
Analýza súčasného stavu problematiky využitia manipulačných zariadení pre potreby skúšobných stavov brzdných komponentov koľajových vozidiel

Denis Molnár, Ing.*

Katedra dopravnej a manipulačnej techniky, Strojnícka fakulta,
Žilinská univerzita v Žiline,
Univerzitná 8215/1, 010 26, Žilina.
E-mail: denis.molnar@fstroj.uniza.sk, Tel.: + 421 41 513 2659

Miroslav Blatnický, doc. Ing., PhD.

Katedra dopravnej a manipulačnej techniky, Strojnícka fakulta,
Žilinská univerzita v Žiline,
Univerzitná 8215/1, 010 26, Žilina.
E-mail: miroslav.blatnický@fstroj.uniza.sk, Tel.: + 421 41 513 2659

Ján Dižo, doc. Ing., PhD.

Katedra dopravnej a manipulačnej techniky, Strojnícka fakulta,
Žilinská univerzita v Žiline,
Univerzitná 8215/1, 010 26, Žilina.
E-mail: jan.dizo@fstroj.uniza.sk, Tel.: + 421 41 513 2560

Alyona Lovska, prof. Ing., Dr. Sc. Tech.

Katedra dopravnej a manipulačnej techniky, Strojnícka fakulta,
Žilinská univerzita v Žiline,
Univerzitná 8215/1, 010 26, Žilina.
E-mail: alyona.lovska@fstroj.uniza.sk, Tel.: + 421 41 513 2660

Analysis of the current issue of handling equipment utilisation for the needs of test stands of braking components of rail vehicles

Abstract: The paper deals with the current state of the art of the research test stands of braking components of rail vehicles in synthesis to the need of handling equipment utilisation accompanying the research in question. The compact form of the introduced information will be the input material for the design of an original handling device, sophisticatedly designed for the needs of the test stand for rail vehicles brake components testing. The brake test stand is located at the *Department of Transport and Handling Machines* at the *Faculty of Mechanical Engineering* of the *University of Žilina*. The task of proposed handling device will be to facilitate the work of laboratory staff, increase the safety of handling and shorten the preparation time of the measurement process at brake test stand. In addition, a more detailed description of the brake test stand at the *Department of Transport and Handling Machines* is included in the paper.

Keywords: analysis, test stand, brake components, handling equipment

1 ÚVOD

Manipulácia s materiálom predstavuje presun, skladovanie, ochranu a kontrolu materiálov počas celého výrobného a distribučného procesu vrátane ich spotreby a likvidácie. Manipulácia s materiálmi sa musí vykonávať bezpečne, efektívne, s nízkymi nákladmi, včas, presne (správne materiály v správnom množstve

na správne miesta) a bez poškodenia materiálov. Manipulácia s nimi je dôležitou, no aj často prehliadanou otázkou vo výrobe. Náklady na manipuláciu s materiálom predstavujú významnú časť celkových výrobných nákladov, pričom sa odhadujú v priemere na 20 ÷ 25 % z celkových nákladov na prácu vo výrobe. Tento podiel sa líši v závislosti od typu

výroby a stupňa automatizácie funkcie manipulácie s materiálom [1, 2].

Vo všetkých oblastiach nášho života existuje množstvo zariadení na manipuláciu s materiálom, pričom aplikácia manipulačných prostriedkov je realizovaná v rôznych odvetviach priemyslu, napríklad v stavebníctve, strojárkej výrobe, drevospracujúcom priemysle, ale aj v potravinárstve. Okrem toho sa využívajú na prekladiskách, v skladoch, a taktiež je podstatné ich využitie pri manipulácii na skúšobných stavoch, ako sú napríklad skúšobné stavy brzdnych komponentov koľajových vozidiel. Znalosť teórie dopravných a manipulačných strojov je základným predpokladom ich ďalšieho technického rozvoja. Vývoj manipulačných strojov sa odzrkadľuje jednak v ich vysokej technickej úrovni, rovnako aj vo zvyšujúcej sa bezpečnosti a hospodárnosti. Tieto zariadenia sa líšia od najelementárnejších zariadení ovládaných ručne až po najsofistikovanejšie počítačom riadené systémy na manipuláciu s materiálom, ktoré môžu zahŕňať obrovské množstvo ďalších prevádzkových a ovládacích funkcií. Takmer rovnako rozmanité a početné sú aj stratégie a metódy klasifikácie manipulačných zariadení [3-5].

