



Ústav logistiky a dopravy FBERG TUKE
v spolupráci so
ZO Slovenskej baníckej spoločnosti pri FBERG



**47. MEDZINÁRODNÁ VEDECKÁ KONFERENCIA
KATEDIER DOPRAVNÝCH, MANIPULAČNÝCH,
STAVEBNÝCH A POĽNOHOSPODÁRSKYCH
STROJOV**

Zborník príspevkov z konferencie

GRANDHOTEL PRAHA – Tatranská Lomnica

2. – 3. 9. 2021



Technical University of Košice
Faculty of Mining, Ecology,
Process Control and Geotechnologies
Institute of Logistics and Transport



**47th INTERNATIONAL SCIENTIFIC
CONFERENCE OF THE DEPARTMENTS OF
TRANSPORT, HANDLING, CONSTRUCTION AND
AGRICULTURAL MACHINERY**

Proceedings of the Conference

September 2 – 3, 2021

Tatranská Lomnica

Editor:
doc. Ing. Ľubomír Ambriško, PhD.

© Technická univerzita v Košiciach, 2021
ISBN 978-80-553-3932-0

VEDECKÝ VÝBOR:

prof. Ing. Juraj Bukovec, CSc., Slovenská technická univerzita v Bratislave
prof. Ing. Ladislav Gulán, Ph.D., Slovenská technická univerzita v Bratislave
prof. Dr. Ing. Juraj Gerlici, Žilinská univerzita v Žiline
doc. Ing. Tomáš Lack, Ph.D., Žilinská univerzita v Žiline
doc. Ing. Ján Dižo, Ph.D., Žilinská univerzita v Žiline
doc. Ing. Dalibor Barta, Ph.D., Žilinská univerzita v Žiline
doc. Ing. Ľubomír Ambriško, Ph.D., Technická univerzita v Košiciach
prof. Ing. Jozef Kuľka, Ph.D., Technická univerzita v Košiciach
prof. Ing. Daniela Marasová, CSc., Technická univerzita v Košiciach
doc. Ing. Martin Mantič, Ph.D., Technická univerzita v Košiciach
doc. Ing. Janka Šaderová, Ph.D., Technická univerzita v Košiciach
doc. Ing. Ferdinand Bodnár, CSc., Technická univerzita vo Zvolene
doc. Ing. Jozef Krilek, Ph.D., Technická univerzita vo Zvolene
doc. Ing. Marián Kučera, Ph.D., Technická univerzita vo Zvolene
doc. Ing. Ladislav Němec, CSc., Západočeská univerzita v Plzni
doc. Ing. Petr Heller, CSc., Západočeská univerzita v Plzni
prof. Ing. Celestýn Scholz, Ph.D., Technická univerzita v Liberci
Ing. Robert Voženílek, Ph.D., Technická univerzita v Liberci
doc. Ing. Miroslav Malý, CSc., Technická univerzita v Liberci
prof. Ing. Zdenko Tkáč, Ph.D., Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
doc. Ing. Ľubomír Hujo, Ph.D., Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
prof. Ing. Aleš Slíva, Ph.D., Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
doc. Ing. Robert Brázda, Ph.D., Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
doc. Ing. Leopold Hrabovský, Ph.D., Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
plk. gšt. prof. Ing. David Vališ, Ph.D. et Ph.D., DSc., Univerzita obrany, Brno
prof. Ing. Jiří Stodola, DrSc., Univerzita obrany, Brno
doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc., Vysoké učení technické v Brně
Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně
doc. Ing. Petr Porteš, Ph.D., Vysoké učení technické v Brně
doc. Ing. Jiří Čupera, Ph.D., Mendelova univerzita v Brně
prof. Ing. František Bauer, CSc., Mendelova univerzita v Brně
prof. Ing. Michal Takáts, CSc., České vysoké učení technické v Praze
doc. Ing. Oldřich Vítek, Ph.D., České vysoké učení technické v Praze

PRÍPRAVNÝ A ORGANIZAČNÝ VÝBOR KONFERENCIE:

prof. Ing. Daniela Marasová, CSc., Technická univerzita v Košiciach
doc. Ing. Janka Šaderová, Ph.D., Technická univerzita v Košiciach
doc. Ing. Ľubomír Ambriško, Ph.D., Technická univerzita v Košiciach
doc. Ing. Jozef Krešák, Ph.D., Technická univerzita v Košiciach
doc. Ing. Pavel Peterka, Ph.D., Technická univerzita v Košiciach

Články publikované v Zborníku príspevkov z konferencie recenzovali dvaja recenzenti – členovia vedeckého výboru. / Papers published in Proceedings of the Conference were reviewed by two reviewers – members of the scientific committee.

POĎAKOVANIE

Túto publikáciu podporili Vedecká grantová agentúra Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied projektom VEGA 1/0429/18 a Agentúra na podporu výskumu a vývoja na základe zmluvy č. APVV-18-0248.

OBSAH

| | |
|---|------------|
| Údržba dopravných prostriedkov nasadených vo verejnej doprave | 7 |
| ĽUBOMÍR AMBRIŠKO | 7 |
| Konstrukce speciálního mobilního robota s využitím speciálního pojezdového kola..... | 13 |
| PAVEL BRABEC, ROBERT VOŽENÍLEK | 13 |
| Inovativní technická řešení studentů | 19 |
| ROBERT BRÁZDA, ALEŠ SLÍVA, TOMÁŠ BORA, ALEŠ ZAHRADNÍK | 19 |
| Provoz traktorového vznětového motoru na palivovou směs NM + BA..... | 24 |
| ALEŠ DITTRICH, STANISLAV BEROUN, RADEK PROCHÁZKA..... | 24 |
| Analýza štrukturálnych vlastností komponentov motora s rotujúcimi valcami | 30 |
| JÁN DIŽO, MIROSLAV BLATNICKÝ | 30 |
| Metodika merania dopravného pásu infračervenou technológiou..... | 36 |
| DÁVID HEINZ, BRANISLAV HALEK, JOZEF KREŠÁK, PAVEL PETERKA..... | 36 |
| Valivé odpory dvoch vybraných pneumatík na betónovom povrchu | 42 |
| MILAN HELEXA, JÁN KOVÁČ, JOZEF KRILEK | 42 |
| Nestandardí podvozky kolejových vozidel | 48 |
| PETR HELLER | 48 |
| Analysis of ecological hydraulic-transmission fluid's degradation with using ICP spectrometry by operating load simulation | 54 |
| ROMANA JANOUŠKOVÁ, MATEJ MICHALIDES, PETER KOŽUCH..... | 54 |
| Pásový stroj pro aplikaci autonomního řízení nenáročných operací | 60 |
| JAROSLAV KAŠPÁREK, LUKÁŠ ZEIZINGER, MIROSLAV ŠKOPÁN | 60 |
| Bezpečnostné systémy pre batožinové dopravníky | 66 |
| PETER KOŠČÁK, DANIELA MARASOVÁ, JR. | 66 |
| Kvalitatívne ukazovatele pri odvetvovaní stromov..... | 72 |
| JÁN KOVÁČ, JOZEF KRILEK, MILAN HELEXA | 72 |
| Analýza izolovaných segmentov z pílového kotúča | 78 |
| JOZEF KRILEK, MILAN HELEXA, JÁN KOVÁČ | 78 |
| Konštrukčná úprava podávača rúrok | 86 |
| JOZEF KUŤKA, MARTIN MANTIČ, MARIÁN SIMAN..... | 86 |
| Koordinácia procesu skladovania s prepojením na spoločenskú zodpovednosť podniku | 92 |
| MARCELA MALINDŽÁKOVÁ | 92 |
| Návrh koncepcie procesnej kvality UGDP z hľadiska ich životnosti..... | 98 |
| DANIELA MARASOVÁ, JR., PETER BOKŠA, VLADIMÍR MITRÍK..... | 98 |
| Návrh koncepcie hodnotenia produktovej kvality UGDP z hľadiska podperných systémov..... | 105 |
| DANIELA MARASOVÁ, RICHARD ANTAL, PETER KLAPKO, VLADIMÍR MITRÍK | 105 |

| | |
|---|------------|
| Verification measurement of the oil filter tester to evaluate the technical service life of engine oil | 113 |
| MATEJ MICHALIDES, PATRÍCIA FERIANCOVÁ, PETER KOŽUCH, MARIETTA MARKIEWICZ-PATALON . | 113 |
| Euro 7/VII – ekologická a ekonomická udržiteľnosť | 120 |
| JIŘÍ STODOLA | 120 |
| Statická kapacita skladu – faktor vplývajúci na plánovanie výroby | 127 |
| JANKA ŠADEROVÁ..... | 127 |
| Podmínky substituce minerálních nerostných surovin ve stavebnictví surovinami druhotnými | 133 |
| MIROSLAV ŠKOPÁN, JAROSLAV KAŠPÁREK, LUKÁŠ ZEIZINGER | 133 |
| 3D výukový simulační model – optimalizace od fáze konceptu až k reálné výrobě | 139 |
| JIŘÍ ŠTOČEK, MARTIN SEDLÁČEK | 139 |

ÚDRŽBA DOPRAVNÝCH PROSTRIEDKOV NASADENÝCH VO VEREJNEJ DOPRAVE

LUBOMÍR AMBRIŠKO^{1*}

Abstract: This work deals with the maintenance of means of transport deployed in public transport. Data from the maintenance of three types of vehicles, namely urban transport buses, have been processed. By means of appropriate analyses, the abundance of maintenance operations performed for the entire period of operation of individual vehicles was determined. In addition, the maintenance cost per kilometre was determined. The obtained €/km ratio was evaluated on the basis of mileage and maintenance costs. The Pareto analysis showed the nominal maintenance operations that showed the maximum costs during the monitored period.

Keywords: maintenance, transport, bus, Pareto

1 ÚVOD

Spôľahlivosť, bezpečnosť a životnosť dopravných prostriedkov závisia od systému údržby. Vo väčšine dopravných spoločností sa bežné kontroly a údržba vykonávajú v pevne stanovenom čase resp. po najazdených kilometroch [1]. Autobusy zvyčajne vyžadujú niekoľko odlišných typov údržby. Kvôli zložitosti autobusov je kvantifikácia účinnosti preventívnej údržby veľmi dôležitá pre rozhodovanie a optimalizáciu riadenia údržby [2]. Väčšina štúdií plánovania nezohľadňuje vplyv, ktorý preventívna a korektívna údržba spôsobuje v taktickom plánovaní. Činnosti údržby sú zvyčajne považované za zdroj nákladov a prerušenie prevádzky [3]. Pre elimináciu prestojov autobusov v dôsledku degradácie sa pred zlyhaním musí vykonať náležitá preventívna údržba, ktorá pomáha zlepšiť spoľahlivosť [4]. Použitelnosť metód na predchádzanie porúch je však obmedzená, nakoľko od istej úrovne rastú náklady spojené s ďalším znižovaním intenzity porúch neúmerne rýchlo a tiež preto, že sa vyskytujú objektívne fyzikálne prekážky [5].

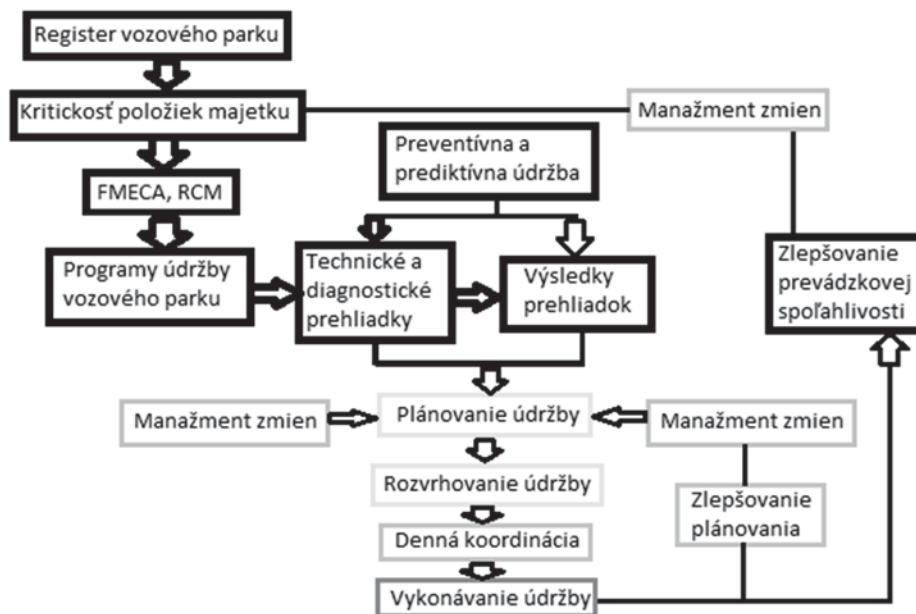
Postupným nahradzovaním starších dopravných prostriedkov novými dochádza k tomu, že vek vozidiel vo vozovom parku je rôzny a z toho plynú rôzne nároky na ich údržbu a opravy. Účelné spracovanie dlhodobozdokumentovaných údajov o údržbe môže poskytnúť množstvo informácií nielen o histórii vozidiel, ale aj o systéme údržby [6]. Obnovovanie vozového parku závisí predovšetkým od životnosti vozidiel a potrebách dopravcu. Medzi základnými kvalitatívnymi vlastnosťami z pohľadu teórie obnovy dopravných prostriedkov zaberá dôležité miesto spoľahlivosť. Progresivita nových systémov obnovy dopravných prostriedkov vychádza z uplatňovania technických systémov sledovania poruchovosti, vyhodnocovania spoľahlivosti, kvality, riadenia a zavádzania systémov technickej diagnostiky. Jedným z rozhodujúcich faktorov dosiahnutia a udržania vysokej prevádzkovej spoľahlivosti vozidiel sú prostriedky diagnostiky ako zdroja objektívnych informácií o skutočnom technickom stave vozidla. Jeho životnosť chápeme ako schopnosť plniť požadované funkcie do dosiahnutia medzného stavu pri stanovenom systéme predpísanej údržby a opráv. Číselne je vyjadrovaná napr. technickým životom vozidla alebo časom používania [5].

Stratégia údržby RCM (Reliability Centred Maintenance), zameraná na bezporuchovosť, vypracovanie a zavedenie programu údržby, ktorý umožní účelne a účinne

* **Korešpondenčný autor**

¹ **Lubomír Ambriško**, Ústav logistiky a dopravy, Fakulta BERG, Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 14, 04384 Košice, Slovenská republika, e-mail: lubomir.ambrisko@tuke.sk

dosiahnuť požadovanú úroveň bezpečnosti a pohotovosti dopravného prostriedku, je určená na to, aby viedla k zlepšeniu celkovej bezpečnosti, pohotovosti a zníženiu nákladov údržby. Princíp metódy RCM vychádza z metódy FMECA (Failure Mode, Effects and Criticality Analysis). Aby sa správne stanovené programy údržby na základe analýzy príčin a kritickosti dôsledkov porúch FMECA dostali do reálnych procesov údržby vo firme, je nutné vytvoriť plne funkčné prostredie manažmentu vozového parku a jeho údržby na princípe proaktívneho prístupu (Obr. 1) [7].



Obr. 1 Proaktívny procesný model manažmentu údržby [7]

Cieľom práce je návrh pre zefektívnenie údržby dopravných prostriedkov verejnej dopravy. Na základe výsledkov analýz početnosti a nákladov údržbárskych úkonov vrátane Pareta bol sformulovaný návrh pre zefektívnenie systému údržby autobusov.

2 MATERIÁL A METÓDY

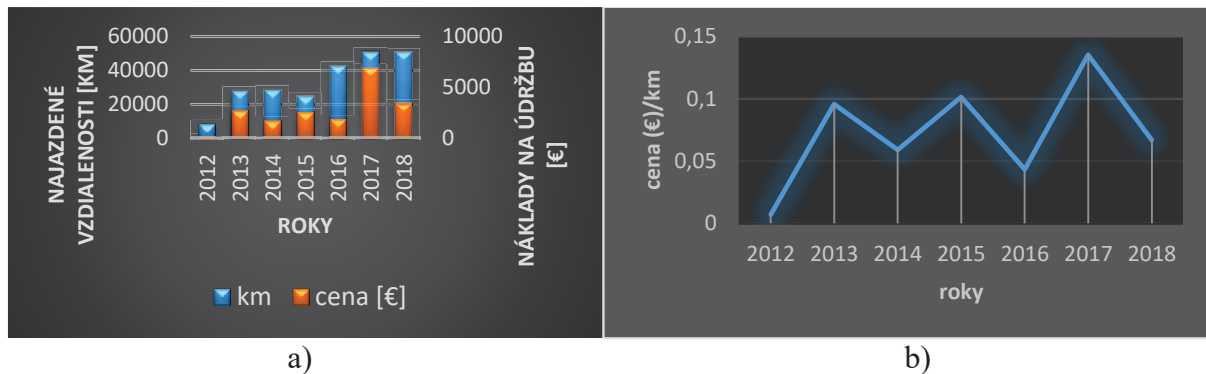
Údržba dopravných prostriedkov, konkrétne 3 typov autobusov, nasadených vo verejnej doprave je predmetom tejto práce. Pre riešenie tejto problematiky boli použité údaje, ktoré boli získané z prevádzky, konkrétne z vykonanej údržby zvolených typov autobusov mestskej dopravy. Pomocou analytických metód bola v sledovanom období určená početnosť a cena vykonaných údržbárskych úkonov, ktoré sa vykonávajú na základe predpísaných plánov. Okrem samotnej údržby bola objektom výskumu aj ekonomická stránka údržby. Náklady vynaložené na údržbu predstavujú značnú časť nákladov podniku, ktoré majú svoje opodstatnenie. Správna údržba vykonaná v danom čase a správnym spôsobom dokáže eliminovať náklady, ktoré môžu vzniknúť v dôsledku prípadných porúch.

Paretova analýza [8] ako súčasť manažmentu údržby je vhodným rozhodovacím nástrojom, ktorý pomáha pri identifikácii hlavných príčin sledovaných javov. Paretova analýza umožňuje vniknúť do podstaty rôznorodých javov a odlíšiť podstatné od menej podstatných, určiť hlavné problémy a ich príčiny, a tým aj určiť smer pre nápravné opatrenia. Tým sa stáva logickým a zmysluplným rozhodovacím nástrojom. Podstatné faktory sú „životne dôležité“ pre riešenie príslušného problému, ostatné sú „nevýznamné“, v danej etape riešenia nie je spravidla

potrebné sa s nimi zaoberať [9]. V práci boli na základe Paretovej analýzy identifikované údržbárske úkony pre jednotlivé autobusy, ktoré v období ich prevádzky v rokoch 2009 až 2018 predstavovali najvyššie náklady.

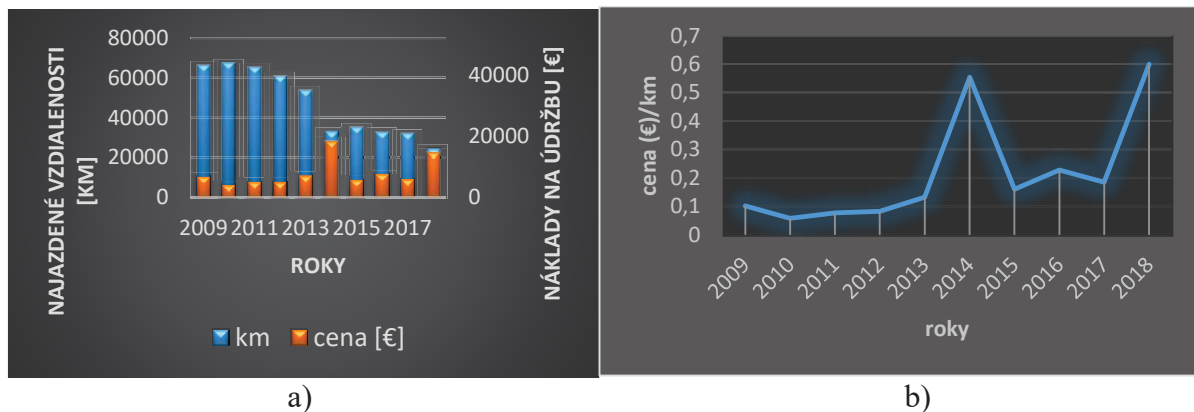
3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Najazdené vzdialenosti a náklady údržby (Obr. 2a - 4a) spracované vo forme histogramov boli podkladom pre stanovenie pomeru €/km, ktorý predstavuje cenu údržby pre jeden najazdený kilometer.



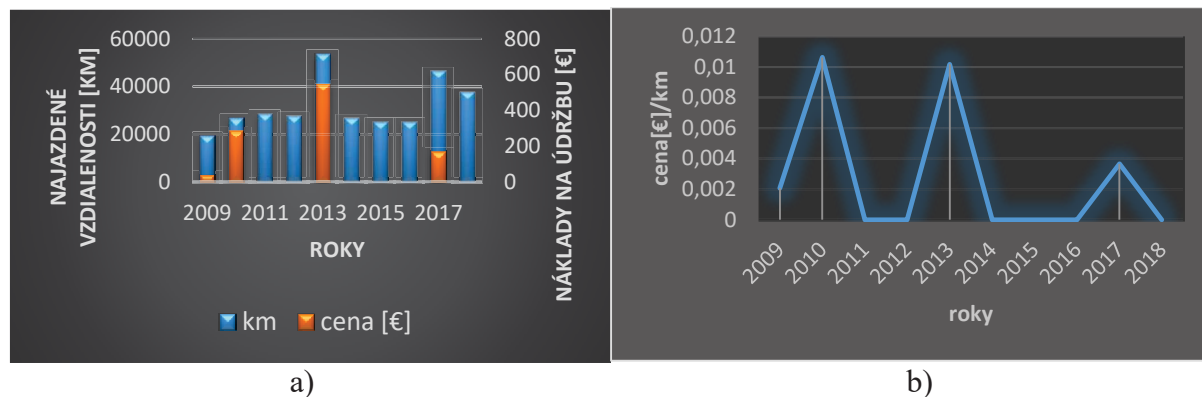
Obr. 2 Autobus I a) najazdené vzdialenosti a náklady na údržbu a b) cena údržby na 1 km

Pre autobus I pomer ceny nákladov vynaložených na údržbu ku prejdeným kilometrom (Obr. 2b) kolíše. Svoje minimum dosahuje v roku 2012 z dôvodu minimálnych vynaložených nákladov na údržbárske úkony. V roku 2017 je dosiahnuté maximum, ktoré súvisí s maximálnymi vynaloženými financiami na údržbu.



Obr. 3 Autobus II a) najazdené vzdialenosti a náklady na údržbu a b) cena údržby na 1 km

Najvyššia cena nákladov vynaložená na údržbu stiahnutá na jeden prejdený kilometer bola dosiahnutá u autobusu II (Obr. 3b). Pre tento autobus v rokoch 2014 a 2018 bol tento pomer vynaložených nákladov niekoľkonásobne vyšší, nakoľko vynaložené náklady na údržbu boli v porovnaní s ostatnými rokmi podstatne vyššie.



Obr. 4 Autobus III a) najazdené vzdialenosti a náklady na údržbu a b) cena údržby na 1 km

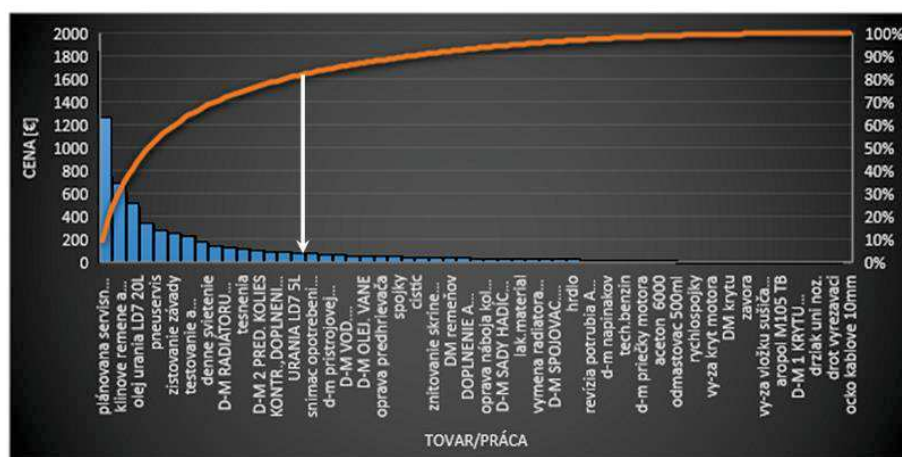
Pomer €/km u autobusu III (Obr. 4b) je najnižší. Údržba tohto dopravného prostriedku vykazovala v rokoch 2011, 2012, 2014-2016 a 2018 nulové náklady.

Údržbárske úkony u sledovaných typov dopravných prostriedkov boli v analyzovanom období vykonávané periodicky, pričom sledované obdobie bolo v intervale 76 až 120 mesiacov a jednotlivé prevedené úkony sa viackrát opakovali. Frekvencia týchto (Tab. 1) úkonov bola spracovaná na základe ich početnosti pre všetky tri autobusy.

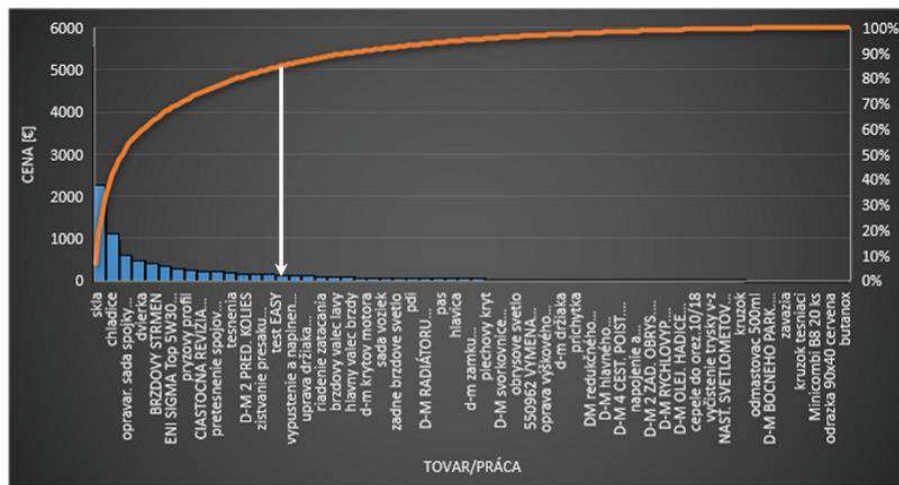
Tab. 1 Početnosť údržbárskych úkonov pre jednotlivé autobusy

| Autobus | Obdobie [roky] | Obdobie [počet mesiacov] | Vykonané úkony [počet] | Vykonané úkony 1x [počet] | Vykonané úkony 2x [počet] | Vykonané úkony 3x a viac [počet] |
|---------|----------------|--------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|
| I | 2012-2018 | 76 | 268 | 201 | 27 | 40 |
| II | 2009-2018 | 120 | 662 | 445 | 91 | 126 |
| III | 2009-2018 | 118 | 33 | 31 | 2 | - |

V Pareto diagramoch (Obr. 5 - 7) sa nachádzajú servisné úkony zoradené podľa ceny, ktorá bola na dané úkony za analyzované obdobie zaplatená, so zohľadnením početnosti. Pri použití Paretoho pravidla (80/20) bolo identifikovaných 20% vykonaných údržbárskych úkonov, ktoré tvoria 80% nákladov vynaložených na údržbu.



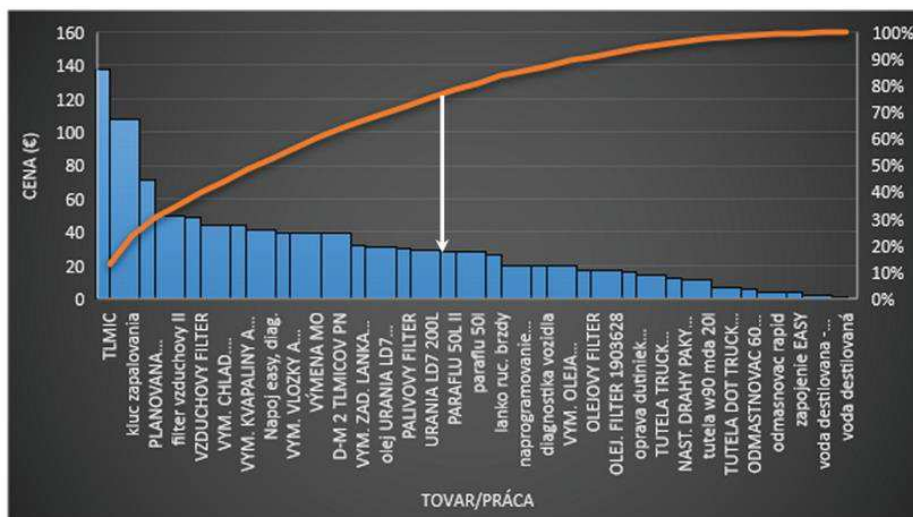
Obr. 5 Paretova analýza autobusu I



Obr. 6 Paretova analýza autobusu II

3.1 Návrh zefektívnenia systému údržby dopravných prostriedkov

Na základe výsledkov analýz sa odporúča zaviesť vhodný systém pre monitoring prevedených údržbárskych úkonov s cieľom minimalizovať náklady, optimalizovať údržbu (kratšie doby opráv), získať prehľad v aplikovaných údržbárskych úkonoch, zhromažďovanie údajov, ktoré sa doposiaľ nezaznamenávali (napr. poruchovosť vozidiel) pre získanie komplexného prehľadu o stave vozového parku. Klásť dôraz na preventívnu údržbu, minimalizovať rozsah aplikovanej korektívnej, t. j. kuratívnej údržby, ktorá je zameraná na čiastočné opravy. Sústrediť sa na paliatívnu údržbu, ktorá predstavuje úplnú opravu. Zamerať sa na údržbu po poruche a naslednú údržbu na úplné odstránenie nielen poruchy ale aj jej príčin. V oblasti preventívnej údržby, ktorá predstavuje údržbu do poruchy a realizuje sa so zámerom predchádzať vzniku porúch, zabezpečiť systematickú, t. j. proaktívnu alebo plánovanú – prediktívnu preventívnu údržbu.



Obr. 7 Paretova analýza autobusu III

4 ZÁVER

V tejto práci boli analyzované dáta z údržby, konkrétne početnosti a náklady prevedených údržbárskych úkonov ale aj najazdené vzdialenosti autobusov mestskej dopravy.

Pre vykonané analýzy boli použité údaje, ktoré boli získané od externej firmy zabezpečujúcej údržbu vozového parku dopravnej spoločnosti. Na základe analýz bola určená početnosť a cena vykonaných údržbárskych úkonov v období ich prevádzky.

Na základe Paretovho pravidla boli identifikované údržbárske úkony pre jednotlivé autobusy, ktoré počas rokov 2009 – 2018 predstavovali maximálne vynaložené náklady. Na základe výsledkov prevedených analýz bol vytvorený návrh efektívnejšieho systému údržby dopravných prostriedkov vo verejnej doprave.

POĎAKOVANIE

Túto prácu podporili Vedecká grantová agentúra Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied VEGA 1/0429/18 a Agentúra na podporu výskumu a vývoja APVV-18-0248.

LITERATÚRA

- [1] Haghani, A., Shafahi, Y., Bus maintenance systems and maintenance scheduling: model formulations and solutions, *Transportation Research Part A*, 2002, 36, 453-482.
- [2] Zhoua, Y., Koub, G., Xiaoc, H., Pengd, Y., Alsaadie, F.E., Sequential imperfect preventive maintenance model with failure intensity reduction with an application to urban buses, *Reliability Engineering and System Safety*, 2020, 198, 1-11.
- [3] Alves, F.F., Ravetti, M.G., Hybrid proactive approach for solving maintenance and planning problems in the scenario of Industry 4.0, *IFAC-PapersOnLine*, 2020, 53, 3, 216-221.
- [4] Zhou, B., Qi, Y., Liu, Y., Proactive preventive maintenance policy for buffered serial production systems based on energy saving opportunistic windows, *Journal of Cleaner Production*, 2020, 253, 1-14.
- [5] Daněk, A., *Moderní úlohy v obnově dopravních prostředků*, VŠB – TU Ostrava, Ostrava, 1999.
- [6] Jurča, V., Hladík, T., Maintenance data evaluation, *Maintenance and Reliability*, 2016, 3, 15-18.
- [7] Legát, V., Asset management – moderní cesta k lepší údržbě a využití majetku, Dostupné na internete [http://udrzbapodniku.cz/index.php?id=47&no_cache=1&tx_ttnews\[tt_news\]=4845&cHash=f58d32726a&type=98&fbclid=IwAR36SqlxTgYGCrCT4qHfAmCU24S1REdNV8yWq0gveHvuW4bCwp_JY8G0II](http://udrzbapodniku.cz/index.php?id=47&no_cache=1&tx_ttnews[tt_news]=4845&cHash=f58d32726a&type=98&fbclid=IwAR36SqlxTgYGCrCT4qHfAmCU24S1REdNV8yWq0gveHvuW4bCwp_JY8G0II) [cit. 2021-06-14].
- [8] Ambriško, L., Analysis of public transport vehicles maintenance costs, In: *Carpathian Logistics Congress, Logistics, Distribution, Transport and Management CLC 2018*, Praha, Czechia, 3 December - 5 December 2018, 368-373.
- [9] Matisková, D., Evaluation of the effectiveness of engineering production processes using Pareto analysis, *TEM Journal*, 2015, 4, 96-101.

L. AMBRIŠKO: Maintenance of the means of transport deployed in public transport

KONSTRUKCE SPECIÁLNÍHO MOBILNÍHO ROBOTA S VYUŽITÍM SPECIÁLNÍHO POJEZDOVÉHO KOLA

PAVEL BRABEC^{1*}, ROBERT VOŽENÍLEK²

Abstract: The paper deals with the design of a mobile robot solution that uses a special travel wheel to transmit the driving force to the pad. Furthermore, the principle of the vehicle wheel is explained, which according to the current situation of the substrate, changes the way the wheel moves on the base.

Keywords: mobile robot, special travel wheel, terrain passability

1 ÚVOD

Většina běžných vozidel je určena jen pro jízdu na vozovce nebo v lehkém terénu. Vozidla typu „allroad“ umožňují jízdu do určitého stupně obtížnosti terénu. Obtížnost není dána jen terénními nerovnostmi, ale také povrchem terénu vyžadujícím prostředky kola zvyšující jeho trakční schopnosti například v blátě, na sněhu a podobně. Nejdůležitějším parametrem vozidla mající vliv na pohyb v terénu jsou jeho rozměry. Základní jsou délka, šířka a výška, určují polohu těžiště a mají vliv na stabilitu stroje, tudíž i svahovou dostupnost. Jejich velikosti jsou u komerčních vozidel omezeny předpisy. Účelovým strojům s využitím mimo pozemní komunikace jsou udělovány výjimky.

Podle poznatků, lze opodstatnit následující prostředky u terénních vozidel. Bývá často využíváno pohonu všech kol s plnou svorností diferenciálů, což zvyšuje styčnou plochu hnacích kol a zlepšují tak adhezi a celkově záběrové vlastnosti. V terénu se ze stejných důvodů používají i větší kola s větší styčnou plochou. Použity jsou pneumatiky s nižší plností figur dezénu (přibližně 30 %) a větší výškou, to zvyšuje boření dezénu do půdy a opět zvyšuje adhezi a zároveň mají lepší samočisticí vlastnosti - při zanesení dezénu se adheze rapidně zhorší. Konstrukce pneumatik bývá odolnější vůči mechanickému poškození a umožňující nižší huštění, to sice zvyšuje vnitřní odpor, ale zvyšuje kontaktní plochu. Zavěšení kol bývá s většími zdvihy a výkyvy, které dobře zajišťují tuhé nápravy. Tuhé nápravy opět zajišťují dobře stálý styk všech kol s podložkou. Z hlediska pohonu vozidel bývá využíváno vysokého rozsahu převodových stupňů, pro optimální využití potenciálu pohonu za všech podmínek. Dodatečné redukční převody pro velmi pomalé rychlosti a zrychlení zabezpečují nízké výchylky a rázy vlivem nerovností a zároveň zvyšují výsledné točivé momenty.

2 MATERIÁL A METODY

Tento příspěvek je zaměřen na problematiku pohybu dopravních prostředků terénem, především pak těch, které mají schopnost efektivního pohybu mimo terén také po zpevněné upravené pozemní komunikaci. Ve většině případů současných řešení se jedná o menší či větší kompromisy mezi těmito dvěma pohyby.

* **Korešpondenční autor**

¹ **Pavel Brabec**, Katedra vozidel a motorů, Fakulta strojní, Technická univerzita v Liberci, Park Studentská 1402/2, 46117 Liberec 1, Česká republika, e-mail: pavel.brabec@tul.cz

² **Robert Voženílek**, Katedra vozidel a motorů, Fakulta strojní, Technická univerzita v Liberci, Park Studentská 1402/2, 46117 Liberec 1, Česká republika, e-mail: robert.vozenilek@tul.cz

Zlepšit průchodnost terénem se dá speciálními konstrukcemi kol, popř. podvozku, např. se jedná o kolo-pásový podvozek: Principiálně se jedná o kolový podvozek, na který jsou navlečeny pásy. Využívají výhody obou typů podvozků. Další možností je použit krácející mechanismus - toho bývá v současnosti využíváno u zmíněné kategorie mobilních bezpilotních robotů. Jedná se o technologii pohybu stroje pomocí tzv. nohou. Pomocí nich překonává robot různě členitý terén. V případě autonomních robotů je terén v aktuálním čase skenován, vyhodnocován a volen ideální pohyb pro jeho zdolání. Nevýhodou je složitost celého systému.

V současnosti hojně využívaný prostředek ke zlepšení průchodnosti terénem dopravních prostředků jsou pásové adaptéry (Obr. 1). Využívány jsou především pro pohyb na sněhu, ale lze je využívat i celoročně. Využívají tak výhod, ale i nevýhod pásových podvozků, které jsou rozděleny zvláště pro každé kolo. Montáž nijak nezasahuje do konstrukce vozidel. Dalším poměrně novým příslušenstvím je tzv. “J-wheelz“, které je instalováno na disk kola. Využívá se jeho výhody, což je zvýšení styčné plochy v měkké půdě a na sněhu. Systém je velmi jednoduchý, ale skýtá nevýhodu v nevyváženosti, která se projevuje v silovém namáhání částí podvozku při vyšších rychlostech.



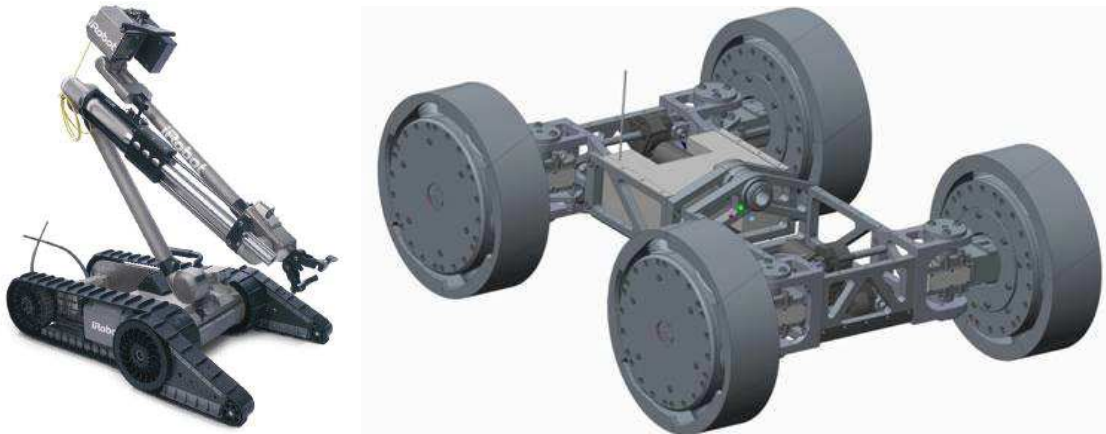
Obr. 1 Ukázky speciálních konstrukcí pro zlepšení průchodnosti terénem: kolo-pás využívaný v lesnictví [4], možnost použití pásových adaptérů a tzv. “J-wheelz“ na terénní čtyřkolce [5]

Současným trendem je zároveň segregace člověka a dopravních prostředků, ať už jsou to například bezpilotní letouny nebo právě mobilní roboti. Důvodem je ochrana lidského zdraví a stále menší rozměry se zachováním či zlepšením funkce, proto je obsahem této práce dálkově řízený robot.

