

INOVATIVNÍ PODVOZEK NP-X PRO NÁKLADNÍ VOZY

INNOVATIVE FREIGHT BOGIE NP-X

Stanislav ŠVÉD¹, Petr BAUER², Tomáš FRIDRICHOVSKÝ³, Kryštof HAVLÍK⁴, Marián MORAVČÍK⁵,
Jan MUSIL⁶, Jan PEJŠA⁷, Jan PULDA⁸, Viliam SAKALIK⁹

e-ISBN: 978-80-7560-564-1
DOI: 10.46585/spkv20252676

ISSN: 3029-8342



Abstrakt

Příspěvek se zabývá projektem inovativního nákladního podvozku normálního rozchodu pro maximální zatížení 22,5 tuny na nápravu. Rodina podvozků označená NP-X je zaměnitelná za dnes běžně používaný podvozek Y25 a vyznačuje se použitím pryžokovových prvků, kyvných ramen a dalších inovativních prvků. Jeho cílem je reflektovat současné a budoucí požadavky na nákladní dopravu. Příspěvek popisuje současný stav vývoje a výhledy do dalších let grantového projektu.

Klíčová slova

kolejová vozidla, nákladní doprava, podvozek, Y25, NP-X, zkušební stav

Abstract

This article deals with the project of an innovative freight bogie. The bogie has standard gauge and is intended for maximum axle load 22,5 tons. The bogie family called NP-X is interchangeable with standard freight bogie Y25. Design of the bogie considers use of rubber springs, swing arms and other innovative elements. Aim of the project is to reflect actual and future requirements for freight bogies. The paper describes actual state of art and the outlook for next years of the grant project.

Keywords

railway vehicles, freight transport, bogie, Y25, NP-X, test rig

¹ Ing. Stanislav Švéd,  0009-0008-5849-5030. VÚKV a.s. Bucharova 1314/8, 158 00 Praha 5 – Stodůlky, Česká republika, tel.: +420 736 519 920, e-mail: sved@vukv.cz

² Ing. Petr Bauer, Ph.D.,  0000-0002-0940-3303. VÚKV a.s. Bucharova 1314/8, 158 00 Praha 5 – Stodůlky, Česká republika, tel.: +420 736 519 906, e-mail: bauer@vukv.cz

³ Ing. Tomáš Fridrichovský, Ph.D.,  0000-0001-8532-1951. VÚKV a.s. Bucharova 1314/8, 158 00 Praha 5 – Stodůlky, Česká republika, tel.: +420 736 519 903, e-mail: fridrichovsky@vukv.cz

⁴ Ing. Kryštof Havlík,  0009-0006-6089-8635. VÚKV a.s. Bucharova 1314/8, 158 00 Praha 5 – Stodůlky, Česká republika, tel.: +420 736 519 904, e-mail: havlik@vukv.cz

⁵ Ing. Marián Moravčík, Ph.D. Tatravagónka a.s. Štefánikova 887/53, 058 01, Poprad, Slovenská republika, tel.: +421 918 735 294, e-mail: marian.moravcik@tatravagonka.sk

⁶ Ing. Jan Musil. VÚKV a.s. Bucharova 1314/8, 158 00 Praha 5 – Stodůlky, Česká republika, tel.: +420 736 519 956, e-mail: musil@vukv.cz

⁷ Ing. Jan Pejša,  0009-0003-7127-9184. VÚKV a.s. Bucharova 1314/8, 158 00 Praha 5 – Stodůlky, Česká republika, tel.: +420 736 519 962, e-mail: pejsa@vukv.cz

⁸ Ing. Jan Pulda,  0009-0008-4272-9381. VÚKV a.s. Bucharova 1314/8, 158 00 Praha 5 – Stodůlky, Česká republika, tel.: +420 736 519 934, e-mail: pulda@vukv.cz

⁹ Ing. Viliam Sakalik. Tatravagónka a.s. Štefánikova 887/53, 058 01, Poprad, Slovenská republika, tel.: +421 917 508 173, e-mail: viliam.sakalik@tatravagonka.sk