Skúmanie koľajových vozidiel z pohľadu jazdných vlastností ako aj vlastností brzdovania je dôležitým procesom pri hľadaní vhodného a správneho technického riešenia odborníkmi železníc v súčinnosti s univerzitami a odborníkmi z priemyslu. Výskum môže byť realizovaný priamo pri prevádzke skúmaných vozidiel alebo je uskutočňovaný v laboratóriách, ktoré sú vybavené skúšobnými stavmi. Tie vo významnej miere znamenite približujú reálnu prevádzku. Vo svete sa nachádza niekoľko skúšobných stavov, ktorých predmetom záujmu je skúmanie brzdnych materiálov, charakteristík podvozkov, ale aj vlastností železničných dvojkolesí. Okrem toho zohrávajú dôležitú úlohu pri identifikácii viacerých poškodení alebo porúch [6].

Skúšobné stavy týkajúce sa koľajových vozidiel môžu byť trecie, zamerané na výskum vlastností trecích dvojíc v stykovom mieste (medzi železničným kolesom a brzdovým klátikom alebo medzi brzdovým kotúčom a brzdovým obložením), alebo dynamické, ktorých funkciou je výskum vlastností celého vozidla, ale aj individuálnych častí. Dynamické skúšobné stavy sa orientujú na ten istý výskum ako trecie skúšobné stavy, avšak slúžia aj k skúmaniu javov vyskytujúcich sa pri kontakte kolesa s koľajnicou (vozidlo v priamej trati aj v oblúku). Na trecích skúšobných stavoch sa realizujú schvaľovacie skúšky brzdových komponentov (klátikov alebo obložení) na základe predpisov *UIC 541-3* (pre kotúčové brzdy) a *UIC 541-4* (pre klátikové brzdy), skúšky životnosti brzdnych komponentov, ale aj stanovenie limitných hodnôt výkonov pri brzdení. Na dynamických skúšobných stavoch je možné sledovať napríklad kmitanie dvojkolesia, pozdĺžny sklz vznikajúci medzi kolesom a koľajnicou, kontaktné

zaťaženie vo zvislom smere, či rýchlosť a uhol odvažovania [7, 8].

Vo svete testovania a merania sú skúšobné stavy základným vybavením pre výrobcov a testovacích inžinierov. Skúšobné stavy fungujú ako mobilné skúšobné laboratórium, ktoré je umiestnené na ráme a obsahuje jeden alebo viacero komponentov snímača sily alebo krútiaceho momentu, softvér i prístroje na zber údajov a ďalšie príslušenstvo. Silové skúšobné stavy sú zvyčajne motorizované alebo manuálne. Motorizované skúšobné stavy, známe aj ako mechanické alebo elektrické, majú výhodu riadenia výkonu použitím rôznych režimov, ako sú rýchlosť, cykly a čas do uskutočnenia skúšky. Pokročilejšie skúšobné stavy sa často používajú pri požiadavkách na opakované vysokovýkonné testovanie, pri overovaní presnosti a kvality. Existuje široká škála skúšobných zariadení a senzorov, ktoré sa používajú ako súčasť celého testovacieho procesu [9].

Z hľadiska skúšaných produktov existuje veľké množstvo skúšobných stavov, ako napríklad valcové skúšobne, skúšobné stavy pre motory, prevodovky, skúšobná stolica pre vstrekovacie čerpadlá apod. Z pohľadu výrobcov brzdových systémov koľajových vozidiel sú významné brzdové skúšobné stavy. Výrobcovia brzdových systémov overujú výber trecej dvojice na rozmerných dynamometroch, t. j. s trecími prvkami v ich prirodzenej veľkosti. Pri takomto skúšobnom postupe sa môžu simulovať prevádzkové podmienky a profily tratí navrhnutých železničných vozidiel. Zistené charakteristiky trecej dvojice sa potom analyzujú, ako napríklad koeficient trenia a opotrebenia, ktoré závisia od teploty, rýchlosti kĺzania, prítlačnej sily, brzdennej hmotnosti atď. Posúdenie sa vzťahuje aj na stav trecích prvkov, t. j. či sa pri daných skúšobných parametroch zistia známky tepelnej degradácie alebo lomu [10]. Okrem toho je skúška na výkonovom skúšobnom stave (dynamometri) povinným krokom v certifikačnom postupe *UIC (Union Internationale des Chemins de fer - Medzinárodná železničná únia)* [11], ako aj v postupe posudzovania zhody, ktorý sa vyžaduje podľa európskeho práva pre brzdové klátiky používané v nákladných vozňoch [12].