2.1 Popis mobilního robota připravovaného na TUL

Poměrně novou kategorií dopravních prostředků jsou bezpilotní mobilní vozidla (UGV, Obr. 2). Ve většině případů jde o dálkově řízený dopravní prostředek se specifickým určením jako je převoz či manipulace s nebezpečnými předměty, pohyb v nepřístupném terénu apod., kde není možné využít velkých a přímo člověkem řízených prostředků. Patří sem i precizní a sofistikovaná vesmírná vozidla, ale i dálkově řízené komunální sekačky pro svažité terén. Zde je zapotřebí zajistit maximální spolehlivost a efektivitu při pohybu mezi tvarovými a přírodními překážkami. Stroje proto často disponují technickými řešeními, která se u běžných užitkových a osobních prostředků nepoužívají. Obsahem prací na našem pracovišti je konstrukční návrh řešení rámu mobilního robota, který k přenosu hnací síly na podložku využívá speciálního pojezdového kola dle našeho patentu. Toto kolo má možnost transformace a přizpůsobení se jízdním podmínkám. Protože se jedná o bezpilotního pozemního robota, mohou být využita málo běžná technická řešení. Jelikož je určen i do těžkého terénu, je zvolena koncepce pohonu všech kol, pro jednoduchost je navržen čtyřkolový podvozek. Z hlediska potřeby výborné manipulovatelnosti a plynulosti pohybu budou směrově řízena všechny čtyři kola (4WS). Ty

budou umiestnené čo najviac v rozích rámu, aby mali priestor k natočeniu až o 90°. Je teda voleno samostatné riadenie servomotorom pre každé kolo. Robot ďalej bude mať možnosť súhlasného alebo nesúhlasného riadenia.



Obr. 2 Ukážka bezpilotného mobilného robota [3] a konštrukčný návrh TUL robota se speciálnymi pojezdovými koly [2]

Protože je pro zvolené rozměry předpokládán vysoký výkon a točivý moment v poměru k rozměrům a možnostem takových elektromotorů, bude mít každé kolo vlastní pohon. Toto uspořádání je výhodné i v možnostech dodržení Ackermannovy podmínky řízení a podmínky rozdílných otáček kol v zatáčce, o vše se tak postará elektronický řídicí systém stroje, který bude ovládat natočení a otáčky každého kola zvlášť. Odpadne tak navíc problém s mechanickými diferenciály. Pro pomalá terénní vozidla je vhodné použít tuhé nápravy. Z tohoto důvodu bude rám stroje rozdělen na dvě vzájemně neodpružené části, které budou spojeny podélným kyvným čepem.

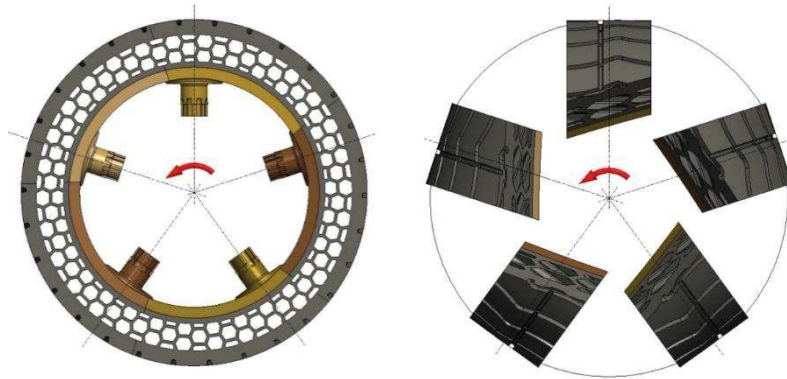
3 VÝSLEDKY A DISKUSE

3.1 Konstrukce použitého speciálního kola

Zlepšení průchodnosti je dosaženo pojezdovým kolem (Obr. 3) vozidla pro jízdu na vozovce a/nebo v terénu, jehož podstata spočívá v tom, že obvodové segmenty jsou v tělese pojezdového kola uspořádány přestavitelně mezi polohou pro jízdu na vozovce a terénní polohou, v níž jsou jednotlivé obvodové segmenty odkloněny od obvodového směru pojezdového kola, přičemž mezi obvodovými segmenty jsou ve směru obvodu pojezdového kola mezery přerušující valivou plochu pojezdového kola. Při nastavení obvodových segmentů do obvodového směru se pojezdové kolo chová jako obvyklé pojezdové kolo, což je s výhodou využitelné na povrchu běžných vozovek. Po pootočení obvodových segmentů do šikmých poloh vzhledem k obvodu kola vzniknou mezi segmenty obvodové mezery, čímž se zlepšuje průjezdnost v nerovném a/nebo nesoudržném terénu. Úhel natočení segmentů lze nastavit podle konkrétních jízdních podmínek. V provedení, ve kterém je osa otočného čepu mimoběžná vzhledem k ose rotace pojezdového kola lze pootočením obvodových segmentů také zvětšit rozchod kol, což zvyšuje stabilitu vozidla v nerovném a/nebo skloněném terénu.

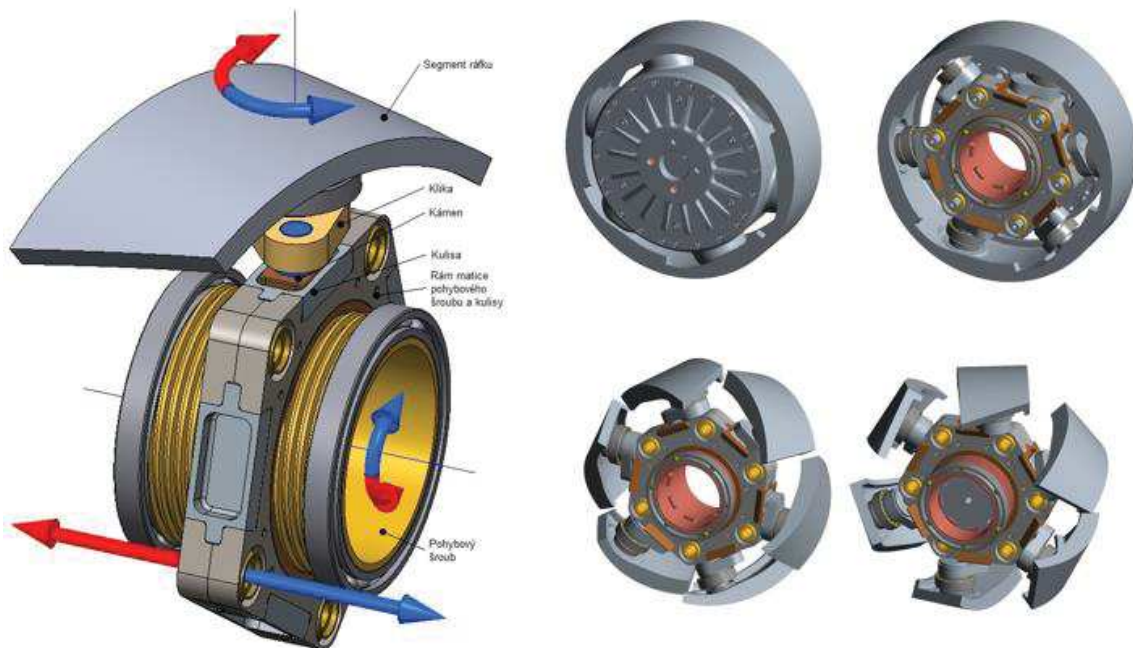
Byly vypracovány dva konstrukční návrhy speciálního kola. První konstrukční návrh využívá varianty s kuželovými koly (výhody: menší počet dílů, tuhost, nevýhody: z důvodu vyosení nutno použít hypoidní soukolí (složitost, cena), nutno přidat samosvornou

převodovkou, nevhodný převodový poměr), další konstrukční návrh použije kulisový mechanismus (výhody: samosvornost, vhodný převodový poměr, nevýhody: větší počet dílů, složitější konstrukce). Konstrukce je řešena jako prototyp (není určeno pro sériovou/hromadnou výrobu).



Obr. 3 Princip “krácejícího” kola – vlevo uzavřené segmenty (valivý pohyb), vpravo vytočené segmenty (krácející pohyb) [1]

Z důvodu výše zmíněných výhod byla vybrána varianta, kdy vytáčení segmentů funguje na principu kulisového mechanismu. K segmentu ráfku je na čepu, kolem kterého se segment vytáčí, připevněna klika, na jejímž druhém konci je pomocí čepu otočně uložen kámen, který je posuvně uložen v kulise. Posuvem kulisy ve směru, který je kolmý na směr posuvného pohybu kamene v kulise, se docílí rotace segmentu ráfku. Při využití tohoto mechanismu jsou segmenty rozmístěny po obvodu kola a vytočení všech segmentů o stejný úhel se ovládá lineárním posunem pomocného rámu s kulisami. Posuv pomocného rámu je zajištěn pomocí pohybového šroubu, ke kterému je připojen pohon. Princip kulisového mechanismu a pohybového šroubu použitým na konstrukci kola je zřetelný na Obr. 4.



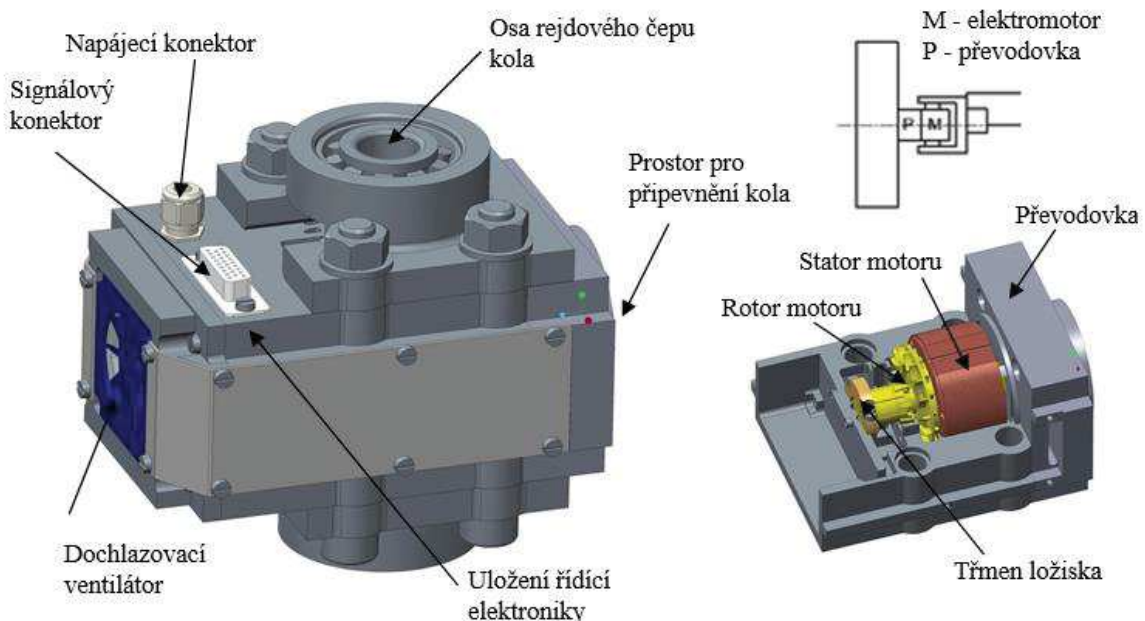
Obr. 4 Princip vytáčení segmentu pomocí kulisového mechanismu a pohybového šroubu, pohled na pojezdové kolo s uzavřenými a vytočenými segmenty [1,2]

Další důležitou otázkou je konstrukce pneumatiky kráčejícího kola s dělenými segmenty běhounu. Konstrukce použité pneumatiky zatím nebyla detailně řešena, pouze je zde uveden jeden z možných principů. Jedná se o bezdušové pneumatiky (Obr. 5), které jsou využívány například k armádním účelům. Prostor mezi ráfkem a běhounem pneumatiky je vyplněn voštinou, nahrazující stlačený plyn.



Obr. 5 Ukázka bezdušové pneumatiky [6]

Na Obr. 6 je znázorněn návrh konstrukce uložení speciálního kola do tuhé nápravy. Jedná se o uložení motoru do boxu z hliníkové slitiny, dělený symetricky a z čela je uzavřen víkem boxu, které zároveň slouží jako domek předního ložiska rotoru. Pro pohon kola byl využit elektromotor a převodovka z akumulární vrtačky. Součástí boxu je i prostor pro uložení řídicí elektroniky motoru, ten je umístěn v druhém čele boxu uzavřeném víkem elektroniky. Ve víku elektroniky je dále umístěn dochlazovací ventilátor. Přes stojící ventilátor je za normálního režimu motoru nasáván chladicí vzduch pro rotor. Pro vedení vzduchu ke vstupu k motoru ve víku boxu slouží plechové kryty chlazení. K sestavě motoru patří i domky axiálních kuželíkových ložisek. Tyto domky jsou spolu s dvěma částmi boxu spojeny odpovídajícím šroubovým spojením a spolu s celým boxem vytváří rejdový čep řízení směru kola [7].



Obr. 6 Sestava rejdového čepu kola s boxem pohonu [2]

4 ZÁVĚR

V současné době je zpracováno konstrukční uspořádání robota a je vyhotovená kompletní výkresová dokumentace pro výrobu funkčního vzorku mobilního robota, který bude využívat pro pohyb speciální konstrukci pojezdového kola. Po zhotovení robota budou probíhat práce na ověření jeho jízdních vlastností.

PODĚKOVANÍ

This publication was written at the Technical University of Liberec, Faculty of Mechanical Engineering with the support of the Institutional Endowment for the Long Term Conceptual Development of Research Institutes, as provided by the Ministry of Education, Youth and Sports of the Czech Republic in the year 2021.

LITERATÚRA

- [1] Mikeš, M., Konstrukce speciálního “kráčejícího” kola, Technická univerzita v Liberci, diplomová práce, 2014.
- [2] Mertlík, J., Konstrukce speciálního mobilního robota s využitím speciálního pojezdového kola, Technická univerzita v Liberci, diplomová práce, 2015.
- [3] Dostupné na internetu <http://www.cnet.com/news/irobot-preps-pared-down-packbot-for-civilians/> [cit. 2021-06-15].
- [4] Dostupné na internetu <http://www.merimex.cz/produkty/olofsfors/kolopasy-na-dvounapravu/pro-track/> [cit. 2021-06-15].
- [5] Dostupné na internetu <http://www.j-wheelz.com/zencart/>, <https://www.ctyrkolky-atv.cz/cs/snezne-pasy/7589-pasy-.html> [cit. 2021-06-15].
- [6] Dostupné na internetu <http://www.hybrid.cz/americka-armada-nasazuje-futuristicke-bezdusove-pneumatiky> [cit. 2021-06-15].
- [7] Záda, V., Brabec, P., Voženílek, R., Pojezdové kolo vozidla, CZ Patent 303947, 2013.

P. BRABEC, R. VOŽENÍLEK: Construction of a special mobile robot with the use of a special travel wheel

INOVATIVNÍ TECHNICKÁ ŘEŠENÍ STUDENTŮ

ROBERT BRÁZDA^{1*}, ALEŠ SLÍVA², TOMÁŠ BORA³,
ALEŠ ZAHRADNÍK⁴

Abstract: The cooperation of students of the Faculty of Mechanical Engineering VSB-Technical University of Ostrava and companies engaged in the construction and operation of storage systems has created a practical requirement for the development of autonomous equipment that will eliminate flow defects of particulate materials in storage systems. Based on these requirements and in cooperation with industrial practice, an innovative device was created, protected by utility model no. CZ28212 and patent no. CZ307405.

Keywords: innovation, patent, utility model, optimal variant

1 ÚVOD

Spoluprací studentů Fakulty strojní Vysoké školy báňské – Technické univerzity Ostrava a společnostmi zabývajícími se konstrukcí a provozováním skladovacích systémů, vznikl praktický požadavek na vývoj autonomního zařízení, které bude eliminovat tokové poruchy partikulárních materiálů ve skladovacích systémech. Na základě těchto požadavků a ve spolupráci s průmyslovou praxí vzniklo inovativní zařízení chráněné užitným vzorem č. CZ28212 [1] a patentem č. CZ307405 [2].

Mezi zásadní výhody spolupráce univerzity s průmyslovou praxí patří:

- studenti se učí zvyklostem práce v konkrétní firmě,
- cíleně jsou zvyšovány studentovy znalosti a dovednosti pomocí individuální výuky,
- návrhové situace student řeší pomocí konkrétních a inovovaných informačních zdrojů,
- studenti využívají praktických zkušeností odborníků z praxe, a vznikají tak řešení vědecky správná a aktuální (úloha univerzity) a zároveň praxí ověřená a s praxí propojená (úloha průmyslové praxe),
- studenti jsou nuceni své výsledky obhajovat před odborníky z praxe, a tím se zlepšuje jejich argumentační schopnost a schopnost prezentace svých výsledků,
- firemní podpora umožňuje studentovi eliminovat varianty řešení, které se již v minulosti neosvědčily,
- je zde uplatněn pedagogický princip názornosti a aktivizační metody výuky (řešení případových studií a diskusní metody),
- hodnocení studenta umožňuje verifikovat cíle z pohledu odborníků z univerzity i z praxe a předkládá studentovi efektivní zpětnou vazbu.

* Korešpondenční autor

¹ **Robert Brázda**, Institut dopravy, Fakulta strojní, Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 2172/15, 70800 Ostrava, Česká republika, e-mail: robert.brazda@vsb.cz

² **Aleš Slíva**, Institut dopravy, Fakulta strojní, Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 2172/15, 70800 Ostrava, Česká republika, e-mail: ales.sliva@vsb.cz

³ **Tomáš Bora**, Institut dopravy, Fakulta strojní, Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 2172/15, 70800 Ostrava, Česká republika, e-mail: tomas.bora.st@vsb.cz

⁴ **Aleš Zahradník**, Institut dopravy, Fakulta strojní, Vysoká škola báňská-Technická univerzita Ostrava, 17. listopadu 2172/15, 70800 Ostrava, Česká republika, e-mail: ales.zahradnik.st@vsb.cz

2 MATERIÁL A METODY

Inovační potenciál a možnosti univerzit jsou v níže uvedených oblastech:

- ověření zdrojů stavu techniky,
- vytvoření patentových řešerší,
- hledání nových možností, principů a konstrukcí, obecně hledání novosti,
- diametrálně odlišný pohled na řešený problém,
- zkušenosti s patentovým řízením, včetně užitných a průmyslových vzorů,
- experimentální infrastruktura s možností testování prototypu,
- zapojení multioborových pracovišť,
- vytvoření počítačových simulací a analýz,
- zapojení nadaných studentů do procesu vývoje nových zařízení.

Inovační možnosti univerzity jsou především v hledání nových možností, principů a konstrukcí s ohledem na provedenou patentovou řešerší na daný stav techniky. Cílem je nalézt nová zařízení či technologie nebo inovovat stávající zařízení či technologie s konkrétní přidanou hodnotou. Tyto návrhy zařízení a technologií řešit v souvislosti s podávanými patenty s alokací Česká republika, evropský patent i mezinárodní patent, užitnými a průmyslovými vzory. Výstupy z patentově právní ochrany je nutné řešit v souladu s požadavky spolupracujících firem i vzhledem k budoucím licenčním smlouvám na dané patenty.

Zapojení studentů univerzit do tvorby inovačních výstupů je dáno konceptem:

- tvorba řešerše z patentních zdrojů,
- tvorba řešerše z nepatentních zdrojů,
- varianty návrhů řešení,
- kritériální funkce pro optimální variantu,
- výběr optimální varianty řešení.

Zapojení firem do tvorby inovačních výstupů je dáno odlišným konceptem:

- zadání konkrétního požadavku na inovaci,
- sumarizace vstupních informací,
- spolupráce na variantách návrhů řešení,
- spolupráce na kritériální funkci,
- spolupráce na výběru optimální varianty řešení,
- testování optimální varianty v praxi,
- modifikace varianty po testování,
- podání výsledné varianty do procesu patentově právní ochrany,
- příprava licenčních podmínek pro budoucí výstupy patentově právní ochrany.

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Rešerše z patentových a nepatentních zdrojů je velmi důležitá pro tvorbu inovací. Studenti se v rámci rešeršní činnosti učí pracovat s relevantními zdroji, ať už se jedná o Český patentový úřad nebo Evropský patentový úřad s cílem ověřit existenci předpokládané inovované varianty řešení, popřípadě se vymezit vůči již existující variantě a vysvětlit její inovační potenciál. Dalšími relevantními zdroji jsou databáze Web of Science, Scopus, Google a Google Scholar, Wiley Online Library, Úřadu pro průmyslového vlastnictví, Evropského patentového úřadu, World Intellectual Property Organization, European Union Intellectual Property Office a další knihovny [3-10].

V rámci této rešeršní činnosti studenti získají tyto dovednosti:

- schopnost analyzovat technické, vědecké a obecné texty, schémata a obrázky a hledat mezi nimi souvislosti
- definovat zásadní klíčová slova potřebná k hledání relevantních dokumentů,
- schopnost definovat oblast zájmu na základě národních i mezinárodních třídicích znaků,
- odborná technická angličtina – práci ze zahraničními zdroji dochází k cílenému rozšíření a procvičování důležitých frází technické angličtiny,
- nácvik prvků kritického myšlení.

Rešeršní činnost je vedena zkušenými univerzitními pedagogy a výsledek rešeršního šetření je komunikován a verifikován odborníky z praxe.

3.1 Příklad výsledku rešerše na ÚPV

Klíčové slovo:

| | | |
|----------------------------|------------|---------------------|
| sypká hmota | 0 záznamů | podobnost 0 záznamů |
| sypký materiál | 3 záznamy | podobnost 0 záznamů |
| analýza | 9 záznamů | podobnost 0 záznamů |
| snímač fyzikálních veličin | 3 záznamy | podobnost 2 záznamy |
| snímač optických veličin | 2 záznamy | podobnost 2 záznamy |
| robotický systém (bez MPT) | 0 záznamů | podobnost 0 záznamů |
| autonomní systém (bez MPT) | 16 záznamů | podobnost 0 záznamů |

3.2 Příklad výsledku rešerše na ESPACENET

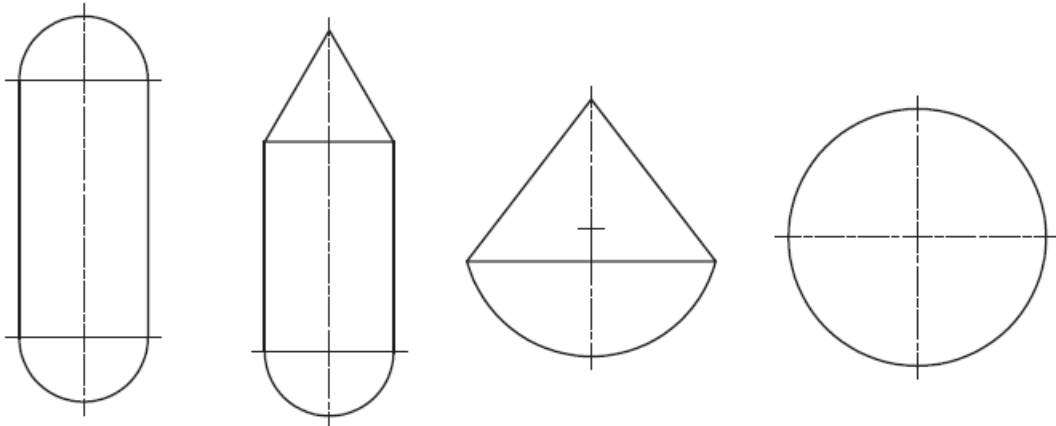
Klíčové slovo:

| | | |
|--------------------------------|-------------|---------------------|
| bulk solid | 41 záznamů | podobnost 0 záznamů |
| robotic system | 157 záznamů | podobnost 1 záznam |
| bulk solid sensor | 1 záznam | podobnost 0 záznamů |
| analyzer of bulk solid | 5 záznamů | podobnost 0 záznamů |
| sensors of physical quantities | 23 záznamů | podobnost 1 záznam |
| sensors of optical quantities | 16 záznamů | podobnost 0 záznamů |
| material property measurements | 177 záznamů | podobnost 1 záznam |

Zpracování variant řešení je provedeno s ohledem na výsledky rešerší tak, aby byl zachován inovační potenciál. V této části celého postupu jsou univerzitní studenti klíčovými pracovníky a získávají následující dovednosti:

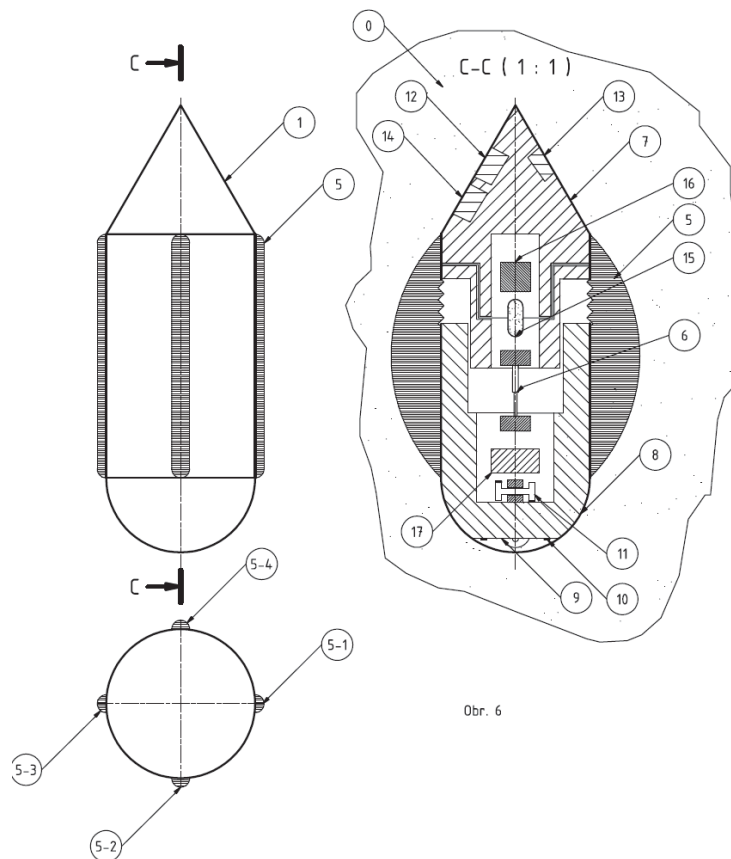
- 2D a 3D kreslení uvažovaných komponent,
- simulace a tvarová / hmotnostní / objemová optimalizace,
- využívání prvků kolektivního brainstormingu jako jedné z diskuzních metod,
- využití případových studií k nalezení variant řešení,
- formulování kritériálních funkcí k výběru optimální varianty řešení.

Na Obr. 1 jsou vidět návrhy tvarů požadovaného autonomního zařízení vzniklých prací studentů na základě rešerší a hluboké debaty v rámci pracovního týmu.



Obr. 1 Varianty návrhů tvaru

Na Obr. 2 je vidět výsledný návrh autonomního zařízení po aplikování kritériální funkce určené k výběru optimální varianty řešení.



Obr. 6

Obr. 2 Optimální varianta řešení [2]

4 ZÁVĚR

Studentské projekty, jako uvedený projekt Studentské grantové soutěže SP2021/53 – Výzkum v dopravě, slouží především z pohledu univerzit k:

- propojení studentů s odborníky z praxe,
- zvýšení inovačního a vědeckého potenciálu týmů na univerzitách,

- zvýšení konkurenceschopnosti týmů v mezinárodním měřítku,
- zvýšení schopností, znalostí a dovedností participujících studentů.

Výsledky výše uvedeného projektu, ve formě patentu a užitého vzoru, jsou potvrzením inovační role univerzit v rámci spolupráce s průmyslovými partnery.

Inovační potenciál univerzit je založen především na existenci univerzitních erudovaných týmů studentů a pedagogů schopných spolupracovat s průmyslovými partnery, dále na zkušenosti těchto týmů s patentově právní ochranou a s možností dílčí úkoly řešit v rámci závěrečných bakalářských, magisterských i doktorských prací. Studentské grantové projekty jsou velmi účinným nástrojem k propojování univerzitních a průmyslových týmů a výsledky této spolupráce jsou signifikantní a výhodné pro obě strany.

PODĚKOVÁNÍ

Článek byl vytvořen na základě podpory projektu Studentské grantové soutěže s označením SP2021/53 – Výzkum v dopravě.

LITERATURA

- [1] Brázda, R., Slíva, A., Günther, P., Procházka, A., Bora, T., Zahradník, A., Žilka, F., Device comprising autonomous system providing analysis and flow of bulk material, Czechia, Utility Model Number CZ28212, Dostupné na internete <http://isdv.upv.cz/doc/FullFiles/UtilityModels/FullDocuments/FDUM0028/uv028212.pdf>
- [2] Brázda, R., Slíva, A., Günther, P., Procházka, A., Bora, T., Zahradník, A., Žilka, F., A device comprising an autonomous system providing analysis and flow of a bulk material, Czechia, Patent Number CZ307405, Dostupné na internete <http://isdv.upv.cz/doc/FullFiles/Patents/FullDocuments/307/307405.pdf>
- [3] Web of Science databáze, Dostupné na internete <https://www.webofscience.com/wos/woscc/basic-search>
- [4] Databáze Scopus, Dostupné na internete <https://www.scopus.com/search/form.uri?display=basic#basic>
- [5] Databáze Google Scholar, Dostupné na internete <https://scholar.google.com/>
- [6] Databáze Google, Dostupné na internete <https://www.google.cz/>
- [7] Wiley Online Library, Dostupné na internete <https://www.onlinelibrary.wiley.com/>
- [8] Databáze Úřadu průmyslového vlastnictví, Dostupné na internete <https://upv.gov.cz/informacni-zdroje/narodni-database/souhrnna-reserse>
- [9] Databáze Evropského patentového úřadu, Dostupné na internete <https://www.epo.org/searching-for-patents/technical/espacenet.html>
- [10] Databáze World Intellectual Property Organization, Dostupné na internete <https://www.wipo.int/pct/en/>
- [11] Databáze Úřadu evropské unie pro duševní vlastnictví, Dostupné na internete <https://euipo.europa.eu/eSearch/>

R. BRÁZDA, A. SLÍVA, T. BORA, A. ZAHRADNÍK: Innovative technical solutions developed by students

PROVOZ TRAKTOROVÉHO VZNĚTOVÉHO MOTORU NA PALIVOVOU SMĚS NM + BA

ALEŠ DITTRICH^{1*}, STANISLAV BEROUN², RADEK PROCHÁZKA³

Abstract: The article describes experimental work on a non-road (tractor) compression-ignition internal combustion engine when operating on alternative fuels in the Department of Vehicles and Engines laboratory at FS TU in Liberec. Of course, the fuel mix of liquid hydrocarbon diesel fuels (NM) and petrol (BA) is not an alternative fuel. Still, the results from these experiments are used to prepare the following research program on a diesel engine with genuinely alternative (or blended) fuels. At work, the power and emission parameters of the compression-ignition engine's operating cycle on the NM/BA fuel mixture are given. The measurements show that when the engine is run on a mix of NM and BA, there is a slight decrease in performance parameters, a change in engine emission parameters, and, above all, a significant reduction in the solid particles produced compared to the NM-only operation.

Keywords: non-road engine, compression-ignition internal combustion engine, diesel, petrol, emissions, particulate matter

1 ÚVOD

Výrobci všech druhů vozidel (zemědělských, nákladních, osobních) a strojů (stavebních, transportních) potažmo pístových spalovacích motorů (PSM) nejenom v EU, ale po celém světě, jsou v posledních letech tlačeni legislativou ke snižování emisí škodlivin výfukových plynů (především emisí CO₂ a NO_x), pevných částic a snižování spotřeby paliva [1,2]. Vozidla s PSM založena na principu spalování kapalných paliv (motorová nafta, benzín) jsou dnes označována za hlavního viníka světových emisí CO₂ s negativním dopadem na klima planety. Jednou z možností je užití pro provoz těchto spalovacích motorů alternativní paliva namísto paliva konvenčního. Další možnou variantou je užití paliva směsného, které nelze považovat za plně alternativní palivo, ale díky pozměněným fyzikálně-chemickým vlastnostem směsného paliva je možné předpokládat, že u vznětových motorů dojde ke snížení produkce pevných částic [3].

2 MATERIÁLY A METODY

Experimentální práce byly prováděny v laboratořích Katedry vozidel a motorů Technické univerzity v Liberci na traktorovém vznětovém motoru Zetor 1505. Specifikace motoru je uvedena níže viz Tab. 1.

* **Korešpondenční autor**

¹ **Aleš Dittrich**, Katedra vozidel a motorů, Fakulta Strojní, Technická univerzita v Liberci, Studentská 2, 46117 Liberec, Czech Republic, e-mail: ales.dittrich@tul.cz

² **Stanislav Beroun**, Katedra vozidel a motorů, Fakulta Strojní, Technická univerzita v Liberci, Studentská 2, 46117 Liberec, Czech Republic, e-mail: stanislav.beroun@tul.cz

³ **Radek Procházka**, Katedra vozidel a motorů, Fakulta Strojní, Technická univerzita v Liberci, Studentská 2, 46117 Liberec, Czech Republic, e-mail: radek.prochazka@tul.cz

Tab. 1 Specifikace traktorového vznětového motoru

| Typ | Čtyřdobý vznětový motor přeplňovaný turbodmychadlem |
|------------------------|---|
| Počet ventilů na válec | 2 |
| Vrtání X Zdvih | 105 X 120 [mm] |
| Zdvihový objem | 4156 [cm ³] |
| Počet válců | 4 (řadový motor) |
| Výkon | 90 [kW] |
| Točivý moment | 525 [Nm] |
| Kompresní poměr | 17,8:1 |
| Chlazení | kapalinou |

Na Obr. 1 je umístěn traktorový vznětový motor Zetor 1505 na zkušebním motorovém stanovišti, kde je připojen přes spojkovou hřídel k dynamometru. Bylo prováděno měření a záznam průběhu točivého momentu motoru. Na motoru byly umístěny všechny nezbytně nutné tlakové a teplotní snímače pro sledování bezproblémového chodu motoru. Při měření byly on-line sledovány a zaznamenávány průběhy tlaků ve válcích pomocí indikační aparatury AVL IndiCom [4]. Tlakové snímače pro měření vysokotlaké indikace ve válci motoru byly kvůli omezeným možnostem zástavby na motoru zabudovány v tělese žhavicí svíčky. Pro tento experiment byla také nezbytně nutná měřící aparatura pro měření emisí a pevných částic ve výfukových plynech.



a)

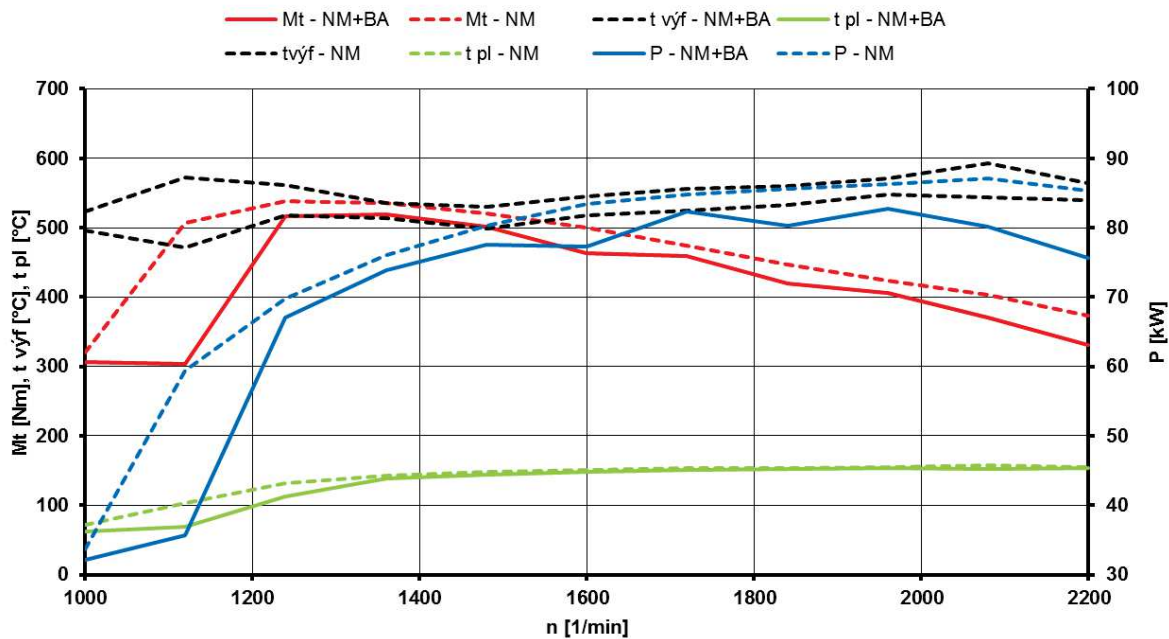


b)

Obr. 1 Fotografie a) ukazuje motor Zetor 1505 a zapojení jeho palivového systému, fotografie b) ukazuje měřící aparaturu pro měření emisí ve výfukových plynech

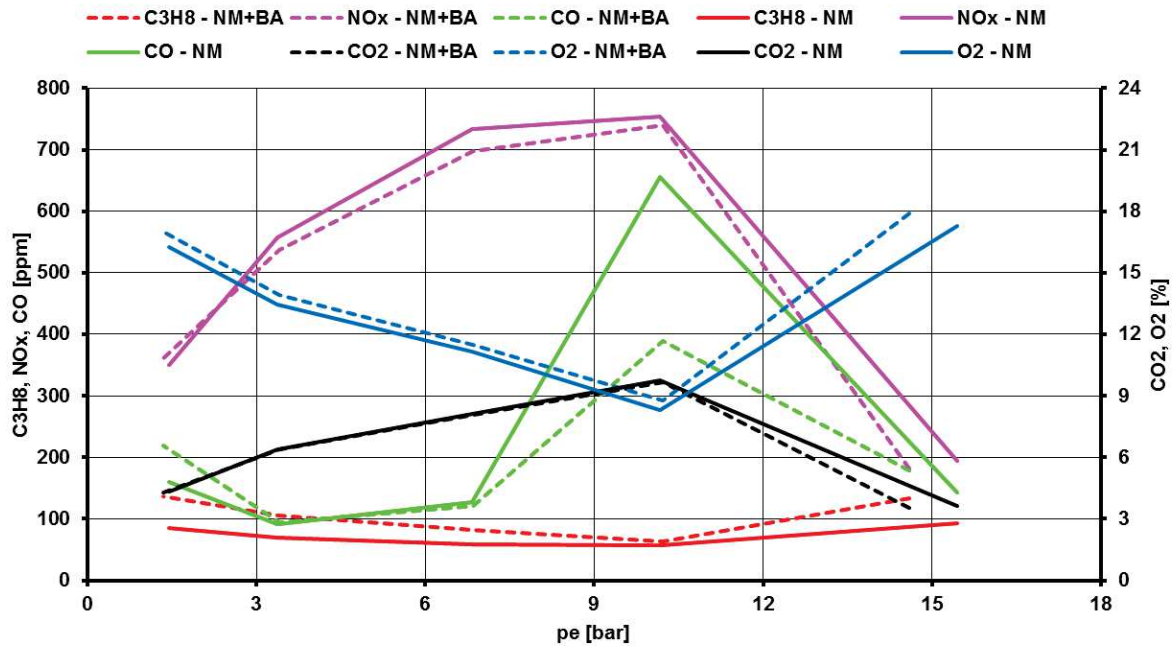
3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Výsledky z porovnání průběhů točivého momentu M_t a výkonu P (naměřené nekorigované hodnoty) motoru Zetor 1505 a teploty výfuku $t_{výf}$ v režimech vnější otáčkové charakteristiky při provozu motoru na NM a směs NM+BA (75% NM + 25% BA95) jsou znázorněny na Obr. 2. Tyto výsledky byly stanoveny jako průměrná hodnota z dat mezi 2. a 3. minutou chodu motoru od nastavení jednotlivých provozních režimů vnější otáčkové charakteristiky, $t_{výf}$ jsou data z konce měřených intervalů (měření od $n = 1000$ 1/min s postupným zvyšováním otáček až do $n = 2200$ 1/min, doba provozu v každém otáčkovém režimu byla 4 minuty). Pokles výkonu motoru souvisí se snížením hustoty směšného paliva.