1 ÚVOD

Současné nákladní železniční dopravě v Evropě dominuje použití podvozku Y25. Jedná se o typ podvozku, který je provozován desítky let, a jedná se tedy o ověřené řešení. Jeho koncepce má ale své limity. Je proto pochopitelné, že je motivace vyvinout povozek nový, který bude mít příznivější parametry z hlediska nejnovějších provozních a legislativních požadavků v železniční nákladní dopravě:

- zavedení poplatků za užití dopravní cesty,
- přísnější posuzování hluku emitovaného nákladními vozy.

Inovativní podvozek NP-X je postaven na koncepci vedení dvojkolí pomocí kyvných ramen a na aplikaci pryžokovových prvků. Jeho rozměrové uspořádání a rozhraní je navrženo tak, aby byla možná záměna za podvozek Y25 bez větších konstrukčních úprav na straně spodku nákladního vozu.

2 VZNIK KONCEPCE NP-X

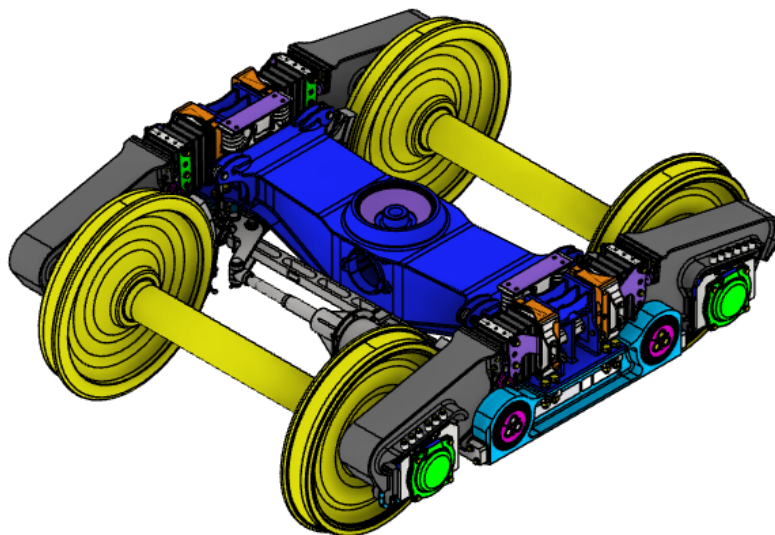
Koncepce inovativního nákladního podvozku NP-X vznikala v letech 2012–2019 v rámci výzkumného projektu TAČR TE01020038 „Centrum kompetence drážních vozidel“. Ve VÚKV a.s. na tomto úkolu pracoval tým pod vedením Ing. Tomáše Získala [1]. Výsledky byly prezentovány mj. i na konferenci Bogie 2019 v Budapešti [2].

V rámci uvedeného výzkumu byla provedena jak rešerše existujících nákladních podvozků, tak rešerše patentová. Návazně byla navržena koncepce, která vzešla z mnoha rozměrových vyšetření a širokého spektra simulačních výpočtů. Byly provedeny i testy, pro které bylo vytvořeno zjednodušené testovací zařízení a opatřeny vybrané pryžokovové díly. Klíčové uzly koncepce NP-X jsou patentovány.

Koncepci NP-X je potřeba vnímat jako rodinu několika typů podvozků pro různé účely. Základem je podvozek NP-S („standard“), dále NP-R („radiální stavění dvojkolí“) a NP-VR („vyšší rychlost“). Podrobněji je v současnosti rozvíjen především typ NP-S.

3 POPIS KONCEPCE NP-S

Podvozek NP-S (viz obr. 1) je určen pro nejširší použití, proto je založen na nejjednodušších řešeních vyplývajících z navrženého konceptu nové generace inovativních podvozků NP-X. Rozvor podvozku (1800 mm) a jeho rozhraní vůči skříni (torna + odpružené kluznice) jsou identické s podvozkem Y25. Shodná jsou dvojkolí vč. ložisek a předpokládá se i určitá shoda v oblasti brzdy – trámčová brzda je shodná, nutná je změna snímače ložení. Navrhované maximální zatížení podvozku NP-S je 22,5 t/nápravu. Zcela odlišný od podvozku Y25 je rám podvozku, dále vedení dvojkolí, systém vypružení vč. ložiskové skříně a tlumení.



