

POROVNANIE VÝHOD RADIÁLNE NASTAVITELNÉHO PODVOZKA S KONVENČNÝM PODVOZKOM S OHĽADOM NA NOVÉ A OPOTREBOVANÉ PRIEČNE PROFILY HLAVY KOĽAJE

COMPARISON OF ADVANTAGES OF RADIALLY ADJUSTABLE BOGIE WITH CONVENTIONAL BOGIE WITH REGARD TO NEW AND WORN TRANSVERSE PROFILES OF RAIL HEAD

Daniel ŠIMŠAJ¹, Marián MORAVČÍK², Michal LACKO³

Abstrakt

Článok je zameraný na porovnanie jazdných vlastností nákladných železničných podvozkov pri prejazde oblúkov s malých polomerov. Porovnávanými podvozkami je konvenčný podvozok Y25 a podvozok s radiálne nastaviteľnými dvojkoľesiami TVP-NG2. Dôraz bol kladený na vplyv použitého profilu hlavy koľaje a tiež na dopad opotrebenia hlavy koľaje na jazdné a prevádzkové vlastnosti podvozkov.

Kľúčové slová

radiálne nastaviteľný podvozok, profil koľaje, oblúky s malým polomerom, priečne kolesové sily

Abstract

The article focuses on a comparison of running characteristics of rail freight bogies when negotiating curves of small radiuses. The conventional bogie Y25 and the bogie with radially adjustable wheelsets TVP-NG2 are compared. Emphasis was placed on effect of used rail head profile and also on rail head wear effect upon running and operational characteristics of the bogies.

Keywords

radially adjustable bogie, rail profile, curves of small radiuses, transverse wheel forces

1 ÚVOD

Spoločnosť Tatravagónka a.s. (TVP) bola založená v r. 1922 a dnes je najväčším výrobcom nákladných železničných vozňov v Európe s podielom na trhu takmer 40 %. Spoločnosť má aj svoju vlastnú konštrukčnú a vývojovú skupinu a neustále sa snaží prichádzať na trh s novými riešeniami v nákladnej železničnej preprave.

¹ Ing. Daniel Šimšaj, Tatravagónka a.s. Oddelenie technických výpočtov a skúšok vozidiel, Štefánikova 887/53, 058 01 Poprad. Tel.: +421 918 735 676, e-mail: daniel.simsaj@tatravagonka.sk

² Ing. Marián Moravčík, Ph.D., Tatravagónka a.s. Štefánikova 887/53, 058 01 Poprad. Tel.: +421 918 735 294, e-mail: marian.moravcik@tatravagonka.sk

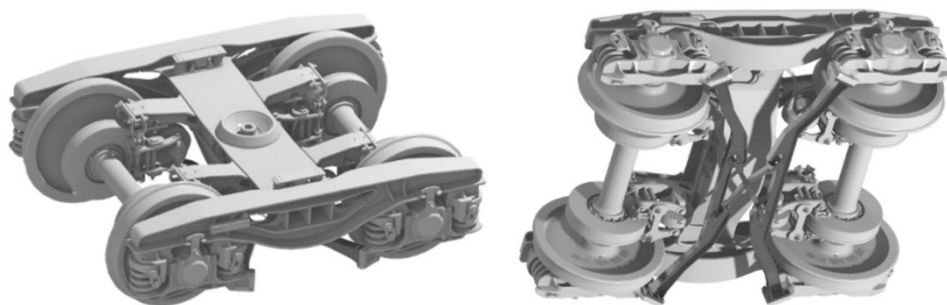
³ Ing. Michal Lacko, Tatravagónka a.s. Oddelenie technických výpočtov a skúšok vozidiel, Štefánikova 887/53, 058 01 Poprad. Tel.: +421 918 735 469, e-mail: michal.lacko@tatravagonka.sk

V súčasnej dobe možno pozorovať zvýšený nárast objemu tovarov prepravovaných práve po železnici. Tento nárast spôsobuje aj väčšie vyťaženie nákladných vozňov a infraštruktúry. Väčší kilometrický nábeh má za následok rýchlejšie opotrebenie koľajníc a aj kolies nákladných vozňov.