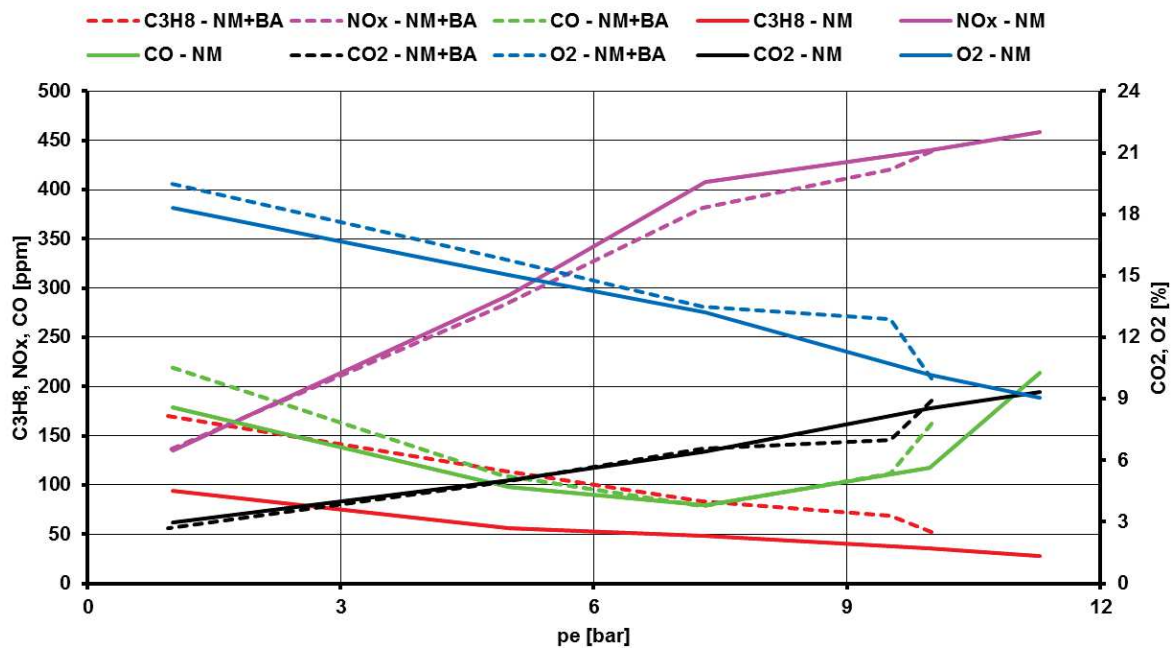


Obr. 2 Porovnání průběhů M_t a P motoru Zetor 1505 a $t_{výf}$ v režimech vnější otáčkové charakteristiky při provozu motoru na NM a směs NM+BA (75% NM + 25% BA95)

Pomocí měřicí aparatury pro měření emisí ve výfukových plynech byla určena koncentrace hlavních složek ve vzorku suchých výfukových plynů motoru Zetor 1505 při provozu na NM a směs NM+BA v zatěžovací charakteristice Obr. 3 při $n = 1480$ 1/min a Obr. 4 při $n = 2200$ 1/min. Emisní vlastnosti vznětového motoru při jeho provozu na směšné palivo se odchyľují od vlastností motoru při provozu na naftu pouze nevýznamně.

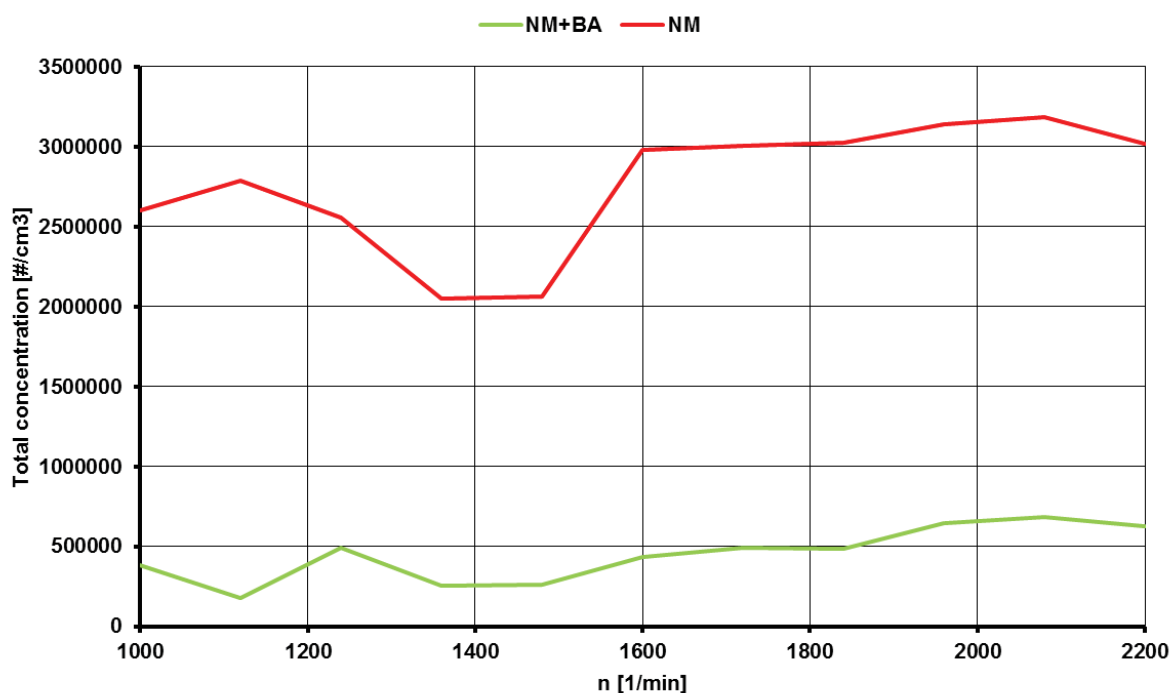


Obr. 3 Koncentrace hlavních složek ve vzorku suchých výfukových plynů motoru Zetor 1505 při provozu na NM a směs NM+BA v zatěžovací charakteristice při $n = 1480$ 1/min



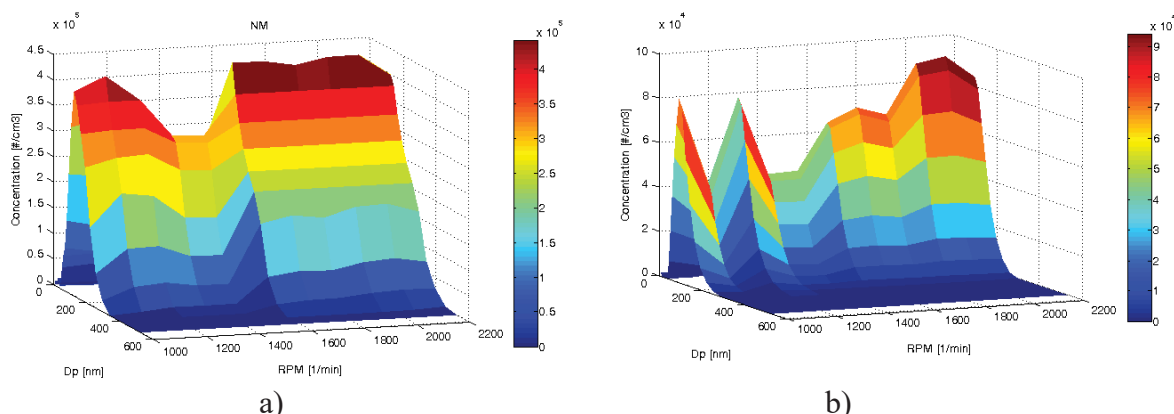
Obr. 4 Koncentrace hlavních složek ve vzorku suchých výfukových plynů motoru Zetor 1505 při provozu na NM a směs NM+BA v zatěžovací charakteristice při $n = 2200$ 1/min

Na Obr. 5 je celková koncentrace pevných častíc obsažených ve výfukových plynech v režimu vnější otáčkové charakteristiky pro NM a směs NM+BA. K měření a záznamu dat koncentrací a velikostního rozdělení pevných častíc obsažených ve výfukových plynech uvedeného vznětového motoru bylo použito spektrometru častíc TSI EEPS3090. Vysvětlení cca 5x nižší koncentrace PM ve výfukových plynech vznětového motoru při jeho provozu na směsné palivo lze zřejmě hledat v podstatně jednodušších HC molekulách v BA95 a účinku přítomnosti těchto molekul na tvoření směsi a mechanismus hoření směsi ve vznětovém motoru.



Obr. 5 Celková koncentrace pevných častíc obsažených ve výfukových plynech v režimu vnější otáčkové charakteristiky pro NM a směs NM+BA

Velikostní rozdělení pevných častíc a jejich koncentrace v režimu vnější otáčkové charakteristiky pro NM je na Obr. 6 a) a směs NM+BA je na Obr. 6 b). Z výsledků je patrné snížení množství produkovaných pevných častíc při chodu motoru na směsné palivo NM+BA a velké snížení produkce pevných častíc velkých rozměrů. Výsledek je vzhledem ke způsobu odběru vzorků výfukových plynů pro analýzu ve spektrometru potřeba považovat za orientační (zjištěné údaje nevyjadřují absolutní hodnoty).



Obr. 6 Velikostní rozdělění pevných částic a jejich koncentrace v režimu vnější otáčkové charakteristiky a) pro NM a b) směs NM+BA

4 ZÁVĚR

Provoz traktorového vznětového motoru na kapalném směsném palivu NM+BA ukazuje možnost bezproblémového provozu vznětového motoru na kapalném palivu, ve kterém je vedle paliva se standardním cetanovým číslem i palivo s velmi nízkou hodnotou cetanového čísla. Výzkumný program bude v další části rozšířen o sledování vlivu podílu NM v kapalném směsném palivu na parametry pracovního oběhu a na emisní vlastnosti vznětového motoru (plynné složky výfukových emisí i produkce pevných částic). Důležitým kritériem přitom bude i posuzování možného rizika poklesu mazacích schopností směsného paliva na funkční spolehlivost palivového systému vznětového motoru.

Z uvedených výsledků je zřejmé, že je nutné se do budoucna zaměřit především na detailní problematiku spalovacího procesu v závislosti na množství obsahu pevných částic ve výfukových plynech jak pomocí konstrukčních úprav, tak také volbou vhodného paliva, které i při zachování výkonových parametrů motoru díky svým fyzikálně-chemickým vlastnostem přispěje k celkové nižší produkci PM.

LITERATURA

- [1] Martyr, A.J., Plint, M.A., Engine testing - Theory and practice, third ed., MA 01803, Burlington, 2007.
- [2] Driving and engine cycles, Springer Berlin Heidelberg, New York, 2017.
- [3] Heywood, J.B., Internal combustion engines fundamentals, McGraw-Hill, 1988.
- [4] AVL CONCERTO 5™.

A. DITTRICH, S. BEROUN, R. PROCHÁZKA: Operation of a tractor compression ignition engine that uses a NM + BA fuel blend

ANALÝZA ŠTRUKTURÁLNYCH VLASTNOSTÍ KOMONENTOV MOTORA S ROTUJÚCIMI VALCAMI

JÁN DIŽO^{1*}, MIROSLAV BLATNICKÝ²

Abstract: The article is aimed at the structural analyses of some selected components of an engine with rotating cylinders. An engine mechanism comes from a utility model designed at the Department of Transport and Handling Machines with cooperation of external experts. A three-dimensional model of the engine was created in the Inventor CAD software and its functionality was checked. After that, the individual bodies were imported into a finite element software Ansys. Structural analyses were focused on calculation of stress distribution in a cylinder of the engine and modal analysis of pistons unit. Components of an experimental prototype were analysed. The cylinder of the engine is made of glass, therefore, it was necessary to disclose, if the structure is able to withstand internal pressure acting to cylinder walls. On the other hand, pistons units perform a relative movement regarding to cylinders. A modal analysis is usually the first step in designing of machines. Reached results have shown, that cylinders can be used for proposed purposes and a piston unit will be able to move without unwanted vibration during operation.

Keywords: engineering design, non-conventional engine mechanism, strength analysis, modal analysis

1 ÚVOD

Piestový spaľovací motor je technické zariadenie, ktoré premieňa chemickú energiu na energiu mechanickú pomocou piesta. Piest je súčasťou kľukového mechanizmu. Nevýhodou piestových spaľovacích motorov je skutočnosť, že čím väčší uhol výkyvu ojnice, tým je viac namáhaný piest na bočný tlak a iné konštrukčné časti motora a tak na vzniku krútiaceho momentu sa podieľa menšia tlaková sila [1,2]. Ďalšou nevýhodou týchto motorov je fakt, že piesty vo vzťahu k valcom vykonávajú priamočiary vratný pohyb, čo kladie zvýšené nároky na vyváženie plynulého chodu motora rozloženou súpravou zotrvačnickových prídavných hmotností [3]. V motoroch s krúživým pohybom piesta vznikajú iba zotrvačné rotačné sily, ktoré sa vyvažujú jednoduchým spôsobom pomocou protizávaží. Existujú aj rotačné motory s priamočiarým vratným pohybom piesta. Tieto motory sa využívali v minulosti prevažne v lietadlách. Výhodou týchto motorov bolo, že svojím chodom zároveň tlmili vibrácie a teda fungovali zároveň ako zotrvačníky. Zároveň boli veľmi dobre chladené aj pri nízkych rýchlostiach. Medzi nevýhody patrilo zvyšovanie výkonu. Keďže sa dal výkon zvýšiť len zväčšovaním motora alebo pridávaním valcov, rástla aj hmotnosť motora a tým aj gyroskopický moment. Medzi ďalšie nevýhody patrí vysoká spotreba a problém so zvyšovaním otáčok.

2 MATERIÁL A METÓDY

Problematiku piestových spaľovacích motorov spomenutú v úvodnej kapitole rieši technické usporiadanie mechanizmu s rotujúcimi valcami [3-5]. Podstatou technického riešenia motora s rotujúcimi valcami je, že sa skladá z kulisového mechanizmu, ktorý sa skladá z dosky

* **Korešpondenčný autor**

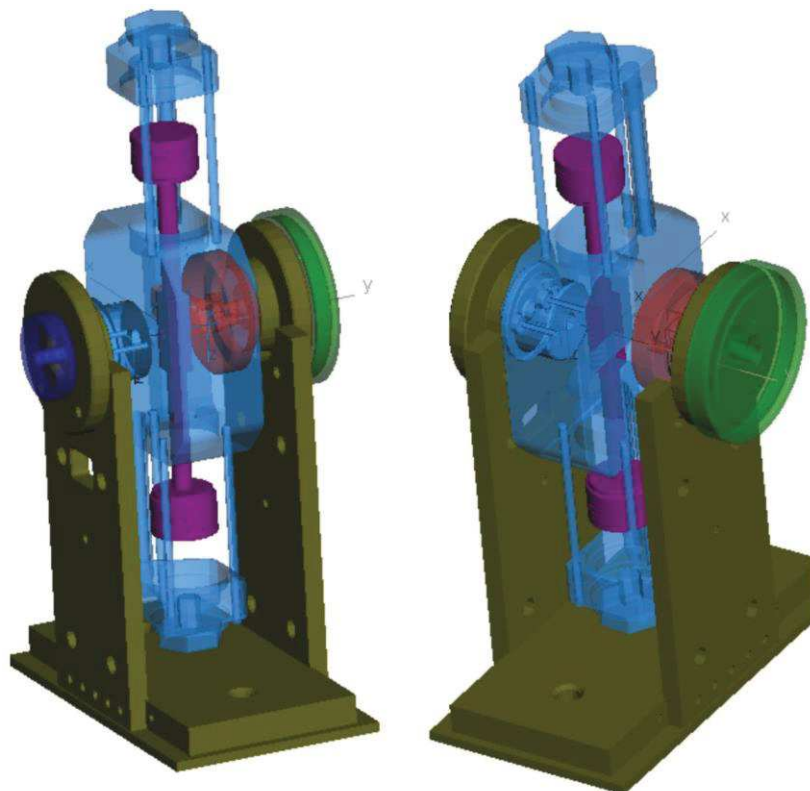
¹ **Ján Dižo**, Katedra dopravnej a manipulačnej techniky, Strojnícka fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 01026 Žilina, Slovenská republika, e-mail: jan.dizo@fstroj.uniza.sk

² **Miroslav Blatnický**, Katedra dopravnej a manipulačnej techniky, Strojnícka fakulta, Žilinská univerzita v Žiline, Univerzitná 8215/1, 01026 Žilina, Slovenská republika, e-mail: miroslav.blatnicky@fstroj.uniza.sk

s mimoúrovňovým krížovým usporiadaním drážky, v ktorej sa pohybuje ojnica a pomocnej drážky. V priesečníku drážok sa nachádza os rotácie kulisového mechanizmu. V radiálnom smere na os rotácie kulisového mechanizmu sa nachádzajú oproti sebe valce, ktoré sú ukončené hlavami valcov. Vo valcoch sa nachádzajú piesty a ojnice, ktoré sú spojené kameňom nachádzajúcim sa v ojničnej drážke. V ojničnom kameni aj v kameni v pomocnej drážke sa nachádzajú otvory pre čapy kľukového hriadeľa. Medzi týmito čapmi sa nachádza os rotácie kľukového hriadeľa. Polomer kľukového hriadeľa sa rovná $\frac{1}{4}$ zdvihu piesta. Osi rotácie kulisového mechanizmu a kľukového hriadeľa nie sú súosové. Motor s rotujúcimi valcami má teda dva výstupy. Prvý s osou rotácie v kulisovom mechanizme s otáčkami n_1 a druhý s osou rotácie v kľukovom hriadeľi s otáčkami n_2 , pričom platí vzťah:

$$n_2 = 2 \cdot n_1 \quad (1)$$

Výhody takto usporiadaného mechanizmu spočívajú v tom, že sa odstráni normálová sila na piest, pretože sa piesty pohybujú len v osi valcov a tým pádom je uhol výkyvu ojnice nulový. Medzi ďalšie výhody patrí to, že rotujúce časti kulisového mechanizmu pôsobia ako zotrvačník. Chladenie motora s rotujúcimi valcami vo forme kvapalinového chladenia alebo pridaného ventilátora nie je potrebné, pretože svojou činnosťou valce rozrážajú vzduch a tým pádom nastáva dostatočná výmena tepla medzi rotujúcimi valcami a okolím. V motore s rotujúcimi valcami je dosiahnuté, že výstup krútiaceho momentu je bez ozubených prevodov a tým pádom má menšie nároky na mazanie a taktiež má menšie straty výkonu spôsobené trením. Technické riešenie motora s rotujúcimi valcami odstraňuje aj priamočiary vratný pohyb piestov tým, že os kľukového hriadeľa nie je súosová s osou rotácie valcov a polomer kľukového hriadeľa je $\frac{1}{4}$ zdvihu piesta [3]. Virtuálny model motora je zobrazený na Obr. 1.



Obr. 1 Virtuálny model motora s rotujúcimi valcami

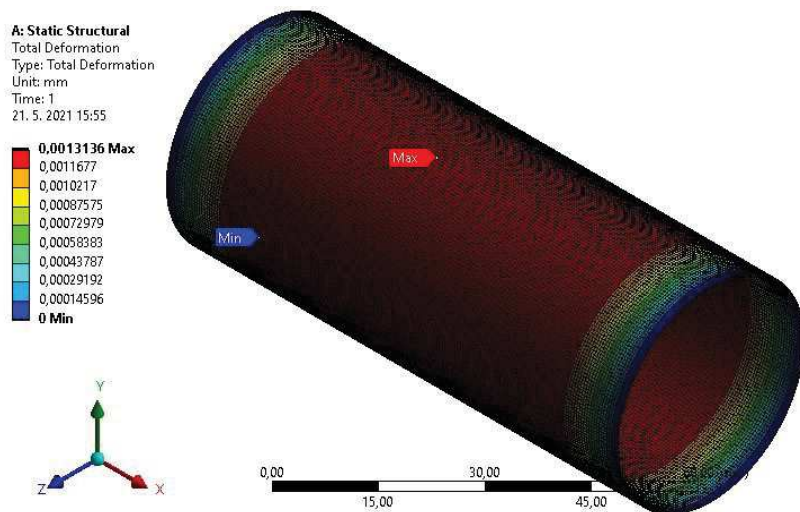
Motor s rotujúcimi valcami sa skladá z rôznych druhov materiálov. Najkrehkejší materiál, ktorý je použitý v konštrukcii motora s rotujúcimi valcami je sklo, z ktorého sú vyrobené valce.

Z radu experimentov vyplýva, že u sklenených výrobkov býva v okamihu vyhotovenia vzhľadom k povrchovým vadám často pevnosť v ťahu, respektíve v ohybe, len 100 až 300 MPa a pri ďalšej manipulácii a používaní rýchlo klesá. Bežne používané sklenené výrobky majú skutočnú pevnosť v ťahu, respektíve v ohybe len 20 až 100 MPa, ktorá poškrábaním materiálú môže ďalej klesnúť až na 12 MPa [6].

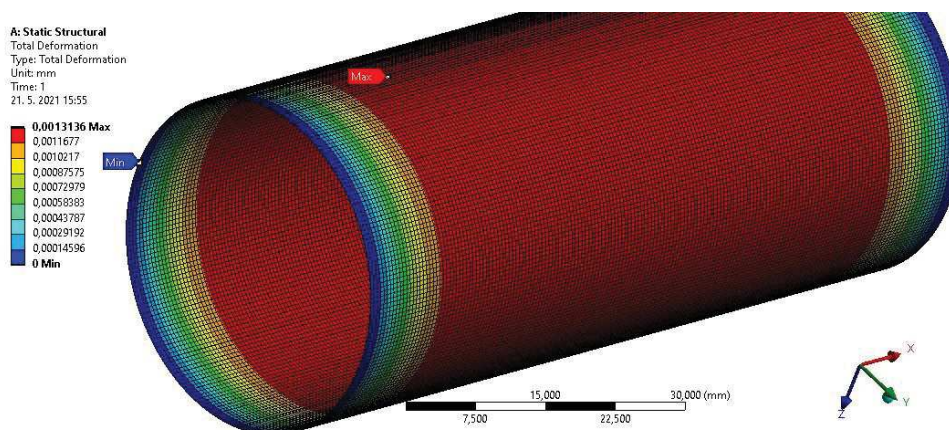
Cieľom modálnej analýzy je zistenie vlastných frekvencií, ktoré spôsobujú vznik vlastných tvarov telesa. V prípade zhody budiacej frekvencie s frekvenciou vlastných tvarov nastáva rezonancia telesa, čo spôsobuje zvýšenie hluku a vibrácií, zníženie životnosti a môže viesť až k poškodeniu konštrukcie.

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Pevnostná analýza bola vykonaná v programe Ansys [7,8], kde bol valec importovaný z CAD súboru. Geometria valca bola ďalej upravená na škrupinové teleso, kvôli zjednodušeniu výpočtov. Na Obr. 2 je znázornená celková deformácia valca a na Obr. 3 je detail s miestami minimálnej a maximálnej deformácie.

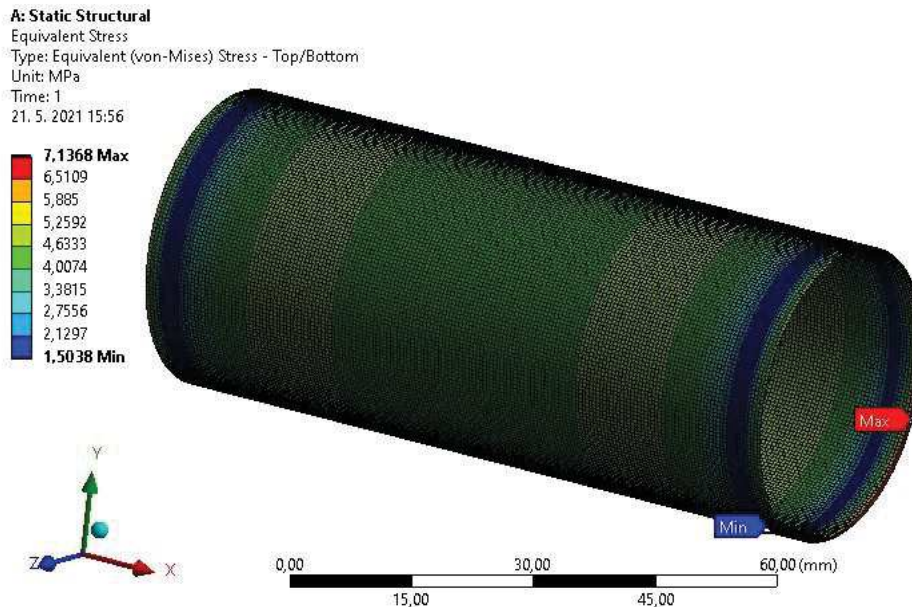


Obr. 2 Virtuálny model motora s rotujúcimi valcami

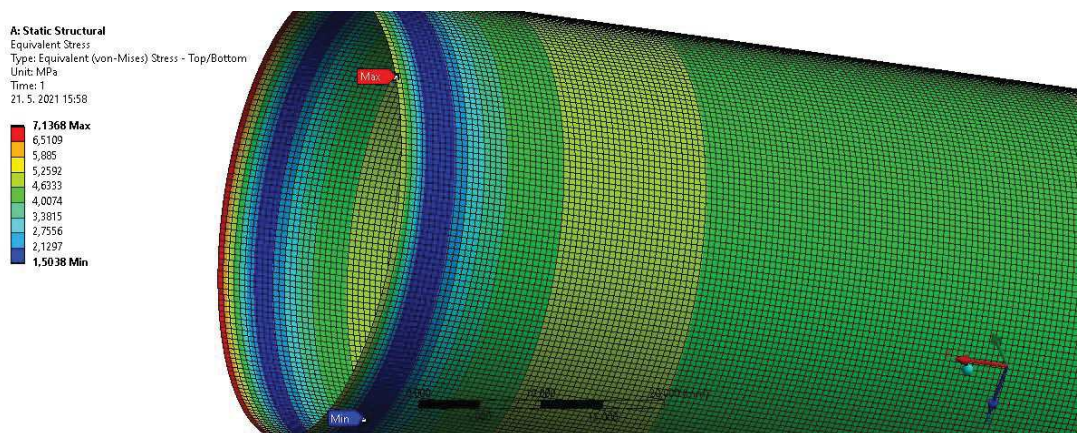


Obr. 3 Virtuálny model motora s rotujúcimi valcami

Na Obr. 4 je znázornené celkové napätie vo valci pri pôsobiacom tlaku 8 atmosfér a na Obr. 5 je detail s miestami maximálneho a minimálneho napätia.



Obr. 4 Virtuálny model motora s rotujúcimi valcami



Obr. 5 Virtuálny model motora s rotujúcimi valcami

Z analýzy vyplýva, že maximálne napätie, ktoré vznikne vo valci je 7,1368 MPa. Pri experimentoch bol motor s rotujúcimi valcami roztáčaný tlakom 0,6 MPa, preto bola analýza vykonaná s okrajovou podmienkou, že na valec pôsobí tlak 0,8 MPa. Z uvedeného vieme, že medza pevnosti opotrebovaného a poškrabaného výrobku zo skla je 12 MPa. Vzťah pre koeficient bezpečnosti má tvar:

$$k = R_m / \sigma_{sk} \quad (2)$$

kde k je súčiniteľ bezpečnosti, R_m je medza pevnosti materiálu a σ_{sk} je skutočné napätie. Po dosadení výsledkov z analýzy do vzťahu (2) je definovaná bezpečnosť, ktorá má hodnotu 1,68.

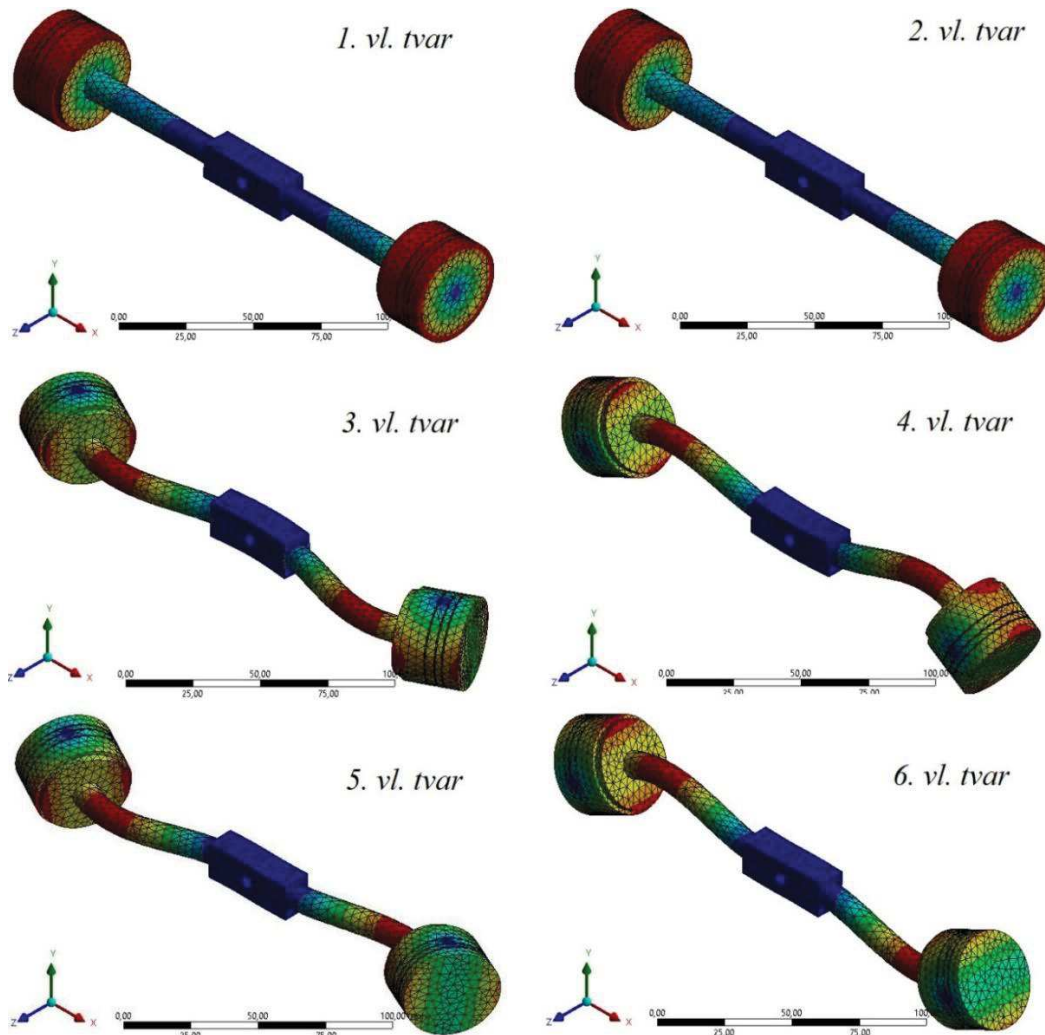
Modálna analýza bola vykonaná na telese *piesty*, ktoré sa skladá z ojničného kameňa, dvoch piestnych tyčí a dvoch piestov. Telesu boli odobraté všetky stupne voľnosti a následne

boli vypočítané vlastné frekvencie, ktoré sú zapísané v Tab. 1 a zároveň boli vygenerované aj vlastné tvary telesa pri týchto frekvenciách. Vlastné tvary piestov sú zobrazené na Obr. 6.

Teleso *piesty* dosiahne vlastné tvary pri veľmi vysokých frekvenciách. To je spôsobené jeho geometriou, kde je na krátkosť piestnych tyčí pomerne veľký priemer. Vysoké vlastné frekvencie sú výhodné, pretože pre motor sú ťažšie dosiahnuteľné.

Tab. 1 Výsledky modálnej analýzy – vlastné frekvencie

| Vlastný tvar | Frekvencia [Hz] |
|--------------|-----------------|
| 1. | 1095,6 |
| 2. | 1123,4 |
| 3. | 2724,7 |
| 4. | 2828,4 |
| 5. | 2831,8 |
| 6. | 2870,2 |



Obr. 6 Výsledky modálnej analýzy – vlastné tvary

4 ZÁVER

V článku bol prezentovaný model motora s rotujúcimi valcami navrhnutý aj pracovníkmi z Katedry dopravnej a manipulačnej techniky. Konštrukcia predstavuje

nekonvenčný druh motora. V súčasnosti je uvažované, že bude slúžiť na pohon na stlačený vzduch. Avšak, jeho možnosti sú širšie. Po úpravách by mohol mať uplatnenie aj ako spaľovací motor. Vytvorený je jeho funkčný prototyp, ktorý slúži hlavne ako experimentálne zariadenie. Článok obsahuje analýzy niektorých vybraných častí tohto motora, konkrétne pevnostné analýzy valcov, ktoré sú vyrobené zo skla, aby bolo možné pozorovať na vytvorenom modeli pohyby piestov. Simulačné výpočty ukázali, že konštrukcia je dokáže odolávať pôsobiacemu tlaku vzduchu s dostatočným súčiniteľom bezpečnosti. Výsledky modálnej analýzy odhalili vlastné tvary a vlastné frekvencie konštrukčnej časti (piestov), ktoré konajú priamočiary vratný pohyb vzhľadom k valcom a všeobecný rovinný pohyb vzhľadom k rámu motora. Vlastné frekvencie tohto komponentu sú bezpečne nad hodnotami frekvencií, pri ktorých bude motor prevádzkovaný.

POĎAKOVANIE

Táto práca vznikla vďaka podpore projektu KEGA č. 023ŽU-4/2020 „Vývoj pokročilých virtuálnych modelov pre štúdium a vyšetrovanie prevádzkových charakteristík dopravných prostriedkov.“

LITERATÚRA

- [1] Hlavňa, V., Kukuča, P., Isteník, R., Labuda, R., Liščák, Š., Dopravný prostriedok – jeho motor, Žilinská univerzita v Žiline, 2007.
- [2] Trnka, J., Urban, J., Spaľovacie motory, Alfa, Bratislava, 1992.
- [3] Dobrodenka, P., Dobrodenka, A., Dobrodenka, M., Gerlici, J., Lack, T., Blatnický, M., Dižo, J., Harušinec, J., Kinematické usporiadanie mechanizmu s rotujúcimi valcami: Patent/Úžitkový vzor č. 8035 (20180305), Banská Bystrica: Úrad priemyselného vlastníctva Slovenskej republiky, 2017.
- [4] Blatnický, M., Dižo, J., Design of a prototype of an engine mechanism with rotating cylinders, In: 7th International Conference of Materials and Manufacturing Engineering ICM MEN 2020, Thessaloniki, Greece, 2 July – 3 July 2020.
- [5] Blatnický, M., Dižo, J., Design of kinematic parts of a mechanism with rotating cylinders, Technológ, 2019, 11, 11-14.
- [6] Dostupné na internete <https://www.pilkington.com/en-gb/uk/architects/glass-information/functions-of-glass/mechanicalfunctionsofglass/glass-strength> [cit. 2021-07-06].
- [7] Fomin, O., Gerlici, J., Lovskaya, A., Kravchenko, K., Fomina, Y., Lack, T., Determination of the strength of the containers fittings of a flat wagon loaded with containers during shunting, In: 9th International Scientific Conference – Research and Development of Mechanical Elements and Systems IRMES 2019, Kragujevac, Serbia, 5 September – 7 September 2019.
- [8] Gerlici, J., Šťastniak, P., Lack, T., Harušinec, J., Design of long freight wagon with variable use of loading space, In: Dynamical problems in rail vehicles 2015 DYNRAIL: Polish-Slovak Scientific Workshop, Warszawa, Poland.

J. DIŽO, M. BLATNICKÝ: Analysis of the structural properties of the components of an engine with rotating cylinders

METODIKA MERANIA DOPRAVNÉHO PÁSU INFRAČERVENOU TECHNOLOGIOU

DÁVID HEINZ¹, BRANISLAV HALEK², JOZEF KREŠÁK^{3*},
PAVEL PETERKA⁴

Abstract: Infrared thermography can be defined as the collection, display, storage and evaluation of electromagnetic radiation in the infrared band of the electromagnetic spectrum by means of an electronic display device. Within this, the method of heat transfer is important. Heat can be propagated by conduction, convection and radiation. Infrared thermography is widely used in the field of non-destructive testing. The article describes the measurement methodology performed on a conveyor belt using a thermal imager. The dependence between the increase in temperature and the increase in force (stress) was recorded using a thermal imager. The individual results were displayed by means of thermograms and histograms, and a graph of the temperature dependence on the external loading force was processed. Based on this, conclusions were drawn on the use of this method in measuring the stresses in the belts of belt conveyors.

Keywords: infrared thermography, heat transfer, conveyor belt, stress

1 ÚVOD

Dopravný pás je veľmi dôležitou súčasťou dopravných systémov. Jedná sa o ťažný prvok, ktorý zabezpečuje prenos ťažnej sily z poháňacieho bubna na dopravný pás. Medzi pásom a poháňacím bubnom dochádza k plošnému treniu. Pás by mal spĺňať niekoľko funkcií - ťažnú, nosnú ako aj ochrannú. Pri naplnení prepravovaným materiálom musí byť dostatočne pružný a pevný. Pri optimalizácii odporov a nákladov pri preprave, mal by mať vysokú odolnosť voči namáhaniu a čo najnižšiu hmotnosť. V prevádzke patrí medzi najnákladnejší prvok týchto systémov, preto je potrebné hlavne z ekonomického hľadiska zabezpečiť ochranu pásu v celom procese prepravy. Pri prevádzke týchto zariadení sa pásy navrhujú podľa účelu prepravy a typu prepravovaného materiálu [1,2]. Základné rozdelenie pásov podľa typu kostry je na gumotextilné, oceľokordové a iné.

Dopravný pás sa skladá z hornej a dolnej krycej vrstvy. Horná krycia vrstva zabezpečuje ochranu kostry a je kontaktnou plochou s prepravovaným materiálom. Spodná časť dopravného pásu je tvorená dolnou krycou vrstvou. Táto vrstva zabezpečuje kontakt s nosnými a vodiacími valčekmi valčekovej stolice. Gumový ochranný okraj zabraňuje poškodeniu z bočných strán. Adhézna zmes má za úlohu vytvoriť pevné spojenie medzi jednotlivými vrstvami. Pri preprave materiálov o veľkej kusovitosti vzniká riziko prierazu, do konštrukcie sa vulkanizujú aramidové vlákna alebo kordy, zabezpečujúce ochrannú funkciu kostry (nárazník). Ďalšou časťou je kostra, ktorá zabezpečuje prenos ťahových síl. V praxi sa využívajú gumotextilné ako aj oceľokordové dopravné pásy.

* Korešpondenčný autor

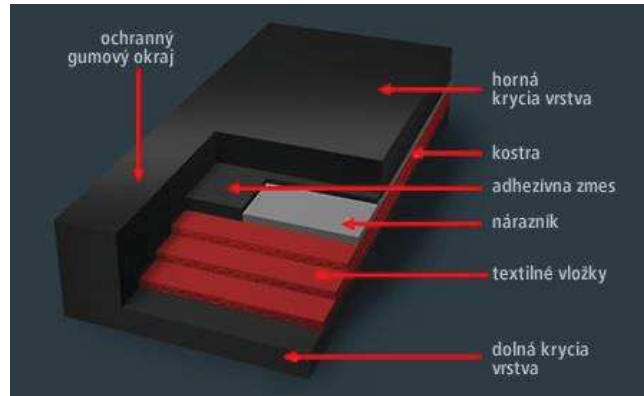
¹ **Dávid Heinz**, Ústav logistiky a dopravy, Fakulta BERG, Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 14, 04384 Košice, Slovenská republika, e-mail: david.heinz@tuke.sk

² **Branislav Halek**, Ústav zemských zdrojov, Fakulta BERG, Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 19, 04384 Košice, Slovenská republika, e-mail: branislav.halek@tuke.sk

³ **Jozef Krešák**, Ústav logistiky a dopravy, Fakulta BERG, Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 14, 04384 Košice, Slovenská republika, e-mail: jozef.kresak@tuke.sk

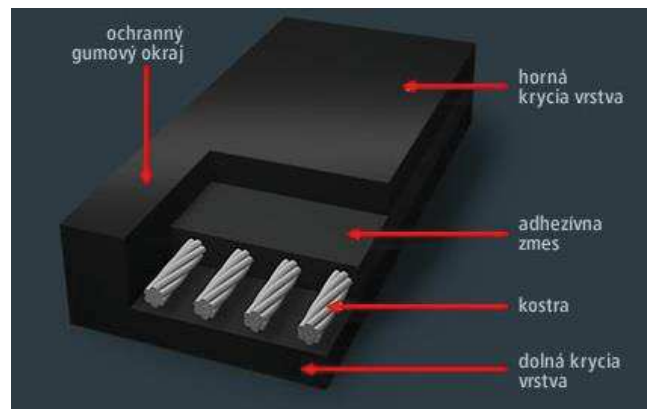
⁴ **Pavel Peterka**, Ústav zemských zdrojov, Fakulta BERG, Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 19, 04384 Košice, Slovenská republika, e-mail: pavel.peterka@tuke.sk

Gumotextilné pásy - najčastejšie využívajúce sa pásy v praxi. Pozdĺžna kostra je tvorená z polyesterového plátna. Pásy sú odolné voči nárazu a korózii s vysokou príľnavosťou a pevnosťou v ťahu. Pásy sú vyrábané v rôznych šírkach a pevnostných triedach. Používajú sa na dopravu materiálu na stredné a dlhé vzdialenosti. Štruktúra dopravného pásu je zobrazená na Obr. 1.



Obr. 1 Zloženie gumotextilného pásu [3]

Oceľokordové pásy – v praxi sú využívané na dlhé prepravné vzdialenosti pri pôsobení veľkých osových síl v dopravnom pásu. Oceľové kordy, ktoré tvoria kostru pásu sú pozdĺžne uložené v jadre gumeny. V praxi sú to menej využívajúce sa pásy z dôvodu ich mechanických vlastností (Obr. 2).