Obr. 1 Podvozek v provedení NP-S

3.1 Dvojkolí

Podvozky z rodiny NP-X uvažují standardní dvojkolí o průměru 920 mm používaná pro nákladní vozy v provedení s brzdou špalíkovou i kotoučovou. Ložiska jsou válečková, vhodnou úpravou ložiskové skříně, lze použít i kuželíková. Ložisková skříň je odlitek. Pro účely zkušebního zařízení je tento odlitek odvozen od ložiskové skříně jedné z variant podvozku Y25. Pro sériové provedení se bude jednat o odlitek nový.

3.2 Rám podvozku a princip vedení dvojkolí

Rám podvozku je tvořen dvojicí podélníků rozebíratelně spojených s příčnickem. Oproti podvozku Y25 ho tvoří relativně malá a lehká konstrukce s možností snadné výměny. Konce podélníků tvoří rozhraní pro díly vedení dvojkolí. K vedení dvojkolí slouží kyvné rameno, ve kterém je zalisován čep. Tento čep je posléze na každém konci pomocí předepjatého pryžokovového silentbloku připevněn do podélníku. Sestava podélníků, příčnicku a pružně uložených kyvných ramen vytváří torzně poddajný celek.

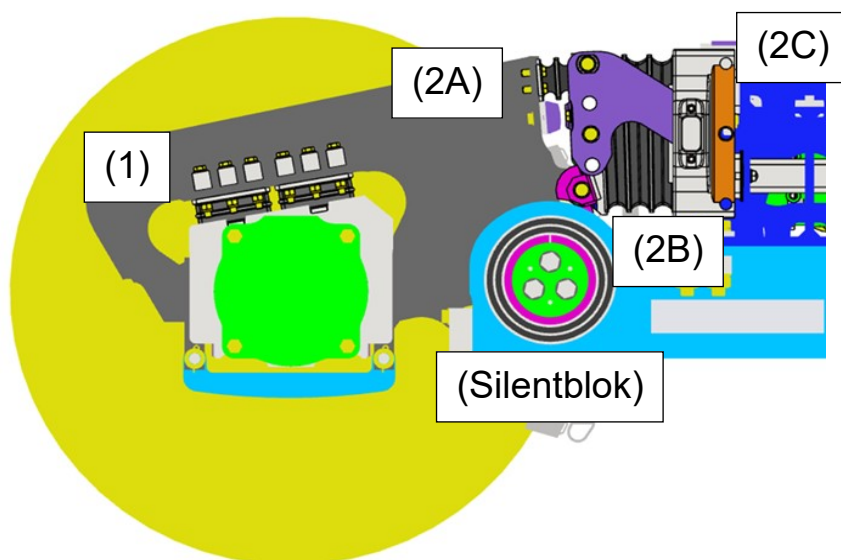
Oblast spojení kyvného ramene a podélníku je předmětem intenzivního vývoje. Průzkumem trhu a na základě konzultace s renomovanými výrobci byl nalezen sériově vyráběný pryžokovový díl (silentblok). Tento silentblok je v srovnatelných zástavbových podmínkách používán na těžkých nákladních vozidlech provozovaných v lomech a na stavbách. Jedná se tedy o díl, který je provozován v náročných podmínkách, ale nejedná se o podmínky železničního provozu.

3.3 Vypružení a tlumení

Vypružení (viz obr. 2) ve všech stupních zajišťují pryžokovové prvky. Mezi ložiskovou skříní a kyvným ramenem jsou na šikmé ploše uloženy několikavrstvé pryžokovové pružiny primárního vypružení, které jsou v obr. 2 označeny pozicí 1. Šikmost tohoto uložení, která je zdrojem přitlačné síly pro třecí tlumení realizované mezi ložiskovou skříní a kyvným ramenem, je tématem výzkumu.