V dnešnej dobe je v *Európe* niekoľko skúšobných stavov určených pre proces medzinárodnej certifikácie železničných brzdových obložení, či už klátikových alebo kotúčových bŕzd. Navyše, v súčasnosti čoraz viac zvyšujúce sa požiadavky na brzdové systémy koľajových vozidiel vedú zároveň k zvyšujúcim sa nárokom na skúšobné stavy týchto systémov. Potreba inovácie a neustáleho zlepšovania je nesmierne dôležitá aj pre toto odvetvie. Medzi hlavné dôvody je možné zaradiť vyššie rýchlosti, hmotnosti, či zvýšenie presnosti meracej a vyhodnocovacej techniky [13].

2 SKÚŠOBNÉ STAVY BRZDNÝCH KOMPONENTOV KOĽAJOVÝCH VOZIDIEL

Významnými brzdovými skúšobnými stavmi certifikovanými *Medzinárodnou železničnou úniou* v Európe sú:

- *TU Graz (Inštitút konštrukčnej odolnosti a železničnej techniky na Technickej univerzite v Grazi)* (obr. 1),
- *TÜV NORD (Inštitút technológie vozidiel a mobility)* (obr. 2),
- skúšobný stav vo *Výskumnom ústave železničnom vo Varšave* (obr. 3),
- *DB Systemtechnik GmbH* (obr. 4),
- *Italcertifier* (skúšobný stav *Lanzi vo Florence*) (obr. 5),
- *Zotrvačnickový brzdový stav Katedry dopravnej a manipulačnej techniky (KDMT) Žilinskej univerzity v Žiline* (obr. 7).

Nový skúšobný stav na skúšanie brzd na *TU Graz* je založený na inovatívnej koncepcii.



Obr. 1. Brzdový skúšobný stav *TU Graz* [21]

Namiesto zotrvačnikov sa využíva relatívne väčší elektromotor s výkonom 1,4 MW. To umožňuje realizovať flexibilné testovacie varianty s rýchlo sa meniacim zaťažením. Na tomto skúšobnom stave by sa mali testovať aj brzdové systémy vysokorýchlostných vlakov s rýchlosťou do 500 km·h⁻¹. Inovatívny systém pohonu navyše otvára širokú škálu nových testov špecifických pre vozidlo - od brzdenia až po úplné zastavenie, ako aj testy parkovacej brzdy a nárazu brzdy. Okrem toho bude mať skúšobné zariadenie dve skúšobné komory, každú s vlastným elektrickým strojom [14]. Prvá menšia skúšobná komora je k dispozícii hlavne pre štandardné testy kotúčových alebo klátikových brzd. Druhá testovacia komora vďaka svojej veľkosti spĺňa špeciálne funkcie pre ďalšie testovacie scenáre s väčšími priestorovými nárokmi. Vo veľkej skúšobnej komore je možné skúmať hriadeľ dvojkoľesia s niekoľkými, dokonca odlišnými brzdovými jednotkami. Okrem toho veľká testovacia komora ponúka možnosť preskúmať kompletný podvozok, napríklad analyzovať interakciu brzdy s

ostatnými komponentmi podvozku. Tým sa otvárajú aj úplne nové možnosti základného výskumu. Jedným z možných príkladov sú vibrácie vyvolané trením/brzdou a ich účinky alebo interakcia s ostatnými komponentmi podvozku, ako je rám podvozku, vedenie dvojkoľesia a hriadeľ dvojkoľesia.