Obr. 2 Zloženie oceľokordového pásu [3]

Prierazy dopravných pásov vznikajú vniknutím tvrdého ostro hranného materiálu alebo cudzieho telesa do pásu skrz kryciu vrstvu a kostru pásu. Dochádza k nedostatočnej odolnosti pásu, ako aj podperného systému voči pôsobeniu rázovej sily dopadajúceho materiálu. Prieraz pri gumotextilnom a oceľokordovom pásu má iný charakter vzhľadom na ich súdržnosť a pevnosť. U gumotextilných dopravných pásov je výskyt prierazov omnoho väčší z dôvodu veľkého poškodenia kostry a možnosti vzniku separácie a následného pretrhnutia pásu. U oceľokordového dopravného pásu predstavujú prierazy menšie riziko zníženia pevnosti kostry vzhľadom k usporiadaniu kordov, avšak vzrastá tu možnosť pozdĺžneho prerezania v celej dĺžke pásu [1,2]. Nasledujúce vzorce charakterizujú základne fyzikálno-mechanické vlastnosti pásov.

Pevnosť v ťahu:

$$f_s = \frac{F_r}{b_t} [N/mm] \quad (1)$$

kde:

f_s – pevnosť v ťahu [N/mm];

F_r – maximálna sila [N];

b_t – šírka telesa pásu [mm].

Predĺženie pri referenčnom zaťažení:

$$\varepsilon_r = \frac{100 \cdot (L_A - L_1)}{L_1} [\%] \quad (2)$$

kde:

ε_t – ťažnosť [%];

L_1 – počiatková dĺžka, t. j. vzdialenosť medzi referenčnými značkami [mm];

L_A – dĺžka pri referenčnom zaťažení telesa [mm] [4].

2 MATERIÁL A METÓDY

Merania vzoriek dopravného pásu boli vykonávané prostredníctvom trhacieho stroja ZWICK ROELL Z030 a s využitím termokamery testo 882. Trhacím strojom boli merané vonkajšie sily pôsobiace na vzorku pásu. Termovíznou kamerou [5,6] bola sledovaná teplota vzorky.

Prvým krokom bolo pripravenie vzorky, jej kondicionovanie a potom samotné realizovanie skúšky. Počas skúšky trhací stroj zaznamenával silu a termokamera zaznamenávala teplotu prostredníctvom snímkov v pravidelných časových okamihoch.

Pri skúške bolo nutné zabezpečiť symetrické uchytenie skúšobného telesa, aby sa smer ťahovej sily a stredová čiara čelustí zhodovali. Hlavným výstupom pri ťahovej skúške bola nosnosť pásu, ťahová pevnosť, ťažnosť pri pretrhnutí, napätie pri danej deformácii, predĺženie pri danom napätí, napätie a predĺženie na medzi klzu. Norma STN ISO 283 špecifikuje celý priebeh skúšky. Pri každom zrealizovanom testovaní je nutné zmerať hrúbku skúšobného telesa pomocou hrúbkomera. Skúšobné telesá sú vyrezávané v smere osi (osnova) dopravného pásu alebo kolmo na ňu (útok). Vyrezávané boky vzoriek pásov musia byť kolmé.

Termokamera testo 882, ktorou bola meraná teplota v dopravnom páse patrí do kategórie termokamier určených pre profesionálnu termografiu a to v priemyselnej údržbe ako aj v stavebníctve. V oblasti priemyslu je ju možné použiť pre odhalenie napr. prechodových odporov v elektrickom rozvádzači, kontrolu ložísk. V oblasti stavebníctva môže byť použitá na detekciu tepelných mostov, konštrukcií budov, výplní a pod. [7].

Meranie bolo vykonané na vzorke dopravného pásu typu EP 630/4 800 4+2 Y. Materiál tvoriaci kostru pásu po osnove je polyester (syntetické vlákno, vysoká pevnosť, dobre ťahové vlastnosti) a materiál kostry v útku je tvorený polyamidom (syntetické vlákno, značné predlžovanie). Nominálna pevnosť pásu je $630 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-1}$ s počtom vložiek pásu 4. Hrúbka hornej krycej vrstvy pásu je 4mm a hrúbka dolnej krycej vrstvy je 2mm. Kategória krycích vrstiev Y je stanovená pre mierne brúsivý, zrnitý a sypký materiál

Vzorka dopravného pásu (Obr. 3), vložená do čelustí trhacieho stroja bola napínaná rýchlosťou $v = 100 \text{ mm/min}$ podľa normy STN ISO 283. Počas merania bolo termokamerou zaznamenávaná teplota vzorky. Vytvorené snímky boli vyhodnocované termogramom a histogramom pomocou softvéru IRSoft. Celý priebeh skúšky bol zaznamenávaný taktiež

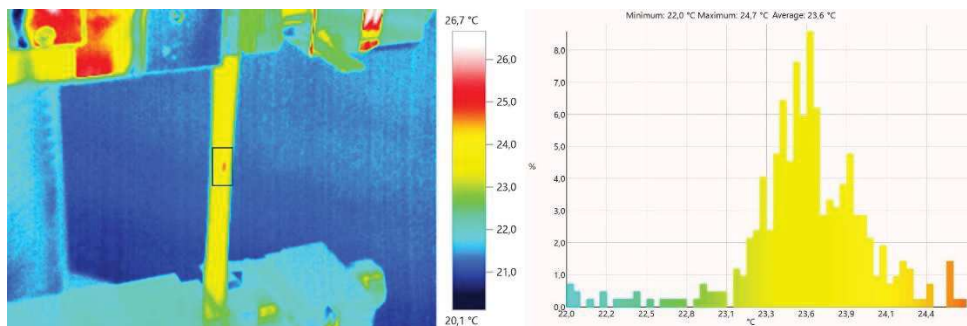
ťahovým diagramom vytvoreným príslušným softvérom ťhacieho stroja. Diagram znázorňuje veľkosť a priebeh sily, pri ktorej dochádza k namáhaniu vzorky pásu. Vzorka sa postupne predlžuje, až dochádza k jej pretrhnutiu pri určitej sile [8].



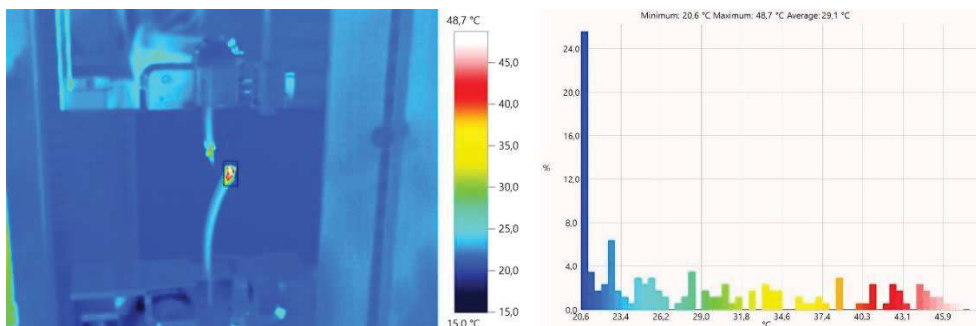
Obr. 3 Vzorka dopravného pásu EP 630/4 800 4+2 Y; A – pred roztrhnutím; B – po roztrhnutí

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Pri vytvorení termogramu boli vyznačené miesta na vzorke, v ktorých dochádza k zmene teploty počas napínania vzorky. Súčasne bol vytvorený histogram, ktorý na základe vyznačeného miesta na snímke termogramu percentuálne vyhodnocuje priebeh nárastu teploty. Na Obr. 4 a 5 sú zobrazené dva z niekoľkých termogramov a histogramov získaných pri skúške predmetného pásu.



Obr. 4 Termogram s histogramom - priebeh napínania pásu, $t = 24,7\text{ °C}$



Obr. 5 Termogram s histogramom - pretrhnutie vzorky pásu, $t = 48,7\text{ °C}$

Výsledky termogramov a histogramov ukazujú, že pri namáhaní vzorky pásu dochádza k malým nárastom teploty. Teplotné rozdiely sa pohybovali v rozmedzí 0,1 - 0,6 °C. Vzorka bola meraná pri nastavení parametrov termokamery a softvérom vyhodnotená pri odrážacej

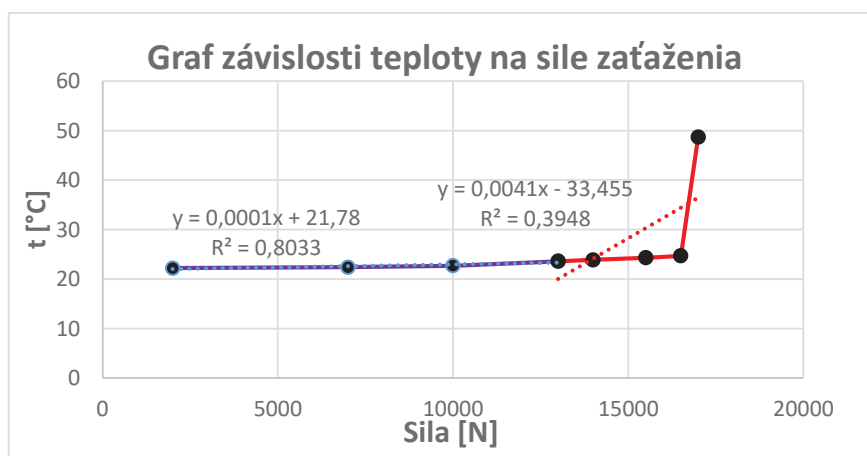
teplote $t = 22\text{ }^{\circ}\text{C}$, ktorá bola rovná teplote okolia. Emisivita povrchu materiálu pre gumu bola nastavená na hodnotu 0,94. Pri pretrhnutí vzorky pásu (Obr. 3 a 5) kostra pásu dosiahla teplotu o hodnote $48,7\text{ }^{\circ}\text{C}$. V Tab. 1 sú uvedené namerané hodnoty sily a teploty pri skúške predmetnej vzorky pásu.

Tab. 1 Priebeh teploty a sily pri skúške vzorky dopravného pásu

| Sila [N] | t_{\max} [$^{\circ}\text{C}$] | Priebeh namáhania |
|----------|-----------------------------------|----------------------------------|
| 2000 | 22,2 | S rastúcou silou stúpa teplota |
| 7 000 | 22,4 | |
| 10 000 | 22,7 | |
| 13 000 | 23,6 | |
| 14 000 | 23,9 | |
| 15 500 | 24,3 | Čiastočne poškodenie vzorky pásu |
| 16 500 | 24,7 | |
| 17 000 | 48,7 | Poškodenie vzorky pásu |

Z tabuľkových hodnôt bola zhotovená grafická závislosť teploty na sile vonkajšieho zaťaženia vzorky. Z priebehu tvaru krivky na grafe (Obr. 6) je zrejme, že k veľkému nárastu teploty dochádza tesne pred prerušením vzorky. Lineárna korelácia pre celý súbor dát je nevyhovujúca, boli namerané hodnoty rozdelené na dva súbory. Po rozdelení boli pre oba súbory zobrazené závislosti (Obr. 6) a vyhľadaná najlepšia korelačná funkcia vystihujúca vzťah medzi teplotou a zaťažujúcou silou.

Súbor nameraných hodnôt bol rozdelený na prvý súbor hodnôt pre hodnoty sily od 2000 N do 13 000 N s hodnotami teplôt od $22,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $23,6\text{ }^{\circ}\text{C}$. Druhý súbor hodnôt pre silu bol v intervale od 13000N do 17000N s intervalom teplôt od $23,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ do $48,7\text{ }^{\circ}\text{C}$ v zmysle tabuľky č.1. Pre oba súbory boli spracované korelačné krivky. Z grafu na obrázku 6 je zrejme, že smernica prvého súboru je veľmi mala a hodnoty teploty narástli len o $1,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ na intervale sily 2000 N až 13000 N. Smernica korelačnej funkcie má hodnotu 0,0001. To znamená, že krivka teploty je vlastne horizontálnou čiarou. V druhom súbore hodnôt je vidno, že teplota nenarastala veľmi prudko, enormný nárast teploty je medzi predposlednou a poslednou hodnotou sily, pri ktorej došlo k deštrukcii vzorky. Nárast teploty medzi týmito dvoma silami je $24\text{ }^{\circ}\text{C}$. a smernica lineárnej korelačnej funkcie na intervale sily je 0,0041. Táto hodnota smernice je 40krát väčšia ako hodnota smernice v súbore sily na intervale 2000 N až 13000 N.



Obr. 6 Grafická závislosť zmeny teploty na sile zaťaženia

4 ZÁVER

V rámci výskumu boli vykonané termovízne merania na vzorkách oceľových lán a reťazí. Meraniami sa sledovala závislosť medzi nárastom teploty a nárastom sily resp. napätia. Termovízne meranie na páse pre pásový dopravník je jedným z prvých meraní. Z tohto prvého merania môžeme deklarovat' tieto predbežné závery:

- nárast teploty v závislosti na sile resp. napätí vo vzorke je pozvoľný a k prudkému nárastu teploty dochádza až tesne pred deštrukciou vzorky. Pribeh závislosti teploty na sile je vidno na grafickej závislosti na obrázku č.6. Smernice korelačných funkcií potvrdzujú toto tvrdenie.
- meranie termovíznou kamerou musí byť kontinuálne,
- veľmi presne je potrebné stanoviť teplotu pozadia,
- pri pásoch pásových dopravníkov je potrebné veľmi presne stanoviť miesto merania- kostra alebo vonkajšia krycia vrstva, alebo meranie je nutné vykonať dvoma termovíznymi kamerami súčasne,
- pri meraní pásu bolo zistené, že guma je veľkým izolantom pre prestup tepla.

Výskumom v tejto oblasti sa sleduje, či teplotu je možné použiť ako parameter nedeštruktívneho skúšania, pomocou ktorého by sa v dostatočnom predstihu vedel zadefinovať technický stav zariadenia v takom čase, aby nedochádzalo k ohrozeniu užívateľa zariadenia.

POĎAKOVANIE

Túto prácu podporila Agentúra na podporu výskumu a vývoja APVV-18-0248.

LITERATÚRA

[1] Fedorko, G., Molnár, V., Michalik, P., Hadicové dopravníky (Pipe conveyor), Technická univerzita v Košiciach, Košice, 2013.

[2] Ambriško, L., Marasová, D., Laboratory and simulation experiments on rubber composites, first ed., Vydavatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, Plzeň, 2018.

[3] Eurobelt, Gumotextilné dopravné pásy, Bratislava, Dostupné na internete http://www.eurobelt.sk/conv_belts/rubber-textile-belts.php?lan=sk&mid=2 [cit. 2020-05-25].

[4] STN EN ISO 283, Pevnosť v ťahu, predĺženie pri pretrhnutí a predĺženie pri referenčnom zaťažení.

[5] Ruddock, R.W., Basic infrared thermography principles, Cover design, Terrence O'Hanlon, 2013.

[6] Procesné strojnictvo II. - Prenos tepla, Dostupné na internete http://kchsz.sjf.stuba.sk/download/Procesne_strojnictvo/Kapitoly/PS2_01_Prestup%20tepla.pdf [cit. 2020-02-13].

[7] Testo 882 – termokamera, Dostupné na internete <https://www.testo.com/sk-SK/testo-882/p/0560-0882> [cit. 2020-02-18].

[8] Ambriško, L., Marasová, D., Grendel, P., Determination the effect of factors affecting the tensile strength of fabric conveyor belts, Eksploatacja i Niezawodność - Maintenance and Reliability, 2016, 18, 1, 110-116.

D. HEINZ, B. HALEK, J. KREŠÁK, P. PETERKA: Methodology for the measurement of conveyor belts using the infrared technology

VALIVÉ ODPORY DVOCH VYBRANÝCH PNEUMATÍK NA BETÓNOVOM POVRCHU

MILAN HELEXA^{1*}, JÁN KOVÁČ², JOZEF KRILEK³

Abstract: The article focuses on the issue of measuring the rolling resistance of two tyres Mitas TS04 6.00-16 6PR and Mitas TS05 10.0 / 75-15.3 10PR on a concrete surface. The measurement in question was performed in a soil test channel, which had to be adjusted for the given purpose. The tyres were compared with each other based on the results of the rolling resistance coefficient calculation. The individual values obtained were approximated by linear functions and subsequently subjected to a statistical analysis - a test of the equality of the regression coefficients of the two basic sets. The results of this analysis showed that there is no statistically significant difference in the values of the measured rolling resistance coefficients of the monitored tyres, despite the fact that there are differences between them in geometric dimensions and load capacity. The measured results are basically confirmed by the results of other authors, especially in the fact that on a solid surface the values of the achieved rolling resistances can be reduced by increasing the inflation pressure of the tyre. However, this increase cannot be spontaneous but is always a compromise between the achieved resistances, the service life of the tyre and its adhesive properties.

Keywords: mobile working machine, wheel chassis, traction force, tyre, tyre testing

1 ÚVOD

Hlavnú zložku stratových odporov vozidiel a mobilných pracovných strojov s kolesovým podvozkom v lesníctve tvorí valivý odpor. Nezanedbateľná časť ich pohybu sa pritom realizuje častokrát na verejných komunikáciách alebo na spevnených povrchoch lesných ciest. Poddajnosť týchto povrchov je veľmi malá a preto sa tu uplatňuje predovšetkým deformácia pneumatík pojazdových kolies. Tá v podstatnej miere ovplyvňuje ich výslednú hodnotu odporu valivého a celkovú energetickú efektivitu jazdy po spevnenom nepoddajnom povrchu. Odpor valivý môžeme definovať ako energetickú stratu vznikajúcu valením pneumatiky spôsobenú jej nedokonale pružnou deformáciou ako aj pružením pneumatiky [10].

Počas jazdy sa pneumatika deformuje pôsobením zvislých (radiálnych), obvodových a bočných síl [6]. Pri zaťažení pneumatiky zvislou silou (ťaž vozidla) sa časť oblúka obežnej plochy pneumatiky (behúňa), ktorá prichádza do styku s povrchom cesty, musí stlačiť na určitú dĺžku. Po pootočení pneumatiky sa spomínaná časť obežnej plochy odľahčí, takže časť gummy, ktorá sa predtým stláčala sa bude opäť rozťahovať. Podobným spôsobom sa deformuje obežná plocha aj v priečnom smere. Po odľahčení sa častice gummy opäť rozťahnu. Takto sa častice pneumatiky v obvodovom a priečnom smere striedavo stláčajú a rozťahujú určitou frekvenciou, ktorá závisí od otáčok kolesa, a teda aj od rýchlosti vozidla alebo stroja [7]. Deformačná práca, ktorá vzniká pôsobením spomínaných zvislých, obvodových a bočných síl, sa po odľahčení pneumatiky celkom nevráti. Časť práce sa spotrebuje na prekonanie hysterézných strát pneumatiky. Ako uvádzajú Luchini a Popio [9], príčinou je nedokonalá

* Korešpondenčný autor

¹ Milan Helexa, Katedra environmentálnej a lesníckej techniky, Fakulta techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 96001 Zvolen, Slovenská republika, e-mail: milan.helexa@tuzvo.sk

² Ján Kováč, Katedra environmentálnej a lesníckej techniky, Fakulta techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 96001 Zvolen, Slovenská republika, e-mail: jan.kovac@tuzvo.sk

³ Jozef Krilek, Katedra environmentálnej a lesníckej techniky, Fakulta techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 96001 Zvolen, Slovenská republika, e-mail: jkrilek@gmail.com

pružnosť pneumatiky, ktorá sa vplyvom vlastného tlmenia po odľahčení nevráti úplne do počiatočného stavu. So spomínanou prácou na prekonanie strát pneumatiky práve súvisí odpor valivého trenia. Súčasťou valivého trenia je aj čiastočný sklz figúr dezénu v dotykovej ploche a straty spojené s prilnutím a odtrhnutím figúr dezénu od povrchu cesty [1]. Valivý odpor pneumatiky je tým menší, čím menej guma sa zúčastňuje deformácie pneumatiky.

Nezanedbateľný vplyv na výslednú hodnotu odporu valivého má aj drsnosť, resp. mikro a makrorelief samotného povrchu vozovky po ktorom sa pneumatika odvaľuje. Ten často krát komplikuje správne určenie výslednej hodnoty odporu valivého sledovanej pneumatiky [11]. V experimentálnej časti práce sme sa zamerali na hodnotenie valivých odporov dvoch diagonálnych agro-lesníckych pneumatík Mitas odvaľujúcich sa po betónovom povrchu. Ako experimentálne zariadenie sme využili pôdny skúšobný kanál realizovaný na našom pracovisku. Za týmto účelom sme dané zariadenie upravili, tak aby bolo možné dané merania vykonať, predovšetkým sme museli demontovať samotnú konštrukciu nádoby so zeminou ako aj pohonný mechanizmus kolesa z dôvodu odľahčenia nosnej konštrukcie kolesa. Zisťovanie valivých odporov testovaných pneumatík považujeme za kľúčové a zároveň aj ako východisko pre ďalšie merania v oblasti energetického hodnotenia kolesových pojazďových ústrojenstiev či už na vybranej pôde alebo na pevnom povrchu.

2 MATERIÁL A METÓDY

Ako príklad získaných výsledkov uvidíme ich časť ktorú sme namerali pre diagonálne pneumatiky Mitas TS05 10,0/75-15,3 10PR a Mitas TS04 6,00-16 6PR. Ich základné technické parametre podľa údajov výrobcu sú uvedené v Tab. 1.

Tab. 1 Základné technické parametre testovaných pneumatík

Mitas TS05 10,0/75-15,3 10PR

| Parameter | Hodnota |
|--|---|
| Priemer plášt'a | 800 [mm] |
| Šírka plášt'a | 277 [mm] |
| Maximálna nosnosť nepoháňanej pneumatiky | 1 500 [kg] |
| Maximálna nosnosť poháňanej pneumatiky | 1 090 [kg] pri rýchlosti 10 [km.h ⁻¹] |
| Maximálny tlak hustenia pneumatiky | 300 [kPa] |
| Hmotnosť plášt'a s ráfikom | 38,30 [kg] |

Mitas TS04 6,00-16 6PR

| Parameter | Hodnota |
|--|---|
| Priemer plášt'a | 750 [mm] |
| Šírka plášt'a | 177 [mm] |
| Maximálna nosnosť nepoháňanej pneumatiky | 710 [kg] |
| Maximálna nosnosť poháňanej pneumatiky | 610 [kg] pri rýchlosti 10 [km.h ⁻¹] |
| Maximálny tlak hustenia pneumatiky | 300 [kPa] |
| Hmotnosť plášt'a s ráfikom | 24,30 [kg] |

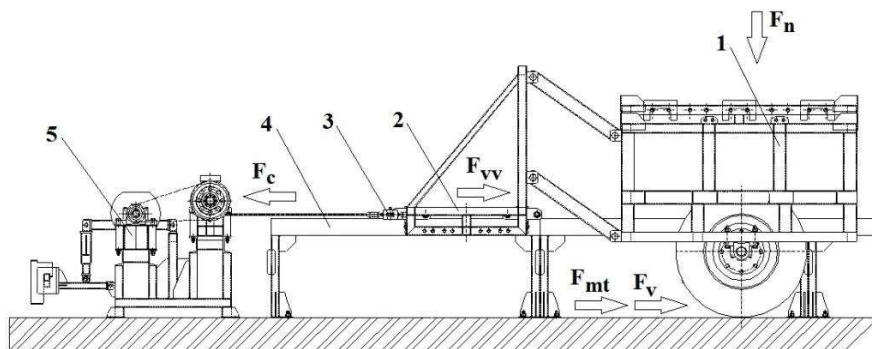
Predmetné merania valivého odporu sme realizovali na betónovom podklade za účelom zistenia valivého odporu sledovaných pneumatík. Konštrukcia pôdneho kanála bola v tomto prípade rozobraná.

Samotná metodika merania valivého odporu predmetných pneumatík bola jednoduchá a v podstate založená na ťahaní hlavného rámu s pneumatikou pomocou brzdného a navíjacieho zariadenia (Obr. 1, poz.5). Na snímanie veľkosti ťahovej sily sme použili snímač sily firmy HBM S9M/10 kN menovitej veľkosti 10 kN. Signál zo snímača bol následne zaznamenávaný meracou ústredňou HBM Quantum X MX 840 A, ktorá je ovládaná

prostredníctvom počítača softvérom firmy HBM Catman Easy. Ten umožňuje následný prevod zaznamenaných súborov do MS Excelu v ktorom sme výsledky meraní aj vyhodnocovali. Rýchlosť ťahania pneumatiky vzhľadom na stiesnené podmienky a rozmery bočného vedenia vodiaceho rámu sa pohybovala na úrovni $0,1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Meranie sa realizovalo pri tlakoch hustenia pneumatiky 100 kPa, 150 kPa, 200 kPa, 250 kPa a 300 kPa. Vertikálne zaťaženie pneumatiky bolo volené v piatich hladinách a to 222 kg (hmotnosť hlavného rámu bez mechanizmu pohonu kolesa a bez závaží), 350 kg, 478 kg, 606 kg a 734 kg. U pneumatiky Mitas TS04 6,0-16 6PR sme vynechali hladinu zaťaženia 734 kg, nakoľko by sme prekročili dovolené zaťaženie pneumatiky udávané výrobcom pre dané hladiny tlakov hustenia. Na zaťažovanie pneumatiky boli použité mechanické závažia vyrobené z oceľových platní hmotnosti 32 kg. Tlaky hustenia pneumatík a ich vertikálne zaťaženie boli volené tak, aby vyhovovali technickým požiadavkám stanoveným výrobcom pneumatík a nedochádzalo pri nich k zbytočnému preťažovaniu, ktoré znižuje ich životnosť.

V takto koncipovanom spôsobe merania valivých odporov pneumatík sa celková nameraná ťahová sila skladá nielen zo samotnej zložky valivého odporu ale aj zo zložiek ďalších odporových síl, ktoré musíme pri samotnom vyčíslení vo výsledku zohľadniť (Obr. 1).



Obr. 1 Silové pôsobenie pri ťahaní pneumatikového kolesa (meranie na betónovej podložke)

1. Hlavný rám s kolesom, 2. Vodiaci rám, 3. Snímač sily HBM S9M, 4. Bočné vedenie,
5. Brzdné a navíjacie zariadenie,

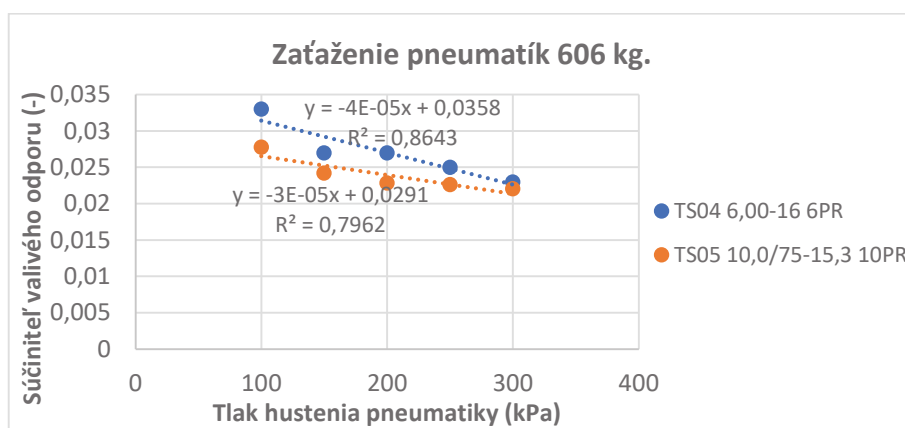
F_c – Celková odporová sila pri ťahaní, F_n – Normálová sila na pneumatiku, F_v – Odpor valivý,
 F_{mt} – Sila odporu trenia v ložiskách, F_{vv} – Sila odporu vo vedení vodiaceho rámu

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Ako sme už uviedli vyššie, samotná metodika merania valivého odporu predmetnej pneumatiky bola jednoduchá a v podstate založená na ťahaní hlavného rámu s pneumatikou pomocou brzdného a navíjacieho zariadenia (Obr. 1, poz.5). Tým sme získali hodnoty tzv. vnútornej zložky odporu valivého. Meranie sme vykonali pri piatich hladinách tlakov hustenia pneumatík 100 kPa, 150 kPa, 200 kPa, 250 kPa a 300 kPa a piatich hladinách zvislého (vertikálneho) zaťaženia kolesa (222 kg, 350 kg, 478 kg, 606 kg a 734 kg.), pri pneumatike Mitas TS04 6,00-16 6PR len na štyroch hladinách zaťaženia (222 kg, 350 kg, 478 kg a 606 kg). V priebehu merania sme zaznamenávali ťahový odpor vlečeného kolesa a to prostredníctvom snímača sily HBM S9M/10kN vzorkovacou frekvenciou 5 Hz. Uvedenú hodnotu vzorkovacej frekvencie sme volili na základe práce autorov Bauer a Sedlák [2], ktorý uvedenú hodnotu vzorkovacej frekvencie používali pri meraniach ťahových ukazovateľov traktorov. Namerané údaje boli cez merací záznamník HBM Quantum X MX 840 A prevedené do personálneho počítača a prostredníctvom meracieho softvéru HBM Catman Easy prevedené do súborov MS Excel v ktorom boli aj následne spracované. Rýchlosť pohybu vlečeného kolesa pritom bola

0,1 m.s⁻¹. Súborny nameraných ťahových odporov pri jednotlivých hodnotách zvislého zaťaženia a príslušných hodnotách tlakov hustenia sledovaných pneumatík boli následne štatisticky spracované v programe Statistica 12 CZ.

Medzi valivým odporom pneumatík a ich zaťažením je takmer lineárny vzťah [4]. Lineárny priebeh rovnovážneho odporu valenia ako funkcie zaťaženia pneumatiky je pravdepodobne náhodný. Je však veľmi dobre známy a viedol k zavedeniu pojmu súčiniteľa valivého odporu. Súčiniteľ valivého odporu je užitočný parameter, pretože umožňuje navzájom porovnávať rôzne pneumatiky. Na základe výpočtov súčiniteľov valivých odporov sme aj my navzájom porovnali sledované pneumatiky. Na nasledovnom Obr. 2 je vynesena závislosti súčiniteľov valivého odporu na tlaku hustenia pneumatík pre hladinu zaťaženia 606 kg.



Obr. 2 Závislosť súčiniteľov valivého odporu na tlaku hustenia pneumatík – zaťaženie 606 kg

V uvedenej grafickej závislosti je pozorovateľný pokles hodnôt súčiniteľov valivých odporov sledovaných pneumatík s narastajúcim tlakom hustenia. Podobne tomu bolo aj pri ďalších použitých hladinách zaťaženia. Na prvý pohľad by sa mohlo zdať, že pneumatika Mitas TS05 10,0/75-15,3 10PR je z hľadiska dosahovaných hodnôt súčiniteľov valivých odporov na tom o niečo lepšie ako pneumatika Mitas TS04 6,00-16 6PR. Na potvrdenie alebo vyvrátenie tejto hypotézy sme použili test zhody regresných koeficientov lineárnych funkcií ktorými sme preložili namerané body pre jednotlivé pneumatiky vo vyššie uvedených grafických závislostiach súčiniteľov valivého odporu na tlaku ich hustenia. Príklad získaných výsledkov použitej testovacej metódy uvádzame v nasledovnej Tab. 2 pre zaťaženie pneumatík 606 kg.

Tab. 2 Príklad získaných výsledkov výpočtu testu zhody regresných koeficientov lineárnych funkcií pre zaťaženie pneumatík 606 kg

| Regresná funkcia | R ² | R | Reziduálny rozptyl | s _b ² | p - level | t | t _{0,95} |
|---|----------------|-------|--------------------|-----------------------------|-----------|-------|-------------------|
| y = -4.E-05.x + 0,0358 TS04 6,00-16 6PR | 0,864 | 0,930 | 2,5333333E-06 | | | | |
| y = -3.E-05.x + 0,0291 TS05 10,0/75-15,3 10PR | 0,796 | 0,892 | 1,716667E-06 | 1,700000E-10 | 0,217 | 1,381 | 1,943 |

Uvedená testovacia charakteristika má za predpokladu platnosti nulovej hypotézy Studentovo rozdelenie pravdepodobnosti s počtom stupňov voľnosti 6. Ak je testovacia charakteristika z kritickej oblasti $|t| > t_{0,95}$, tak nulovú hypotézu o zhode regresných koeficientov zamietame. V takomto prípade musíme smernice regresných priamok považovať za rôzne

a nemôžeme predpokladať, že jednotková zmena vysvetľujúcej premennej spôsobí rovnakú zmenu vysvetľovanej premennej v prvom aj v druhom základnom súbore.

Keď sa pozrieme do výsledkov štatistickej analýzy (Tab. 2) vidíme, že hodnota testovacej charakteristiky $|t|$ je menšia než hodnota kvantilu Studentovho rozdelenia $t_{0,95}$. Podobne tomu bolo aj pri ostatných hladinách zaťaženia až na hodnotu zaťaženia 350 kg, kde testovacia charakteristika prekročila kritickú hodnotu testovacieho kritéria $t_{0,95}$. Prekročenie tejto hodnoty bolo spôsobené výrazným poklesom súčiniteľa valivého odporu pri tlakoch hustenia 250 kPa a 300 kPa u pneumatiky Mitas TS05 10,0/75–15,3 10PR a výraznejším poklesom preloženej funkcie vynesnými bodmi v porovnaní s údajmi vynesnými pre pneumatiku Mitas TS04 6,00-16 6PR. Na základe uvedeného môžeme vysloviť záver, že nie je štatisticky významný rozdiel v dosahovaných hodnotách súčiniteľov valivého odporu na jednotlivých tlakoch hustenia testovaných pneumatík pri jednotlivých hladinách vertikálneho zaťaženia až na hodnotu zaťaženia 350 kg. Môžeme teda tvrdiť, že dané testované pneumatiky sú v podstate rovnocenné z hľadiska dosahovaných hodnôt valivých odporov a nie je medzi nimi žiaden štatisticky významný rozdiel. Napriek tomu v jednotlivých priebehoch môžeme pozorovať, že priebeh súčiniteľov valivého odporu pneumatiky Mitas TS04 6,00-16 6PR na jednotlivých tlakoch hustenia a pri jednotlivých použitých hodnotách zaťaženia je o niečo vyšší ako u pneumatiky Mitas TS05 10,0/75-15,3 10PR. Na základe výsledkov vykonanej štatistickej analýzy však môžeme tvrdiť, že tento rozdiel nie je štatisticky významný.

Na základe výskumu, ktorí vykonal Clark [5] môžeme vysloviť závery, že pri danom zaťažení sa valivý odpor znižuje so zväčšovaním priemeru pneumatiky a so zmenšovaním profilového čísla (pomer výšky profilu k šírke profilu pneumatiky). Autor zistil, že značných úspor energie (pohonných hmôt) na pevných povrchoch je možné dosiahnuť napr. náhradou dvojmontáže pneumatík jednou širokoprilovou pneumatikou. V našom prípade je pneumatika Mitas TS05 10,0/75-15,3 10PR len o 100 mm širšia a má len o 50 mm väčší priemer ako pneumatika Mitas TS04 6,00-16 6PR. Dosiahnuté hodnoty a priebehy súčiniteľov valivého odporu jednotlivých pneumatík by mohli dané tvrdenie podporovať, ale vzhľadom na výsledky štatistickej analýzy ich však môžeme považovať za rovnocenné a rozdiely medzi nimi zanedbať.

Ako vyplýva z dosiahnutých výsledkov pri valení sa pneumatiky po pevnom nepoddajnom povrchu zvyšovanie tlaku hustenia pri danom zaťažení priaznivo pôsobí na znižovanie hodnôt dosahovaných valivých odporov. Toto zvyšovanie tlaku hustenia však nemôže byť živelné a neuvážené. Vždy ide o určitý kompromis medzi dosahovanými odpormi valenia, primeranou kilometrovou životnosťou a v neposlednom rade aj o dosahovanie dobrých jazdných vlastností pneumatík. Preto pri správnej voľbe tlaku hustenia pneumatík na konkrétnom vozidle alebo pracovnom stroji je potrebné sa držať technických predpisov výrobcu pneumatík ako aj samotného výrobcu vozidla alebo stroja.

4 ZÁVER

Valivý odpor pneumatík ovplyvňujú taktiež vlastnosti kordového materiálu, a to jednak stratami vo vnútri kordu v dôsledku hysterézie, jednak vplyvom modulu pružnosti na deformáciu gumi. Valivý odpor pneumatík pochopiteľne súvisí aj s viskoelastickými vlastnosťami jej gumových zložiek. Na viskoelastické straty má pri pneumatikách najväčší vplyv behúň [8]. Jeho pracovný cyklus sa zdá byť kombináciou radiálneho stlačenia, ohybu a trenia. Ukazuje sa, že medzi týmito zložkami je silná interakcia, čo môže spôsobiť, že skutočné energetické straty sú väčšie, než sa očakávalo v prípade, že sú v jednotlivých častiach pneumatiky použité rôzne polyméry.

Valivý odpor pneumatiky je do určitej miery ovplyvnený aj dobou prevádzky (jazdy) vozidla na ktorom je prevádzkovaná [3]. Z narastajúcim časom prevádzky sa pneumatika postupne zohrieva a odpor valivý mierne klesá. Túto otázku sme na našom zariadení neriešili, nakoľko nemáme zariadenie na ktorom by sme pneumatiku dokázali zabehnúť na určitú prevádzkovú teplotu. Pri našom experimente bola pneumatika zahriata na okolitú teplotu prostredia laboratória, ktorá sa pohybovala na úrovni 20°C až 22°C.

Otázka úrovne znižovania valivého odporu pneumatík na pevných povrchoch je predovšetkým otázkou kompromisu medzi ziskom na úsporách energie a stratou na životnosti pneumatiky. Adhézne vlastnosti pneumatiky by z hľadiska bezpečnosti prevádzky pritom nemali byť ovplyvnené. Zníženie hysterézie materiálu je možné dosiahnuť použitím efektívnejších kompozitov guma – kord a použitím gumových zmesí a kordov s nižšou hysteréziou.

POĎAKOVANIE

Túto prácu podporila Vedecká grantová agentúra Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu SR a SAV projektom VEGA 1/0364/21.

LITERATÚRA

- [1] Andersson, P., Hoover, C., Winroth, J., Kropp, W., Numerical modelling of tyre/road interaction, *Science Bulletin Automotive*, 2012, 22, 5-14.
- [2] Bauer, F., Sedlák, P., Attached plowx linkage influence on the load of tractor driving wheels, *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, 2003, 51, 193-204.
- [3] Behnke, R., Kaliske, M., Thermo-mechanically coupled investigation of steady state rolling tires by numerical simulation and experiment, *International Journal of Non-Linear Mechanics*, 2015, 68, 101-131.
- [4] Berger, T., Behnke, R., Kaliske, M., Viscoelastic linear and nonlinear analysis of steady state rolling rubber wheels: A comparison, *Rubber Chemistry and Tech.*, 2016, 89, 449-525.
- [5] Clark, S.K., Rolling resistance of pneumatic tires, *Tire Science and Tech.*, 1978, 3, 163-175.
- [6] Djordjevic, M., Jankovic, A., Jeremic, B., Rolling resistance as the risk factor for fuel consumption, *Journal of Vehicle System Modeling and Testing*, 2009, 3, 185-200.
- [7] Faraji, M., Majd, V., Saghafi, B., Sojoodi, M., An optimal pole-matching observer design for estimating tyre-road friction force, *Vehicle Systems Dynamics*, 2010, 48, 1155-1166.
- [8] Garcia, M.A., Kaliske, M., Wang, J., Bhashyam, G., A consistent implementation of inelastic material models into steady state rolling, *Tire Science and Tech.*, 2016, 44, 174-190.
- [9] Luchini, J., Popio, J., Modeling transient rolling resistance of tires, *Tire Science and Technology*, 2007, 35, 118-140.
- [10] Pouget, S., Sauzéat, C., Benedetto, H.D., Olard, F., Viscous energy dissipation in asphalt pavement structures and implication for vehicle fuel consumption, *Journal of Material Civil Engineering*, 2012, 10, 568-576.
- [11] Wang, S., *Road terrain classification technology for autonomous vehicle*, Springer, Dordrecht, Heidelberg, New York, London, 2019.