Oblast sekundárního vypružení je složena z několika pryžokovových pružin, které dohromady vytváří pružící prvek s progresivní charakteristikou. Počet pružin a jejich provedení je předmětem výzkumu. Aktuálně je tato oblast vypružení složena z tří pružin pracovních označovaných 2A, 2B a 2C. Pružiny jsou zařazeny za sebou (do série) ale každá z nich má jiný účel. Pružina 2A je určena především pro jízdu v prázdném stavu, pružina 2B především pro jízdu v plně loženém stavu a pružina 2C je součástí sestavy třecího tlumiče, kde ve všech stavech ložení zajišťuje jeho přitlak. Účinek tlumicí síly tak reflektuje míru zatížení vozu.

Další oblastí, která je intenzivně zkoumána, je účinek silentbloku a jeho přínos pro vypružení. Hledány a ověřovány jsou jak vhodné parametry tohoto silentbloku (tvar, charakteristika, ...), tak i výchozí (nezdeformovaná) poloha při rotaci.



Obr. 2 Detail vypružení a vedení dvojkolí jedné čtvrtiny podvozku

Tlumení je ve všech stupních vypružení řešeno třecími tlumiči s tlumicí silou závislou na aktuálním stavu ložení. Oproti podvozku Y25 je každý směr (příčný a svislý) tlumen v jiném stupni vypružení tak, aby šlo optimálně naladit tlumicí účinek vozu ve všech stavech ložení. Předmětem výzkumu je také tlumicí účinek použitých pryžkových dílů a možnost širšího využití pryže v nákladní dopravě.

3.4 Snímač ložení

Přestože koncepce podvozku NP-S je výrazně odlišná od podvozku Y25, byla ověřována možnost použití snímače ložení, který je na podvozku Y25. Rozdílné jsou jak zástavbové poměry, tak silové účinky.

Provedená vyšetření ukázala výraznou složitost řešení na podvozcích z rodiny NP-X. Tato složitost je dána především tím, že musí být navržen mechanismus, který zajistí změnu velikosti síly působící na snímač ložení. Byly proto zahájeny konzultace s výrobcí brzdných systémů ohledně návrhu nového snímače ložení určeného pro podvozek NP-S, resp. pro rodinu podvozků NP-X.

4 ETAPY VÝZKUMU A VÝSTUPY

Současný výzkum je zaměřen na dvě oblasti – ověření klíčových uzlů konstrukce (především oblast vedení dvojkolí, vypružení a tlumení) a následně ověření funkce podvozku jako celku. Do výzkumu je zapojen strategický průmyslový partner – společnost Tatravagónka a.s. Poprad.

První etapa výzkumu byla zahájena v roce 2023 a dokončena bude na konci roku 2025. Obsahuje konstrukční práce, pevnostní a simulační výpočty [3], výrobu zkušebního zařízení, jeho zprovoznění, provedení kvazistatických a dynamických zkoušek, a nakonec jejich vyhodnocení. Tímto postupem dojde ke zpřesnění doporučených parametrů podvozku NP-S a k validaci simulačních modelů. Kromě zpráv popisujících provedené činnosti, bude výstupem funkční vzorek (zkušební stav pracovní označený jako FV1).

Druhá etapa výzkumu bude navazovat na etapu první. Již v průběhu etapy první jsou však realizovány některé činnosti (např. konstrukční práce) spadající to této etapy. Výstupem druhé etapy bude další funkční vzorek (pracovní označený jako FV3). Jedná se o zařízení, které bude rozměrově i funkčně odpovídat celému podvozku a bude osazeno komponenty, které z výzkumu a realizovaných zkoušek vzejdou jako nejvhodnější. FV3 vznikne úpravou jednoho z dvou exemplářů zkušebního zařízení (pracovní označovaného jako FV2). Zmíněné 2 exempláře FV2 budou zabudovány pod vybranými nákladními vozy a absolvují sadu zkušebních jízd na vybraných tratích [4]. Dokončení druhé etapy výzkumu je plánováno na konec roku 2028.