2 PODVOZOK S RADIÁLNE NASTAVITEĽNÝMI DVOJKOLESIAMI

K možnému výraznému zníženiu opotrebenia páru koleso-koľajnica by mohlo prispieť používanie podvozkov s radiálne nastaviteľnými dvojkolesiami, tzv. track friendly podvozky.

Jedným z predstaviteľov takýchto podvozkov je aj podvozok TVP NG2 DBS. Jedná sa o podvozok s kotúčovou brzdou a radiálne nastaviteľnými dvojkolesiami, ktoré sú krížovo previazané. Je pokračovaním vývojového radu radiálne nastaviteľného podvozka TVP 2007, ktorý vychádza koncepčne z podvozka Y25Lsod.



Obr. 1 Podvozok TVP NG2 DBS

Prepojovacia väzba medzi dvojkolesiami slúži na zabezpečenie stability jazdy vozňa na priamej trati pri vyšších rýchlostiach jazdy (120 km/h a viac).

Pozdĺžne vedenie dvojkolesia je zabezpečené obojstrannými piestmi tlmíča. Radiálne postavenie dvojkolesia v oblúku okrem zlepšenia bezpečnosti proti vykoľajeniu a zníženia vodiacich síl Y pri prejazde oblúkom, vedie ku zníženiu intenzity sklzov medzi kolesom a koľajnicou s pozitívnym dopadom na:

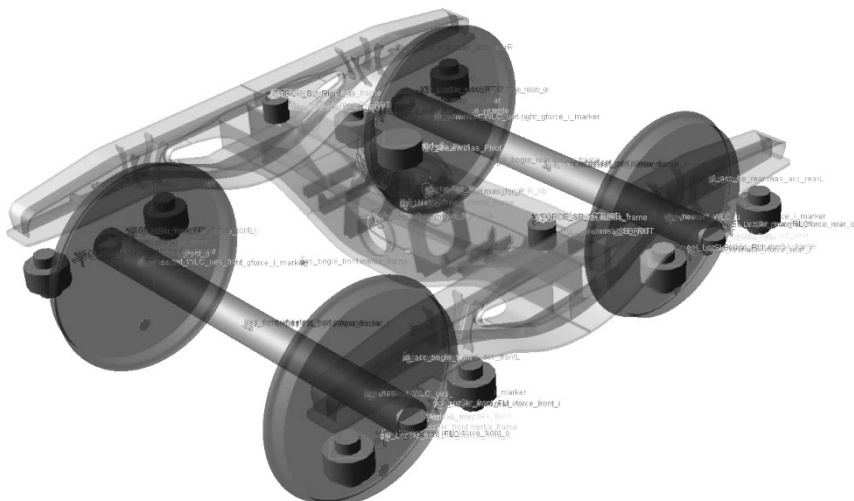
- zníženie opotrebenia kolies a koľajníc,
- nižšiu spotrebu energie,
- potlačenie nepríjemných a rušivých zvukov pri prejazde oblúkmi vznikajúcich práve ako dôsledok sklzov medzi kolesom a koľajnicou.