M. HELEXA, J. KOVÁČ, J. KRILEK: Rolling resistances of two selected tires on a concrete surface

NESTANDARDÍ PODVOZKY KOLEJOVÝCH VOZIDEL

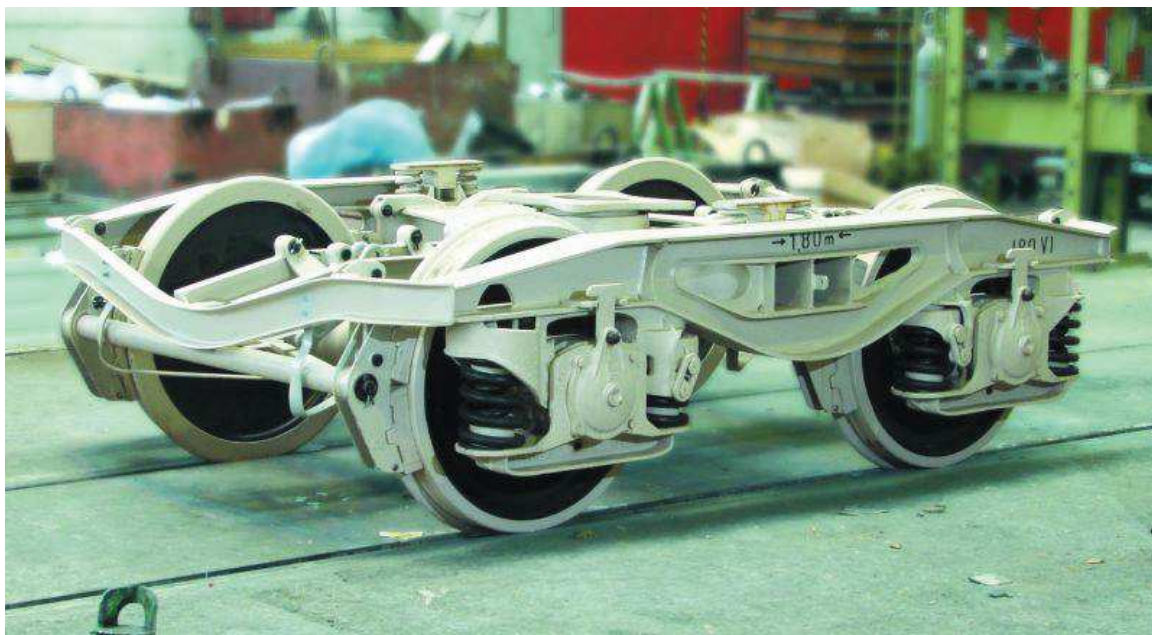
PETR HELLER^{1*}

Abstract: The post contains information about three different non-standard bogies. Development of a single-axle bogie for a regional vehicle, with the participation of students.

Keywords: non-standard-bogies, single axle bogie for regional vehicles

1 ÚVOD

Podvozky jsou důležitá stavební struktura kolejového vozidla. Podvozek je obvykle dvou nebo třínápravový vozík, který se nachází pod skříní kolejového vozidla a má určitou volnost v horizontálním i vertikálním směru. Podvozek umožňuje průjezd vozidla horizontálními i vertikálními oblouky. Pro ilustraci použiji podvozek světoznámého výrobce nákladních vozů i podvozků Tatravagonky Poprad (Obr. 1).

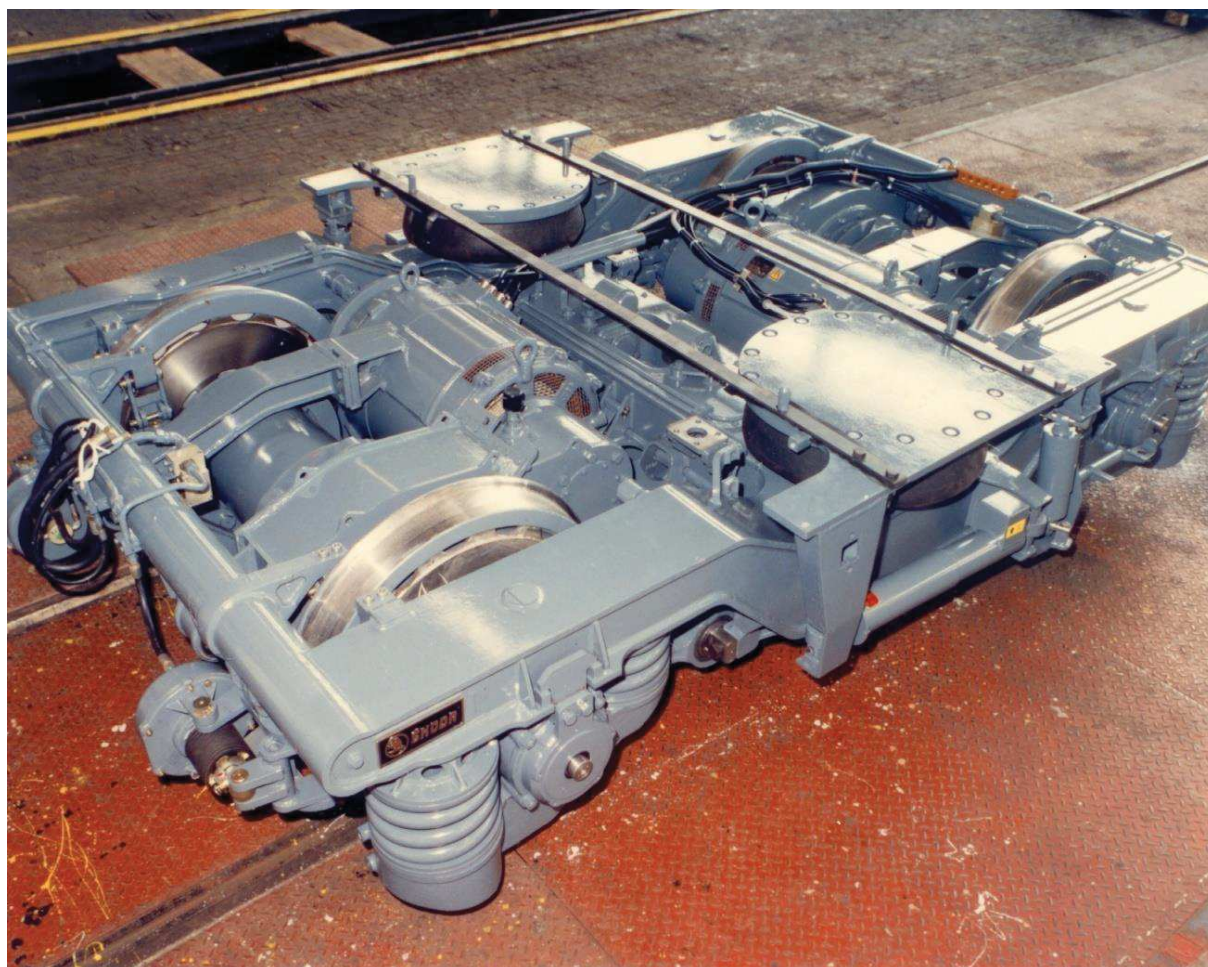


Obr. 1 Podvozek Y25 pro nákladní železniční vozy (Tatravagonka)

Tento podvozek je běžný, má jen primární vypružení šroubovitými pružinami, špalíkovou brzdou. Složitější jsou podvozky trakční pro osobní motorové vozy nebo elektrické jednotky.

* Korešpondenční autor

¹ Petr Heller, Katedra konstruování strojů Fakulta strojní, Západočeská univerzita v Plzni, Univerzitní 8, 30100 Plzeň, Česká republika, e-mail: pheller@kks.zcu.cz



Obr. 2 Trakční podvozek pro elektrickou jednotku 471 (ŠKODA)

Trakční podvozek (Obr. 2) pro elektrickou jednotku má kromě primárního vypružení ještě sekundární vzduchové vypružení, pohon dvojkolí elektrickým motorem, kotoučovou brzdu.

2 MATERIÁL A METODY

2.1 Nestandardní podvozek slovenské strelly M290

Slovenskou strelu vyrobila v roce 1936 Tatra Kopřivnice v počtu 2 ks, pro provoz na trati Praha Bratislava. Zachovalo se pouze jedno vozidlo, je to národní kulturní památka. V minulých dvou letech provedla firma ČMŽO Přerov opravu a uvedla ji do provozuschopného stavu Obr. 3.



Obr. 3 Príjazd Slovenské strela po renovaci do Kopřivnice

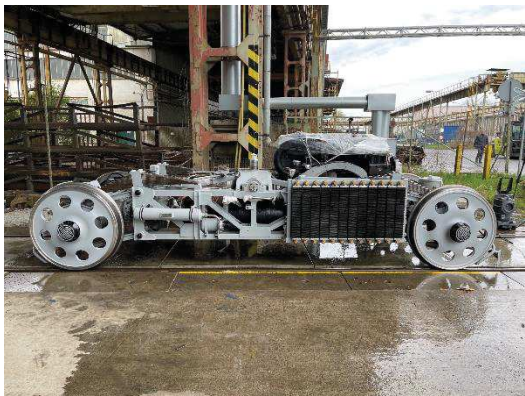
Toto vozidlo mělo v době svého vzniku neobvyklé parametry, kromě jiného maximální rychlost 130 km/h. Cestovní rychlost 91 km/h na trati Praha - Bratislava. Nestandardní podvozky a nestandardní pohon dvojkolí umožnily dosažení těchto parametrů. Následující Obr. 4 a 5 ukazují podvozek již po renovaci.



Obr. 4 Podvozek Slovenské strela po renovaci

Na první pohled jsou patrné zvláštnosti podvozku. Vnitřní rám podvozku je prutová konstrukce. Dvojkolí má vnitřní ložiska a bubnovou brzdu na vnitřní straně obručí. Vedení dvojkolí je provedeno ojnicemi, jednoduché vypružení tvoří pružnice. Velmi zajímavý je také

pohon dvojkolí. V podvozku je poháněno jedno dvojkolí od benzinového motoru přes elektromechanický přenos výkonu. Zjednodušeně řečeno, spalovací motor pohání generátor s rotujícím statorem [1]. Při rozjezdu jde proud do elektrického motoru, který pohání dvojkolí do 70 km/h, od této rychlosti je přímý mechanický pohon.



Obr. 5 Pohledy na podvozek Slovenské strely po renovaci

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

3.1 Nestandardní podvozek pro úzkorozchodnou tramvaj

Pouze připomínám, že výše uvedený podvozek nás inspiroval k vytvoření podvozku pro úzkorozchodnou tramvaj (Obr. 6). Informace o něm proběhla na minulé konferenci DMT.



Obr. 6 Nestandardní podvozek pro úzkorozchodnou tramvaj (na zkušební stolici)

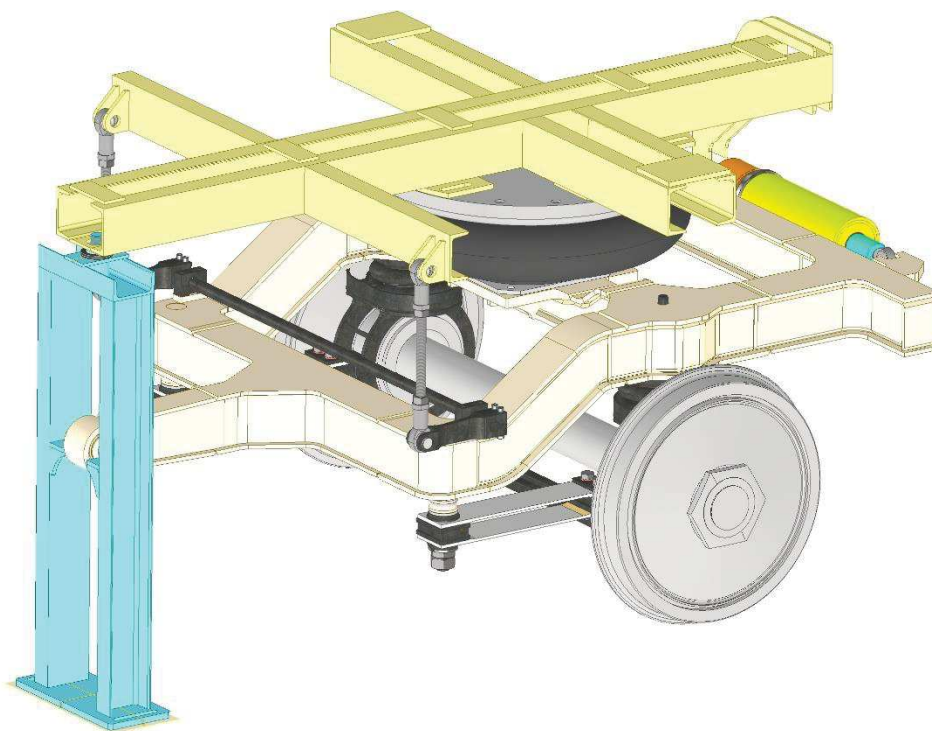
3.2 Nestandardní jednonápravový podvozek pro regionální vozidlo

Současné dvounápravové motorové vozy řady 810, nebo 814 (Regionova) mají již přes 40 let. Mají jednonápravové podvozky, Obr. 7.



Obr. 7 Jednonápravový podvozek motorového vozu ř. 810 a Regiobnova

V rámci programu GAMA 2, Technologické agentury ČR, máme připravený nestandardní otočný podvozek podle Obr. 8.



Obr. 8 Jednonápravový otočný podvozek ve stendu [2]

Tento podvozek má vnitřní rám a dvojkolí s vnitřními ložisky. Vedení dvojkolí obstarávají dva ploché kompozitní pásy, primární vypružení šroubovitými pružinami. Sekundární vypružení má jednu vzduchovou pružinu, je doplněna torzním stabilizátorem. Podvozek se při vjezdu do oblouku natáčí kolem osy na konci oje. Na konstrukci se podíleli

studenti ZČU. V súčasnej dobe probíha technologická príprava výroby v Krnovských opravniach a strojnách a.s.

4 ZÁVĚR

Jednonápravový otočný podvozek pro regionální vozidlo je nestandardní řešení otočného podvozku podle užitého vzoru 35075 autorů Heller, Beno, Bartko, pro kolejová vozidla. Při tvorbě podvozku studenti prakticky používali své znalosti získané studiem.

PODĚKOVÁNÍ

Tuto práci podpořili Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta strojní, Katedra konstruování strojů, dále Technologická agentura České republiky, program GAMA.

LITERATURA

[1] Sousedík, J., Československý patent č. 53 735 ze dne 25.2.1936.

[2] Heller, P., Beno, J., Bartko J., Jednonápravový podvozek pro kolejová vozidla, užité vzor 35075 z 18.5.2021.

P. HELLER: Non-standard bogies of rail vehicles

ANALYSIS OF ECOLOGICAL HYDRAULIC- TRANSMISSION FLUID'S DEGRADATION WITH USING ICP SPECTROMETRY BY OPERATING LOAD SIMULATION

ROMANA JANOUŠKOVÁ^{1*}, MATEJ MICHALIDES²,
PETER KOŽUCH³

Abstract: The aim of the work was to conduct research on the degradation of ecological hydraulic-transmission fluid MOL Farm NH Ultra used in agricultural and forestry equipment operating in an environmentally sensitive environment, by simulating the operating load with using ICP spectrometry. The testing of the fluid was performed on a test device that allows testing of hydrostatic transducers and hydraulic-transmission fluids. The results of the work include the evaluation of the physical properties of the samples of the tested hydraulic-transmission fluid and the evaluation of the oil samples taken by ICP spectrometry after working 125 and 250 hours while simulating the operating load.

Keywords: hydraulic-transmission fluids, laboratory research, physical properties, ICP spectrometry

1 INTRODUCTION

The issue of the environment and the reduction of energy inputs are serious problems in society, where in hydraulic systems of mobile energy devices, the carriers of energy are hydraulic fluids. Transmission-hydraulic fluid must meet all conditions that occur during the operation of hydraulic systems, according to strict performance specifications [1,2]. The use of ecological fluids is of great importance especially in agriculture, because the technical level of mechanization means cannot yet completely rule out the leakage of hydraulic fluids. Especially in case of ecological fluids, pollution has a very harmful effect, because it accelerates the degradation processes [3,4]. Several authors deal with the evaluation of hydraulic fluid during the operational test with subsequent analysis of polluting elements in their work [5,6]. For proper function and effective care of hydraulic fluids, it is necessary to choose a suitable methodology for monitoring impurities in the fluid and continuous contamination degree comparison of the fluid and its impact on the operation of the machine [7,8]. The assessment of the hydraulic fluids purity is constantly evolving, and operational tests are often energy-intensive, time-consuming, and therefore costly. For these reasons, accelerated tests of fluids are used, which in laboratory conditions simulate the operating load and then analyze the physical, chemical properties and also the impact of the used ecological fluid on the technical condition of the selected machine element [9,10].

* Corresponding author

¹ **Romana Janouškova**, Department of Transport and Handling, Faculty of Engineering, Slovak University of Agriculture in Nitra, Tr. A. Hlinku 2, Nitra, 94901, Slovak Republic, e-mail: xjanouskova@uniag.sk

² **Matej Michalides**, Department of Transport and Handling, Faculty of Engineering, Slovak University of Agriculture in Nitra, Tr. A. Hlinku 2, Nitra, 94901, Slovak Republic, e-mail: xmichalides@uniag.sk

³ **Peter Kožuch**, Department of Transport and Handling, Faculty of Engineering, Slovak University of Agriculture in Nitra, Tr. A. Hlinku 2, Nitra, 94901, Slovak Republic, e-mail: xkozuchp@uniag.sk

2 MATERIAL AND METHODS

The transmission-hydraulic oil deforms continuously during operation, it is exposed to stress, during which it gradually degrades. A laboratory test device (Fig. 1) was designed for laboratory tests, where the Mol Farm Ultra liquid was loaded with operating pressure and temperature. Samples of tested fluid from laboratory tests were subjected to the following laboratory tests: ferrographic analysis, measurement of TAN, determination of the number of particles and their classification. The following pressure sensors (HAD 4748-H-0400-000), temperature sensor (ETS 4148-H-006-000) and flow sensor (EVS 3108-H-0300-000) were used to measure the characteristics of the transmission-hydraulic circuits. The HYDAC HMG 3010 recording unit was used to record the measured values (pressure, temperature, liquid flow).

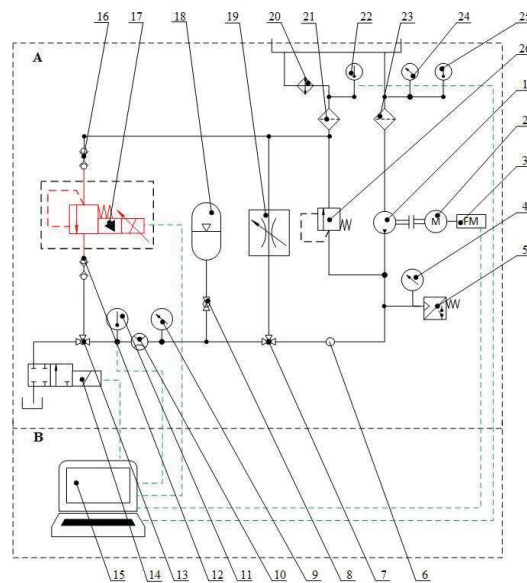


Fig. 1 Hydraulic circuit diagram for testing hydrostatic transducers and hydraulic fluids [11]

A - Hydraulic circuit; B - Control and evaluation circuit; 1 – hydraulic pump; 2 - electric motor; 3 - frequency converter; 4, 9, 24 - pressure sensors; 5 - pressure sensor; 6 - measuring point for evaluating the liquid indicator; 7, 13 - three-way valves; 8 - ball valve; 10 - flow sensor; 11, 22, 25 - temperature sensors; 12, 16 - quick couplings; 14 - switchboard; 15 - computer; 17 - electro-hydraulic proportional valve; 18 - pressure accumulator; 19 - throttle valve with stabilization; 20 - cooler; 21, 23 - filters; 26 - pressure valve

The sampling procedure of the tested hydraulic fluid is governed by the standard STN 65 6207 (Hydraulic oils and fluids. Sampling for the determination of the content of mechanical impurities). Before the first measurement, it is necessary to take a sample of the tested hydraulic oil, which will be the reference sample. During the first measurement, the data of the signals from the flow, pressure and control signals from the temperature sensor are recorded, at speeds of 500, 750, 1000, 1250, 1500, 1750, 2000, 2250, 2500 and 2750 min^{-1} , for a period of 125 hours (we repeated the procedure after another 125 hours). Samples of MOL Farm NH Ultra hydraulic fluid after 250 hours were subjected to physic-chemical analysis. The basic characteristics given by the manufacturer of the hydraulic fluid being tested are given in Tab. 1.

Tab. 1 Basic properties of the tested hydraulic fluid Mol Farm NH Ultra

| Properties | Units | Values |
|---------------------------------|----------------------------------|--------|
| Bulk density at 15 °C | kg.m ⁻³ | 875 |
| Kinematic viscosity at 40 °C | mm ² .s ⁻¹ | 64,2 |
| Kinematic viscosity at 100 °C | mm ² .s ⁻¹ | 10,9 |
| Viscosity index | - | 162 |
| Freezing point | °C | -36 |
| Flash point in an open crucible | °C | 210 |

3 RESULTS AND DISCUSSION

ICP (Inductively Coupled Plasma) spectrometry was focused on the determination of the concentration of important chemical elements in the tested transmission-hydraulic fluid MOL Farm NH Ultra (Tab. 2). During operation, the hydraulic system undergoes mechanical wear of individual elements of the hydraulic circuit, and thus also the formation of abrasion particles, which is a natural phenomenon and cannot be avoided in practice [6,7,12].

Tab. 2 - ICP spectrometry of tested transmission - hydraulic fluid Mol Farm NH Ultra results

| | Chemical element | Label | Units | 0 h | 125 h | 250 h |
|-------------------------|------------------|-------|---------------------|--------|--------|--------|
| Abrasive metals | Aluminum | Al | mg.kg ⁻¹ | <10,0 | <10,0 | <10,0 |
| | Molybdenum* | Mb | mg.kg ⁻¹ | <10,0 | <10,0 | <10,0 |
| | Tin | Sn | mg.kg ⁻¹ | <10,0 | <10,0 | <10,0 |
| | Titanium | Ti | mg.kg ⁻¹ | <10,0 | <10,0 | <10,0 |
| | Nickel | Ni | mg.kg ⁻¹ | <10,0 | <10,0 | <10,0 |
| | Chrome | Cr | mg.kg ⁻¹ | <10,0 | <10,0 | <10,0 |
| | Copper | Cu | mg.kg ⁻¹ | <10,0 | <10,0 | <10,0 |
| | Iron | Fe | mg.kg ⁻¹ | <10,0 | <10,0 | <10,0 |
| | Lead | Pb | mg.kg ⁻¹ | <10,0 | <10,0 | <10,0 |
| | Zinc | Zn | mg.kg ⁻¹ | 1450,0 | 1440,0 | 1430,0 |
| Contaminants | Silicon | Si | mg.kg ⁻¹ | <10,0 | <10,0 | <10,0 |
| | Sodium | Na | mg.kg ⁻¹ | <50,0 | <50,0 | <50,0 |
| | Potassium | N | mg.kg ⁻¹ | <10,0 | <10,0 | <10,0 |
| Additives | Barium | Ba | mg.kg ⁻¹ | <10,0 | <10,0 | <10,0 |
| | Magnesium | Mg | mg.kg ⁻¹ | 15 | 12 | 13 |
| | Phosphorus | F | mg.kg ⁻¹ | 1290,0 | 1300,0 | 1300,0 |
| | Calcium | Ca | mg.kg ⁻¹ | 3650,0 | 3670,0 | 3650,0 |
| Another elements | Manganese | Mn | mg.kg ⁻¹ | <10,0 | <10,0 | <10,0 |
| | Sulfur | S | mg.kg ⁻¹ | 4650,0 | 4740,0 | 4750,0 |

When comparing the results of ICP spectrometry (Tab. 3), which was performed by an accredited laboratory of Klüber, it can be argued that no increased incidence of abrasion parts was recorded in the tested transmission-hydraulic fluid after 250 hours compared to a new sample and a range of limit values evaluated by the standard ASTM D6595 - 00, 2011. It can therefore be concluded that the tested transmission-hydraulic fluid MOL Farm NH Ultra does

not act aggressively on the components of the hydraulic system on which the real operating load was simulated. The only element that has exceeded the limit value was zinc. However, in this case, the reference sample analyzed at 0 hours worked must be followed. Evaluation of ICP spectrometry results from the point of view of contaminants, where the limit values of MOL Farm NH Ultra contaminants in hydraulic fluids are given by the standard ASTM D6595 - 00, 2011. When comparing the results of ICP spectrometry, which was performed by an accredited laboratory of Klüber, it can be stated that no increased occurrence of contaminants was recorded in the tested hydraulic fluid after 250 hours compared to a new sample and the range of limit values given in the standard ASTM D6595 - 00, 2011.

4 CONCLUSION

Works [2,13] deal with the design of laboratory test equipment in his work, focusing on hydraulic systems where he states that high demands are placed on hydraulic fluids as an energy carrier in hydraulic systems, while the test equipment should simulate the operating load of the tractor hydraulic system. The advantage of simulating operational tests is that the measured data can be used as input data for long-term tests under laboratory conditions. In this way, it is possible to obtain objective information on the possible ecological impacts of the hydraulic fluids used on the environment [4,14,15]. Samples of the tested transmission - hydraulic fluid MOL Farm NH Ultra were subjected to ICP spectrometry during its testing, in which the values of abrasive metals, contaminants and additives were determined. Contamination also significantly affects the performance of the hydraulic system, it can lead to reduced efficiency, wear of components and other adverse effects. At present, there are still not enough data to clearly recommend the type of loading during the tests, as hydrostatic transducer life tests usually include cyclic pressure, but there is little agreement on the shape and frequency of the pressure curve. The shape and frequency of the pressure curve during its operation in operating conditions are long-term tests at the Department of Transport and Handling, where based on data obtained from operational measurements, these were applied to laboratory tests [2,5,11, 13,16,17]. The properties of a hydraulic fluid are given by its physico-chemical composition, and each transmission-hydraulic fluid is limited by its service life, beyond which it can no longer perform the functions required of it. Impurities, depletion of additives and degeneration of the base oil have the main influence on the wear of the hydraulic fluid. Based on the results obtained when testing the transmission-hydraulic fluid MOL Farm NH Ultra and its effect on the hydraulic system, it can be stated that the transmission-hydraulic fluid is able to work in the hydraulic system of mobile power plants without negative effects on flow characteristics of hydraulic pump and increased abrasion [18].

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by project VEGA 1/0155/18 „Applied research of the use of ecological energy carriers in agricultural, forestry and transport technology“ and by project KEGA 028SPU-4/2019 „Practical utilization of design and testing knowledge of transmission systems of hydraulic mechanisms of mobile agricultural and forestry machinery.”

REFERENCE

[1] Čorňák, Š., Identification of operating fluids with fingerprint method utilization, In: 17th International Scientific Conference Engineering for Rural Development 2018, Jelgava, Latvia, 23 May - 25 May 2018, 2048-2053.

- [2] Hujo, L., Čorňák, Š., Tkáč, Z., Jánošová, M., Laboratory research of transmission – Hydraulic fluid, In: 7th International conference on trends in agricultural engineering 2019, Prague, Czechia, 17 September - 20 September 2019, 183-188.
- [3] Kopiláková, B., Turza, J., Hujo, L., Kosiba, J., Evaluation of hydraulic resistance in various liquids and temperature, Tribology in Industry, 2017, 39, 1, 129-135.
- [4] Majdan, R., Jánošová, M., Halenár, M., Improvement of hydraulic fluid cleanliness level for tractors, Spravodaj ATD SR, 2017, 14, 2, 15-21.
- [5] Tulík, J., Kosiba, J., Szabó, M., Varga, F., Kangalov, P.G., Mareček, J., Analysis of new biodegradable fluid during of the operating test, Agricultural, Forest and Transport Machinery and Technologies, 2015, 2, 1.
- [6] Kosiba, J., Čorňák, Š., Glos, J., Jablonický, J., Vozárová, V., Petrovič, A., Csillag, J., Monitoring oil degradation during operating tests, Agronomy Research, 2016, 14, 5, 1626-1634.
- [7] Máchal, P., Tkáč, Z., Kosiba, J., Jablonický, J., Hujo, L., Kučera, M., Tulík, J., Design of a laboratory hydraulic device for testing of hydraulic pumps, Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 2013, 61, 5, 1313-1319.
- [8] Nosian, J., Hujo, L., Zastempowski, M., Janoušková, R., Design of laboratory test equipment for testing the hydrostatic transducers, Acta Technologica Agriculturae, 2021, 24, 1, 35-40.
- [9] Janoušková, R., Nosian, J., Feriancová, P., Markiewicz, M., Analysis of degradation of ecological transmission hydraulic fluids used in agricultural and forestry machinery, Engineering Mechanics, 2020, 1, 230-233.
- [10] Nosian, J., Janoušková, R., Michalides, M., Kožuch, P., Design of laboratory test hydraulic equipment for testing hydrostatic transducers and hydraulic fluids, MendelNet 2020, 462-467.
- [11] Hujo, L., Jablonický, J., Tkáč, Z., Návrh inovatívneho laboratórneho simulačného zariadenia na skúšanie hydrostatických prevodníkov hydraulických kvapalín, 1. vyd., Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Nitra, 2017.
- [12] Simikić, M., Dedović, N., Savin, L., Tomić, M., Ponjičan, O., Power delivery efficiency of a wheeled tractor at oblique drawbar force, Soil and Tillage Research, 2014, 141, 32-43.
- [13] Hujo, L., Nosian, J., Zastempowski, M., Kosiba, J., Kaszkowiak, J., Michalides, M., Laboratory tests of the hydraulic pump operating load with monitoring of changes in the physical properties, Measurement & Control, 2021, 54, 3-4, 243-251.
- [14] Tkáč, Z., Čorňák, Š., Cviklovič, V., Kosiba, J., Glos, J., Jablonický, J., Bernát, R., Research of biodegradable fluid impacts on operation of tractor hydraulic system, Acta Technologica Agriculturae, 2017, 24, 2, 42-45.
- [15] Zastempowski, M., Bochat, A., Hujo, L., Selected aspects of modelling and design calculations of roller mills, Sustainability, 2021, 13, 5, 1-10.

[16] Hujo, L., Tkáč, Z., Tulík, J., Kosiba, J., Uhrinová, D., Jánošová, M., Monitoring of operation loading of three-point linkage during ploughing, *Research in Agricultural Engineering*, 2016, 62, 1, 24-29.

[17] Hujo, L., Tkáč, Z., Jablonický, J., Uhrinová, D., Halenár, M., The action of force measurement for the three-point hitch of a tractor, *Agronomy Research*, 2017, 15, 1, 162-169.

[18] Hujo, L., Jablonický, J., Markovič, J., Tulík, J., Simikić, M., Zastempowski, M., Janoušková, R., Design of laboratory test equipment for automotive oil filters to evaluate the technical life of engine oil, *Applied Science-Basel*, 2021, 11, 2, 1-12.

R. JANOUŠKOVÁ, M. MICHALIDES, P. KOŽUCH: Analysis of ecological hydraulic-transmission fluid's degradation with using ICP spectrometry by operating load simulation

PÁSOVÝ STROJ PRO APLIKACI AUTONOMNÍHO ŘÍZENÍ NENÁROČNÝCH OPERACÍ

JAROSLAV KAŠPÁREK^{1*}, LUKÁŠ ZEIZINGER²,
MIROSLAV ŠKOPÁN³

Abstract: The article deals with the concept of a machine on a crawler base, which should be able to perform undemanding work operations. Work operations are to be focused on communal maintenance of roads and road surroundings, as well as minor forestry transport work. The machine operator should apply autonomous control to this machine to test the behavior in practice.

Keywords: concept, autonomous control, work operations, crawler chassis, stability

1 ÚVOD

Existují pracovní oblasti, kde použití konvenčního pracovního vozidla, jako je např. traktor, je velmi obtížné. Jsou jimi oblasti s velkým sklonem svahu, s těžko průchodným terénem nebo oblasti, u kterých je velké riziko vzniku úrazu obsluhy [1,2]. Pro tyto situace jsou používány dálkově řízené pásové vozidla. Dálkově řízené pásové vozidlo slouží většinou jako tzv. nosič nářadí [3]. Přídavné nářadí, kterým je vozidlo osazeno, může být různého typu a určuje druh práce, které vozidlo vykonává. Může se jednat o údržbu obtížně dostupných míst (lesní plochy, horské oblasti), odklizení sněhu, frézování pařezů, manipulaci kmenů dřeva a další. Přídavné nářadí, kterým vozidlo může být vybaveno je např. mulčovač, žací lišty, pařezová fréza, sněhová fréza, naviják, radlice a další [4]. Další výhodou jsou relativně malé rozměry a hmotnost těchto typů vozidel, které umožňují jednoduchou přepravu vozidla k pracovnímu místu. Dálkové řízení vozidla zvyšuje bezpečnost obsluhy, jelikož obsluha není s vozidlem v přímém kontaktu, jen jej následuje. Při tom může zvolit pohodlnější cestu a snížit tak riziko vzniku úrazu. Univerzálnost je hlavní výhodou vozidla.

Dálkově řízená pásová vozidla jsou většinou používány jako nosiče nářadí pro práce v těžko dostupných místech nebo tam, kde s jinou technikou nejde efektivně a bezpečně pracovat, jako jsou např. oblasti s velkým sklonem svahu (obr. 1a), s těžko průchodným terénem nebo s malou průchodnou výškou. Práci, kterou vozidlo vykonává, se odvíjí od přídavného nářadí, kterým je vybaveno. Může sloužit např. pro údržbu travnatých ploch, pro údržbu obtížně dostupných míst (lesní plochy, horské oblasti), k odklizení sněhu nebo pro frézování pařezů. Vozidlo může také sloužit k manipulaci kmenů v obtížných lesních plochách (tzv. železný kůň – Obr. 1b). Díky dálkovému ovládní nemusí být obsluha s vozidlem v přímém kontaktu. Obsluha vozidlo následuje. Při tom může zvolit pohodlnější a bezpečnější cestu. Také se nemusí řešit ochranné konstrukce kabin nebo místa obsluhy řidiče [1,2]. Tato část stroje určená pro obsluhu musí při homologaci splňovat bezpečnostní kritéria, navyšuje hmotnost vozidla, ale

* **Korešpondenční autor**

¹ **Jaroslav Kašpárek**, Ústav automobilního a dopravního inženýrství, Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2, 61669 Brno, Česká republika, e-mail: kasperek@fme.vutbr.cz

² **Lukáš Zeizinger**, Ústav automobilního a dopravního inženýrství, Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2, 61669 Brno, Česká republika, e-mail: lukas.zeizinger@vutbr.cz

³ **Miroslav Škopán**, Ústav automobilního a dopravního inženýrství, Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2, 61669 Brno, Česká republika, e-mail: skopan@fme.vutbr.cz

predevším zvyšuje vzdálenosť ťažiska stroja od pojezdového podlažia a tým znižuje stabilitu stroja ve svahu [5].



a)

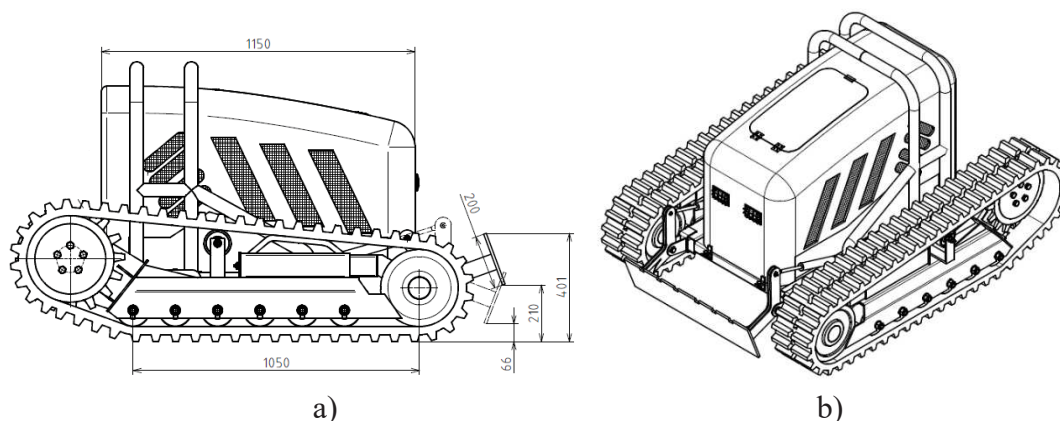
b)

Obr. 1 Dálkově řízená vozidla a) vozidlo RoboFlail Vario [1] a b) vozidlo KAPSEN [2]

2 MATERIÁL A METODY

2.1 Koncepte konstrukce pásového stroje

Pásové vozidlo, dálkově řízené s možností autonomní práce v daném prostoru, bude sloužit k vykonávání prací v oblastech do maximálního sklonu svahu 100 %. Kvůli pásovému podvozku může také pracovat v oblastech s horší průchodností např. podmáčený nebo členitý terén, kde by užití kolového vozidla bylo obtížné. Využití vozidla je široké a závisí na přídavném nářadí, kterým je osazeno. Může sloužit např. pro údržbu svahových travnatých ploch, odklízení zasněžených oblastí, k frézování pařezů nebo jako lesní mulčovač. Vozidlo je vybaveno zvedacím ústrojím sloužícím k uchycení a manipulaci s přídavným nářadím (Obr. 2a). Sestavuje se z násady a dvou přímočarých hydromotorů. Ke každému přídavnému nářadí je vyroben pomocný nosný rám, kterým je nářadí připevněno k násadě. Přímocharé hydromotory zajišťují zdvih přídavného nářadí. Přídavné nářadí může být mulčovač, sněhová fréza, pařezová fréza, dosévací zařízení a další [5].



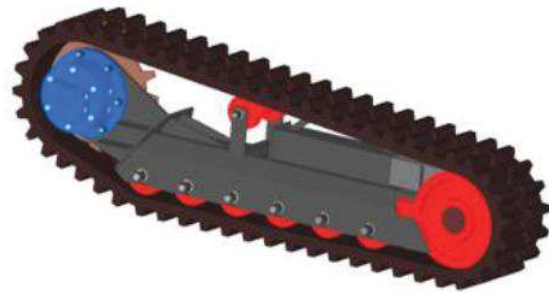
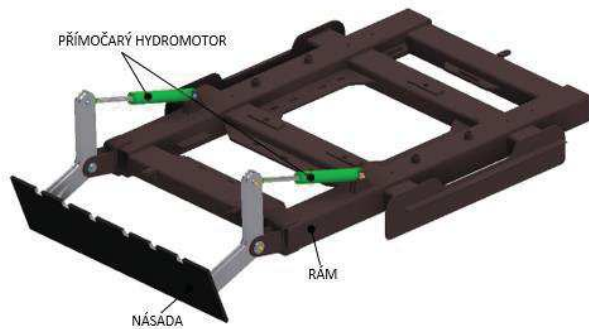
a)

b)

Obr. 2 Koncepte dálkově řízeného vozidla a) bokorys s kótami [5] a b) 3D zobrazení [5]

Jelikož bude vozidlo osazeno dvěma pásovými jednotkami, bude smykem řízeno (Obr. 2a). Pohon bude zajištěn pomocí dvou rotačních hydromotorů (jeden motor pro každou pásovou jednotku). Vzhledem k maximální rychlosti vozidla a požadavku velkého kroučícího

momentu, pro překonávání velkého stoupání terénu, je hydraulický pohon vhodným řešením. K hydromotoru bude přišroubováno turasové kolo, které pohání gumový pás. Maximální hmotnost vozidla je stanovena na 1500 kg. Poměrně vysoká hmotnost vozidla, oproti jeho rozměrům, zajišťuje dosažení poměrně velké trakční síly, které je možno využít při stoupání vozidla do svahu. Tato trakční síla s rostoucí vahou stroje roste [5].



Obr. 3 Koncepte rámu pásového vozidla [5] Obr. 4 Koncepte pásové jednotky vozidla [5]

Podvozek vozidla je tvořen rámem stroje (Obr. 3), ke kterému je většinou z každé strany připevněna jedna pásová jednotka (Obr. 4). Ta může být k rámu připevněna pevně (přivařením, přišroubováním) nebo posuvně. Posuvné uložení je poháněno hydraulicky a umožňuje změnu vzdálenosti rozchodu pásových jednotek a tím docílení větší svahové dostupnosti vozidla. Pojezd dálkově řízeného vozidla je hydrostatický nebo elektrický. Pásové jednotky, které mohou být odpružené nebo neodpružené, jsou poháněny rotačním hydromotorem nebo elektromotorem (Obr. 4). Pásky, kterými je jednotka osazena, mohou být ocelové, gumové nebo gumové s přišroubovanými příčnickami. Na rám stroje jsou z horní části připevněny hlavní komponenty, které zajišťují provozuschopnost stroje. Tvoří je pohonná jednotka, hydrogenerátor, chladicí soustava, elektronická soustava, nádrže kapalin atd. Vše je zakryto kapotou, která chrání jednotlivé komponenty před možným poškozením z vnějšího okolí. Přídavné nářadí, které specifikuje práci stroje, může být uchyceno v přední nebo zadní části vozidla a může být poháněno hydraulicky nebo pomocí vývodové hřídele. Zdvih přídavného nářadí je zajištěn ručně nebo hydraulicky pomocí přímočarých hydromotorů [5,6].