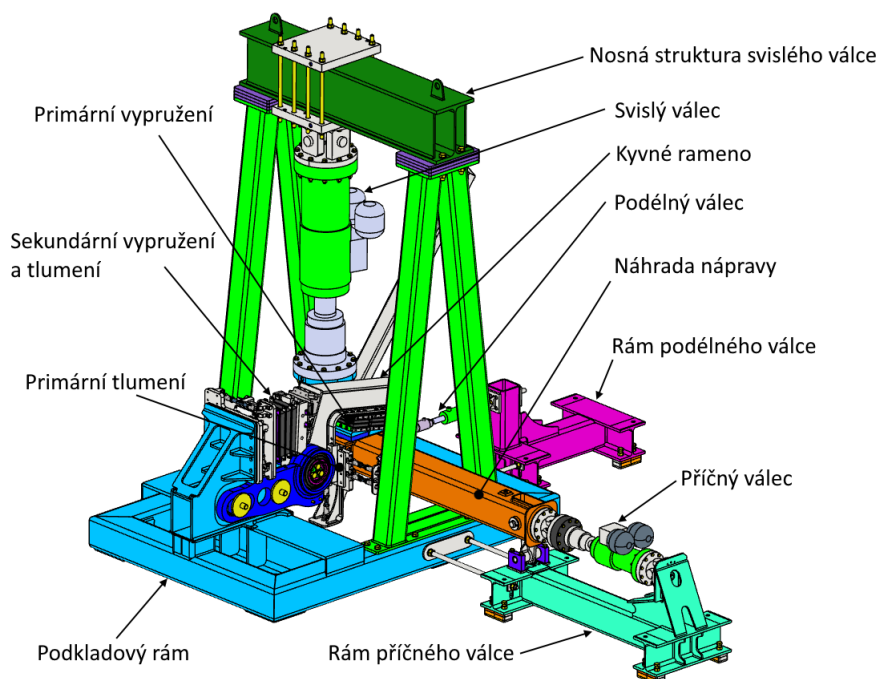
5 ZKUŠEBNÍ STAV FV1

Zkušební stav FV1 (viz obr. 3) je konstruován tak, aby obsahoval uzel vedení kyvného ramene a řetězec primárního i sekundárního vypružení včetně tlumení a aby tak co nejvíce odpovídal ¼ nákladního podvozku ve variantě NP-S s možností přestavby na variantu NP-R.

Základ zkušebního stavu je tvořen podkladovým rámem, který slouží jako náhrada části podélníku a příčníku podvozku. Podkladový rám obsahuje dosedací plochu pro řetězec sekundárního vypružení a umožňuje připojení kyvného ramene vč. dalších dílů vedení dvojkolí. Zespod kyvného ramene je vložena náhrada nápravy, která je v místech pod kyvným ramenem opatřena několika návarky, které slouží jako náhrada ložiskové skříně. Na opačné straně je náhrada nápravy připojena na válec, který budí příčné pohyby. Náhrada nápravy je uložena tak, aby se její pohyby co nejvíce podobaly pohybům skutečné nápravy. Podélný válec, umístěný na rámu podélného válce, je skrz otvor v kyvném rameni připojen k náhradě ložiskové skříně a budí její podélný pohyb (například zohlednění účinků brzdy). Na volném konci náhrady nápravy (v blízkosti kyvného ramene) je připojen svislý válec, který je na druhém konci zavěšen na nosné konstrukci zkušebního stavu. S pomocí tohoto válce jsou do konstrukce vnášena zatížení a s tím spojené svislé pohyby (prázdný vs. ložený vůz, svislá dynamika...).

Mezi náhradou ložiskové skříně a kyvným ramenem je umístěn uzel primárního vypružení a tlumení. Montáž je zajištěna pomocí demontovatelných adaptérů s možností variace dvou různých sklonů pružin.