3 SIMULÁCIE JAZDNÝCH VLASTNOSTÍ

3.1 Simulačný model

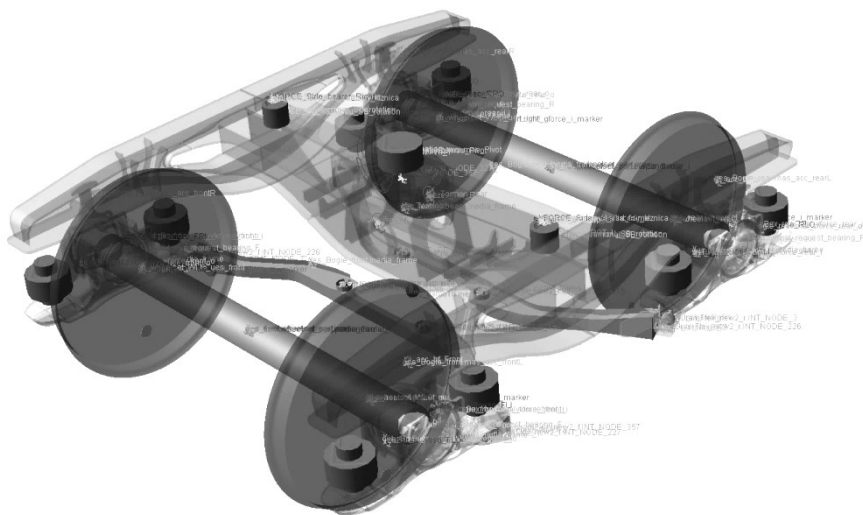
Z dôvodu možnosti detailnejšieho skúmania správania sa podvozkov na trati využíva TVP aj simulačné analýzy. Simulačné modely podvozkov Y25 a TVP-NG2 boli vytvorené v programe *VI-RAIL*.

Vo všeobecnosti možno model podvozka považovať za tuho-telesový model. Pri tvorbe modelu boli zohľadnené hmotnosti a momenty zotrvačnosti jednotlivých častí podvozka. Torzná tuhosť podvozka je modelovaná pomocou torznej pružiny medzi dvomi polovicami rámu s tuhosťou, ktorá odpovedá nameranej torznej tuhosti. Vypruženie je modelované pomocou „bushing“ elementov, ktoré zohľadňujú tuhosť a tiež vôle náprav v zvislom, priečnom a pozdĺžnom smere. V rámci simulačného modelu je taktiež zohľadnené trenie v trecích tlmíchoch, v klzniciach a tiež v otočnom guľovom čape podvozka.



Obr. 2 Simulačný model podvozka Y25

Potrebné charakteristiky tuhostí a trenia v rámci podvozku boli získané na základe meraní. Na obr. 2 a 3 sú znázornené simulačné modely podvozkov Y25 a TVP-NG2 vytvorené v programe VI-RAIL.



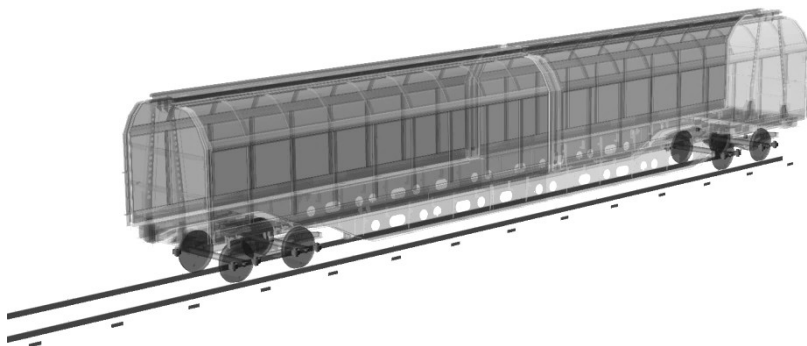
Obr. 3 Simulačný model podvozka TVP-NG2

Na reálnej trati v úseku dlhom 8 km bolo vykonané meranie viacerých parametrov, ktoré sú z pohľadu správania sa podvozka pri jazde relevantné (pričné a zvislé kolesové sily, priečny a pozdĺžny pohyb ložiskovej skrine, natočenie podvozka, zrýchlenia na ráme podvozka). Toto meranie bolo vykonané pre obidva vyššie spomenuté podvozky. Trať obsahujúca spolu 12 oblúkov, 1x R500m, 1x R400m, 10x R300m, je zobrazená na obr. 4.



Obr. 4 Trasovanie trate v realite a v simulácii

Meranie bolo vykonané s vozňom typu Habbiins loženým na celkovú hmotnosť 90 t. Vzdialenosť otočných čapov vozňa je 17,72 m. Simulačný model vozňa je zobrazený na obr. 5.



Obr. 5 Simulačný model vozňa Habbiins

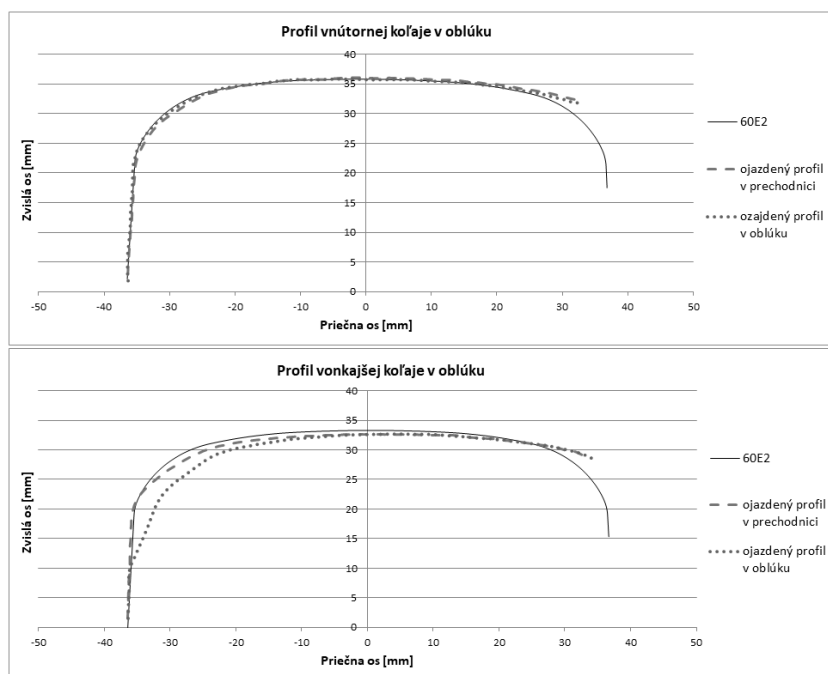
3.2 Naladenie simulačného modelu

Na naladenie simulačných modelov pre simulácie prejazdu oblúkov s malým polomerom boli použité vyššie spomenuté parametre merané na prvom a druhom dvojkoľesí.

V programe *VI-RAIL* bola vytvorená trať zodpovedajúca meranej trati z pohľadu jej trasovania. Zohľadnené bolo aj prevýšenie trate, zvislé a priečne nerovnosti pre pravý a ľavý koľajnicový pás a tiež rozchod trate.

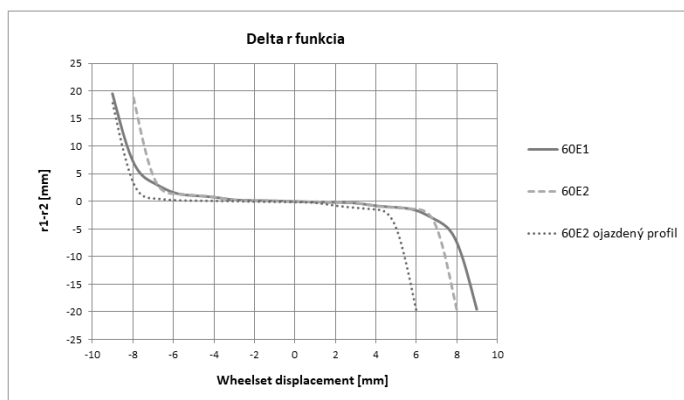
Pre všetky simulácie bol ako profil kolesa použitý profil EN13715 S1002/h28/e30,5/6,7% [1], ktorý odpovedal profilu nových merných dvojkoľesí použitých počas reálneho merania. Pre hlavu koľajnice bol pôvodne použitý ideálny priečny rez profilu 60E2 [2]. Cieľom bolo na základe meraní naladiť vytvorené simulačné modely podvozkov Y25 a TVP-NG2. Pri tomto procese však bolo zistené, že výsledky zo simulácie nekorešpondujú s výsledkami merania. Ako jedna z možných príčin bolo identifikované práve použitie ideálneho priečneho rezu hlavy koľajnice predstavujúca novú trať bez opotrebenia hlavy koľaje.