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

3.1 Vstupní parametry koncepčního návrhu

Hmotnost vozidla. Maximální pracovní hmotnost vozidla byla stanovena na 1500 kg. Tato hmotnost bude odpovídat vozidlu, které je plně sestaveno a osazeno přídavným nářadím. Je velmi složité odhadnout skutečnou celkovou váhu vozidla, bez znalosti hmotností jednotlivých hlavních komponent a přídavných nářadí, které se mohou na vozidle měnit. Zavedeno bylo výpočtové zjednodušení, které bude předpokládat, že vozidlo bude vždy dosahovat hmotnosti 1,5 t. Je-li vozidlo lehčí je dováženo připevněním přídavného zatížení k rámu stroje tak, aby těžiště stroje bylo v oblasti středu pásové podvozku pro dosažení stejnoměrného měrného tlaku na podloží. Ve výpočtech je tedy vždy uvažována hmotnost vozidla 1,5 t, a z ní odvozený i měrný tlak na podloží, který bude brát ohled na uplatnění stroje. Tzn., že pro uplatnění v lesnictví bude měrný tlak menší než u ostatních oblastí užití. To je možné zajistit už při volbě pásů jinou šířkou pásů [5,7].

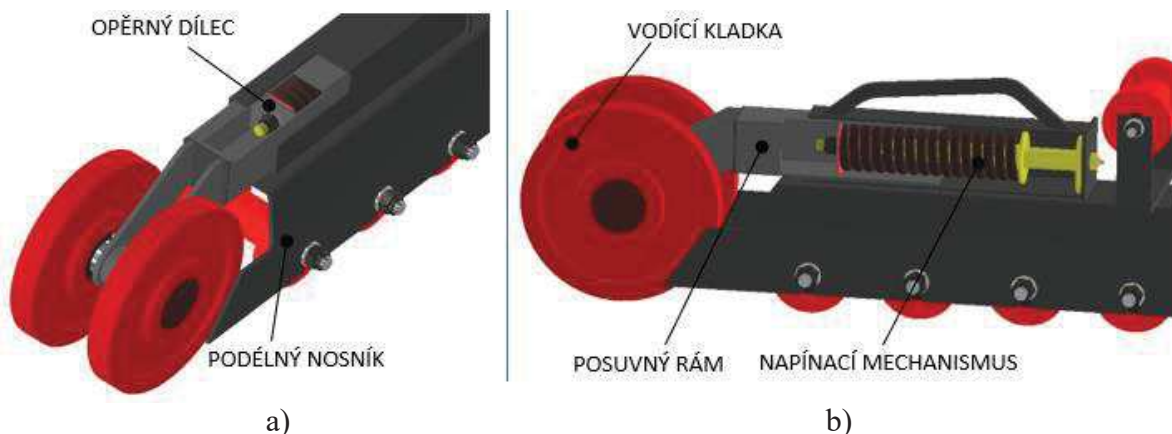
Sklon svahu. Dostupnosť vozidla bola stanovená dle zadání maximálním sklonem svahu 100 % (45°). Tento sklon bude považován za maximální sklon svahu, na kterém vozidlo bude moci vykonávat práci a budou se tak od něj odvozovat výpočty [5,7].

Maximální rychlost vozidla a zrychlení. Maximální rychlost, kterou vozidlo dle zadání dosáhne je 8 km/h. Zrychlení bylo stanoveno na 0,5 m/s² [5,7].

Rozměry vozidla. Rozměry je potřeba navrhnout tak, aby vozidlo dosahovalo bezpečné stability při pohybu po svazích a náročných terénech. Je však taky snaha dosáhnout takových rozměrů, aby vozidlo bylo lehce manipulovatelné. Například, aby se mohlo naložit na přípojné vozidlo za automobil nebo do dodávky a poté dopravit na pracovní místo.

3.2 Uspořádání pojezdové pásové jednotky

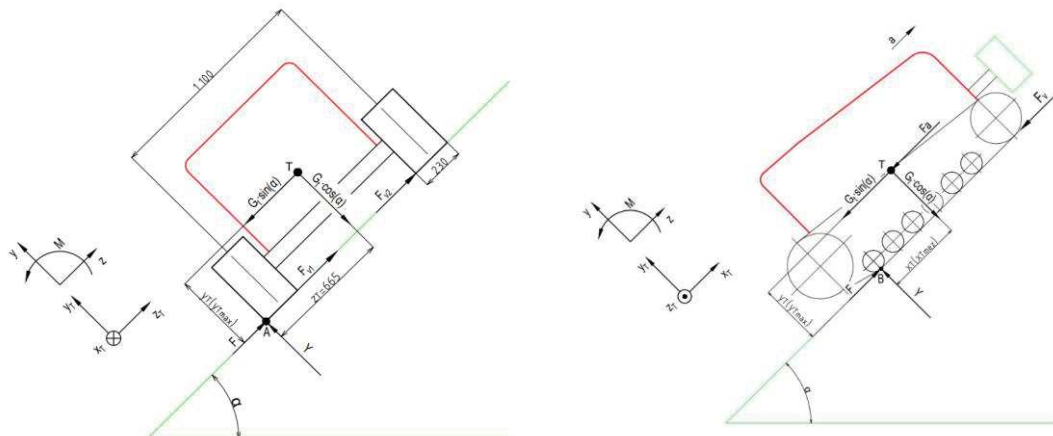
Podle délky pásu a průměru skutečného turasu byly navrženy rozměry a uspořádání hlavních prvků, které pásová jednotka obsahuje. Typ pásové jednotky je založen na konceptu mnohokladkového - housenicového typu podvozku (Obr. 5a). Je tvořen sadou pojezdových kladek a jednou podpěrnou kladkou. Aby nedocházelo k zanášení zubů turasového kola a tak k zmenšující se životnosti pásu, je turasové kolo umístěno nad pojezdovými kladkami. Vodicí kladka je umístěna v přední části a je spojena s napínacím mechanismem (Obr. 5b) [5].



Obr. 5 Koncepce pásové pojezdové jednotky a) detail nosníku [5,7] a b) detail napínacího mechanismu pásu [5,7]

3.3 Stabilita vozidla

Ztráta stability vozidla je nejvíce ohrožena, jede-li vozidlo po vrstevnici svahu (Obr. 6) nebo stoupá-li/klesá-li do/z svahu v přímém směru jízdy (Obr. 7). Sklon svahu dosahuje maximální hodnoty dle zadání 100 %. Stabilita vozidla závisí na poloze výsledného těžiště [T_x , T_y , T_z]. Poloha výsledného těžiště se určuje pro vozidlo, které je plně sestaveno všemi komponenty a je osazeno přídatným nářadím. Jelikož jsou však polohy těžišť hlavních komponent a ostatních prvků, které jsou součástí vozidla, neznámy, nelze ze začátku určit výslednou polohu těžiště vozidla. Stabilita vozidla bude tedy vyjádřena pomocí mezní polohy těžiště vozidla (mezní těžiště) [T_{mezX} , T_{mezY} , T_{mezZ}]. Hodnoty tohoto těžiště jsou mezní hodnoty poloh, které nesmí výsledné těžiště vozidla přesahovat. Kdyby se tak stalo, vozidlo by se mohlo převrátit, tím by došlo k jeho samotnému poškození. Zároveň by byla ohrožena bezpečnost obsluhy [5,7].



Obr. 6 Stabilita - jízda vozidla po vrstevnici [5] Obr. 7 Stabilita - jízda vozidla do svahu [5]

Diskuse: Jak bylo zmíněno výše, jedná se hlavně o koncept, který ukazuje, jakým směrem by se mohly technologie řízení mobilních pracovních strojů vyvíjet. Vozidlo by mělo být ovládáno přes počítač či tablet, a to tím způsobem, že pomocí řídicí aplikace je přidělen vozidlu pozemek (oblast) [3]. Vozidlo tam samo dojedne a začne plnit úkon, který mu byl zadán. Například při setí, plečkování, sekání trávy, mulčování atd. [5,6]. Tyto stroje pracují s velice přesným signálem GPS, který je ještě korigován pomocí rádiového signálu nebo mobilních sítí [4]. Stroj by tak zvládl dojet na pole sám, ale kvůli legislativě je tam dopraven na podvalu a poté již pracuje v autonomním režimu. Výhody či nevýhody je u těchto vozidel těžké specifikovat, ale hlavním problémem bude vozidla navrhnout tak, aby vyhovovala legislativě při pohybu po komunikacích. Dále také zajistit to, aby jejich provoz byl bezpečný a mohlo být vozidlo provozováno na pozemku bez nutnosti dohledu. V případě plně autonomního provozu mají potom tato vozidla v komunální oblasti, zemědělství a lesnictví velký potenciál hlavně kvůli tomu úbytku lidí v těchto oblastech uplatnění [3-6].

4 ZÁVĚR

Koncepce pásového stroje pro nenáročné pracovní operace není nová. V této oblasti už úspěšně funguje několik strojů, jak je uvedeno v rešeršní části. Tyto stroje jsou obvykle ovládány obsluhou, která je poblíž stroje. Tento příspěvek a výsledek celé koncepce stroje však ukazuje na možnosti univerzální a obratnější verze stroje, který má v horších terénních podmínkách provádět nenáročné pracovní operace pomocí přídavného zařízení.

Pokud budou podmínky okolního terénu dobře zmapovány, je možné používat stroj s autonomní funkcí pracovního cyklu. To je možné provádět pouze ve známém prostředí, neboť použití optických skenerů překážek není možné např. u sekání trávy nebo mulčování. Autonomním řízením odpadne kontinuální dohled obsluhy nad jedním strojem a bude možnost tuto osobu zapracovat jen jako dozorčího člena nad několika stroji s autonomním řízením.

Budoucnost takových strojů pro nenáročné pracovní operace s autonomním řízením je jistá a jejich využití se bude rozvíjet i do dalších oblastí použití, jako oblast těžby a dopravy.

PODĚKOVÁNÍ

Práce autorů vznikla za podpory projektu specifického výzkumu VUT FSI-S-20-6267 "Nové technologie pro nízkoemisní mobilitu".

LITERATURA

- [1] KommTek GmbH, RoboFlail vario - Ferngesteuerter Geräteträger, KommTek, 2020, Dostupné na internete <https://www.kommtek.de/produkte/automatisierung/roboflail-vario/> [cit. 2021-03-02].
- [2] REPAROSERVIS, Železný kůň KAPSEN 18RC, REPAROSERVIS, 2020, Dostupné na internete <https://www.lesni-technika.cz/lesni-technika-kapsen-18rczelezny-kun> [cit. 2021-03-02].
- [3] Autonomní nosič nářadí Agroboti Robotti se secím strojem Monosem NC, Agroportal24h, 28.05.2020, Dostupné na internete <https://www.agroportal24h.cz> [cit. 2020-06-22].
- [4] Yanmar autonomní traktory, Agroportal24h, 2018, Dostupné na internete <https://www.agroportal24h.cz/clanky/yanmar-uvvedl-na-trh-prvni-seriovy-autonomnitraktor-ma-vyresit-nedostatek-pracovniku-v-zemedelstvi> [cit. 2020-06-24].
- [5] Těšický, P., Pásové vozidlo pro práci ve svahu, Brno, 2021, Dostupné také na internete <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/131857>, bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství.
- [6] Masnica, D., Koncepce autonomního pásového vozidla pro zemědělství, Brno, 2020, Dostupné také na internete <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/124432>, bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství.
- [7] Kašpárek, J., Škopán, M., Jonák, M., Pokorný, P., Výzkum variabilního vyvážecího traktoru LVS 511, Mendlova univerzita v Brně, Brno, 2017.

J. KAŠPÁREK, L. ZEIZINGER, M. ŠKOPÁN: A crawler machine with autonomous control of simple operations

BEZPEČNOSTNÉ SYSTÉMY PRE BATOŽINOVÉ DOPRAVNÍKY

PETER KOŠČÁK^{1*}, DANIELA MARASOVÁ, JR.²

Abstract: The safety of airport operations and especially airport handling systems is important from several points of view - technical, economic and, of course, operational. The correct and safe operation of the passenger and baggage handling system can greatly affect the time and quality of flight equipment, and possible accidents and incidents in claims significantly reduce the airport company's profits. This article is devoted to the security system of the belt conveyor of luggage, which helps to reduce the risks in the passenger handling process and thus helps the safety system of the operation itself.

Keywords: Safety Management System, baggage handling, conveyor belt

1 ÚVOD

Jednou z hlavných požiadaviek na bezpečnosť vybavovacích systémov letísk je ich spoľahlivosť. Aj najmenšie zlyhanie systému môže mať za následok zranenie cestujúcich, alebo zamestnancov letiska, prípadne materiálne škody či už v podobe poškodenej batožiny, alebo meškania letu. Ako môžeme zabezpečiť, aby prostredie letiska bolo vždy bezpečné a predchádzalo sa nehodám, ktoré by mohli viesť k škodám na zdraví a súdnym sporom? Pri odbavovacom procese cestujúcich sa každý rok stane okolo 27 000 nehôd, ktoré ročne stoja najmenej 10 miliárd dolárov.

Medzi bežné príčiny zranení na letisku patria:

- Nehody eskalátorov a rozbité schody;
- Šmyk a pád na letisku z dôvodu zle udržiavanej podlahy, rozliateho jedla alebo nápojov;
- Porucha nástupných schodov počas nastupovania;
- Chybné vybavenie letiska (napr. dopravný pás batožiny).

Niektoré z nich môžu byť závažné a viesť k súdnym sporom o ublíženie na zdraví, ktoré by mohli byť pre letisko veľmi nákladné, hlavne ak dôjde k nehode v termináli letiska, napr. pri presune cestujúcich a nehodu spôsobí nedbanlivosť na časti manažmentu letiska alebo zamestnancov [1].

Napríklad, letisko možno žalovať ak vedenie vedelo alebo malo vedieť o nebezpečenstve (napr. nebezpečenstvo bolo nahlásené), nepodniklo primerané kroky na odstránenie nebezpečenstva alebo ochranu ostatných pred škodami a nehoda bola spôsobená výlučne nedbanlivosťou vedenia. Mnohým nehodám na letisku sa dá predísť zavedením vhodných postupov a školením zamestnancov s cieľom obmedziť riziká a vyhnúť sa čo najväčšiemu počtu ľudských chýb.

Napríklad, žena bola zranená v dôsledku pošmyknutia a pádu v termináli letiska Chicago O'Hare 3. Žalovala letisko a dopravný úrad v Chicagu (CDA) z nedbanlivosti, pretože vedeli o úniku kvapaliny, ktorý spôsobil nehodu a nedokázali priestor vyčistiť alebo umiestniť výstražné značky. Manažment mesta a CDA sa s ňou vyrovnali čiastkou takmer milión dolárov.

* **Korešpondenčný autor**

¹ **Peter Koščák**, Katedra manažmentu leteckej prevádzky, Letecká fakulta, Technická univerzita v Košiciach, Rampová 7, 04121 Košice, Slovenská republika, e-mail: peter.koscak@tuke.sk

² **Daniela Marasová, Jr.**, Ústav zemských zdrojov, Fakulta BERG, Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 19, 04384 Košice, Slovenská republika, e-mail: daniela.marasova2@tuke.sk

Použitie kvalitného kamerového systému na monitorovanie prevádzkových priestorov môže v značnej miere uľahčiť vyšetrovanie práve takýchto incidentov [2].

2 MATERIÁL A METÓDY

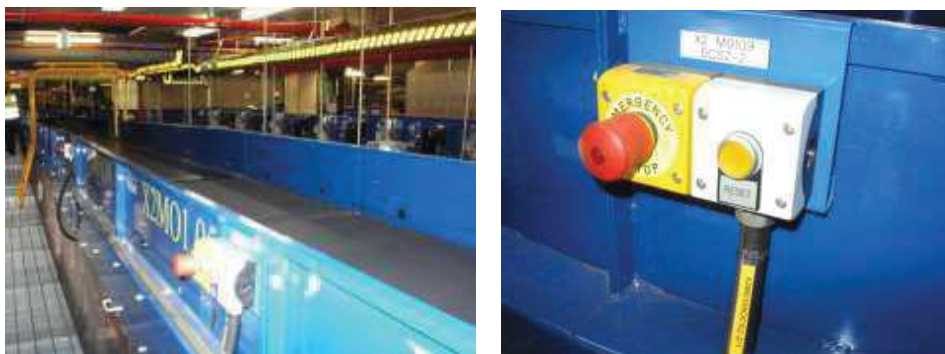
V septembri 2019 v Atlante na letisku Hartsfield-Jackson sa dvojročný chlapec zranil po tom, čo vyliezol na pásový dopravník batožiny a odviezlo sa až do miestnosti pre kontrolu batožiny TSA. Podľa správy z policajného oddelenia v Atlante matka dieťaťa uviedla, že keď krátko odvrátila zrak a chlapec vyliezol na karuselový dopravný pás (Obr. 1), kde ho zamestnanci uvideli a pás zastavili. Chlapec bol na páse asi päť minút a mal narazenú pravú ruku [3].



Obr. 1 Dvojročný chlapec nastupuje na batožinový dopravníkový pás a ten ho následne unáša do priestorov triediarne batožiny

Batožinové dopravníkové pásy majú vzácné nízke uloženie, ktoré umožňuje ľuďom veľmi ľahko na ne spadnúť a deťom vstúpiť. Aj pri typicky nízkych rýchlostiach, pri ktorých pracujú, môžu predstavovať vážne riziko úrazu. Jednotlivci zachytení v pohybujúcom sa dopravníku môžu utrpieť poranenia napríklad, drvením, amputáciu končatín, udusením a podobne. Nepriaznivé počasie, pravidelné čistenie, rozliate nápoje z reštaurácií môžu spôsobiť úraz aj v spojení s dopravníkovým pásom. Ak sú tieto zariadenia zle udržiavané alebo sú nesprávne obsluhované, môžu zlyhaním spôsobiť vážne poranenia. Sofistikovaná logistika zaisťuje, že odbavená batožina sa z každého odbavovacieho pultu presunie do správneho lietadla [4].

Dopravná logistika je podobne štruktúrovaná na všetkých letiskách po celom svete. Používanie rozhrania AS-i (Actuator Sensor Interface) v spojení s bezpečnosťou pri práci, ako aj z toho vyplývajúce výhody pre prevádzkovateľa letiska, ukazuje aj príklad systému manipulácie s batožinou na letisku v austrálskom Melbourne [4].



Obr. 2 Letiskový batožinový dopravníkový pás s bezpečnostným tlačidlom

Ak sú s AS-i dôsledne plánované nové logistické systémy, je možné ušetriť čas pri vytváraní schém zapojenia a všeobecnom nastavení systému, pretože jedným káblom je možné prenášať naraz niekoľko stoviek signálov. Na každom metri pozdĺž dopravných pásov bolo nainštalované e-stop (Obr. 2) a resetovacie tlačidlo. Prostredníctvom bezpečných vstupných modulov bolo do systému integrovaných viac bezpečnostných senzorov. Ak sa aktivuje bezpečnostný senzor alebo e-stop, doručí sa do riadiaceho strediska správa s uvedením polohy v systéme, aby mohol servisný personál poruchu ľahko nájsť a odstrániť v krátkom čase [5]. Toto zariadenie slúži na jednej strane na bezpečné zastavenie dopravných pásov, ak je potrebný ručný zásah, alebo v prípade zaklinenej batožiny naopak, zaisťuje bezpečnosť obsluhy aj prostredníctvom okruhu e-stop.



Obr. 3 Ovládač, napájacie zdroje, bezpečnostný monitor a AS-i Riadiaca jednotka

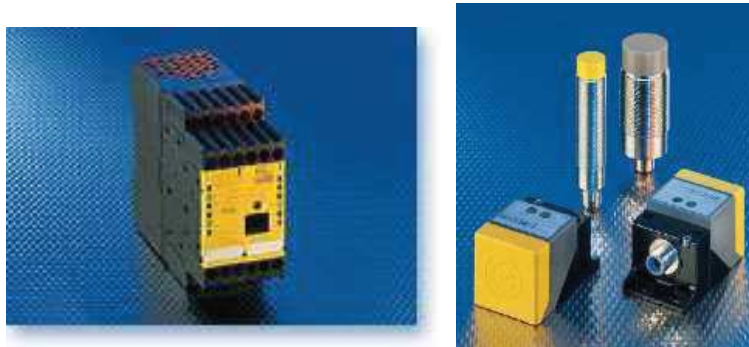
Na základe inteligentného (elektroinštaláčného) systému AS-interface (Obr. 3) je možné vďaka ľahkej štruktúre systému implementovať konzistentné a hlavne hospodárne systémy od senzora po úroveň riadenia. Na AS-i by sa malo nazerať ako na rozšírenie existujúcej štruktúry letiskovej infraštruktúry, hlavne z technologického a ekonomického hľadiska [6].

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Rozšírením existujúceho systému sú bezpečnostné aplikácie AS-i. Užívateľ môže integrovať všetky binárne bezpečnostné komponenty, napr. e-stop, bezpečnostné svetelné clony (závory) alebo elektronické zámky. Veľkou výhodou je, že v jednom systéme je možné použiť štandardné aj bezpečnostné komponenty. Preto je bez problémov možná zmes bezpečných aj nezabezpečených AS-i služieb. Bezpečnosť s uvedeným rozhraním je založená na štandardnom protokole, ktorý je založený na prenose dynamických kódových sekvencií

(8 x 4-bitová dátová sekvencia) [9]. Tieto sekvencie kódu sa prednastavia a v priebehu prevádzky bezpečnostný skener AS-i permanentne porovnáva prednastavené a skutočné sekvencie.

Na bezpečné vypnutie pohonov sú použité monitory a v prípade odchýlok alebo časových limitov posunu správy, zaisťuje dosiahnutie bezpečného stavu systému. Jednotka je k dispozícii v dvoch verziách: s jedným alebo dvoma redundantnými výstupnými spínacími prvkami. Môže byť pripojený kdekoľvek v sieti a niekoľko bezpečnostných monitorov možno ovládať prostredníctvom jedného riadiaceho modulu AS-i [7,9].



Obr. 4 Bezpečnostný monitor a poruchové indukčné snímače

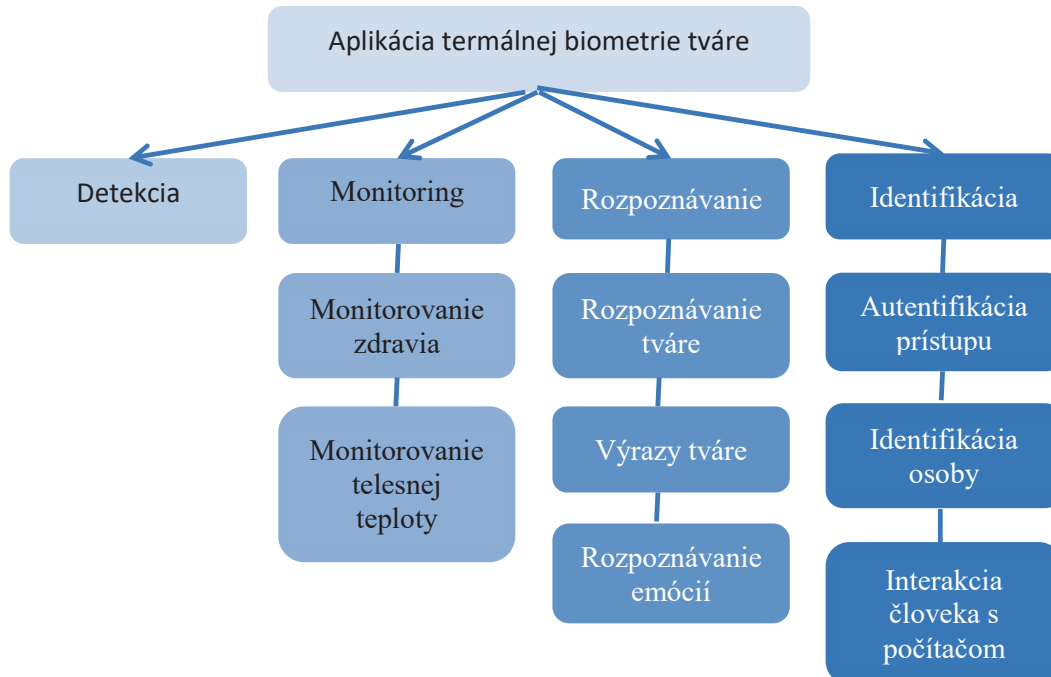
Bezpečnostné snímače sa používajú všade tam, kde je potrebné zabezpečiť vysoký stupeň bezpečnosti obsluhy aj stroja. Do série je možné zapojiť až 10 senzorov zabezpečených proti poruchám (Obr. 4). Mimochodom, „iba“ 30 miliónov kusov batožiny s 2 miliardami cestujúcich v leteckej doprave nedorazí včas na svoje konečné miesto určenia, 204 000 z nich navždy zmizne, čo zodpovedá miere 0,01% všetkej odbavenej batožiny [8].

Uvedené bezpečnostné systémy môžu technicky zabezpečiť kontrolu prevádzky pásových dopravníkov, avšak v prípade neoprávneného nasadnutia cestujúcich na dopravníkový pás nedokážu automaticky zastaviť jeho prevádzku. V tomto prípade by sa museli aplikovať pokročilejšie skenery, ktoré dokážu rozlíšiť batožinu oproti cestujúcemu (prípadne zvieratá) napríklad rozdielnou teplotou, snímaním pohybu a pod. [9].

3.1 Infračervené tepelné zobrazovanie

Potreba lepších bezpečnostných systémov rastie, najmä v priemyselných objektoch, halách, letiskových termináloch. Cieľom bezpečnostného systému je zhromaždiť čo najviac podrobností, ktoré umožnia lepšiu detekciu a rozpoznávanie osôb (Obr. 5). Odvetvie video monitorovania nie je nové, ale za posledných 20 rokov, keď sa používali vysoko kvalitné digitálne fotoaparáty a sieťové systémy videosledovania, sa výrazne zmenilo [10]. Predchádzajúce kamerové systémy veľmi záviseli od ľudského operátora, ktorý musel monitorovať videozáznamy z chránených oblastí a zisťovať prítomnosť osôb v monitorovanom priestore. Neskôr sú systémy sledovania spojené s biometrickými systémami, ktoré prevzali úlohu rozpoznávania oprávnených / neoprávnených osôb a prístupu k nim [11]. Z dôvodu rastúceho dopytu po lepších bezpečnostných systémoch a lepšom sledovaní v slabo osvetlených priestoroch sú dnes do systému začlenené aj termálne kamery. Termálna infračervená kamera sníma teplo emitované subjektom sledovania a vytvára obraz pomocou infračervenej žiarenia, takzvaného termogramu. V monitorovacích systémoch sa tieto obrazy používajú na detekciu objektov (napr. schopnosť rozlíšiť objekt od pozadia), rozpoznávanie (napr. schopnosť

klasifikovať objekt do jednej z tried ako človek, zvierka, batožina) a schopnosť podrobne opísať monitorovaný objekt. Ide o nenápadný spôsob identifikácie osoby.



Obr. 5 Pokročilý prístup k detekcii osôb (aj tvári) na dopravníkových pásoch

Infračervené tepelné snímače majú schopnosť zobrazovať scény a objekty na základe odrazu infračerveného svetla alebo emisie infračerveného žiarenia. Infračervené žiarenie je elektromagnetické žiarenie emitované v pomere k teplu generovanému / odrážanému objektom, a preto sa infračervené zobrazovanie označuje ako tepelné zobrazovanie. Vlnové dĺžky infračerveného žiarenia sú dlhšie ako vlnové dĺžky viditeľného svetla, takže je pre ľudí neviditeľné [12].

Vďaka špeciálnym vlastnostiam infračerveného obrazu je možné určiť dva smery výskumu vývoja metód rozpoznávania tváre. Prvý sa týka použitia fyziologických znakov (napr. Vaskulárnych sietí) a druhý sa týka použitia multimodálnej fúzie doplnkových dátových typov (napr. viditeľných a infračervených). Oba smery výskumu sú stále v počiatočných fázach výskumu.

4 ZÁVER

Pri veľkej vyťaženosti zamestnancov letiska a rôznorodých činnostiach je bežné, že sa cestujúci na letisku rozptýlia a ublížia si. Platí to najmä na väčších letiskách hlavne v dobe ich špičky a ktoré zvládajú desiatky letov za hodinu. Je nevyhnutné prijať správne technické, legislatívne a organizačné preventívne opatrenia, aby sa zabránilo zbytočným zraneniam a škodám v leteckej doprave. Manažment letiskových spoločností musí pravidelne kontrolovať vybrané rizikové pracoviská a eliminovať všetky potenciálne ohrozenia. Podmienkou je dobre zavedený systém manažmentu bezpečnosti, aby sa zabránilo nehodám a zraneniu osôb.

POĎAKOVANIE

Túto prácu podporili Vedecká grantová agentúra Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied VEGA 1/0429/18 a Agentúra na podporu výskumu a vývoja APVV-18-0248.

LITERATÚRA

- [1] Koščák, P., et al., Ground support equipment, first ed., Technical University of Košice, Košice, 2020.
- [2] Christine Druce - Australia Pacific Airports (Melbourne), Baggage Handling System Design Standard, 2020.
- [3] NBC News, A toddler is swept away on airport conveyor belt, Dostupné na internete <https://www.nbcnews.com/news/us-news/terrifying-moment-toddler-swept-away-airport-conveyor-belt-caught-camera-n1034276>
- [4] Chiorino, Conveyor and process belts for airports, materials handling and post office automation.
- [5] Semrád, K., et al., Statistical prediction models of impact damage of airport conveyor belts, In: International Conference on Air Transport, Amsterdam, Netherlands, 2020, 11-19.
- [6] Marasová, D., et al., Progresívne technológie v monitorovaní pásovej dopravy, Spravodaj ATD SR, 2017, 14, 1, 23-27.
- [7] Semrád, K., et al., Numerical and experimental analysis of innovative support system of belt conveyor, Metalurgija, 2020, 59, 3, 385-388.
- [8] Čekan, P., et al., Human factor in aviation - models eliminating errors, In: Transport Means 2014, Kaunas, Lithuania, 464-467.
- [9] D'Souza, D., Wienzek, P., Schwarz, L., Melbourne Airport - Baggage conveyor system, 2013.
- [10] OSHA Airline Ground Safety Alliance, Belt loader fact sheet, preventing vehicle accidents and collisions, 2013.
- [11] Krišto, M., Ivašić-Kos, M., An overview of thermal face recognition methods, In: 2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics (MIPRO), 21 May -25 May 2018, Opatija, Croatia.
- [12] Chien, L., Jain, R., A survey of biometrics security systems, EEUU, Washington University in St. Louis, St. Louis, 2009.

P. KOŠČÁK, D. MARASOVÁ, JR.: Safety systems for baggage conveyors

KVALITATÍVNE UKAZOVATELE PRI ODVETVOVANÍ STROMOV

JÁN KOVÁČ^{1*}, JOZEF KRILEK², MILAN HELEXA³

Abstract: The process of chipless cutting as an object of research is characterized by a number of parameters found in the narrow correction of each other. Its main quality indicators - cutting force, cutting speed, cutting quality - are influenced by a large number of factors. The article presents the investigation and the influence of the balance and uprooting of the branch of machine branching on the improvement of the process of cutting delimiting and on the increase of the quality of processing of trees by machine branching. It focuses on the assessment of the impact of individual parameters on the removal of the rest of the delimiting while complying with the quality standards of branching required for wood processing. In performing the experiments, the task was to compare the cutting speed with respect to plucking and the balance with respect to the quality of the cutting process depending on the changing parameters characterizing the process of cutting delimiting. The results of the statistical evaluation of the influence of cutting speed and related factors on plucking and the balance of delimiting as a quality factor confirmed the published results of various works performed in this area of research.

Keywords: forest machines, branch diameter, delimiting, delimiting knife, quality of delimiting

1 ÚVOD

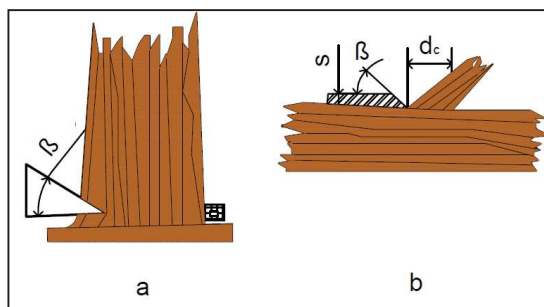
Proces bezrezkového rezania dreva, ktorý je predmetom skúmania, sa vyznačuje množstvom parametrov, ktoré navzájom úzko súvisia. Geometria noža a rezná sila majú významný vplyv na proces oddymovania dreva, t. j. ovplyvňujú veľké množstvo faktorov, ako to ukazujú predchádzajúce štúdie [9,5]. Odlamovanie je technologický proces, pri ktorom nástroj preniká do materiálu (dreva) a narúša vzájomné prepojenie drevených vlákien, aby sa rozdelil na 2 alebo viac častí [11]. Podávací mechanizmus zariadenia pozostáva z pneumatického valca, primárneho oddeľovacieho noža s rôznymi geometrickými tvarmi a iného uhla reznej hrany. Odvetvovanie je proces, ktorý sa používa na odrezanie konárov z kmeňa počas procesu výrubu stromov. Tento proces možno označiť ako bezštiepkové rezanie zeleného dreva [2,12]. Proces bezrezného rezania dreva je proces lesného hospodárstva, ktorý sa používa predovšetkým v strojoch na vykopávanie stromov. Je to technologický proces, pri ktorom sa produkt vyrába bez tvorby triesok [10]. Táto metóda rezania sa uplatňuje na rezacie hlavy viacúčelových strojov (USA, Kanada). Schéma voľnej polohy tela klinového noža je znázornená na Obr. 1. Ak sa proces beztrieskového rezania dreva pomocou oddeľovacieho noža alebo klinového noža neuskutočňuje v smere, ktorý nie je totožný so smerom drevených vlákien vznikajú vysoké rezné sily, ktoré pôsobia na rezný nástroj. Tento proces sa niekedy nazýva beztrieskové rezanie [3,4].

* Korešpondenčný autor

¹ Ján Kováč, Katedra environmentálnej a lesníckej techniky, Fakulta Techniky, Technická univerzita vo Zvolene, T.G. Masaryka 24, 96001 Zvolen, Slovenská republika, e-mail: kovac@tuzvo.sk

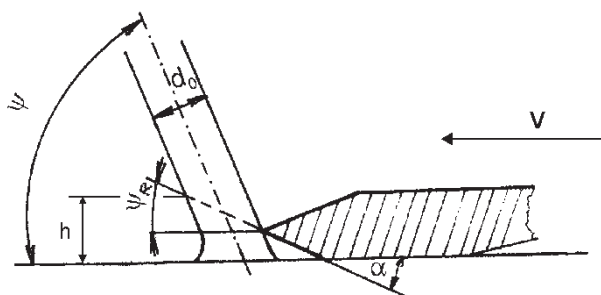
² Jozef Krilek, Katedra environmentálnej a lesníckej techniky, Fakulta Techniky, Technická univerzita vo Zvolene, T.G. Masaryka 24, 96001 Zvolen, Slovenská republika, e-mail: jkrielk@gmail.com

³ Milan Helexa, Katedra environmentálnej a lesníckej techniky, Fakulta Techniky, Technická univerzita vo Zvolene, T.G. Masaryka 24, 96001 Zvolen, Slovenská republika, e-mail: helexa@tuzvo.sk



Obr. 1 Rezanie dreva a) klinovým nožom a b) plochým nožom [5]

Odvetvovanie klinovým nožom bez tvorby triesky je sprevádzanou značnou deformáciou dreva v rovine rezania, t. j. v mieste kontaktu s čelom noža ako aj v zóne, ktorá susedí s touto rovinou. Známe je z teórie beztrieskového rezania, že hlavnou zložkou odporu pri vnikaní noža do dreva je predovšetkým odpor vlákien deformácií. Pritom trecia sila (zložka odporu) na plochách noža je funkciou odporu deformácií, jej veľkosť je závislá od veľkosti koeficienta trenia. Význačnou vlastnosťou noža je schopnosť noža kopírovať pozdĺžnu krivku kmeňa stromu v spojení s vysokými reznými rýchlosťami [4,8]. Pre obrábanie priamočiarych stromov týmto potrebám najlepšie vyhovuje nôž, ktorého uhol chrbta je $\alpha = 0$. Pri iných podmienkach musí byť záporný. Ako ukázali výskumy, záporný uhol zväčšuje deformáciu vlákien dreva, nachádzajúcich sa pod rovinou rezania a následne rastie rezná sila. Pretože ideálne stromy s priamočiarym povrchom sa nevyskytujú, aby nedošlo k zarezávaniu do kmeňa, je nutné voliť záporný uhol α (Obr. 2).



Obr. 2 Schéma zrezania pri uhle chrbta noža α

Záporná veličina α vyvoláva odklon noža v dôsledku pôsobenia odtlačacej sily, potom rovina rezania sa nachádza pod určitým uhlom ψ_R k smeru posuvu. Hodnota ψ_R je tým väčšia, čím väčší je uhol α a čím je menší uhol vrastania vetvy, ale vždy sa zachováva nerovnosť $\psi_R \leq \alpha$. Tento problém ako predmet skúmania, má značný vplyv predovšetkým na kvalitu odvetvovania. Vyplýva z neho, že záporná hodnota uhla α má byť minimálna. Ako kritérium kvality v tomto prípade môžeme uvažovať veľkosť zostatku vetvy h po opracovaní (zrezaní vetiev) kmeňa odvetvovacími nožmi, ktorú z Obr. 3 vyjadríme vzťahom:

$$h = \frac{d_0 \cdot \sin \psi_R}{\sin(\psi - \psi_R)} \quad (1)$$

kde: d_0 - priemer vetvy v rovine rezania (mm)

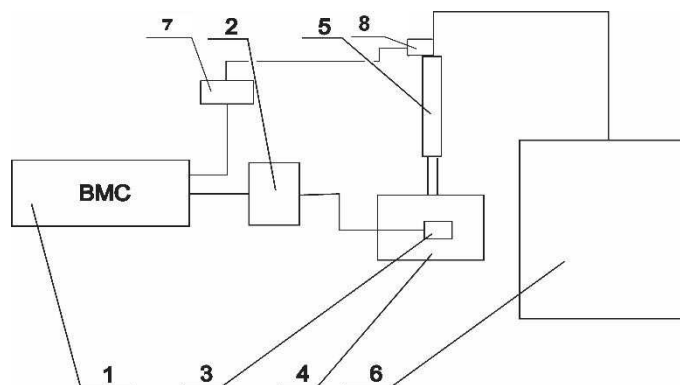
ψ - uhol vyrastania vetvy (rad)

ψ_R - uhol roviny rezania (rad)

2 MATERIÁL A METÓDY

Na základe teórie bezrezkového rezania dreva a analýze diel zahraničných autorov [1,2] sa uskutočnil vlastný výskum, ktorý mal za cieľ zistiť vplyv každého parametra na rezanie [6,7]. Pri vykonávaní experimentov úloha je porovnanie reznej rýchlosti vzhľadom na vytrhnutie a zostatok s ohľadom na kvalitu rezného procesu v závislosti od meniacich sa parametrov charakterizujúcich proces rezania vetiev. Ďalším cieľom meraní bolo porovnanie reznej rýchlosti vzhľadom na veľkosť rezného odporu s ohľadom na kvalitu rezného procesu. Pri laboratórnych meraniach odvetvovania sa skúmala maximálna rezná sila charakterizovaná zostatkom a vytrhnutím vetvy pri rýchlostiach $1,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $2,0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Jednotlivé rýchlosti pohybu noža vyplynuli z veľkosti nastaveného tlaku v pneumatickom motore, pričom pri tlaku $0,8 \text{ MPa}$ bola maximálna rýchlosť pohybu piesta odmeraná snímačom zrýchlenia a vyhodnotená v programe NEXT WIEV 2.5 $3,12 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, pri tlaku $0,7 \text{ MPa}$ bola max. rýchlosť $2,48 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Skúšky prebehli na zariadení pre strihanie dreva vysokou rýchlosťou s vratným pohybom strižného mechanizmu, pohon strižného mechanizmu je vykonávaný pneumatickým valcom, navrhnutý prof. Miklešom a vyrobený vo VDL TU vo Zvolene. Pri experimentálnych skúškach rezania dreva na uvedenom meracom stende s pneumatickým valcom na meranie rýchlosti bude použitý snímač zrýchlenia, ktorým sa odmeria zrýchlenie noža za určitú časovú jednotku, z čoho dostaneme rýchlosť odvetvovania. Na meranie priebehu síl použijeme tlakový snímač, umiestnený v pneumatickom valci. Priebeh a jednotlivé výsledky merania budú zobrazovať na harddiskovom zapisovači MC – HDR od firmy BMC (Obr. 3).