Tím je možné změnit velikost přítlaku na třecí tlumič a tím i jeho účinek. Také je umožněna snadná výměna primárních pružin (změna tuhosti).



Obr. 3 Zkušební stav FV1 v provedení pro dynamické zkoušky

Vypružení a tlumení mezi kyvným ramenem a podkladovým rámem (uzel sekundárního vypružení a tlumení) je zajištěno pomocí vodorovně umístěného paketu pryžových pružin (2A, 2B a 2C). Pružina 2B je řešena jako sestava z několika spojených vrstev (lze ladit výslednou tuhost). Vkládáním podložek lze ladit polohu zlomu charakteristiky. Změnou adaptérů na klínu tlumiče lze docílit dvou různých sklonů a ladit tak přítlak na list tlumiče v oblasti sekundárního vypružení.

Instrumentace zkušebního stavu byla zvolena tak, aby poskytla co nejvěrohodnější informace o silách, pohybech a zrychleních v klíkových uzlech.

6 KVAZISTATICKÉ A DYNAMICKÉ ZKOUŠKY S FV1

Inovativní koncepce rodiny podvozků NP-X je založena na teoretických předpokladech a jejich částečném ověření v rámci zjednodušených zkoušek či výpočtů. Plnohodnotnou funkčnost klíkových uzlů je potřeba experimentálně ověřit. Právě proto byl navržen zkušební stav FV1 a provedeny zkoušky.

Zkušební stav FV1 byl vyroben ve spolupráci společností VÚKV a.s. a Tatravagónka a.s. Poprad (viz obr. 4). Po jeho sestavení a zprovoznění, které si vyžádalo určitý čas, proběhla ve Zkušební laboratoři VÚKV a.s. v Cerhenicích sada kvazistatických zkoušek, při kterých bylo zjišťováno následující:

- celkové charakteristiky (v celém rozsahu uvažovaných zatížení),
- amplitudové charakteristiky (prázdný vůz, částečně ložený vůz za zlomem charakteristiky, plně ložený vůz v rozsahu dynamických přírážek až do 30 %),
- podíl třecí tlumičí síly v závislosti na zatížení (svisle, příčně),
- případné nežádoucí chování či vlivy.

V rámci kvazistatických zkoušek byla ručním ovládáním hydraulického rozvaděče aplikována zatížení pro následující druhy zkoušek:

- celková svislá charakteristika (svislá síla 10–150 kN),
- svislá kvazistatická změna zatížení pro 5 t/n, 8,5 t/n, 18 t/n a 22,5 t/n v rozsahu odpovídajícím dynamické přírážce až 30 %,
- příčná kvazistatická změna zatížení pro výše zmíněné stavy ložení v rozsahu pohybů ± 10 mm (na nárážky),
- podélná charakteristika primárního vypružení (působení podélného válce).



Obr. 4 Zkušební stav FV1 ve Zkušební laboratoři VÚKV a.s. v Cerhenicích

Po dokončení zkoušek v Cerhenicích byl zkušební stav přemístěn do Plzně na Dynamickou zkušební laboratoř společnosti Výzkumný a zkušební ústav Plzeň s.r.o. s cílem ověřit závislosti výše uvedených charakteristik na rychlosti zatěžování. V rámci dynamických zkoušek byly aplikovány počítačem řízené sekvence zatížení pro následující druhy zkoušek:

- svislé kmitání pro 5 t/n, 8,5 t/n, 18 t/n a 22,5 t/n v podobě harmonického signálu pro různé frekvence a amplitudy,
- příčné kmitání pro výše zmíněné stavy ložení v podobě harmonického signálu pro různé frekvence a amplitudy a různou výchozí polohu (offset),
- kombinované zatížení (monofrekvenční signál v příčném a podélném směru a náhodný signál simulující nerovnosti na dobré a špatné trati při různých rychlostech),
- podélná charakteristika primárního vypružení (působení podélného válce – ovládáno ručně),
- účinky brzdy a odlehnutí primárního třecího tlumiče (působení podélného válce během kmitání – ovládáno ručně).