Skúšaním pôvodných komponentov až po testovanie kompletného podvozku možno získať cenné poznatky o príčinách a ovplyvňujúcich faktoroch vznikajúceho zaťaženia podvozku. Najmä pri skúšaní vibrácií vyvolaných parametrami ponúka skúšobné zariadenie efektívne prostredie v porovnaní s komplexnými a nákladnými testami na trati. Vďaka mnohým možnostiam skúmania, ktoré sú k dispozícii na tomto inovatívnom brzdovom stave, je možné získať dôležité poznatky pre prevádzkový návrh brzdových systémov a konštrukčných prvkov. Avšak, pre uznanie výsledkov skúšok sa pracovníci momentálne usilujú o akreditáciu skúšobného stavu podľa *DIN EN ISO/IEC 17025* ako aj o certifikáciu *UIC* [15].

Spoločnosť *Italcertifer SpA* disponuje certifikovaným (*UIC*) skúšobným stavom na ktorom sa realizujú brzdne skúšky komponentov koľajových vozidiel. Skúšobný stav umožňuje kontrolovať brzdny účinok podľa platných predpisov priamo na hlavných brzdových komponentoch železničných vozidiel: kotúče - doštičky, kolesá - klátiky; z hľadiska koeficientu trenia, mechanickej stability atď. Na skúšobnom stave sa v reálnom čase merajú a získavajú všetky parametre potrebné na vyhodnotenie správania sa koeficientu trenia: rýchlosť, sily (normálové, tangenciálne), teploty a brzdna hmotnosť.



Obr. 2. Brzdový skúšobný stav *TÜV NORD* [23]

Dynamometrické skúšobné zariadenie sa skladá z rotora poháňaného elektromotorom, ktorý je vybavený radom rôznych zotrvačnikov. Zotrvačníky sa používajú na úpravu simulovanej zotrvačnosti a následne energie, ktorá je rozptýlená testovaným brzdovým obložením [16, 17], [18]. Skúšobný stav je schválený podľa normy *UIC 548* a je jediným v *Taliansku*, ktorý je oprávnený kvalifikovať uvedené brzdne komponenty [17].

Výskumný ústav železničný vo Varšave je vybavený skúšobným stavom so zotrvačným brzdovým systémom na testovanie trecích dvojíc brzd koľajových vozidiel. Skúšobný stav bol postavený nemeckou spoločnosťou *ZF Passau* v rokoch 1996-1998. V roku 2001 bol brzdový

stav schválený *Medzinárodnou železničnou úniou* a zaradený ako medzinárodný brzdo­vý stav do maximálnej rýchlosti $420 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ (pre priemer kolies 890 mm) a zaťaženie nápravy do 30 t [19, 20].



Obr. 3. Brzdový skúšobný stav Výskumného ústavu železničného vo Varšave [20]



Obr. 4. Brzdový skúšobný stav DB Systemtechnik GmbH [24]



Obr. 5. Brzdový skúšobný stav Italcertifier [16]

Okrem štandardného vybavenia skúšobného stanovišťa sa používajú aj ďalšie zariadenia, napríklad príslušenstvo na meranie drsnosti, termokamera, systém

merania hluku vznikajúceho v skúšobnej kabíne, ako aj systém dodatočného zaznamenávania teploty v testovaných vzorkách [20].

Z pohľadu inovácie je možné vyzdvihnúť *Inštitút konštrukčnej odolnosti a železničnej techniky TU Graz*, kde sa buduje nové skúšobné zariadenie pre železničné vozidlá, ktoré po prvýkrát umožní skúmať brzdné zaťaženie a jeho účinky na celý podvozok [21].



Obr. 6. Brzdový skúšobný stav CoFren [22]

Významným je aj brzdo­vý skúšobný stav *CoFren* (obr. 6), ktorý je určený na hodnotenie výkonnosti železničných brzd prostredníctvom simulácie skutočnej jazdy vozidla s komponentami skutočnej veľkosti s cieľom testovať výkonnosť vlakových brzd, testovanie hlučnosti, skúmanie tepelnej kapacity a ďalších atribút súvisiacich s použitím brzd.

