

Záverečná karta projektu

Názov projektu Evidenčné číslo projektu **APVV-16-0596**

Jazdná stabilita podvozku novej generácie

Zodpovedný riešiteľ **Ing. Marián Moravčík, PhD.**

Príjemca **Železničný dopravný klaster, z.z.p.o.**

Názov pracoviska, na ktorom bol projekt riešený

Železničný dopravný klaster, z.z.p.o.

Názov a štát zahraničného pracoviska, ktoré spolupracovalo pri riešení

Výzkumný a zkušební ústav Plzeň, Česká republika

Udelené patenty/podané patentové prihlášky, vynálezy alebo úžitkové vzory, ktoré sú výsledkami projektu

nerrelevantné, výsledkom nie sú prihlášky práv duševného vlastníctva, v rámci projektu neboli podané žiadne patentové prihlášky a úžitkové vzory

Najvýznamnejšie publikácie (knihy, články, prednášky, správy a pod.) zhrňujúce výsledky projektu – uveďte aj publikácie prijaté do tlače

1. <https://www.engineering.sk/clanky2/stroje-a-technologie/7000-jazdna-stabilita-nakladneho-zeleznicneho-podvozka>
2. MORAVČÍK M.,ŠIMŠAJ D.: Jazdná stabilita nákladného železničného podvozka. In.: TUV SUD Journal, vol 03/2019. Bratislava, 2019.
3. MORAVČÍK M.,ŠIMŠAJ D.: Jazdná stabilita nákladného železničného podvozka. In.: Strojárstvo, vol 06/2019. Bratislava, 2019.

Uplatnenie výsledkov projektu

Uplatnenie výsledkov z projektu vidíme v aplikácii na podvozky s radiálne nastaviteľnými nápravami.

Získanými meraniami sme celkom jednoznačne kvantifikovali rozdiely medzi jednotlivými variantnými riešeniami prepojenia dvojkolesí, ktoré následne boli použité pre simulačné výpočty.

Takto získane výsledky môžu byť priamo použité pri vývoji ďalších typov podvozkov, kde vieme charakteristiky podvozka ladiť na základe konkrétnych požiadaviek, ktoré sú od neho požadované.

V poslednom období sa čoraz viac trh zaujíma o podvozky pre vyššie rýchlosti - 140km/h. Výsledky z projektu sú priamo aplikovateľné pri ďalšom vývoji.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v slovenskom jazyku (max. 20 riadkov)

Projekt bol rozdelený do štyroch etáp, ktoré logicky nasledujú za sebou z pohľadu prác, a to: etapa 1 „Analýza súčasného stavu existujúcich koncepcných riešení spojenia vozňa s podvozkom“.

etapa 2 „Návrhy riešenia a 3D CAD model spojenia“

etapa 3 „Optimalizácia jazdných vlastností v software VI-Grade pod dvomi rôznymi typmi vozňov“

etapa 4 „Vypracovanie konštrukčnej dokumentácie a stavba prototypu vrátane vykonania skúšok“

Na riešení týchto etáp sa podieľal celý riešiteľský kolektív pracovníkov ŽDK. K dispozícii sú finálne správy z optimalizácie jazdných vlastností, výpočtového návrhu pevnosti spojenia a CAD výkresová dokumentácia.

Boli vykonané skúšky s vysúťažou skúšobňou na reálnom prototypu podvozka, kde boli prakticky overené vlastnosti prepojenia dvojkolesí.

Ciele v projekte boli postavené tak, aby mohlo byť preukázané zlepšenie jazdnej stability podvozka novej generácie a demonštrácia vylepšených vlastností na funkčnom prototypu. Špecifický cieľ 1: identifikácia kritických oblastí pri zaviazaní podvozka novej generácie pod rôzne typy vozňov

Špecifický cieľ 2: demonštrácia riešenia na reálnom prototypu

Ako kritické, z pohľadu stability jazdy, je overenie prijatých opatrení na dvoch typoch nákladných vozňov. Jazdné vlastnosti podvozka boli overované pre prázdny a aj ložený stav vozňov v skúšobnej oblasti 1 – priama trať. Tá je z pohľadu stability podvozka najviac kritická, pretože vozne sú takto prevádzkované pri najvyššej prípustnej rýchlosti. V projekte bola plánovaná výpočtová optimalizácia pre ľahký, krátky a torzne tuhý vozeň so vzdialenosťou otočných čapov $\leq 7\text{m}$ a na druhej strane dlhý, torzne poddajný vozeň so vzdialenosťou otočných čapov $\geq 13\text{m}$.

Z vykonaných rozborov je z pohľadu stability prázdnych a ložených vozňov najlepšia nasledovná kombináciou optimalizovaných parametrov podvozka ZDK-SB:

- Rázvor podvozka 2m
- Uhol prepojenia dvojkolesí U-rámom s krížovým spojením o uhle 34°
- Vzdialenosť kľzníc od guľového otočného čapu 1,2m.

Optimalizáciou parametrov podvozka sa podarilo vo všetkých simulovaných stavoch znížiť hodnoty priečneho zrýchlenia na skrini vozňa na podlimitné hodnoty. Najvyššie priečne zrýchlenie s pôvodným podvozkom ZDK-SB bolo dosiahnuté na krátkom prázdnom vozni a má hodnotu $4,66\text{ m.s}^{-2}$ pričom limitná hodnota v zmysle EN 14363 je 3 m.s^{-2} . Po optimalizácii sa podarilo maximálnu hodnotu priečneho zrýchlenia znížiť na podlimitných $2,68\text{ m.s}^{-2}$, čo predstavuje zlepšenie o 42,5%.

Použitím U-rámu s krížovým spojením o uhle 34° sa vo výsledku dosiahla vyššia tuhosť náprav a tiež vyšší pomer posunutia kolies medzi nápravami podvozka. Tuhosť náprav bolo vyššia v pozdĺžnom smere v rozmedzí 8,7% až 23,8% a v priečnom smere v rozmedzí 8,4% až 41,7% v závislosti od zvislého zaťaženia. Keďže vyššia tuhosť náprav podvozka má pozitívny vplyv na jeho stabilitu, tak z výsledkov merania je možné konštatovať, že z pohľadu stability podvozka je výhodnejším spôsobom prepojenie náprav použitie U-rámu ako použitie krížovej väzby.

Súhrn výsledkov riešenia projektu a naplnenia cieľov projektu v anglickom jazyku (max. 20 riadkov)

The project was divided into four stages, which logically follows one after another with regard to works:

Stage 1 „Analysis of current condition of existing concept solutions of bogie to wagon connection“.

Stage 2 „Proposals for solution and 3D CAD model of connection“

Stage 3 „Optimization of running characteristics in software VI-Grade under two different wagon types“

Stage 4 „Elaboration of design documentation and building of prototype, including performance of tests“

The whole solving personnel of ŽDK participated at all of these stages. The final reports on optimization of the running characteristics, calculation design of connection strength and CAD drawing documentation are at disposal.

Tests with real prototype of the bogie were performed by the selected testing facility. During these tests, properties of wheelset connection were practically verified.

The goals of the project were defined so that improvement of the running stability of a new generation bogie could be proven, and so that improved properties on the functional prototype could be demonstrated.

Specific goal 1: Identification of the critical areas after connecting a new generation bogie to different wagon types

Specific goal 2: Demonstration of solution on a real prototype

With regard to the running stability, verification of taken measures on two types of freight wagons seems to be critical. The running characteristics of the bogie were verified for empty and for loaded condition of the wagons within the testing area 1 – straight track. This section is the most critical with regard to bogie stability, because at this section, the wagons are operated at the highest admissible speed. In the project, the calculation optimization was planned for light, short and torsionally stiff wagon with distance between bogie pivots $\leq 7\text{m}$ and, on the other hand, long, torsionally flexible with distance between bogie pivots $\geq 13\text{m}$. From performed analyses and with regard to stability of empty and loaded wagons, the following combination of optimized parameters of the bogie ZDK-SB is the best:

- Bogie wheel base 2m
- Angle of wheelset interconnection by U-frame with cross-coupling of 34°
- Distance of the side bearers from the bogie pivot 1.2m.

By optimization of the bogie parameters, reduction of values of transverse acceleration on the wagon body under the limit values was achieved in all simulated conditions. The greatest transverse acceleration with the original bogie ZDK-SB was achieved on the short empty wagon and its value was 4.66 m.s^{-2} , whereby the limit value according to EN 14363 is 3 m.s^{-2} . After optimization, the maximal value of the transverse acceleration was reduced to under-limit value of 2.68 m.s^{-2} , which represents an improvement by 42.5%.

Using of the U-frame with cross-coupling with angle of 34° resulted in greater stiffness of the axles and also greater ratio of displacement of wheels between the bogie axles. The axle stiffness was greater in the longitudinal direction from 8.7% to 23.8% and in the transverse direction from 8.4% to 41.7% depending on the vertical loading. As the greater stiffness of the bogie axles has a positive effect upon its stability, from the measurement results, it can be concluded that, with regard to the bogie stability, the more favourable solution is using of the U-frame than the cross-coupling.