Po zavedení nameraných priečných profilov hláv koľajníc (obr. 6) do simulačných modelov bola dosiahnutá dostatočná zhoda výsledkov merania a simulácie.



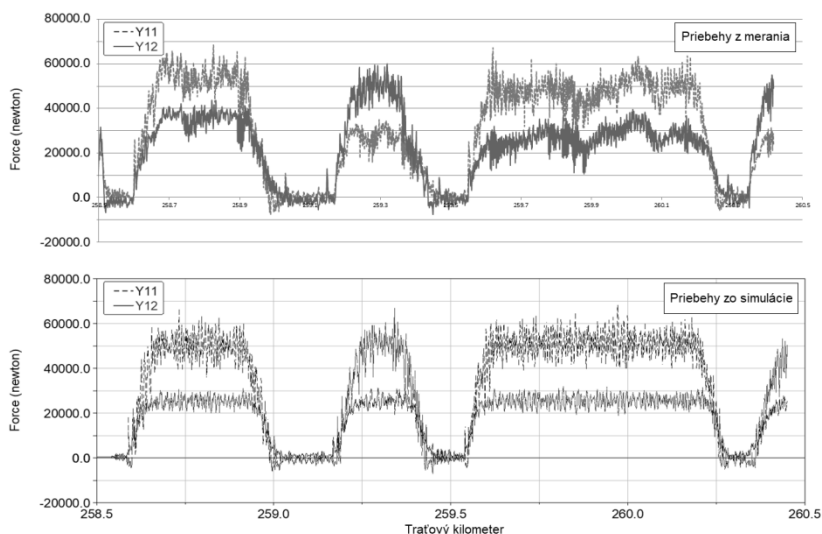
Obr. 6 Profily hláv koľaje v oblúku

Pre profily koľaje použité v simuláciách a použitý profil kolesa EN13715 S1002/h28/e30,5/6,7% bol vykonaný prepočet delta r funkcie. Pribehy delta r funkcie sú zobrazené na obr. 7.

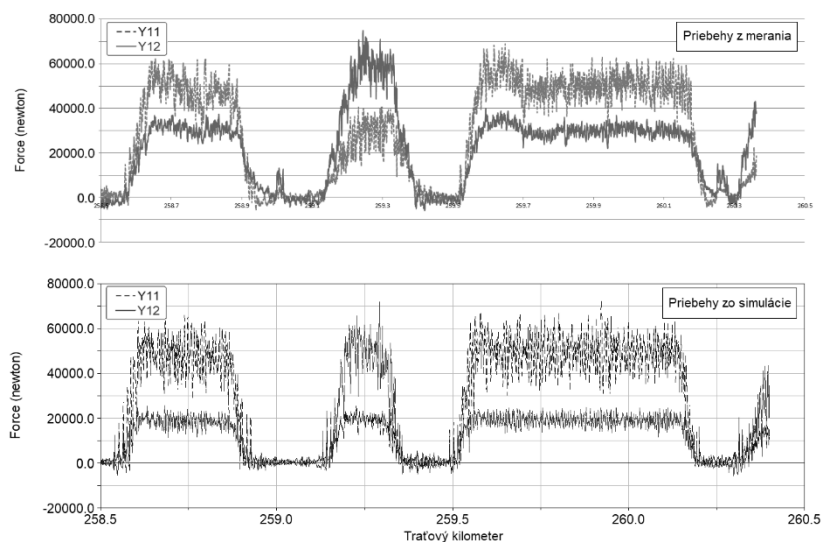


Obr. 7 Pribehy delta r funkcie použitých profilov koľaje

Na obr. 8 a 9 je znázornené porovnanie výsledkov merania a simulácie pre podvozok Y25 a TVP-NG2 pri použití ojazdeného profilu hlavy koľaje 60E2. Zobrazené výsledky odpovedajú prejazdu oblúkov s polomermi 305 m, 295 m a 290 m. Rýchlosť vozňa počas merania a simulácie dosahovala 75 km/h. Hodnota nedostatku prevýšenia sa pri všetkých troch oblúkoch pohybovala v rozmedzí 100 až 102 mm.



Obr. 8 Porovnanie priečných síl na dvojkolesí č. 1. Podvozok Y25



Obr. 9 Porovnanie priečných síl na dvojkolesí č. 1. Podvozok TVP-NG2

Týmto spôsobom naladené simulačné modely podvozkov boli vhodné pre ďalšie simulačné použitie.

3.3 Simulácie na kvalitnej trati

Z porovnania priečných kolesových síl oboch podvozkov (obr. 8 a 9) vyplýva, že pri opotrebovanom profile hlavy koľajnice je rozdiel medzi konvenčným a radiálne nastaviteľným podvozkom minimálny.

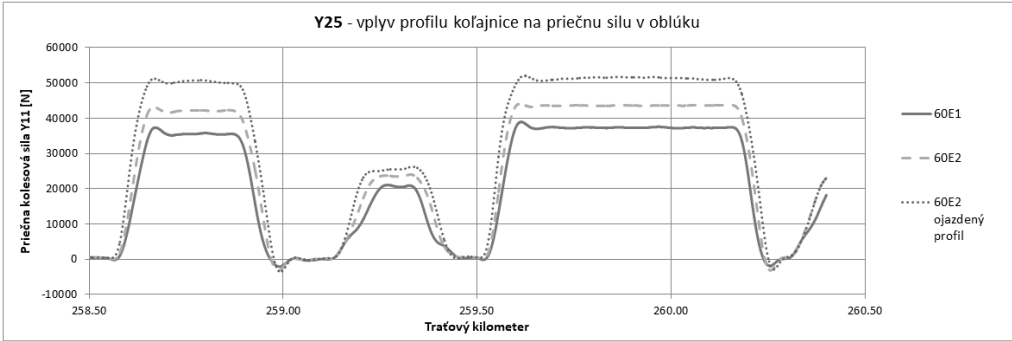
Cieľom ďalších simulácií bolo zistiť rozdiely v správaní medzi konvenčným a radiálne nastaviteľným podvozkom na novej trati bez opotrebovaných hláv koľajnicových pásov.

Z porovnania priečných vodiacich síl v oblúkoch, ktoré majú významný vplyv na opotrebenie kolesa aj trate, bolo zistené, že pri podvozku TVP-NG2, v závislosti od profilu koľajnice, môžu byť

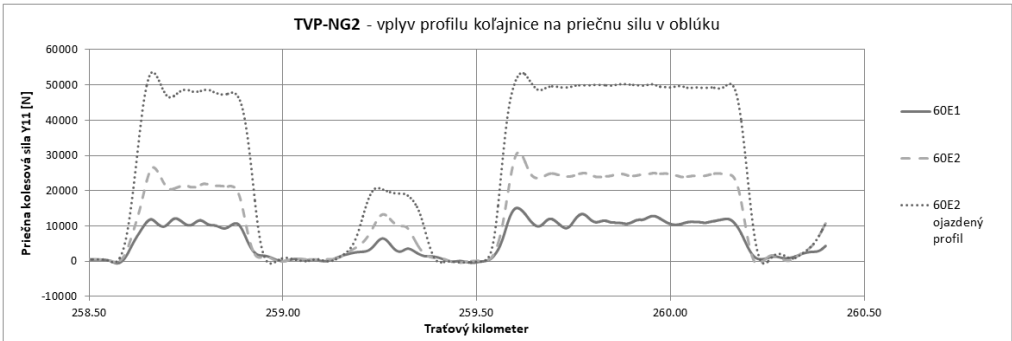
tieto priečne sily výrazne nižšie. Vplyv profilu hlavy koľajnice na priečne sily je zobrazený na obr. 10 a 11 pre obidva typy podvozkov.

Porovnávané sú tri profily hlavy koľaje:

- 60E1 [2],
- 60E2 [2],
- 60E2 ojazdený.



Obr. 10 Priečne sily v závislosti od profilu hlavy koľajnice, filtrované priebehy, Y25



Obr. 11 Priečne sily v závislosti od profilu hlavy koľajnice, filtrované priebehy, TVP-NG2

Tab. 1 Porovnanie kvázistatických hodnôt priečnej kolesovej sily v oblúku R 305m

Profil koľaje	Kvázistatická priečna kolesová sila nabiehajúceho kolesa [kN]		Rozdiel [%]
	Podvozok Y25	Podvozok TVP-NG2	
60E1	35,6	10,4	-70,8%
60E2	42,2	21,5	-49,1%
60E2 ojazdený	50,3	48,6	-3,4%

4 VYHODNOTENIE SIMULÁCIÍ

Z porovnania výsledkov zobrazených v predošlej kapitole vyplýva, že pri opotrebovanom profile dosahujú priečne sily pri oboch typoch podvozkov takmer rovnaké hodnoty. Čím je však profil koľajnice viac podobný ideálnemu profilu (stav novej koľaje), tým je rozdiel priečných síl medzi dvomi typmi podvozkov väčší. Pri neopotrebovanom profile 60E1 dosahuje priečna kolesová sila pri radiálne nastaviteľnom podvozku TVP-NG2 pokles o 70,8 % oproti konvenčnému podvozku Y25.

Vďaka možnosti radiálneho nastavenia dvojkoľesí v oblúkoch o malých polomeroch a teda zníženiu uhlu nábehu, dochádza aj k zníženiu priečnej sklzovej sily medzi kolesom a koľajnicou.

V úvode spomínaný predpoklad nižšej spotreby energie je overený aj meraním, ktoré vykonalo TVP v spolupráci s TU Berlín ešte v roku 2014. Pri oblúkoch s polomerom R300m až R500m bola energetická úspora podvozka TVP2007 oproti Y25 viac než 10 %, pri oblúkoch s polomerom 500 m až 700 m bola energetická úspora 3 % [3].

Zaujímavé je aj porovnanie výsledkov simulácií medzi profilmi koľaje 60E1 a 60E2. Pri prejazde oblúkom o polomere R 305 m bol pri použití profilu 60E2 zaznamenaný nárast priečnej kolesovej sily na nabiehajúcom dvojkoľesí približne o 7–11 kN v porovnaní s profilom 60E1. Tento jav nastal pri oboch simulovaných podvozoch.

5 ZÁVER

Na základe v článku opísaných meraní a simulácii s naladenými simulačnými modelmi podvozkov Y25 a TVP-NG2 je možné konštatovať, že pri prejazde oblúkov s malým polomerom s kvalitnou infraštruktúrou sú priečne kolesové sily pri radiálne nastaviteľných podvozoch výrazne nižšie ako pri konvenčných podvozoch. Pokles priečných kolesových síl následne pozitívne vplyva na zníženie opotrebenia obežnej plochy kolesa a hlavy koľaje, čo má za následok nižšie náklady na prevádzku vozňov a tiež na údržbu dvojkoľesí a infraštruktúry.

Zníženie priečných kolesových síl v oblúkoch pri radiálne nastaviteľnom podvozku taktiež vedie k energetickej úspore dosahujúcej až 10 % [3].



Literatúra

- [1] STN EN 13715+A1. *Železnice. Dvojkoľesia a podvozky. Kolesá. Obrys jazdnej plochy kolesa*. Bratislava: ÚNMS SR, 2011.
- [2] STN EN 13674-1+A1. *Železnice. Koľaj. Koľajnica. Časť 1: Širokopátné symetrické koľajnice na 46 kg/m*. Bratislava: ÚNMS SR, 2017.
- [3] BERLIN INSTITUTE OF TECHNOLOGY. *Project Results: Measurement Campaign and Data Analysis 'Energy Saving FaIns-Y25-VP2007'*. Report No.: 26 / 2014. Berlin: 2014.