Obr. 3 Bloková schéma procesu merania pri laboratórnych skúškach odvetvovania:

- 1 – harddiskový zapisovač BMC MC-HDR, 2 – zdroj snímača zrýchlenia,
- 3 – snímač zrýchlenia MEMS, 4 – rezný nástroj, 5 – pneumatický valec,
- 6 – kompresor - tlaková stanica, 7 – zdroj snímača tlaku, 8 – snímač tlaku

Pre skúšky odvetvovania sa jednotlivé vzorky očíslovali a rozmer vzorky vetvy v mieste vyrastania sa odmeria posuvným meradlom s presnosťou $0,1 \text{ mm}$. Po uchytení vzorky vetvy sa vetva odrezala jedným pohybom odvetvovacieho noža v mieste vyrastania, v smere a proti zbiehavosti kmeňa.

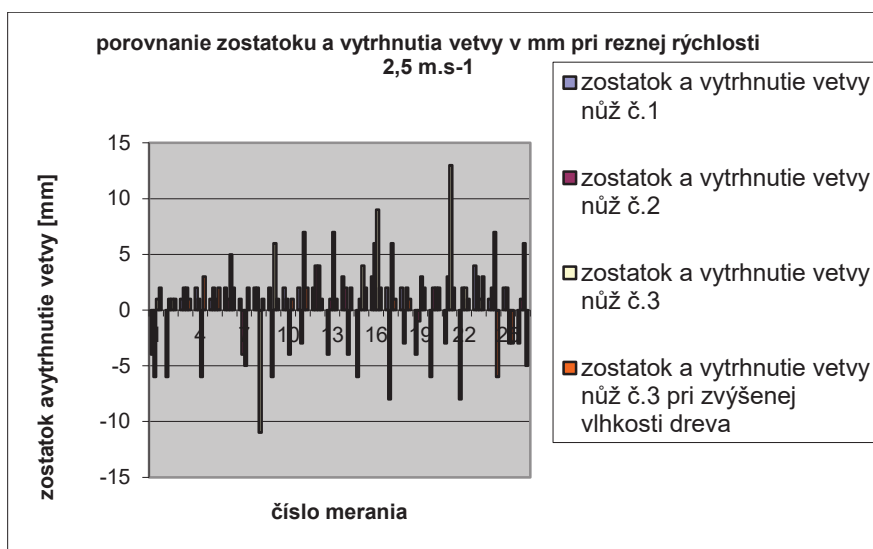
Vlhkosť dreva – $W \%$ (relatívna) sa zisťovala odporovým elektrickým vlhkomerom, ktorý bol schopný odmerať vlhkosť dreva až do 5 cm hĺbky okolo vety s presnosťou $\pm 1 \%$, čo

je v našom prípade postačujúce. Merná hmotnosť absolútne suchého dreva ρ_0 (kg.m^3) podľa STN 49 0108.

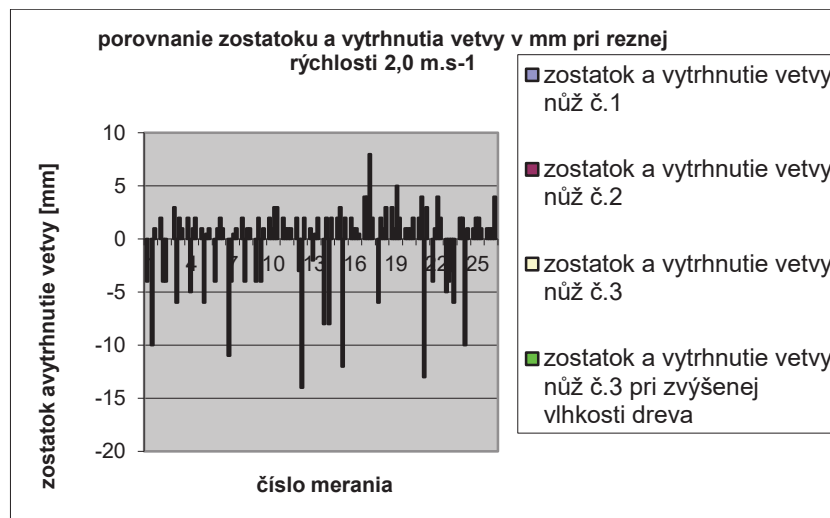
3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Pri zrezávaní vetvy v mieste jej vyrastania charakter priebehu reznej sily pôsobiacej v smere posuvu noža je tvarom blízky trojuholníku so zrezaným vrcholom, pričom rýchlosť pohybu rezu noža je zrkadlovým obrazom pôsobenia reznej sily. Pri zväčšovaní hĺbky vnikania noža rezná sila rastie lineárne a rýchlosť rezania lineárne klesá, priebeh sa zhoduje čo do tvaru s typickou krivkou celkových deformácií dreva, diagram pri namáhaní dreva v ohybe a stláčaní pozdĺž vlákien. Lineárna závislosť reznej sily a reznej rýchlosti sa mení obyčajne len pri hĺbke vnikania nástroja rovnej približne $0,5 \cdot d_0$, alebo niečo menej ako polovica priemeru vetvy [4,6,8].

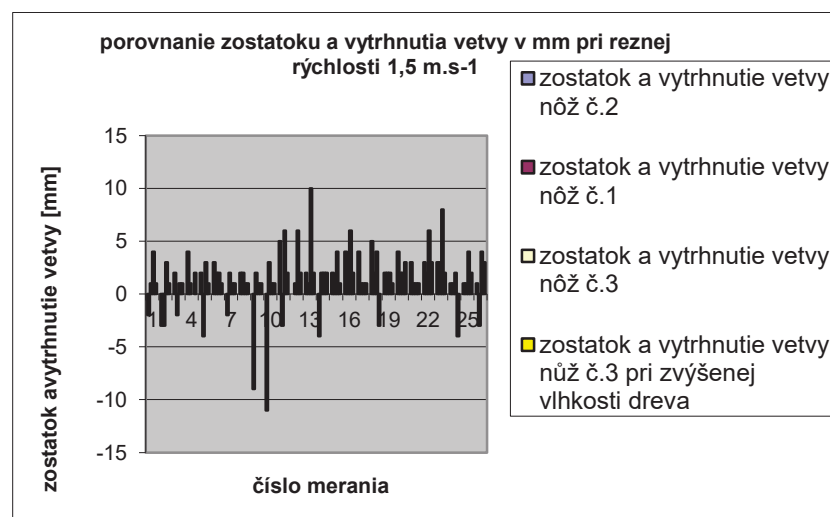
Jednotlivé laboratórne výsledky meraní spracované v tabuľkovej hodnote som spracoval pre prehľadnosť v grafickej forme v MS Excel (Obr. 4 až 6). Priebehy jednotlivých skúmaných veličín ako je max. rezná sila, max. rezná sila na 1 mm^2 plochy vetvy ako ukazovateľ nízkej energetickej náročnosti, zostatok a vytrhnutie vetvy ako kvalitatívny ukazovateľ, pri určených závislých parametroch nám dávajú lepší prehľad pri posudzovaní uvedených parametrov z hľadiska kvality a energetickej náročnosti procesu beztrieskového rezania sekania vetví.



Obr. 4 Grafické znázornenie porovnania vytrhnutia a zostatku vetvy pri rýchlosti 2.5 m.s^{-1} a pri všetkých druhoch nožov



Obr. 5 Grafické znázornenie porovnania vytrhnutia a zostatku vetvy pri rýchlosti 2.0 m.s⁻¹ a pri všetkých druhoch nožov



Obr. 6 Grafické znázornenie porovnania vytrhnutia a zostatku vetvy pri rýchlosti 1.5 m.s⁻¹ a pri všetkých druhoch nožov

Vytrhnutie a zostatok vetvy sa berie ako faktor ovplyňujúci kvalitu celého procesu odvetvovania, udané štatistické spracovanie nám dá odpoveď na otázku, či v danom rozsahu reznej rýchlosti sa výraznejšie mení kvalita procesu rezanie vetiev.

4 ZÁVER

Z vykonaných analýz je zrejmé, že najväčší vplyv na vytrhnutie a zostatok vetví ako na hlavné kritérium kvality má rezná rýchlosť. Ako ukazuje vyhodnotenie kritéria kvality, že na vytrhnutie a zostatok vetví má dôležitý vplyv aj vzájomné pôsobenie reznej rýchlosti a druhu noža (jeho geometrie) v danom rozsahu sledovaných rezných rýchlostí od 1,5 do 2,5 m.s⁻¹. Posúdením vplyvu skúmaných faktorov na kvalitu odchýlky od vykonaných analýz sa zistilo, že hlavným kritériom kvality s najväčším dopadom na rovnováhu medzi roztrhnutím a rozvetvením bola rezná rýchlosť a geometria rezného noža [4,6]. Experimenty ukázali, že odvetvovanie v urobených pokusoch prebieha rôzne, na kvalitu odvetvacieho procesu má

najväčší vplyv rezná rýchlosť a vzájomná interakcia (pôsobenie) reznej rýchlosti a druhu noža (jeho geometrie), čo potvrdzenie jednotlivých výskumov uskutočnených v tejto oblasti. To sa prejavuje v hladkosti plochy a vo vytrhnutiach a zostatkoch vetví v procese beztrieskového rezania vetiev.

POĎAKOVANIE

Túto prácu podporili Vedecká grantová agentúra Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied, projekt VEGA 1/0364/21.

LITERATÚRA

- [1] Gerasimov, Y., Seliverstov, A., Syunev, V., Industrial round-wood damage and operational efficiency losses associated with the maintenance of a single-grip harvester head model, *Forests, A Case Study in Russia*, 2012, 3, 864-880.
- [2] Hatton, B., Pot, G., Bouzgarrou, B.C.H., Gagnol, V., Gogu, G., Experimental determination of delimiting forces and deformations in hardwood harvesting, *Croatian Journal of Forest Engineering*, 2015, 36, 1, 43-53.
- [3] Kováč J., Analýza environmentálnych aspektov práce harvesterových technológií, *Technical university in Zvolen, Zvolen*, 2006.
- [4] Kováč, J., Interakcia jednotlivých faktorov v procese strojového odvetvovania stromov, In: *Trendy lesníckej, drevárskej a environmentálnej techniky a jej aplikácie vo výrobnom procese: medzinárodná vedecká konferencia k 10. výročiu vzniku FEVT Zvolen*, 5. - 7.9.2006, 110-116.
- [5] Krilek, J., Kováč, J., Dvořák, J., Mikleš, J., Výskum rezného mechanizmu lesníctve, *Technical University in Zvolen, Zvolen*, 2018.
- [6] Melicherčík, J., Kováč, J., Harvánek, P., Influence of knife geometry on selected factors pertaining to the delimiting process, *BioResources*, 2021, 1, 1757-1771.
- [7] Melicherčík, J., Krilek, J., Harvánek, P., Simulation of stress and strain analysis on a delimiting knife with replaceable cutting edge, *BioResources*, 2020, 15, 2, 3799-3808.
- [8] Mikleš, J., Mikleš, M., Teória beztrieskového rezania dreva pre odvetvovanie a lesnú ťažbu, *Acta Facultatis Technicae*, 2009, 2, 155-162.
- [9] Mikleš, M., Mikleš, J., Určovanie posuvnej rýchlosti reťazovej píly pri spillovaní stromu harvestorom, *Acta facultatis technicae: scientific journal of the Faculty of Environmental and Production Engineering*, 2012, 3, 101-106.
- [10] Siklienka, M., Šustek, J., The influence of the circular saw blade clearance on the unevenness of the worked surface, 11 - 15 September 2007 *Zalesina, Croatia – Zagreb*, 2007.
- [11] Siklienka, M., Kminiak, R., Šustek, J., Jankech, A., Delenie a obrábanie dreva, *Technical university of Zvolen, Zvolen*, 2017.
- [12] Spinelli, R., Hartsough, B.R., Magagnotti, N., Productivity standards for harvesters and processors in Italy, *Forest Products Journal*, 2010, 60, 226-235.

J. KOVÁČ, J. KRILEK, M. HELEXA: Qualitative indicators in delimiting trees

ANALÝZA IZOLOVANÝCH SEGMENTOV Z PÍLOVÉHO KOTÚČA

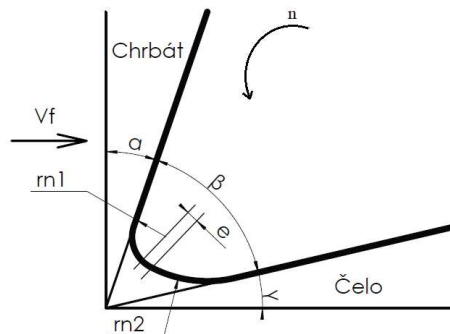
JOZEF KRILEK^{1*}, MILAN HELEXA², JÁN KOVÁČ³

Abstract: The main goal of the analysis is to perform an experimental measurement of wear on isolated segments from a saw blade with the support of a knife wear device no. UV 8446. Two types of materials were used for the experiment, the first of the saw blade made of HSS steel and the second sample were the teeth of the saw blade with SK blades. A microscopic method was used to evaluate wear, where the radius of curvature of the cutting edge was monitored using a microscope. The measurement results show that the wear between the two types of saw teeth HSS and SK blades has a relatively linear course.

Keywords: saw blade, wear, cutting edge

1 ÚVOD

Opotrebovanie je jav, ktorý sa bežne vyskytuje na takmer všetkých strojových súčiastkach. Pri obrábaní materiálu dochádza ku kontaktu medzi rezným nástrojom a obrobkom. Tento kontakt má za následky postupné opotrebovanie rezných hrán nástrojov. Samotný proces opotrebovania je pomerne zložitým dejom, ktorý je závislý od mechanických a fyzikálnych vlastností obrábaného materiálu, rezných podmienok a geometrie rezného nástroja. V dnešnej dobe je na trhu veľké množstvo rôznych materiálov ktoré sa používajú pre výrobu pílových kotúčov. Sú to materiály od nástrojových ocelí cez spekaný karbid až po syntetický diamant. Každý spomenutý materiál má svoje vlastné špecifické vlastnosti ktoré sú dôležité pre prácu reznej hrany v náročných podmienkach pri obrábaní.



Obr. 1 Vonkajší prejav opotrebovania rezného klina pri obrábaní dreva
 α -uhol chrbta, β -uhol rezného klina, γ -uhol čela, r_1 (n_1), r_2 (n_2)- polomer zaoblenia
reznej hrany, e -excentricita reznej hrany [1]

Z veľkého množstva štúdií [1] vyplýva, že vonkajší prejav opotrebovaného rezného klina nástroja pri obrábaní dreva je charakterizovaný: zaoblením reznej hrany nástroja

* **Korešpondenčný autor**

¹ **Jozef Krilek**, Katedra environmentálnej a lesníckej techniky, Fakulta techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 96001 Zvolen, Slovenská republika, e-mail: jkrilek@gmail.com

² **Milan Helexa**, Katedra environmentálnej a lesníckej techniky, Fakulta techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 96001 Zvolen, Slovenská republika, e-mail: milan.helexa@tuzvo.sk

³ **Ján Kováč**, Katedra environmentálnej a lesníckej techniky, Fakulta techniky, Technická univerzita vo Zvolene, Študentská 26, 96001 Zvolen, Slovenská republika, e-mail: jan.kovac@tuzvo.sk

zväčšovaním polomeru zaoblenia, väčším oterom na chrbtovej ploche rezného nástroja, ustúpením skutočnej reznej hrany od optimálnej, excentricitou reznej hrany nástroja, ktorá je posunutá smerom k čelu nástroja, krivkou (zaoblenej reznej hrany nástroja) so zväčšujúcim sa polomerom od čela až po chrbát rezného klina (Obr. 1).

Pri procese rezanie dochádza k súčasnému opotrebovaniu všetkých aktívnych povrchov rezného klina nástroja, ktoré prichádzajú do styku s obrábaným materiálom. Intenzita opotrebovania plôch rezného nástroja je rôzna v závislosti od podmienok práce. Rezný klin nástroja sa rýchlo opotrebuje len na určitých plochách, na ostatných častiach je opotrebovanie len nepatrné. Charakter opotrebovania rezného klina nástroja sa posudzuje podľa častí, ktoré sú najviac opotrebované [2].

V súčasnej dobe je experimentálne zisťovanie veľkosti opotrebovania zubov pílových kotúčov na reznom mechanizme kotúčovej píly pomerne komplikované. Je to z toho dôvodu, že v súčasnosti chýba vhodné zariadenie na vykonanie meraní, ktoré by nám zabezpečili meranie parametrov opotrebovania, ktoré by boli schopné zrýchliť opotrebovanie zubov pílových kotúčov, zjednodušiť manipuláciu so zubami pílových kotúčov a ktoré by obmedzilo spotrebu materiálu a tiež časovú a energetickú náročnosť merania opotrebovania. Tieto nedostatky je možné odstrániť pomocou konštrukčného návrhu zariadenia na opotrebovanie zuba pílového kotúča [3].

V súčasnej dobe je experimentálne zisťovanie veľkosti opotrebovania zubov pílových kotúčov na reznom mechanizme kotúčovej píly pomerne komplikované. Je to z toho dôvodu, že v súčasnosti chýba vhodné zariadenie na vykonanie meraní, ktoré by nám zabezpečili meranie parametrov opotrebovania, ktoré by boli schopné zrýchliť opotrebovanie zubov pílových kotúčov, zjednodušiť manipuláciu so zubami pílových kotúčov a ktoré by obmedzilo spotrebu materiálu a tiež časovú a energetickú náročnosť merania opotrebovania. Tieto nedostatky je možné odstrániť pomocou konštrukčného návrhu zariadenia na opotrebovanie zuba pílového kotúča [3].

2 MATERIÁL A METÓDY

Na Obr. 2 je zobrazené experimentálne meracie zariadenie, na ktorom bolo meranie fyzicky vykonané. Meracie zariadenie sa skladá z reznej a posuvnej časti. Pohon pílového kotúča zabezpečuje rezná časť a posuvná časť zabezpečuje uchytenie materiálu a jeho posuv do miesta rezu.



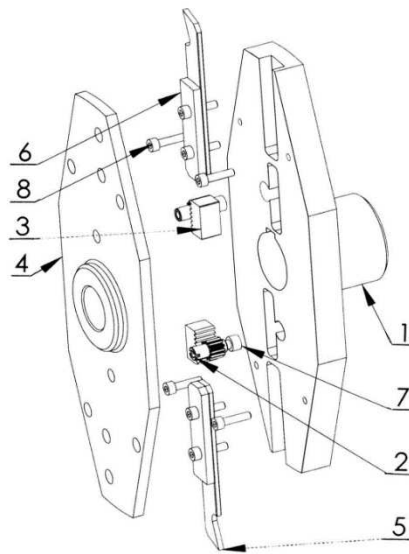
Obr. 2 Experimentálne meracie zariadenie

- 1 – pracovný stôl, 2 – vozík posuvu dreva, 3 – rezaný materiál, 4 – remeňový prevod pohonu pílového kotúča, 5 – trojfázový asynchrónny elektromotor pohonu prípravku na opotrebovanie zubov pílového kotúča o výkone 7,5kW, 6 – ložiskový domec, 7 – elektromotor posuvu materiálu do miesta rezu o výkone 5,5kW, 8 – vretenník pílového kotúča, 9 – prípravok na opotrebovanie zubov pílových kotúčov, 10 – snímač krútiaceho momentu a otáčok HBM T20WN, 11 – spojky Giflex GFLL-28, 12 – snímač sily HBM S2

Experiment prebiehal na meracom zariadení, ktoré sa skladá z dvoch hlavných častí a to z rezného a podávacieho mechanizmu. Nástrojom rezného mechanizmu boli segmenty nožov dvoch druhov pílových kotúčov, ktoré boli vyrezané a umiestnené do meracieho prípravku na opotrebovanie zubov (Obr. 3, 4).

Úlohou podávacieho mechanizmu bolo uchytenie a ustavenie rezaného materiálu do požadovanej polohy a zabezpečenie pohybu materiálu do miesta rezu žiadanou reznou rýchlosťou. Pri meraní bola použitá jedna drevina a rezanie prebiehalo priečne k smeru drevných vlákien.

Na Obr. 3 je zobrazené konštrukčné riešenie zariadenia na opotrebovanie zuba pílového kotúča v rozloženom stave [3].



Obr. 3 Prípravok na opotrebovanie zuba pílového kotúča v rozloženom pohľade [3]

- | | |
|----------------------|---------------------------|
| 1 – Nosný rám | 5 – Zuby pílových kotúčov |
| 2 – Ozubené kolieska | 6 – Dištančné podložky |
| 3 – Závažia | 7 – Poistné skrutky |
| 4 – Príruba | 8 – Skrutky |

Pre experiment boli použité dva druhy pílových kotúčov, z ktorých boli vyrezané pomocou vodného lúča podľa perezového plánu jednotlivé segmenty zubov a upevnené do meracieho prípravku (Obr. 4).

Pílové zuby sa pred meraním neprebrusovali. Pod mikroskopom bolo vidieť, že od výroby sa jedná o nerovnomerné nabrúsenie. Z pílového kotúča sa vyrezal jeden ľavý a jeden pravý pílový zub.

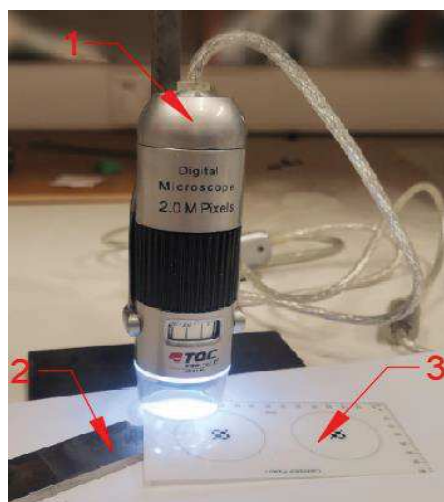


Obr. 4 Segment zubov pílových kotúčov

Pre experiment bola použitá jedna drevina - smrek obyčajný (*Picea abies*). Smrekové drevo je mäkké, pevné, pomerne ľahké a veľmi pružné. Farba dreva je biela až žltobiela s výraznými letokruhmi a na svetle postupom času žltne [4]. Smrekové drevo sa suší pomalšie a pri sušení často dochádza k praskaniu, či deformovaniu. Tento proces je často sprevádzaný aj vytekaním živice a uvoľňovaním nezarastených hrčič [5]. Rozmery skúšobných vzoriek boli 150x40 a dĺžka 1500 mm. Zisťovanie vlhkosti vzoriek smrekového dreva sa vykonala podľa normy STN 49 0103.

Žiadna rezná hrana pílového nástroja nemá ideálny rezný klin, ktorý by bol tvorený rovinou chrbta a čela. Z toho dôvodu sa pred samotným experimentom segmenty zubov nafotili pod mikroskopom pri 240 násobnom priblížení s kalibračnou mierkou. Pri tomto experimente bol použitý mikroskop od firmy TQC (Obr. 5).

Po nafotení sa upevnili skúšobné vzorky nožov do meracieho prípravku, nastavili zvolené rezné parametre a začali so samotným experimentom.



Obr. 5 TQC USB Mikroskop Full Kit LD6181
1-Mikroskop, 2-pílový zub, 3-kalibračná mierka

Interval kontroly opotrebovania reznej hrany sa určil na každých 10 napílených metrov reziva. Po napílení 10 metrov materiálu sa nože demontovali z meracieho prípravku, očistili od nečistôt a vložili pod mikroskop, kde boli nafotené s 240 násobným zväčšením a s kalibračnou milimetrovou mierkou. Vzniknuté fotky sa následne spracovávali v programe AutoCad 2021.

Hrúbka odoberaného materiálu: hrúbku odoberaného materiálu sa určila na 20 mm.

Stanovenie počtu rezov na jednom kuse polotovaru: sa určila výpočtom, pri ktorom sa vydělila dĺžka polotovaru šírkou odobieraného materiálu na jednej radiálnej doske. Teda na jednom kuse dosky sa uskutoční 75 priečných rezov.

Interval kontroly reznej hrany bol stanovený na 10 napílených metrov, čo predstavovalo 67 rezov. S pílovými zubami z HSS ocele a s SK-plátkami sa pri experimente napílilo 200 metrov materiálu čo predstavuje 1340 rezov.

Výpočet celkovej napílenej dĺžky dreva: Napílená dĺžka dreva sa zistila vynásobením dĺžky jedného rezu s počtom rezov, čo predstavovalo 201 napílených metrov.

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

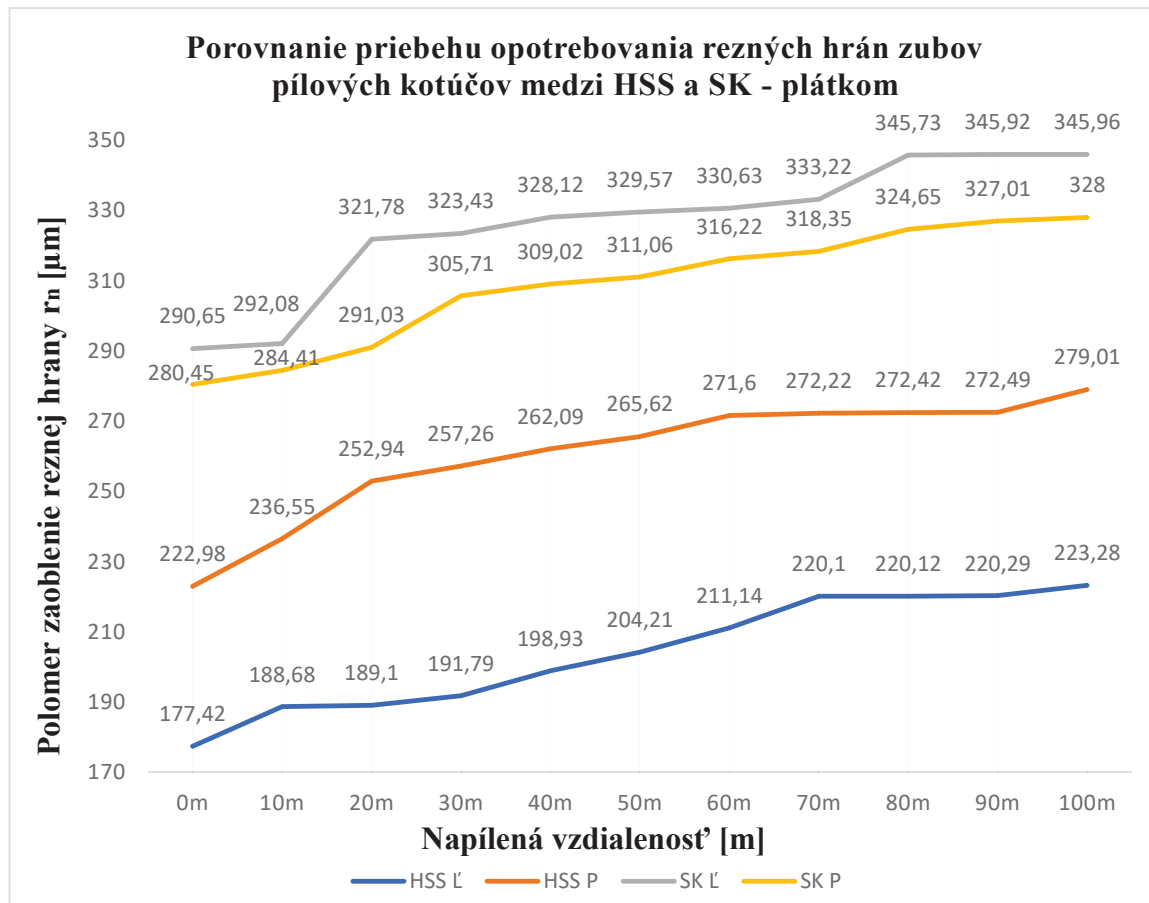
Opotrebovanie reznej hrany sa sledovalo pri dvoch pároch skúšobných vzoriek. Jeden pár skúšobných vzoriek bol vyrobený z HSS a druhý pár skúšobných vzoriek obsahoval SK - plátky. Všetky získané údaje sú znázornené v tabuľke 1 a následne na obrázku 6. Zuby pílových kotúčov neboli pred samotným experimentom prebrúsené. Jednalo sa o vzorky nových zubov pílových kotúčov priamo od výrobcu. Zistilo sa, že vzorky už od výroby boli nerovnomerne nabrúsené. Prišlo sa k pomerne neočakávaným výsledkom, pretože sa zistilo, že zuby z HSS mali už v počiatkovej fáze menší polomer zaoblenia reznej hrany r_n ako zuby pílových kotúčov s SK – plátkom, pričom sa očakával opačný výsledok. Toto bolo spôsobené pri manipulácii so skúšobnými vzorkami, či už pri vyrezávaní skúšobných vzoriek z pílových kotúčov vodným lúčom alebo následnom opracovaní na požadované rozmery, alebo pri samotnej preprave vzoriek segmentov zubov. Pod mikroskop bolo možné vidieť poškodenie rezných hrán a ich vyložené časti už pred samotným uskutočnením experimentu.

Tab. 1 Namerané hodnoty polomerov zaoblenia rezných hrán zubov r_n pílových kotúčov z HSS a SK – plátkom

| | HSS L [μm] | HSS P [μm] | SK L [μm] | SK P [μm] |
|-------------|---------------|---------------|--------------|--------------|
| 0m | 177,42 | 222,98 | 290,65 | 280,45 |
| 10m | 188,68 | 236,55 | 292,08 | 284,41 |
| 20m | 189,1 | 252,94 | 321,78 | 291,03 |
| 30m | 191,79 | 257,26 | 323,43 | 305,71 |
| 40m | 198,93 | 262,09 | 328,12 | 309,02 |
| 50m | 204,21 | 265,62 | 329,57 | 311,06 |
| 60m | 211,14 | 271,6 | 330,63 | 316,22 |
| 70m | 220,1 | 272,22 | 333,22 | 318,35 |
| 80m | 220,12 | 272,42 | 345,73 | 324,65 |
| 90m | 220,29 | 272,49 | 345,92 | 327,01 |
| 100m | 223,28 | 279,01 | 345,96 | 328 |

Na Obr. 6 SK-plátky je rozdiel v počiatkových hodnotách polomerov zaoblenia reznej hrany medzi ľavým a pravým zubom pílového kotúča s SK – plátkom tvorí 10,2 μm. Vidíme, že ľavý zub mal v prvých 20 metroch prudší nábeh opotrebovania ako pravý zub. Od 30 metrov hodnoty rástli postupne po malých hodnotách a nedochádzalo k výrazným skokovým zmenám. Väčšia zmena nastala až medzi 70 a 80 napíleným metrom na ľavom zube pílového kotúča, pričom na pravom zube nedošlo až k takému výraznému navýšeniu. V posledných 10 metroch u oboch zubov nedochádzalo k veľkým zväčšeniam polomerov zaoblenia rezných hrán.

Rozdiel v hodnote polomeru zaoblenie reznej hrany po 100 napílených metroch medzi ľavým a pravým nožom tvorí 17,96 μm . Celkový rozdiel medzi opotrebovaním je 7,76 μm , keďže celkové opotrebovanie na ľavom zube sa zväčšilo o 47,55 μm a pri pravom 55,31 μm .



Obr. 6 Porovnanie priebehu opotrebovania rezných hrán zubov pílových kotúčov medzi HSS a SK - plátkom

Na Obr. 6 HSS je pomerne veľký rozdiel v hodnote polomeru zaoblenia reznej hrany medzi ľavým a pravým zubom pílového kotúča HSS je už pri počiatočných hodnotách. Tento rozdiel bol 45,56 μm . Rozdiel mohol vzniknúť pri preprave segmentov nožov alebo pri vypilovaní týchto zubov z tela pílového kotúča. Podľa obrázku 6 vidieť, že opotrebovanie rezných hrán stúpalo v prvých metroch výraznejšie. Po určitej napílenej vzdialenosti sa obe krivky ustálili. Rozdiel v hodnote polomeru zaoblenie reznej hrany po 100 napílených metroch medzi ľavým a pravým nožom HSS tvorí 55,73 μm . Celkový rozdiel medzi opotrebovaním je 10,17 μm , keďže celkové opotrebovanie pri ľavom zube sa zväčšilo 45,86 μm a pri pravom 56,03 μm .

Výskumom opotrebovania rezných klinov nástrojov sa už v minulosti venovalo viacero autorov, ktorí získali nasledovné poznatky. Patrí sem napríklad Mišura (2010) [6] Pernica, Rousek (2001) [7], Babiak (2006) [8] a Pernica (1997) [9].

Pernica a Rousek [7] sa zaoberali priebehom otupenia rezných klinov na dvoch formátovacích pílových kotúčoch. Jeden pílový kotúč mal 60 zubov a druhý 72 zubov. Pri ich experimente sa rezalo 30 hodín, čo zodpovedalo 40 m^2 . Uvádzajú, že pri ich výskume sa

polomer zaoblenia reznej hrany r_n v mm zvýšil z 0,01mm na 0,007 mm. Celkovo teda polomer reznej hrany vzrástol o 0,06 mm. Autori vo svojej práci tiež uvádzajú, že pri meraní zistili, že pílový kotúč s menším počtom zubov mal asi o 10% vyššiu životnosť ako pílový kotúč s väčším počtom zubov.

Babiak (2006) [8] pri svojom meraní sledoval priebeh polomeru zaoblenia reznej hrany r_n zubov pílového kotúča v čase a tiež sledoval k akým zmenám zaoblenia rezných hrán dochádzalo v určitých časových intervaloch. Tieto údaje zisťoval pomocou použitia profiloprojektora.

Taktiež Pernica (1997) [9] sa zaoberal porovnávaním otupenia rezných hrán na piatich pílových kotúčoch s SK – plátkom. Tieto kotúče boli od rôznych výrobcov ale všetky mali 16 pílových zubov. Pri meraní sa rozrezávalo smrekové drevo. Zistilo sa, že po rozrezaní približne 70 m² smrekového dreva bol polomer zaoblenia reznej hrany r_n v priemere 0,08-0,13mm.

Mišura (2010) [6] vo svojej práci udáva, že meranie opotrebovania prostredníctvom polomeru zaoblenia reznej hrany r_n bolo v minulosti hlavným merítkom opotrebovania rezných nástrojov, pretože táto charakteristika vyjadrovala ostrosť reznej hrany. Problémom používaní tejto charakteristiky je to, že pri samotných meraniach sa zistilo, že táto charakteristika nerovnomerne narastá. Príčinou tohto nárastu je to, že pri procese rezania dreva dochádza súčasne k opotrebovaniu čelnej aj chrbtovej plochy nástroja.

Zo spomenutých prác každý autor používa pri meraní opotrebovania rezných klinov nástrojov rôzne metodiky merania, rôzne charakteristiky v závislosti od iných faktorov. Taktiež každý autor pri svojom experimente používal iné rezné podmienky. Práve z tohto dôvodu je ťažké práce navzájom porovnávať.

Aj napriek hore uvedeným zisteniam sa autori prác jednoznačne zhodli na jednom fakte. Na tom, že s rastúcou veľkosťou narezanej plochy [m²] alebo rastúcou dobou rezania [h] dochádza k zväčšovaniu opotrebovania reznej hrany nástroja. Toto tvrdenie potvrdzuje aj Očkajová [1] a Lisičan [10].

4 ZÁVER

Z merania vyplýva, že opotrebovanie medzi dvoma druhmi pílových zubov malo pomerne podobný priebeh. Zistilo sa, že polomery zaoblenia rezných hrán segmentov zubov r_n z HSS ocele sa po narezaní 100 metrov smrekového dreva zmenili u ľavého zuba o 45,86 μm a pri pravom zube o 56,03 μm. Pri nožoch s SK – plátkami sa tieto hodnoty menili pri ľavom zube o 47,55 μm a pri pravom zube o 55,31 μm.

Ako vyplýva zo získaných výsledkov, polomery zaoblenie rezných hrán r_n boli už pred samotným experimentom pomerne veľké. Preto pre ďalší experiment odporúčame, aby boli pílového zuby pred samotným experimentom prebrúsené. Taktiež považujeme za potrebné vytvorenie prípravku, do ktorého by boli segmenty zubov upevnené a tak nafotené pod mikroskopom pri rovnakom uhle. V rámci opotrebovania rezného klina by bolo vhodné použiť aj úbytok hmotnosti segmentov [11]. Daný príspevok poukazuje na vhodnosť použitia daného prípravku pre potreby zisťovania opotrebovania rezného klina, čím sa skrátí čas experimentu a náklady na samotný experiment.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok podporila Vedecká grantová agentúra Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied VEGA 1/0609/2020 “Výskum rezných nástrojov pri spracovaní dendromasy z poľnohospodárskej a lesníckej výroby”.

LITERATÚRA

- [1] Očkajová, A., Príčiny poškodenia reznej časti nástrojov a ich opotrebenie, In: Zborník referátov z odborného seminára Drevorezné nástroje 2002, Zvolen, 2001, 18-31.
- [2] Hájnik, I., Opotrebenie rezného klina drevoobrábacích nástrojov, TUZDFOD – Katedra obrábania dreva, Drevorezné nástroje a obrábanie dreva 2007, In: Zborník referátov z odborného seminára, 13. december 2007, Zvolen: TUZVO, 102-111.
- [3] Krilek, J., Štefánek, M., Kováč, J., Kuvik, T., Zariadenie na opotrebovanie zuba pílového kotúča, Úžitkový vzor: 8446, 2018.
- [4] Klement, I., et al., Základné charakteristiky lesných drevín – spracovanie drevenej suroviny v odvetví spracovania dreva, 2019. Dostupné na internete: <http://www.nlcsk.sk/files/1526.pdf> [cit. 2021-07-13].
- [5] Osvald, A., Osvaldová, L., Retardácia horenia smrekového dreva, TU vo Zvolene, Zvolen, 2003.
- [6] Mišura, L., Vplyv výšky nastavenia pílového kotúča na vybrané parametre procesu rezania dreva, Dizertačná práca, TUZDFOD – Katedra obrábania dreva, Zvolen, 2010.
- [7] Pernica, J., Rousek, M., Průběh otupení pílových kotoučů při rozřezávání laminované dřevu tříšsky, In: Trendy lesníckej, drevárskej a environmentálnej techniky a jej aplikácie vo výrobnom procese, Medzinárodná vedecká konferencia, 4. - 6. september 2001, Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 133-141.
- [8] Babiak, M., Problematika opotrebenia pílových listov rámových píl, diplomová práca, DF TU Zvolen, 2006.
- [9] Pernica, J., Příspěvek k monitorování stupně otupení pílových kotoučů, In: Les – drevo – životné prostredie, Medzinárodná vedecká konferencia 1997, Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 1997, 123-127.
- [10] Lisičan, J., et al., Teória a technika spracovania dreva, MATCENTREM, Zvolen, 1996.
- [11] Kuvik, T., Krilek, J., Analýza opotrebovanie reťaze na základe úbytku hmotnosti, In: Mobilné energetické prostriedky - Hydraulika - Životné prostredie - Ergonómia mobilných strojov: zborník abstraktov, Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2017, 15.

J. KRILEK, M. HELEXA, J. KOVÁČ: Analysis of isolated segments from a circular saw blade

KONŠTRUKČNÁ ÚPRAVA PODÁVAČA RÚROK

JOZEF KULKA^{1*}, MARTIN MANTIČ², MARIÁN SIMAN³

Abstract: The article is devoted to the engineering design of a tube feeder for hydraulic shears in two alternatives. Hydraulic shears are part of the steam generator segmentation line, which after decontamination is intended for disposal as low-contaminated nuclear waste, for the processing of which strict standards apply. The first alternative of the feeder is on the principle of a chain conveyor, which, however, was unreliable for some cut pipes. Therefore, a screw feeder using a moving screw and in addition a tube dispenser for each stroke has been proposed in the second alternative.

Keywords: hydraulic shears, chain conveyor, moving screw, engineering design

1 ÚVOD

Existuje veľa nesmierne dôležitých odvetví, ktoré bežne pracujú s rádioaktivitou a rádioaktívnymi materiálmi. Hovoríme o jadrovej energetike, priemysle, výskume, zdravotníctve a celom rade ďalších. Všeobecne platí, že takmer pri všetkých ľudských činnostiach vznikajú rôzne druhy odpadov. Špecifikum vyššie vymenovaných činností spojených s rádioaktivitou je v tom, že pri nich vznikajú rádioaktívne odpady (RAO), t. j. odpady kontaminované rádionuklidmi. V porovnaní s odpadmi iného druhu, napríklad z klasickej energetiky, je ich čo do objemu pomerne málo. Nakladanie s rádioaktívnymi odpadmi sa riadi prísnyimi pravidlami a podlieha kontrole. Pokiaľ sú rádioaktívne odpady niečím výnimočné, tak je to pozornosť, ktorá sa venuje manipulácii s nimi a ich izolovaniu.