Počet skúšobných zariadení používaných pre železničné brzdy, vrátane tých, ktoré nie sú homologizované, by mal byť stanovený približne na sto alebo viac. Automobilový a motocyklový trh je oveľa väčší ako železničný. Počet prevádzkovaných skúšobných zariadení sa teda nezaznamenáva tak presne, ale je oveľa vyšší: dokonca aj v jednom výskumnom a vývojovom pracovisku automobilového priemyslu, ako je *Brembo* alebo *Kilometro Rosso (Bergamo, Taliansko)*, sú nainštalované desiatky plnohodnotných zariadení. Avšak, existencia skúšobných stavov pre brzdné komponenty koľajových vozidiel je o to významnejšia [22].

3 ZOTRVAČNÍKOVÝ BRZDOVÝ STAV KDMT

Tento brzdo­vý skúšobný stav sa nachádza v ťažkom laboratóriu *Katedry dopravnej a manipulačnej techniky (KDMT)* na *Žilinskej univerzite v Žiline* a predstavuje jeden iba z malého počtu schválených špecializovaných brzdo­vých stavov *UIC* v *Európe*. Z hľadiska využitia je určený pre medzinárodnú certifikáciu brzdo­vých komponentov železničných vozidiel, a to obložení nielen kotúčových brzd, ale aj klátikových. Inak povedané, skúšobný stav *KDMT* predstavuje skúšobné zariadenie akreditované komisiou pre brzdo­vé stavy

Medzinárodnej železničnej únie, a to pre dva typy brzdových skúšok s cieľom homologizácie brzdových doštičiek *UIC 541-3* a brzdových klátikov *UIC 541-4*. Brzdové stanovišká kotúčovej a klátikovej brzdy sú tvorené vlastnými meracími rámmi uloženými na hriadeli, sú modulovo zameniteľné (obr. 8, obr. 9) a sú osadené tenzometrickými snímačmi normálovej sily.



Obr. 7. Brzdový skúšobný stav *KDMT*

Tento brzdový stav patrí do skupiny zotrvačnickových brzdových stavov, keďže zotrvačníky v súčinnosti s elektromotorom simulujú hmotnosti, ktoré pôsobia na brzdový kotúč (koleso), inými slovami, simulujú zotrvačné hmoty. Z pohľadu rýchlostnej kategórie je tento zotrvačnickový brzdový stav zaradený do kategórie *D*, čo je kategória certifikovaného zotrvačnickového skúšobného stavu umožňujúca vykonávať všetky predpísané skúšobné programy až do rýchlosti $350 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

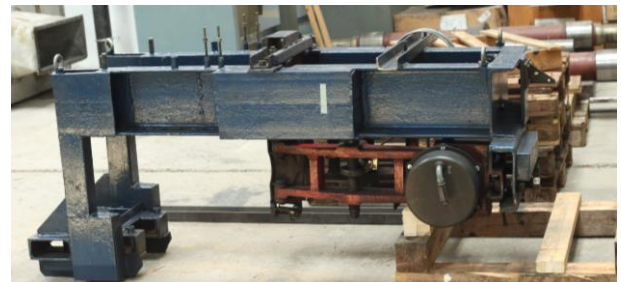


Obr. 8. Rám brzdového stanovišťa pre klátikovou brzdou

Z licenčného hľadiska sa požaduje, aby tento brzdový stav prechádzal periodicou reakreditáciou uskutočňovanou nadradeným skúšobným orgánom, ktorý v tomto prípade reprezentuje skupina expertov *ERRI B 126.3*. Túto skupinu ustanovuje komisia *UIC*. Reakreditácia je prevádzaná v prípade schválenia navrhovaných modifikácií stavu s cieľom jeho inovácie alebo musí byť uskutočnená z dôvodu časového uplynutia licencie.

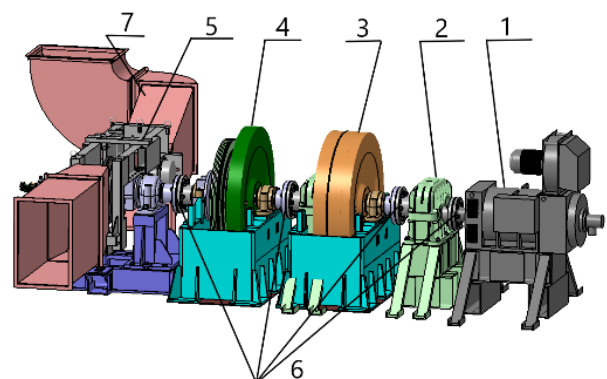
Zotrvačnickový brzdový stav umiestnený v laboratóriu *KDMT* sa skladá z mechanického reťazca a meraco-

regulačného reťazca. Primárnou zložkou mechanického reťazca je brzdové stanovište vybavené brzdovými jednotkami, pričom toto stanovište zachytáva v procese brzdenia brzdny moment. Meraco-regulačný reťazec je nevyhnutým systémom brzdového stavu, pričom pozostáva z hardvérových komponentov a softvérového vybavenia. Medzi jeho hlavné funkcie patrí meranie, regulácia procesu brzdenia s ohľadom na vopred určené parametre (to zabezpečuje počítač, ktorý programovo riadi činnosť hnacieho elektromotora a elektropneumatického ventilu), zaznamenávanie informácií priebehu merania a ich vyhodnotenie. Okrem toho súčasťou je aj spracovanie dosiahnutých výsledkov merania v grafickej podobe.



Obr. 9. Rám brzdového stanovišťa pre kotúčovú brzdou

Za účelom získania relevantných výsledkov je brzdový stav doplnený o vzduchotechniku a kropiace zariadenie, aby sa čo možno najlepšie simulovali poveternostné a prevádzkové podmienky systému. Skúšobňa, v ktorej je situovaný brzdový stav, disponuje odpruženým oceľovým roštom. V súčasnosti brzdový stav slúži hlavne na certifikáciu brzdových obložení rozličných výrobcov, akými sú napríklad *Puran* a *Knorr-Bremse*. Na obr. 10 je možné vidieť konštrukčné usporiadanie jednotlivých komponentov mechanického reťazca skúšobného brzdového stavu *KDMT*, pričom jednotlivé pozície odkazujú na: 1 - elektromotor, 2 - jednostupňová prevodovka, 3 - nastaviteľný zotrvačník, 4 - zotrvačník, 5 - brzdové stanovište, 6 - pružné spojky *BKN*, 7 - vzduchotechnika.



Obr. 10. Distribúcia komponentov brzdového stavu *KDMT*

4 MANIPULAČNÉ ZARIADENIA BRZDOVÝCH SKÚŠOBNÝCH STAVOV

Všetky vyššie uvedené brzdové stavy využívajú pri činnostiach súvisiacich s prípravou meracieho procesu

zariadenia dopravnej a manipulačnej techniky, hlavne pri manipulácii so skúšobnými vzorkami, ich uskladnením, ale aj napríklad s časťami skúšobného stavu, ktoré je potrebné premiestniť, poprípade vymeniť (prevodovky, zaťažovacie kalibrované platne). Vo veľkej miere sa využívajú rôzne typy žeriavov, najmä elektrické mostové žeriavy, ale aj portálové žeriavy, poprípade stĺpové, či výložníkové žeriavy. Svoje uplatnenie nachádzajú aj nízkozdvížne vozíky a manipulačné vozíky.

Manipulačné zariadenia teda zohrávajú dôležitú úlohu pri príprave meracieho procesu uskutočňovanom na skúšobných brzdových stavoch a nezaobíde sa bez nich hlavná experimentálna činnosť daných skúšobných stavov. Manipulácia s materiálom teda zahŕňa pohyb na krátke vzdialenosti v rámci budovy alebo medzi budovou a dopravným prostriedkom. Využíva sa pri nej široká škála ručných, poloautomatických a automatizovaných zariadení a zahŕňa ochranu, skladovanie a kontrolu materiálov počas ich výroby, skladovania, distribúcie, spotreby a likvidácie. Manipuláciu s materiálom možno použiť na vytvorenie časovej a miestnej úžitkovosti prostredníctvom manipulácie, skladovania a kontroly materiálu, na rozdiel od výroby, ktorá vytvára tvarovú úžitkovosť zmenou tvaru, formy a zloženia materiálu.

Z doposiaľ uvedených informácií teda vyplýva, že manipulačné zariadenia sú nevyhnutnou súčasťou výrobných závodov, skladísk, prekladísk, využívajú sa okrem iného aj pri montážnych prácach v dielňach a v rôznych odvetviach priemyslu. Potreba vhodného manipulačného zariadenia sa naskytuje aj pri práci v ťažkom laboratóriu *KDMT* vybavenom skúšobným stavom *UIC* určeným pre skúšanie brzdových komponentov koľajových vozidiel.

ZÁVER

Jednou z priorít rozvoja vedy a techniky je energetická účinnosť a environmentálny manažment. Prax konštrukcie a používania manipulačných a dopravných strojov ukazuje, že konštrukčná a parametrická syntéza kovových konštrukcií má významný vplyv na ich technické a prevádzkové vlastnosti. Trvanlivosť a spoľahlivosť mechanizmov manipulačných zariadení, aj tých, ktoré sa využívajú pri prácach na brzdových skúšobných stavoch, závisí od vlastností ich kovových konštrukcií. Kovové konštrukcie sú najzodpovednejšími a najdrahšími prvkami manipulačných a dopravných strojov. Preto je tvorba racionálnych konštrukčných schém so správnymi hodnotami ich geometrických parametrov dôležitou úlohou.

Suma sumárum, manipulačné prostriedky teda uľahčujú prácu vyškoleným pracovníkom, zvyšujú bezpečnosť manipulácie a skracujú čas prípravy meracieho procesu. Vo všeobecnosti, efektívne zariadenia na manipuláciu s materiálom a zdvíhacie zariadenia sú nevyhnutné na optimalizáciu produktivity, zaistenie bezpečnosti na pracovisku a zefektívnenie činností v rôznych odvetviach. Investícia do správneho zariadenia a dodržiavanie

správnych pokynov na používanie zlepši efektivitu, zníži prestoje i úrazy a zvýši produktivitu.

Pod'akovanie

Tento príspevok vznikol vďaka podpore projektu VEGA 1/0513/22: Výskum vlastností železničných brzdových komponentov v simulovaných prevádzkových podmienkach na zotrvačnikovom brzdovom stave a projektu KEGA 031ŽU-4/2023: Rozvoj kľúčových kompetencií absolventa študijného programu Vozidlá a motory.

LITERATÚRA

- [1] DESHPANDE, V. - KAREKAR, A. A. - PATIL, T. - SHAHAPURKAR, S. - HUBALIKAR, P. (2017): *Design and Fabrication of Efficient Material Transport Equipment*. In: International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET), 4(6), pp. 2075-2081.
- [2] STEPHENS, M. P. - MEYERS, F. E. (2013): *Manufacturing Facilities Design and Material Handling*. 5. ed. West Lafayette, Indiana, USA: Purdue University Press, 512 p. ISBN 978-1557536501.
- [3] TELEK, P. (2015): *Computer Design of Materials Handling Equipment*. In: The Publications of the MultiScience - XXIX. microCAD International Multidisciplinary Scientific Conference 2015, University of Miskolc, Miskolc, Hungary, pp. 1-7.
- [4] BLATNICKÝ, M. - DÍŽO, J. - SÁGA, M. - GERLICI, J. - KUBA, E. (2020): *Design of a Mechanical Part of an Automated Platform for Oblique Manipulation*. In: Applied Sciences, 10(23), 8467.
- [5] KALINČÁK, D. - FITZ, P. - ISTENÍK, R. - LABUDA, R. - LANG, A. - ŘEZNÍČEK, R. (2002): *Skúšanie v dopravnej a manipulačnej technike*. 1. ed. Žilina: University of Žilina – EDIS, 195 p. ISBN 80-7100-932-6.
- [6] VALČÁKOVÁ, L. (2015): *Určenie dynamických vlastností skúšobného stavu Railbot*. [dizertačná práca]. Žilina: Žilinská univerzita v Žiline, Strojnícka fakulta, Katedra dopravnej a manipulačnej techniky. 155 s.
- [7] ŘEZNÍČEK, R. - CHUDÍK, S. - LACK, T. (1999): *Brzdový stav KKVMZ v procese medzinárodnej akreditácie*. In: *Súčasné problémy v koľajových vozidlách - PRORAIL '99: zborník prednášok zo 14. medzinárodnej konferencie, Časť 2*, Žilina: Žilinská univerzita, pp. 81-87. ISBN 80-7100-645-9.
- [8] MIN-SOO, K. (2011): *Dynamometer Tests of Brake Shoes under Wet Conditions for the High Speed Trains*. In: International Journal of Systems Applications, Engineering and Development, 5(2), pp. 143-150.
- [9] INTERFACE. *Test Stand Applications for Force and Torque*. Príspevok na blogu. 2020-07-14. Dostupné na: <https://www.interfaceforce.com/test-stand-applications-for-force-and-torque/>.