Na závěr dynamických zkoušek byl proveden zátěžový test – simulace jednodenního provozu ve dvou stavech ložení.

Všechny zkoušky na zkušebním stavu FV1 byly navrženy tak, aby vedly k získání vstupů pro validaci výpočtového modelu. Tento výpočtový model pak bude následně použit pro odladění parametrů kritických uzlů inovativního podvozku a jeho variant.

7 ZÁVĚR

Inovativní podvozek NP-X je postaven na koncepci vedení dvojkolí pomocí kyvného ramene a na aplikaci pryžokovových prvků. Je uvažován v několika variantách, které mají své specifické určení. Za běžné řešení lze považovat povozek NP-S (standard), který je rozvíjen přednostně. Jedná se o koncepci výrazně odlišnou od koncepce podvozku Y25, ale rozměrové řešení je takové, že je možná záměnnost obou podvozků bez konstrukčních úprav na příslušném nákladním voze.

Záměnnost inovativního podvozku NP-X za podvozek Y25 je jedním z cílů výzkumu. Dalším cílem je dosažení takových parametrů inovativního podvozku, aby jeho účinky na infrastrukturu a okolí byly příznivější.

Vlastnosti inovativního podvozku NP-X v oblasti jízdně-technických vlastností se aktuálně opírají o výsledky nevalidovaných simulačních výpočtů. V rámci probíhajícího výzkumu jsou realizovány činnosti, jejichž cílem je jak ověření funkčnosti navrženého konceptu, tak získání podkladů pro validaci.

Očekává se, že aplikace pryžokovových prvků by měla mít pozitivní vliv na emise hluku. Prokázání tohoto přínosu ale bude ovlivněno tím, že FV2 je zkušební zařízení a nikoliv sériový (optimalizovaný) produkt. Totéž platí i pro oblast hmotnosti.

Široké spektrum poznatků z provedených zkoušek a následně validované simulační modely budou základem pro řešení inovativního nákladního podvozku, který bude ověřen v rámci jízdně-technických zkoušek na vybraných tratích a ve formě zařízení FV3 prezentován jako výsledek výzkumu.

Autoři příspěvku děkují kolektivu spolupracovníků ve společnostech VÚKV a.s. a Tatravagónka a.s. Poprad za podporu a spolupráci při řešení tohoto výzkumného úkolu.

Výzkum probíhá za podpory TAČR v rámci projektu TN02000054 Národní centrum kompetence inženýrství pozemních vozidel Josefa Božka (BOVENAC), podprojekt FEFEFOV.



Literatura

- [1] ZÍSKAL, T., FRIDRICHOVSKÝ, T. *Podvozek VÚKV-NP pro nákladní vozy – Vývoj a konstrukce*. Zpráva č. 19-C 030. Praha: VÚKV a.s., 2019.
- [2] BAUER, P., ČAPEK, J., FRIDRICHOVSKÝ, T., KRULICH, P., MALKOVSKÝ, Z., MUSIL, J., ZÍSKAL, T. Bogie for freight wagon. In: *11th International Conference on Railway Bogies and Running Gears, conference proceedings*. Budapest: Scientific Society of Mechanical Engineers, 2020, s. 87–93. ISBN 978-963-9058-42-2.
- [3] ČSN EN 13749+A1:2024. *Železniční aplikace – Dvojkolí a podvozky – Metoda specifikování pevnostních požadavků na rámy podvozků*.
- [4] ČSN EN 14363+A2:2024. *Železniční aplikace – Zkoušení a simulace pro schvalování železničních vozidel z hlediska jízdních vlastností – Jízdní chování a stacionární zkoušky*.

Zasláno / received: 23. 06. 2025, přijato / accepted: 28. 07. 2025, publikováno / published: 17. 09. 2025.

Příspěvek recenzovali / The paper was reviewed by: Ing. Jan Veselík (Výzkumný Ústav Železniční, a.s. (VUZ)), Ing. Aleš Hába, Ph.D. (Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera).