľov kontinentu, čo bude mať za následok vyšší tlak na authority a zavedenie prísnejších hlukových limitov bude opäť na spadnutie.

Ako výrobca nákladnej koľajovej techniky túto tému berieme veľmi vážne, poznáme stav techniky, požiadavky našich zákazníkov na nové vozne, veľkosti flotíl vagónov na trhu a ich aktuálny stav. Na základe týchto znalostí vieme povedať že jednoduché riešenie, ktoré by naši zákazníci bez ústupkov a navýšenia cien za nové vozne akceptovali nateraz nevidíme. Riešenie akým bolo nasadenie kompozitných klátikov zatiaľ nemáme.

Napriek tomu ako jeden z najväčších výrobcov nákladnej koľajovej techniky v Európe si v Tatragónke Poprad uvedomujeme náš podiel zodpovednosti, snažíme sa problematike porozumieť a spolu s našimi partnermi prinášať na trh inovatívne riešenia.

Naším článkom by sme radi odbornej verejnosti prezentovali naše zistenia, ktoré sa nám v spolupráci s našimi partnermi za posledné obdobie podarilo dosiahnuť.

^{*)} **Ing. Ladislav MAČÁK**, Tatragónka a.s. Poprad, Štefánikova 887/53, 058 01 Poprad, Slovensko, Tel.: +421 52 711 22 10, email: ladislav.macak@tatragonka.sk, Manažér odd. Technických výpočtov a skúšok vozidiel.

Ing. Marián MORAVČÍK, Ph.D., Tatragónka a.s. Poprad, Štefánikova 887/53, 058 01 Poprad, Slovensko, Tel.: +421 52 711 28 21, e-mail: marian.moravcik@tatragonka.sk, Hlavný konštruktér a.s.

2 HLUK NÁKLADNÉHO KOĽAJOVÉHO VOZIDLA

Vo všeobecnosti je známe, že dominantným zdrojom hluku koľajového vozidla je hluk vyžiarený z interakcie odvaľovaného nerovného kolesa po nerovnej koľajnici v kontakte koleso-koľajnica (**obr. 1**). Trochu podrobnejšie, jedná sa o frekvenčné vyžarovanie hluku emitovaného vibrujúcim komponentom v našom prípade je zdrojom budenia vzájomný kontakt koleso-koľajnica a toto budenie sa následne distribuuje ďalej do konštrukcie vozňa. Vybudená konštrukcia každého komponentu kmitá v inom frekvenčnom pásme a emitovaný výsledný hluk mechanickej sústavy je suma maximálnych kmitaní jednotlivých komponentov.

V snahe znižovať vyžarovaný hluk koľajového vozidla je nutné poznať príspevok jednotlivých komponentov celej sústavy. Keďže hluk sa nesčítava klasickým súčtom ale logaritmicky podľa vzorca:

$$L = 10 \times \log \sum 10^{0.1L_i} \quad (1)$$

Toto poznanie je veľmi dôležité kvôli identifikácii možného príspevku navrhnutých opatrení. Podľa uvedeného príkladu vid' **TAB. 1** je rozhodujúce poznať jednotlivé príspevky. V príklade je aplikované protihlukové opatrenie na úrovni nádrže cisternového vozňa, ktoré mohlo priniesť zníženie emitovaného hluku na úrovni 3 dB(A). Kvôli príspevkom ostatných komponentov sústavy toto protihlukové opatrenie nebude počas meraní zaznamenané, prípadne bude zaznamenané na úrovni chyby merania, keďže dominantné zložky hluku celej sústavy tento príspevok prekryjú.

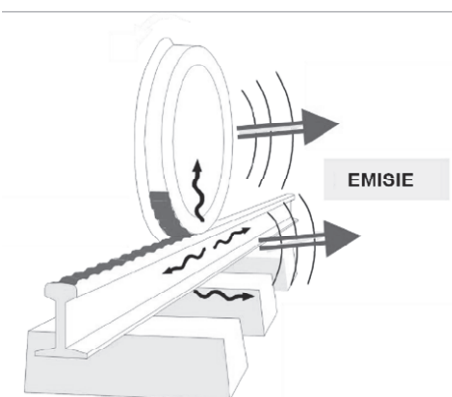
TAB 1. Príklad ovplyvnenia celkového výsledku hlukového merania opatrením

TABLE 1. Example of affecting the overall result of noise measurement by the measure

Zdroj:	Koleso	Kolaj	Rám podvozku	Kostra vozňa	Nádrž	Koleso	Kolaj	Rám podvozku	Kostra vozňa	Nádrž
Hladiny hluku / hladina akustického tlaku dB(A)	80,0	79,0	60,0	65,0	76,0	80,0	79,0	60,0	65,0	73,0
Výsledná hladina akustického tlaku dB(A)	83,49					83,09				

2.1 Zložky hluku koľajového vozidla

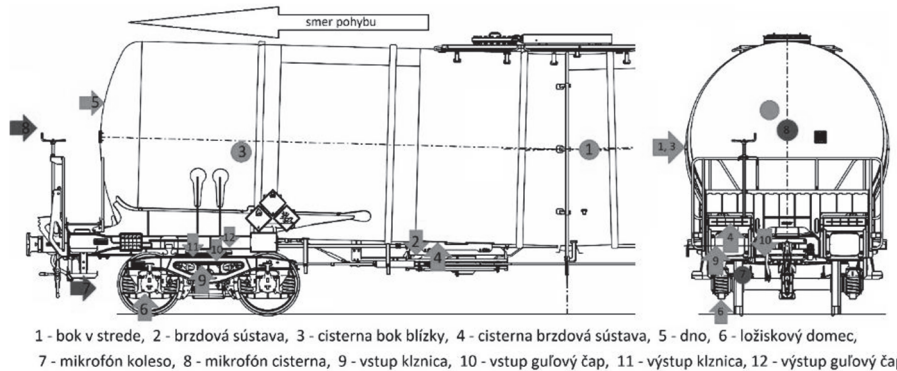
V priebehu rokov 2019 až 2021 sme v spolupráci so Slovenskou Technickou Univerzitou v Bratislave a tímom združeného okolo prof. Žiarana [1] realizovali sériu meraní s cieľom identifikovať príspevok jednotlivých častí koľajového vozidla na celkovom emitovanom hluku. Merania prebiehali v priestoroch Tatravagónky Poprad a na skúšobnom okruhu VUZ Velim. Merania boli realizované na nádržkovom vozni Zacns o objeme 93m³ z našej produkcie. Počas meraní bol vozeň vystrojený akcelerometrami rozmiestnenými na všetkých relevantných častiach vozňa. V priestoroch Tatravagónky Poprad prebiehali stacionárne merania v pokoji, kedy boli jednotlivé časti vozňa budené rázovým kladivkom a budenie rázom pri prejazde presuvňou. Cieľom bolo identifikovať akustické parametre jednotlivých častí vozňa. Následne bol vozeň prepravený do skúšobne VUZ na skúšobný okruh do Velimi, kde prebiehali merania počas jazdy na veľkom skúšobnom okruhu.



Obr. 1 Mechanizmus emisii z valivého pohybu kolesa po koľajnici

Fig. 1 Mechanism of emissions emitted by rolling movement of wheel on rail

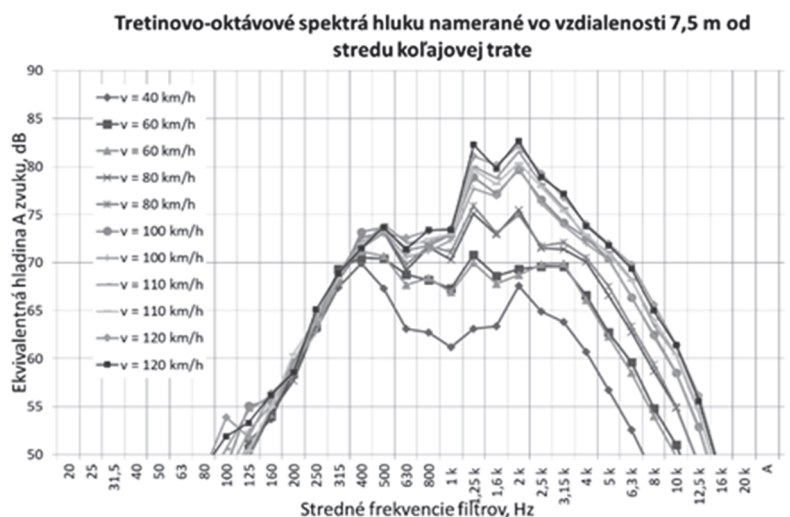
Na **obr. 2** je zobrazené rozmiestnenie jednotlivých akcelerometrov a dodatočných mikrofónov počas meraní za jazdy.