- [10] WASILEWSKI, P. (2018): *Full-Scale Dynamometer Test of Composite Railway Brake Shoes – Study on the Effect of the Reinforcing Fibre Type*. In: Acta Mechanica et Automatica, 12(3), pp. 204-208.
- [11] UNION INTERNATIONALE DES CHEMINS DE FER (UIC). UIC Leaflet 541-4, 4th edition: 2010. *Brakes – Brakes with composite brake blocks – General conditions for certification of composite brake blocks*.
- [12] EUROPEAN RAILWAY AGENCY. (2015): *Friction elements for wheel tread brakes for freight wagons* (ERA/TD/2013-02/INT v 3.0). Dostupné na: <http://www.era.europa.eu/Document-Register/Documents/ERA-TD-2013-02-INT%203.0.pdf>
- [13] UNION INTERNATIONALE DES CHEMINS DE FER (UIC). UIC B 126/RP 49: 2016. *Braking issues: Synthesis report on the 8th edition of Leaflet 541-3 „Disc brakes“*. Provisional report subject to approval and possible amendments by UIC SET 7.
- [14] MYSCIENCE. (2022): *TU Graz Implements Novel Brake Test Rig for Rail Vehicles*. Príspevok na blogu. 2022-02-08. Dostupné na: https://www.myscience.org/news/wire/tu_graz_implements_novel_brake_test_rig_for_rail_vehicles-2022-tugraz.
- [15] TESTING INSTITUTE FOR STRUCTURAL DURABILITY AND RAIL VEHICLE TECHNOLOGY GMBH. (2024): *Brake test hall*. Dostupné na: <https://www.tugraz.at/institute/bst/infrastruktur/bremsenpruefhalle>.
- [16] PUGI, L. - ROSANO, G. - VIVIANI, R. - CABRUCCI, R. - BOCCIOLINI, L. (2024): *Modeling, testing and validation of the vibrational behavior of a dynamometric test rig for railway braking systems*. In: World Journal of Engineering, 21(3), pp. 425-442.
- [17] ITALCERTIFER. *Union Internationale des Chemins de Fer - Meeting Workgroup "Brake Dynamometers Test Benches"*. Dostupné na: <https://www.italcertifer.com/en/media/news/2022/6/10/union-internationale-des-chemins-de-fer---meeting-workgroup--bra0.html>.
- [18] ITALCERTIFER. *Brake Tests*. Dostupné na: <https://www.italcertifer.com/en/laboratories/brake-tests.html>.
- [19] WOLFF, A. - KUKULSKI, J. (2023): *Numerical and experimental analysis of the heat transfer process in a railway disc brake tested on a dynamometer stand*. In: Open Engineering, 13(1), 20220466.
- [20] KUKULSKI, J. (2018): *Tests of the Stand for Pairs of Rail Friction Shoes*. In: Advanced Rail Technologies, 13, pp. 6-7.
- [21] PELZL, C. (2022): *TU Graz Implements Novel Brake Test Rig for Rail Vehicles*. In: TU Graz News.
- [22] DE FALCO, G. - Russo, G. - Ferrara, S. - De Soccio, V. - D'Anna, A. (2023): *Sustainable design of low-emission brake pads for railway vehicles: An experimental characterization*. In: Atmospheric Environment: X, 18, 100125.
- [23] TÜV NORD. *New test rig for brakes*. Dostupné na: <https://www.tuev-nord.de/explore/en/reveals/new-test-rig-for-brakes/>.
- [24] DB SYSTEMTECHNIK. *Brake system testing*. Dostupné na: <https://www.db-systemtechnik.de/dbst-en/Technology/Testing-facilities-/Brake-system-testing-7302806>.