Obr. 2 Poloha akcelerometrov a mikrofónov pri meraní kmitania a hluku cisternového vozňa za pohybu (kinematické budenie).

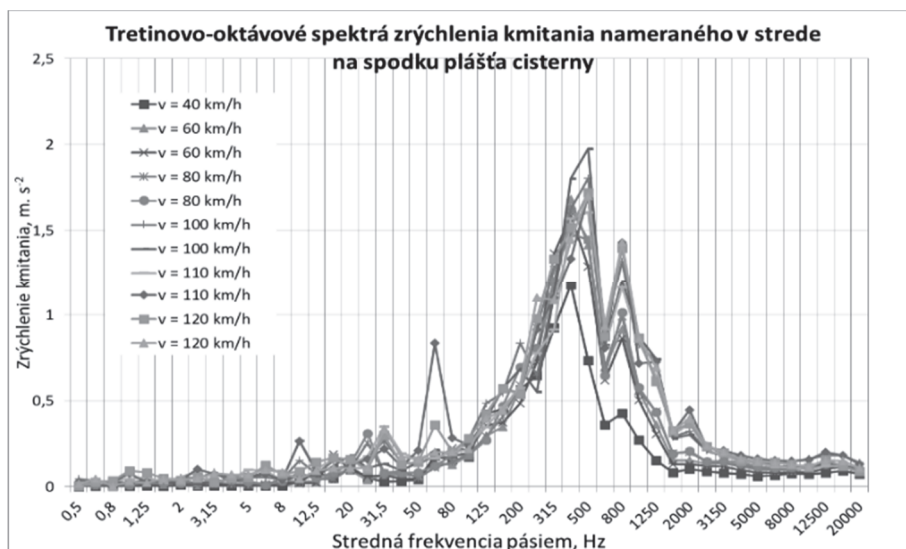
Fig. 2 Map of the installed accelerometers and microphones during oscillation and noise measurement of moving tank wagon (kinematic excitation)

Počas meraní pri jazde boli zaznamenané rýchlosti ktoré vyžaduje norma 80 a 120 km/hod [2] ale aj doplnkové merania pre rýchlosti 40,60,100 a 110 km/hod vid'. **obr. 3**. Počas týchto meraní si môžeme všimnúť narastajúci hluk pri frekvenciách od 1kHz, ktorý je podmienený narastajúcou rýchlosťou. Na **obr. 4** je zobrazené spektrum zrýchlení kmitania zaznamenaná na spodnej časti stredového lubu plášťa nádržkového vozňa počas týchto meraní.



Obr. 3 Tretinovo-oktávové spektrá hluku namerané vo vzdialenosti 7,5 m od stredú koľajovej trate pri prejazdoch prototypu cisternového vozňa rýchlosťami 40 km/h až 120 km/h

Fig. 3 Third-octave spectra of noise measured in the distance of 7.5 m from the centre of the railroad track during passing of tank wagon prototype in the speed of 40 km/h to 120 km/h



Obr. 4 Spektrá zrýchlenia kmitania namerané v spodnej časti stredového lubu plášťa nádržkového pri prejazdoch rýchlosťou 40 km/h až 120 km/h

Fig. 4 Spectra of oscillation acceleration measured in the bottom part of the central ring of the tank wagon shell during passing in the speed of 40 km/h to 120 km/h

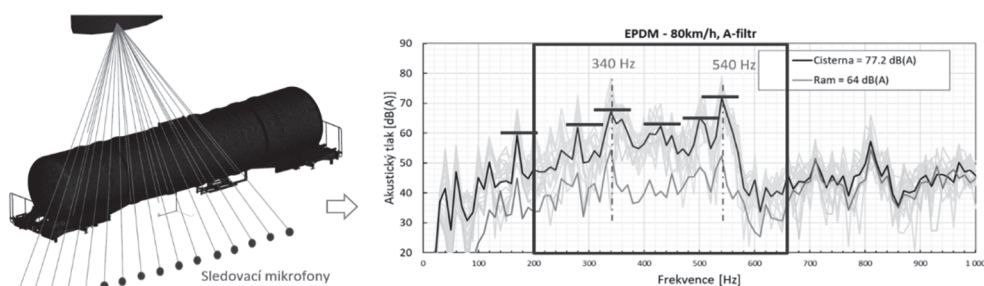
Obr. 3 a **obr. 4** dokážu zjednodušene ilustrovať získané znalosti. Odmerané frekvenčné spektrá je možné rozdeliť na dve typické oblasti, a to na oblasť približne od 400 Hz do 1000 Hz, kde sa hladiny akustického tlaku pri zmene rýchlosti vozňa iba minimálne menia a na frekvenčnú oblasť od 1,25 kHz do 3,15 kHz, kde hladiny akustického tlaku s narastajúcou rýchlosťou výrazne rastú a z pohľadu hluku dominujú.

Merania potvrdili, že nádrž ako aj celá kostra vozňa vykazuje mechanické kmitanie vo frekvenčnom pásme do 1,25 kHz a pri zvyšujúcej rýchlosti jej ovplyvnenie celkového emitovaného hluku minimálne.

2.2 Simulačné výpočty

Úlohou realizovaných meraní [1] bolo aj zabezpečenie dostatočného množstva dát na prípravu výpočtového modelu ktorého prípravu mala na starosti spoločnosť ESI s tímom ľudí okolo inžiniera R. Fiedlera. Vstupom do výpočtov boli útlmové funkcie jednotlivých častí nádržkového vozňa a budenie konštrukcie zaznamenaná počas jazdy na skúšobnom okruhu a na verejnej trati. Úlohou bolo pomocou nadobudnutých dát budenia zostaviť výpočtový model v programe VA One spoločnosti ESI, ktorý bude zodpovedať reálnemu chovaniu vozňa zaznamenanému počas vykonaných meraní. Pomocou zostaveného modelu by bolo možné presnejšie popísať jednotlivé príspevky komponentov vozňa a podvozku na celkovom vyžiarovanom hluku v snahe navrhnúť riešenia, ktoré by bolo možné na konštrukciu vozňa aplikovať.

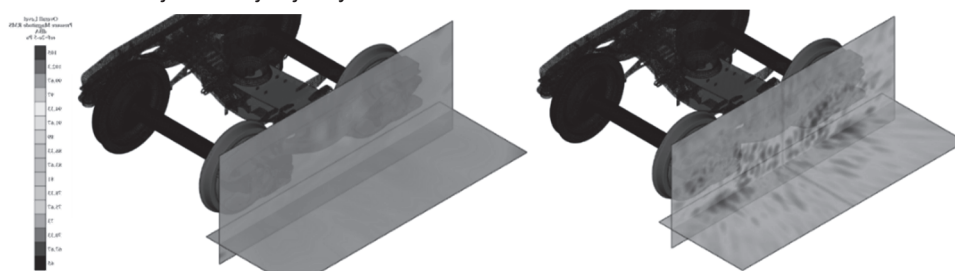
V priebehu rokov 2020 až 2023 sa nám spoločne podarilo pripraviť výpočtový model najprv nádržkového vozňa (zvarenec kostry a nádrže bez podvozku) a následne aj samostatného podvozku. Výsledky simulačných výpočtov potvrdili že maximálne amplitúdy kmitania na úrovni nádrže a kostry vozňa sú dosahované v pásme do 1,25 kHz vid' Obr.5. Ďalšie analýzy na úrovni podvozku preukázali dominantný význam vyžarovaného hluku od kolies na celkovom vyžiarovanom hluku. Význam ostatných častí konštrukcie už bol z pohľadu hluku iba s veľmi nízkym významom na celkový hluk.



Obr. 5 Výpočtový model nádržkového vozňa Zacns 93m³ v programe VA-One spoločnosti ESI a maximálne dosiahnuté identifikované špičky

Fig. 5 Calculation model of the tank wagon Zacns 93m³ in the program VA-One of the company ESI and maximal reached identified peaks

Na **obr. 6** a **obr. 7** sú zobrazené výsledky simulačného výpočtu pre rám podvozku a dvojkolesia. V modeli sú umiestnené hladiny, ktoré sú schopné emitovať hluk v simulačnom softvéri vykresľovať. Zostavený výpočtový model umožňuje vypočítať príspevky jednotlivých častí podvozku. Rozdiel medzi vypočítaným vyžarovaným hlukom rámu podvozku a dvojkolesím je zjavný.



Obr. 6 a 7 Vyžarovaný hluk na úrovni podvozku, rám verzus dvojkolesie.

Fig. 6 and 7 Noise emitted at the level of the bogie, frame versus wheelset

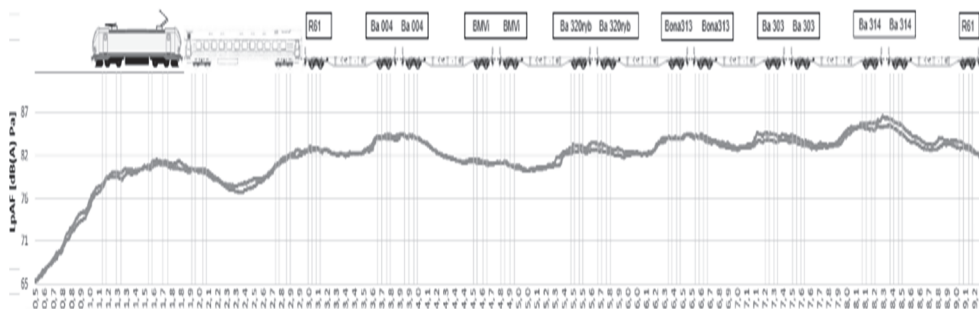
3 MOŽNOSTI ZNÍŽENIA HLUKU

Vo všeobecnosti existujú overené možnosti zníženia hluku, ktoré sú už v koľajovej technike overené. Ich nasadenie prináša neúmerné zvyšovanie nákladov na obstaranie takéhoto koľajového vozidla, ale prináša aj dodatočné náklady na servis a údržbu. Príkladom môže byť využitie podvozkov so vzduchovým vypružením ktoré sú štandardom pri preprave osôb, tieto podvozky predstavujú ale niekoľko násobne väčšie obstarávacie náklady oproti nákladným podvozkom z rodiny Y25. Pokročilejší systém vypruženia vnesie do mechanizmu dodatočné tlmenie, čo má za následok pokles vyžiareného hluku.

Ďalším opatrením môže byť použitie materiálov, ktoré dokážu absorbovať alebo odraziť už emitované vibrácie spôsobujúce hluk. Tieto opatrenia sú zo strany odberateľov zatiaľ odmietané, keďže kvôli prekryvaniu funkčných častí konštrukcie vozňov/podvozku zvyšujú náklady na inšpekciu, prípadne ju znemožňujú a sú vnímané ako rizikový element. Tu treba zdôrazniť, že nákladný vozeň je stále vnímaný ako jednoduchý a skoro bez údržbový oproti osobným jednotkám.

Jedným z okamžitých možných riešení je nasadenie inovatívnych typov dvojkolesí, ktoré predstavujú zaujímavé riešenie, ktoré dokáže výsledný emitovaný hluk dokázateľne znížiť o niekoľko decibelov. V priebehu roku 2021 sme spolu s našim dodávateľom dvojkolesí spoločnosťou Bonatrans realizovali hlukovú kampaň, kde sme súpravu

identických vozňov vybavili rôznymi typmi inovatívnych dvojkolesí. Dvojkolesia boli v rámci jednej súpravy vozňom priamo porovnané asi s najpoužívanejšími dvojkolesím BA314 a BA303. Na **obr. 8** je zobrazená hladina emitované huku na celej súprave a rozdiel medzi jednotlivými kolesami.



Obr. 8 Časový priebeh hladiny akustického tlaku nameraný pri prejazde súpravy vozňov, priame vzájomné porovnanie emitovaného huku jednotlivých kolies pri prejazde.

Fig. 8 Sound pressure level time course measured during passing of the wagon set, direct mutual comparison of emitted noise of the individual wheels during passing

4 ZÁVER

Cieľom článku bola snaha prezentovať odbornej verejnosti vnímanie problematiky huku v nákladnej koľajovej doprave z pohľadu výrobcu koľajovej techniky. Prezentovať výsledky získané spoluprácou s našimi partnermi za posledné tri roky. **Dôležitým faktom, ktorý musíme stále zdôrazňovať je, že vyriešenie problematiky huku nákladnej koľajovej techniky nie je možné ponechať iba na strane jej výrobcov.** Naše nadobudnuté znalosti z posledných rokov potvrdzujú fakt, že použitie inovatívnych kolies, pokročilejšieho vypruženie a tlmiacich materiálov nakoniec narazí na dominantnú zložku huku, ktorou zostane koľaj. Riešenie musí prichádzať postupne na všetkých úrovniach vrátane infraštruktúry, a keď sa budú riešiť dominantné zložky huku bude mať význam riešenie aj tých sekundárny.

Spoločenská objednávka na ďalšie obdobie je jasná, nárast dopravy tovarov na železničných trasách ovplyvní masu obyvateľov kontinentu, čo vyvinie tlak na autority. Limity sa sprísnia. My ako výrobca budeme pripravení, ale ako sme sa za posledné roky snažili dokázať bez zapojenia všetkých zúčastnených strán to nepôjde.

Literatúra

[1] Žiaran, S., Chlebo, O., Petrák, P., Úradníček, J., Mačák, L. Búry, M. Nová generácia nákladných železničných vozidiel. časť 3: Frekvenčná analýza kmitania a huku cisternového vozňa za pohybu s návrhom opatrení. TRNAVA 2020, [2] Nariadenie EU 2022/1319 Commission Regulation (EU) No 1304/2014 of 26 November 2014 on the technical specification for interoperability relating to the subsystem 'rolling stock — noise' amending Decision 2008/232/EC and repealing Decision 2011/229/EU. [3] Búry, M., Mačák, L., Moravčík, M.: Hluk v nákladnej koľajovej doprave, odložený problém? In: XXIV. medzinár. konferencia *Súčasné problémy v koľajových vozidlách – PRORAIL 2019*, Zborník prednášok, Diel 1, 55–61, ISBN 978-80-89276-58-5.



Resumé

Príspevok sa zaoberá vnímaním problematiky hluku nákladného koľajového vozňa z pohľadu jeho výrobcu. Prvá časť článku sa snaží zdôrazniť dôležitosť poznania príspevkov jednotlivých častí koľajovej techniky na celkovom vyžiarenom hluku. Poznanie jednotlivých príspevkov nám umožní cielene navrhovať riešenia, ktoré majú význam. V druhej časti sú popísané nadobudnuté znalosti Tatravagónky z posledných troch rokov, ktoré sme v snahe riešiť túto problematiku spolu s našimi partnermi nadobudli. V závere je zdôraznená potreba riešenia témy na všetkých úrovniach vrátane infraštruktúry.

Summary

The article deals with perceiving the noise problem of a rolling stock from the manufacturer's point of view. The first part of the article tries to emphasize the importance of knowing the contributions of the individual parts of the railway technology to the overall emitted noise. Knowing the individual contributions will allow us to propose targeted solutions that are meaningful. The second part describes the acquired knowledge of Tatravagónka from the last three years, which we acquired together with our partners in an effort to solve this issue. In conclusion, the need to address the topic at all levels, including infrastructure, is emphasized.

Pod'akovanie:



Tento príspevok bol vytvorený realizáciou projektu „Nová generácia nákladných železničných vozidiel“(Kód projektu v ITMS2014+: 313010P922), na základe podpory operačného programu Výskum a inovácie financovaného z EFRR - Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

This contribution was elaborated within execution of the project “New generation of freight railway wagons” (Project code in ITMS2014+: 313010P922), based on support of the operational program Research and innovation financed from the ERDF - European Regional Development Fund

Táto publikácia vznikla vďaka podpore v rámci operačného programu Výskum a inovácie pre projekt:

„Nová generácia nákladných železničných vozidiel “(Kód projektu v ITMS2014+: 313010P922), spolufinancovaný zo zdrojov EFRR - Európskeho fondu regionálneho rozvoja.

This publication was issued thanks to support within the operational program Research and innovation for the project: “New generation of freight railway wagons” (Project code in ITMS2014+: 313010P922) co-financed from the resources of the ERDF - European Regional Development Fund.