2 MATERIÁL A METÓDY

Medzi pracoviská, ktoré pracujú z nízko kontaminovaným rádioaktívnym odpadom, patrí aj pracovisko segmentácie parogenerátora, ktoré je zriadené v priestoroch JE v Jaslovských Bohuniciach. Súčasťou pracoviska, resp. celej poloautomatizovanej linky je pracovisko sekundárneho delenia rúrok. Toto pracovisko sa skladá z hydraulických nožníc Kajman 600, ku ktorým bol konštrukčne navrhnutý podávač rúrok a tiež ukladač, resp. zberač nastrihaných rúrok, ktorý ukladá nastrihané rúrky do suda. Naplnený sud sa preváža na ďalšie pracovisko, kde je následne spracovaný podľa predpisu.

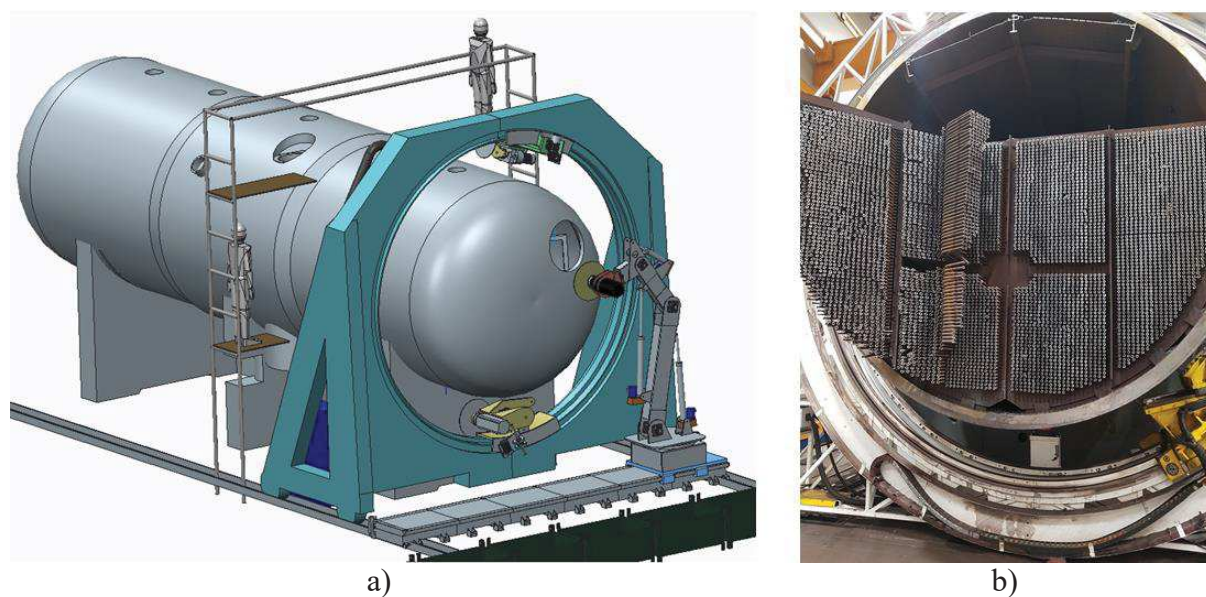
Z pracoviska segmentácie parogenerátora (Obr. 1) po odobratí zaobleného čela parogenerátora sa odkrývajú vnútorné batérie rúrok priemeru 16 mm, v ktorých sa v procese výroby elektrickej energie vyvíja para. Pomocou ramena manipulátora, na ktorom je uchytený rezný kotúč, sa v procese primárneho delenia orezávajú rúrky (na dĺžku cca 700 mm) postupne v radoch zdola hore a narezané padajú do zberného koša uchyteného pod rezným kotúčom (Obr. 2). Po naplnení zberného koša sa narezané rúrky presypú do prevážacieho vozíka, ktorým sa zase prepraví na pracovisko sekundárneho delenia rúrok. Z prevážacieho vozíka sa rúrky presypú do zásobníka podávača rúrok.

* Korešpondenčný autor

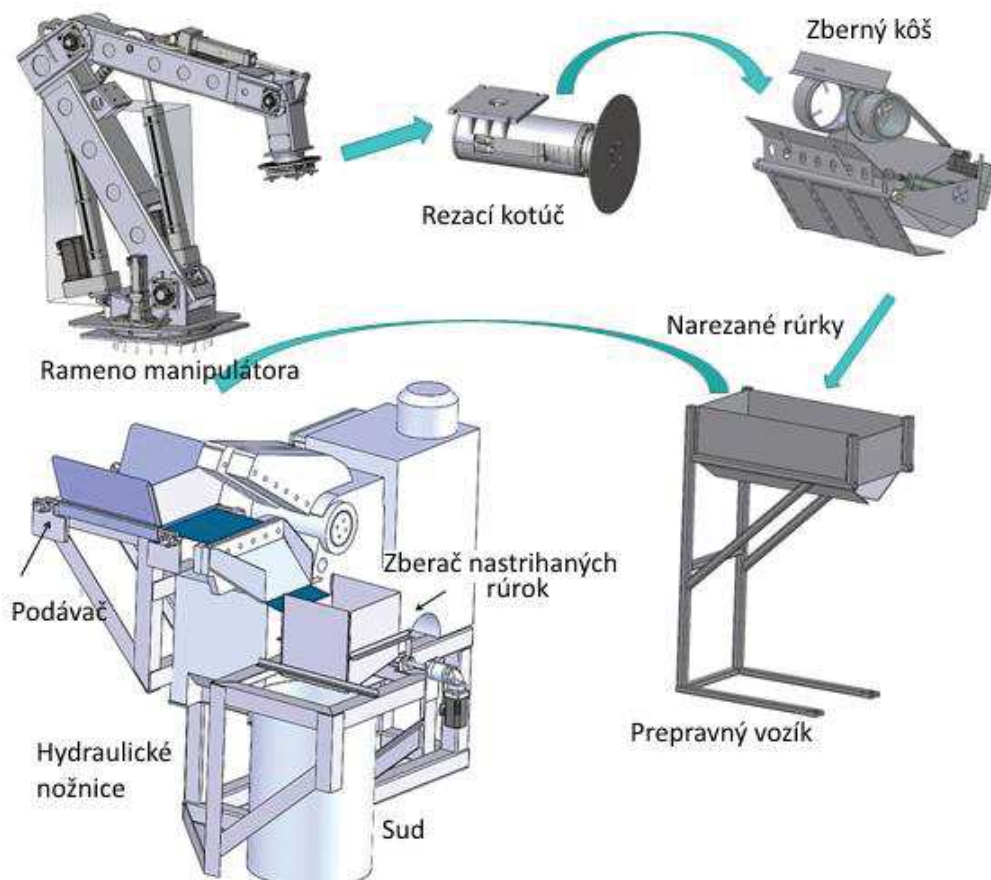
¹ Jozef Kulka, KKaDI, Strojnícka fakulta, Technická univerzita v Košiciach, Letná1/9, 04200 Košice, Slovenská republika, e-mail: jozef.kulka@tuke.sk

² Martin Mantič, KKaDI, Strojnícka fakulta, Technická univerzita v Košiciach, Letná1/9, 04200 Košice, Slovenská republika, e-mail: martin.mantic@tuke.sk

³ Marián Siman, KKaDI, Strojnícka fakulta, Technická univerzita v Košiciach, Letná1/9, 04200 Košice, Slovenská republika, e-mail: marian.siman@tuke.sk



Obr. 1 Pracovisko segmentácie parogenerátora
a) parogenerátor pred otvorením – model, b) otvorený parogenerátor – primárne delenie rúrok

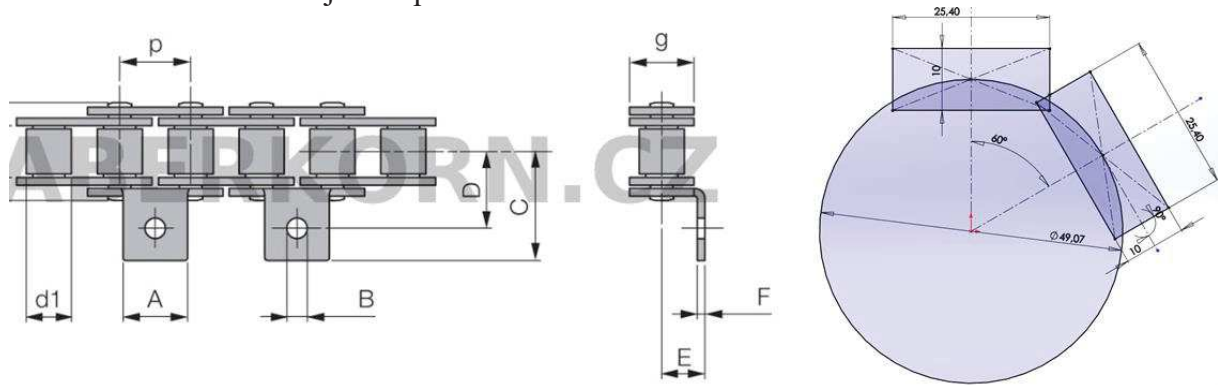


Obr. 2 Primárne a sekundárne delenie rúrok

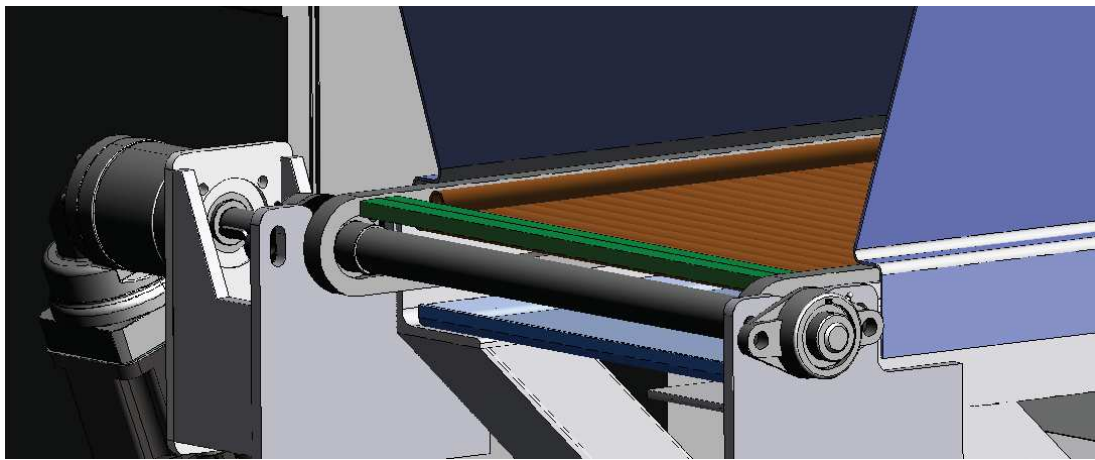
3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

3.1 Návrh reťazového podávača rúrok

V pôvodnej verzii sme uvažovali s podávačom, ktorý pracoval na princípe reťazového dopravníka [1,2]. Pozostával z dvoch Gallových reťazí [3], na ktorých boli uchytené v dve dvojice unášačov (Obr. 3). Uchytenie unášačov bolo nadimenzované tak, aby pri vzpričení sa rúrok sa pretrhla pripevňovacia skrutka k reťazi. Dve dvojice unášačov (Obr. 4) zasa boli preto, aby pri presune jednej dvojice do záberu vo vratnej vetve dopravníka druhá dvojica zároveň posúvala ďalší rad rúrok na strihanie. Šírka unášačov sa volila tak, aby pri prechode cez reťazové koleso si navzájom neprekážali.



Obr. 3 Voľba šírky unášača [3]



Obr. 4 Detail nábehu unášačov do záberu – model

Toto riešenie sa však ukázalo ako veľmi poruchové a nespoľahlivé. Najväčší problém sa vyskytol pri posúvaní zakrivených rúrok (Obr. 5).



Obr. 5 Rúrky so zakrivením v zásobníku

Tam sa ukázalo, že toto riešenie nevyhovuje. Preto sa navrhla nová koncepcia, ktorá je popísaná v ďalšom texte.

3.2 Návrh skrutkovového podávača rúrok

Koncepcia skrutkového podávača (Obr. 6) je diametrálne odlišná od predchádzajúcej verzie podávača. Pohybová skrutka je umiestnená pod pracovným stolom. Cez dve štrbiny v stole vychádzajú nad stôl dva unášače, na ktoré je pripevnená hrnúca platňa. Tento spôsob už nemá problém s posunom zakrivených rúrok. Pri tomto spôsobe podávania ale bolo potrebné vyriešiť, aby na stôl padal iba obmedzený počet rúrok, pretože hydraulické nožnice môžu strihať iba jednu vrstvu rúrok. Reálne môžu strihať aj viac rúrok, ale je problém s vypadávaním rúrok, keď sa otvorí pridržiavač, ktorý ich počas strihania drží. Ďalšia skutočnosť, ktorá bránila v strihaní väčšieho množstva rúrok bola, že rúrky sú síce dekontaminované, ale meraniami sa nevedelo zistiť, či všetky rúrky a všade sú dostatočne dekontaminované. Preto sme museli uvažovať, že je tam nejaká zvyšková kontaminácia a nemohli sme dovoliť, aby zariadenie, na ktorom sa to spracováva, šíriло kontamináciu do prostredia (vypadávanie rúrok).



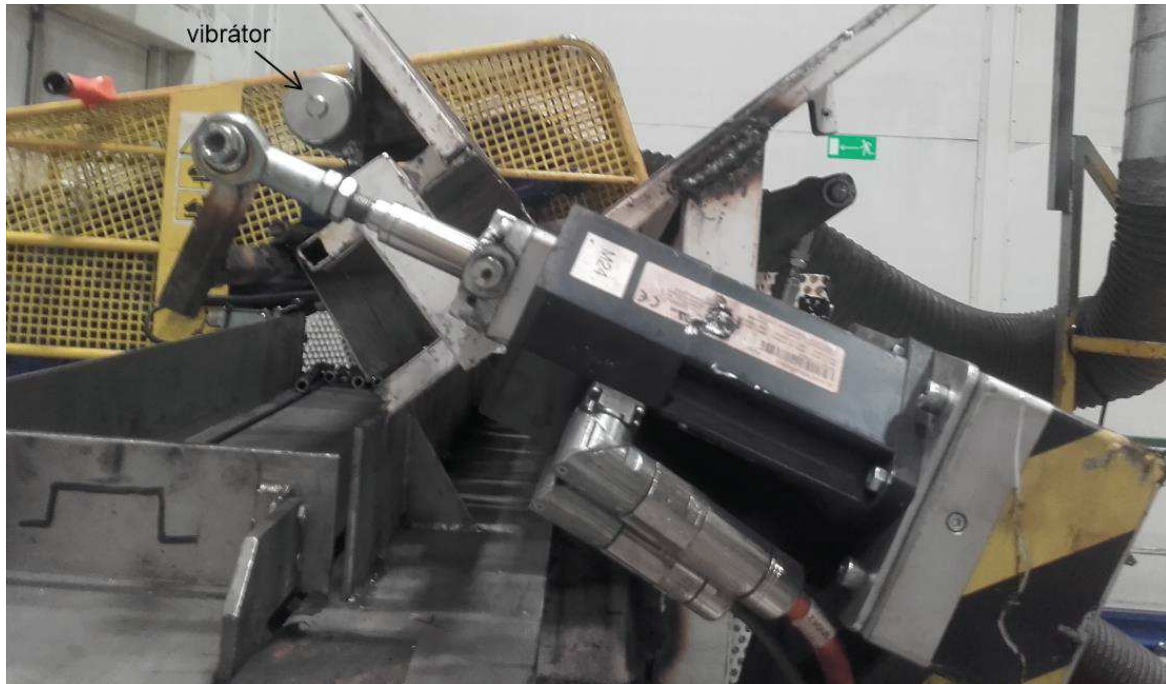
Obr. 6 Skrutkový podávač rúrok

Dávkovanie sme vyriešili tak, že pod zásobník podávača sme pridali ešte jednu medzikomoru - dávkovač, do ktorej sa zmestí iba taký počet rúrok, ktorý pri prepadnutí na pracovný stôl podávača vytvorí iba jednu vrstvu rúrok. Ak sa nektorá rúrka (najčastejšie pokrivená) preda len skríži, aretácia rúrok na nožniciach pri strihu jednu-dve rúrky zvláda tak, že nevypadnú. Dávkovač funguje na princípe vidlice (Obr. 7). Po vysunutí vidlice von zo zásobníka sa rúrky prepádajú do medzikomory. Aby sa uľahčilo prepádávanie rúrok (hlavne pokrivených), namontoval sa na steny zásobníka malý priemyselný vibrátor (Obr. 8). Po naplnení medzikomory sa vidlica s hrotmi na koncoch zasunie do masy rúrok a oddelí jednu dávku. Po otvorení dna medzikomory rúrky prepadnú na stôl podávača. Ovládanie vidlice a otočne oloženého dna medzikomory (Obr. 8) zabezpečujú dva lineárne aktuátory.

Celý proces sekundárneho delenia rúrok je plne automatizovaný, človek je potrebný iba na kontrolu, že to beží správne a na doplnenie rúrok do zásobníka z pracoviska primárneho delenia rúrok. Je tam však možnosť prepnúť ovládanie na manuálny režim a vojsť do ľubovoľnej operácie nastavených cyklov a manuálne niektorý cyklus zopakovať. Po prepnutí do automatického režimu sa podávač ale stále vráti na začiatok prvej operácie. Použitím skrutkového podávača sa zároveň zlepšila aj funkčnosť celého procesu sekundárneho delenia rúrok. Pri reťazovom podávači sa rúrky strihali iba na polovicu, pretože ak sa strihali kratšie, veľa nastrihaných rúrok neprepadlo do zberného suda, ale ostávalo na strižnici (pri čeľustiach). Až ďalšia dávka rúrok ich zhadzovala dole. Pri skrutkovom podávači je možné strihať rúrky aj na menšie dĺžky, čo je výhodnejšie, pretože kratšími kúskami sa sud viac naplní a lepšie sa využije jeho objem.



Obr. 7 Ovládanie vidlice dávkovača



Obr. 8 Ovládanie dna dávkovača

4 ZÁVER

Prax ukazuje, že použitie princípov dopravných a manipulačných zariadení je uplatniteľné takmer všade. Podľa požiadaviek na prevádzku a obmedzení, ktoré často limitujú plné využitie niektorých zariadení, si vieme zvoliť vhodný druh manipulačného zariadenia a prispôbiť ho konkrétnym podmienkam. V našom prípade to bol princíp reťazového dopravníka s dvojicou unášačov a dopravníka, využívajúceho na pohyb materiálu pohybovú skrutku.

POĎAKOVANIE

Túto prácu podporila Vedecká grantová agentúra Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied VEGA 1/0110/18.

LITERATÚRA

- [1] Bigoš, P., Kulka, J., Kopas, M., Mantič, M., Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení, TUKE, Košice, 2012.
- [2] Jasaň, V., et al., Teória dopravných a manipulačných zariadení, VTaEL, Bratislava, 1989.
- [3] Dostupné na internete <http://www.haberkorn.cz> [cit. 2021-09-03].

J. KULKA, M. MANTIČ, M. SIMAN: Structural modification of a tube feeder

KOORDINÁCIA PROCESU SKLADOVANIA S PREPOJENÍM NA SPOLOČENSKÚ ZODPOVEDNOSŤ PODNIKU

MARCELA MALINDŽÁKOVÁ^{1*}

Abstract: The paper focuses on activities within the storage process. The aim of the paper is to examine the link between the main storage activities, namely the receipt of materials for storage and the process of preparation of materials (goods) for shipment with a link to corporate social responsibility. Corporate Social Responsibility (CSR) in the field of logistics examines three main processes, namely warehousing, purchasing and transport. Inventory coordination in the supplier-customer chain must be effective as a result of which inventory creation becomes unnecessary. It is important to reliably plan the realized deliveries, to eliminate the distance of production of the supplier and the customer, while the connection in the area of elimination of failures and thorough quality control is essential. An algorithm for the respective storage process is created for the needs of receiving materials for storage. The Failure Mode and Effect Analysis (FMEA) method is applied to identify errors in the process of preparing goods for storage.

Keywords: corporate social responsibility, supplier-customer chain, warehousing, process of preparing goods for storage

1 ÚVOD

Súčasťou logistického systému je proces skladovania. Proces skladovania zahŕňa špecifikované procesy a činnosti, ktoré sú spojené tokom od miesta zdroja na miesto spotreby. Procesy skladovanie, nákup a preprava spadajú pod kategórie spoločenskej zodpovednosti podniku, konkrétne životné prostredie, etika, bezpečnosť, rôznorodosť, filantropia a zapojenie komunity, pracovné prostredie a ľudské práva. Pre potreby procesu skladovania, vedúci skladov by mali venovať pozornosť okrem činností reverznej logistiky aj environmentálnym problémom (balenie materiálov, označovanie nebezpečných materiálov). V oblasti bezpečnosti je podstatné, aby vedúci skladov evidovali školenia zamestnancov, ktoré sa zameriavajú na bezpečnú obsluhu vysokozdvížných vozíkov, ale aj poskytovanie bezpečnostných a ochranných prostriedkov, napr. prilby, okuliare, atď. Etické problémy sú zameriavané na zamestnancov v oblasti preventívnych opatrení odcudzenia malých komponentov, materiálov alebo dielcov. Rozmanitosť a problémy ľudských práv v skladovom hospodárstve môžu byť aplikované na väčšinu funkčných oblastí vrátane skladu [1]. Environmentálne aktivity nákupných procesov zahŕňajú okrem zníženia množstva zakúpeného obalového materiálu aj nákup recyklovateľných a opakovane použiteľných obalov. Podniky musia zabezpečiť, aby operácie dodávateľského reťazca ako aj operácie obchodných partnerov boli šetrné k životnému prostrediu a aby ich produkty boli znovu použiteľné a recyklovateľné [1,2].

Pre zabezpečenie plynulého chodu procesu prepravy je nutné zabezpečiť vozidlám náležitú údržbu s cieľom znížiť úniky palív, spoľahlivo prepravovať nebezpečný materiál a zúčastňovať sa na reverznej preprave produktov na opätovné využitie alebo recykláciu. Riešenie otázky ľudských práv je tiež dôležité pri procese prepravy a to z dôvodu, aby pracovníci (vodiči) nepracovali dlhšiu dobu a tiež, aby ich mzdy boli ekvivalentné k podanému

* **Korešpondenčný autor**

¹ **Marcela Malindžáková**, Ústav logistiky a dopravy, Fakulta BERG, Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 14, 04384 Košice, Slovenská republika, e-mail: marcela.malindzakova@tuke.sk

výkonu. Problémy bezpečnosti zahŕňajú hodiny servisných požiadaviek, kvalifikáciu vodičov a údržbu z dôvodu zaistenia bezpečnej prevádzky vozidiel [1]. Tieto procesy a činnosti sú súčasťou dodávateľského reťazca, ale môže sa jednať aj o samostatné prvky špecifikovaného reťazca. Prioritou skladovania je riadenie a kontrola pohybu položiek, informácií a činností na sklade. Funkcie skladovania [3]:

1. Vyrovňavacia – implementuje sa ak je materiálový tok nevyvážený a má odlišné kapacity pre jednotlivé výrobné prevádzky.
2. Špekulačná – zahŕňa rast, resp. pokles cien materiálov, ktoré sú súčasťou procesu zásobovania ako aj hotovej výroby.
3. Poistná – súvisí s neočakávanými rizikami v rámci obstarávania, výroby a odbytu.
4. Kompletizačná – orientovaná na tvorbu sortimentu dodávok obchodu alebo aj dodávkami prevádzok podnikov orientovaných na výrobu.
5. Technologická – zameraná na zmeny kvality sortimentu na sklade. Táto funkcia je spojená s uskladnením priamo v procese výroby.

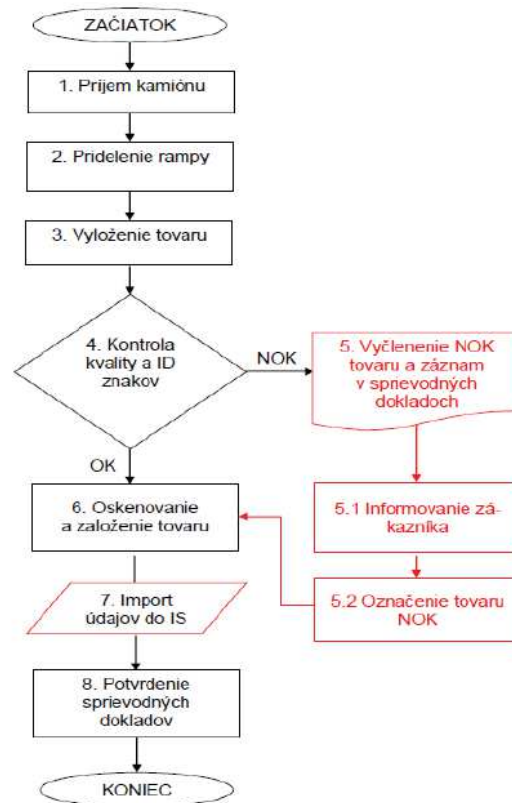
2 MATERIÁL A METÓDY

Plánovanie materiálových potrieb z anglického Material Resource Planning zahŕňa plánovanie výroby a kontrolu zásob prostredníctvom softvérového vybavenia. Metóda MRP nezahŕňa len plánovanie výroby, ale aj riadenie zásob. Tento materiálový kontrolný systém je zameraný na udržanie požadovanej hladiny zásob materiálu podľa potreby. Predmetom metódy MRP je definovať požiadavky na materiál z hľadiska potrieb. Špecifikácia potrieb je vyvolaná konkrétnym produktom, požiadavkami zákazníka, ale môže byť určená na základe prognózy, resp. očakávaným potrebami budúceho trhu. Požiadavky na materiál sú určené na základe kusovníkov, stavu zásob na sklade ako aj na základe výrobného plánu. Prostredníctvom metódy MRP je možné spracovať návrhy na kúpu materiálu ako aj príkazy na výrobu príslušných vyrábaných skupín a dielov [4]:

- špecifikácia položiek nákup a výroby a presná identifikácia základných údajov,
- tvorba kusovníka pre jednotlivé položky vo výrobe,
- informácia týkajúca sa zásob a stav zásob, informácie týkajúce sa otvorených a plánovaných objednávok,
- časové hľadisko trvania nákupu, výroby ako aj možnosti nastavenia veľkosti dávky pre jednotlivé položky.

2.1 Príjem materiálu na sklad

Skúmaná spoločnosť v rámci procesu príjmu materiálu (Obr. 1) aplikuje metódu FIFO. Je uplatňovaný princíp, že položka, ktorá bola prijatá na sklad ako prvá, je najstaršia, t. z. bude zo systému odpísaná ako prvá [5]. Na palete je tovar rôznorodého charakteru, čiže na palete sa nachádzajú rôzne výrobky od rovnakého dodávateľa. Paleta je prijímaná ako celok a uskladňuje sa v sklade na určené miesto podľa príslušného zákazníka/odberateľa. Palety s heterogénnym zložením sa rozbaľujú, výrobky sa triedia na homogénne palety. Tieto homogénne palety sa ukladajú do kamiónov a sú určené na export.



Obr. 1 Zaskladňovací algoritmus

Určiť možné chyby pre príjem materiálov na sklad ako aj nedostatky procesu prípravy materiálov (tovarov) na expedíciu s prepojením na spoločenskú zodpovednosť podniku je možné aplikáciou metódy FMEA. Metóda FMEA realizovaná na základe normy STN EN 60812:2006 obsahuje na jednom formulári realizáciu analýzy jednotlivých príčin spolu s analýzou dopadov týchto príčin a formou sieťovej analýzy sú taktiež prehodnotené riziká a ich závažnosť. Správne vyplnený formulár FMEA by mal obsahovať nasledovné charakteristiky [6].

Identifikačné číslo uzla – pomáha k presnej lokalizácii miesta poruchy v rámci sledovaného výrobného procesu, resp. prvku (zariadenia). Jedná sa o jednoznačný identifikátor, ktorý presne definuje, o ktorú konkrétnu časť sledovaného procesu ide.

Lokalita poruchy – špecifikuje slovne miesto výrobného procesu, v ktorom došlo k poruche.

Indikátory poruchy – popisuje znaky, na základe ktorých možno danú poruchu identifikovať a rozpoznať, či už na základe vizuálneho, akustického alebo iného znaku (únik oleja, neštandardný zvuk, nepríjemný zápach a pod.).

Dopad poruchy – charakterizuje dopady, resp. dôsledky sledovanej poruchy na daný výrobný proces.

Príčina poruchy – popisuje súbor okolností alebo aktivít, ktorých vykonanie, resp. nevykonanie viedlo k vzniku sledovanej poruchy.

S, O, D – súbor charakteristík, ktoré popisujú závažnosť, frekvenciu výskytu a spôsob detekcie poruchy. Tieto hodnoty sú zadávané prostredníctvom vopred definovaných tabuliek [6]:

– **S (Severity)** - závažnosť poruchy vzhľadom k celkovej funkčnosti procesu. Závažnosť sa hodnotí na stupnici od 1 do 10, pričom hodnota 1 predstavuje bezvýznamnú chybu a hodnota 10 veľmi závažnú poruchu. Hodnoty predstavujúce tento ukazovateľ prezentuje Tabuľka 1.

- **O (Occurance)** - frekvencia výskytu je hodnota, ktorá popisuje riziko s akým dôjde k výskytu danej poruchy v rámci sledovaného procesu, či už ide o fázu navrhovania, realizácie alebo samotnej výroby (t. z. počas celého životného cyklu výrobku až po konečné zneškodnenie). Stupnica hodnotenia je od 1 do 10, pričom hodnota 1 indikuje nízky (málo pravdepodobný výskyt poruchy) a hodnota 10 predstavuje opačný extrém, maximálnu frekvenciu výskytu poruchy. Stupnicu tohto ukazovateľa prezentuje Tab. 1.
- **D (Detection)** – detekcia zistenia poruchy je výsledkom skutočnosti, že sa podarí odhaliť poruchu. Aj tento indikátor sa hodnotí na stupnici od 1 do 10, pričom hodnota 1 vyjadruje možnosť veľmi vysokej detekcie zistenia poruchy, na druhej strane hodnota stupnice 10 vyjadruje veľmi nízku možnosť detekcie poruchy. Hodnoty sú prehľadne zobrazené v Tab. 1.

Tab. 1 Hodnotenie závažnosti poruchy, frekvencie výskytu poruchy a detekcie zistenia poruchy

| Význam poruchy (Číselná hodnota) | Frekvencia výskytu (Číselná hodnota) | Detekcia zistenia poruchy (Číselná hodnota) |
|-------------------------------------|---|--|
| Málo postrehnuteľná (1) | Nepravdepodobná (1) | Nepravdepodobná (10) |
| Bez významu (2-3) | Veľmi malá (2-3) | Veľmi malá (9) |
| Stredne ťažká (4-6) | Mierna (4-6) | Mierna (6-8) |
| Ťažká (7-8) | Vysoká (7-8) | Vysoká (2-5) |
| Mimoriadne závažná (9-10) | Veľmi vysoká (9-10) | Veľmi vysoká (1) |

2.2 Výpočet rizikového (prioritného) čísla (Risk Priority Number - RPN)

Tzv. rizikové číslo udáva výšku hodnoty/miery rizika pre jednotlivé príčiny možných porúch. Hlavnou úlohou tohto čísla je vyjadriť mieru závažnosti príčiny poruchy, pri zvažovaní odstraňovania potenciálnych príčin. Výpočet rizikového čísla zvažuje navzájom pôsobiace faktory S (Severity - závažnosť poruchy), O (Occurance – frekvencia výskytu) a D (Detection – detekcia zistenia poruchy):

$$RPN = S \cdot O \cdot D \quad (1)$$

Tento faktor vyjadruje celú hodnotu riziká numericky, čo nie vždy môže byť správne interpretované pre jednotlivé aspekty dopadu skúmaného systému. Napríklad miera RPN rovnajúca sa hodnote 125 sa môže zdať zanedbateľná na stupnici RPN od 1 – 1000, pričom na druhej strane práve hodnota 125 sa považuje za kritickú [6].

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Tab. 2 prezentuje definované možné chyby pri prijímaní tovaru na sklad. Zobrazuje možný dôsledok, príčinu chybu a mieru rizikovosti. Najvyššie riziko predstavuje položka Chýbajúci Drive-In pre vykládku áut do 3,5 tony, s hodnotou rizikového prioritného čísla 160. Pre spoločnosť je táto hodnota značne riziková a je potrebné navrhnúť opatrenie pre zníženie tohto rizika.

Hlavná príčina, ktorá vplývajú na hlavný problém vyplývajúci z výsledkov analýzy aplikáciou metódy FMEA je nekompatibilita rampy s vozidlom do 3,5 tony. Problémom je nakládka / vykládka tovaru prostredníctvom vysokozdvížneho vozíka. Veľkosť rampy nezodpovedá kompatibilitu vozidla do 3,5 tony určeného na nakládku / vykládku. Rampa je postavená vyššie, ako je výška vozidla, preto je nutné využívať pre potreby nakládky / vykládky nadjazdy, ktoré znemožňujú stabilitu vozidla a poškadzujú rampu.



Obr. 2 Nevhodný a nedostatočný priestor

Tab. 2 Metóda FMEA pre príjem tovaru

| Proces | Možná chyba | Možný dôsledok | Možná príčina chyby | Opatrenia k obmedzeniu výskytu | Kontrolné opatrenia k odhaleniu | Význam | Výskyt | Dielcia | RPN |
|--------------------------|---|---|--|---|--|--------|--------|---------|----------|
| Vybíjanie vozidla | Poškodená, nefunkčná rampa | Oneskorený príjem tovaru | Zlý technický stav | Pravidelné revízie | Demná operatívna kontrola | 7 | 4 | 1 | 28 |
| | Neustrojený vodič podľa pravidiel BOZP | Nepripravenosť vodiča pri vykládke | Nevedomosť vodiča | Informačné tabule pri vstupe do skladu | Vizuálna kontrola vodičov vstupujúcich do skladu | 8 | 5 | 1 | 40 |
| | Obsadenosť rámp | Zdržanie vykládky | Neohlásené vozidlo na vykládke | Zodpovednosť klienta | Demná operatívna kontrola | 5 | 3 | 2 | 30 |
| | Nefunkčnosť manipulačnej jednotky | Predĺženie času vykládky | Zlý technický stav Vybitá batéria | Pravidelné revízie Preškolenie zamestnancov na výneme batérie VZV | Vykládka ručným paletovým vozíkom Kontrola stavu nabíjaných batérií | 7 6 | 2 2 | 1 3 | 14 36 |
| | Chýbajúci Drive-in pre vykládku áut do 3,5t | Poškodenie tovaru klienta, ujma na zdraví zamestnanca | Riešenie manažmentom | Dočasné používanie nájazdov | Vizuálna kontrola | 10 | 8 | 2 | 160 |
| Vstupná kontrola kvality | Prevzatie poškodeného materiálu | Chýbajúci záznam poškodeného tovaru | Ľudský faktor | PLS Príjem tovaru | Vizuálna kontrola prijímaného tovaru | 5 | 3 | 4 | 60 |
| | Tovar má porušený obal | Tovar bol poškodený cestou | Dopravná havária na ceste, chyba vodiča | Včasné informovanie klienta, blokovanie tovaru klientom v SAP, kontrola vodičom | Vizuálna kontrola | 6 | 3 | 2 | 36 |
| | | Tovar bol naložený v zlom stave | Chyba klienta | | | 6 | 3 | 2 | 36 |
| Príjem v IS | Výpadok systému | Materiál nie je prijatý v systéme | Výpadok el. energie, nefunkčnosť systému | Zodpovednosť klienta | Včasne informovať klienta | 8 | 2 | 1 | 16 |
| | Nefunkčnosť skenerov | | Nefunkčnosť systému, poškodenie skenera | Skener v zložke, adekvátna manipulácia so skenerom | | 8 | 3 | 1 | 24 |

4 ZÁVER

V procese skladovania dochádza k rôznym problémom, ktoré je nutné riešiť v záujme podnikového manažmentu. Preskúmaním skladu boli zistené nedostatky a riziká, ktoré bolo potrebné ihneď definovať a navrhnúť patričné riešenie na elimináciu. Pre identifikáciu rizík bola aplikovaná metóda FMEA, výsledky ktorej popisuje vplyv čiastkových rizík na hlavný problém, ktorým je chýbajúci Drive-in pre vykládku áut do 3,5 tony. Počas monitorovania prevádzky skladu bola zistená potreba automatizácie a zlepšenia plynulosti pri inventarizácii zásob. Tento problém by bolo možné eliminovať zavedením dronu na inventarizáciu, ktorý by vedel autonómne skenovať čiarové kódy, zaznamenávať ich do interného systému a zabezpečiť tak nepretržitý priebeh inventarizácie. V súčasnosti tento návrh je vo fáze konzultácii, z dôvodu technického a ekonomického riešenia. Pre proces skladovania ako aj spätných tokov logistiky s prepojením na požiadavky spoločenskej zodpovednosti podniku je dôležité realizovať také aktivity, ktoré prispievajú k udržateľnosti podniku.

POĎAKOVANIE

Tento príspevok podporila Kultúrna a Edukačná Grantová Agentúra Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky KEGA 017TUKE-4/2019.

LITERATÚRA

- [1] Carter, C.R., Jennings, J.J., Logistics social responsibility: An integrative framework, *Journal of Business Logistics*, 2002, 23, 1, 145-180.
- [2] Zimon, D., Gajewska, T., Malindzakova, M., Implementing the requirements of ISO 9001 and improvement logistics processes in SMES which operate in the textile industry, *Autex Research Journal*, 2018, 18, 4, 392-397.
- [3] Šaderová, J., Kačmáry, P., Allocation of distribution warehouse as one option for transport costs reduction, *Theoretical and empirical researches in urban management*, 2016, 11, 3, 36-46.
- [4] Guillermo, G., Material requirements planning, *IEOR 4000: Production management*, Dostupné na internete www.columbia.edu/~gmg2/4000/pdf/lect_06.pdf [cit. 2021-01-24].
- [5] Metódy riadenia zásob – metóda ABC, LIFO a FIFO, Just-in-time, Dostupné na internete <https://skladovehospodarstvo.webnode.sk/news/metody-riadenia-zasob-metoda-abc-lifo-a-fifo-just-in-time/> [cit. 2021-03-04].
- [6] Malindzakova, M., *Kvalita logistických systémov vysokoškolská učebnica*, 1. vyd., TUKE, Košice, 2018.

M. MALINDŽÁKOVÁ: Coordination of the storage process interlinked with corporate social responsibility

NÁVRH KONCEPCIE PROCESNEJ KVALITY UGDP Z HĽADISKA ICH ŽIVOTNOSTI

DANIELA MARASOVÁ, JR.^{1*}, PETER BOKŠA², VLADIMÍR MITRÍK³

Abstract: The design of the UGDP process quality evaluation concept is based on the analysis and selection of suitable tools for the assessment of the process quality of closed rubber conveyor belts. The concept is based on the evaluation of the quality of conveyor belts in terms of their service life, rubber maintenance and the purchase price of conveyor belts. As a proposal for a suitable evaluation tool for assessing the process quality of UGDP, a knowledge system is proposed, the output of which is the determination of the TCO index.

Keywords: closed pipe conveyor, process quality, concept

1 ÚVOD

Ťažobný priemysel sa snaží uplatniť nové prístupy na zlepšenie udržateľnosti technologických procesov v rámci získavania a spracovania zemských zdrojov. Autori v publikácii [1] porovnávajú efektívnosť strojov, spotrebu energie v bani a dĺžku životnosti podzemnej bane, ako aj na skúmanie ich účinkov na životné prostredie. Aby nedošlo k zničeniu ekologického prostredia v procese využívania nerastných surovín, je potrebné aplikovať koncept čistejšej výroby (CP). Hilson [2] skúma koncepcie „čistejšej výroby (CP - Clean Production)“ a „prevencie znečisťovania“ v kontexte ťažby. Autori v publikácii [3] sa zaoberajú vývojovými trendami čistejšej výroby v mnohých zlatých baniach na dosiahnutie trvalo udržateľného rozvoja. Uzatvorené gumové dopravné pásy v tvare rúry (UGDP) známe ako hadicové alebo potrubné dopravníky spĺňajú požiadavky koncepcie čistejšej výroby (CP) na prepravu sypkého a kusového materiálu, kontaminovaného odpadu, drevnej štiepky a iných materiálov. Pri ich aplikácii UGDP v procese ťažby a spracovania minerálov predstavujú riešenie na elimináciu ekologickej záťaže pre okolité prostredie [4]. Potenciál UGDP je veľký, prekonáva nedostatky tradičných dopravníkov, ako sú náchylnosť na tvorbu prachu, zraniteľnosť, priestorové obmedzenia a malý uhol sklonu. Výhody a nevýhody UGDP pri použití multikriteriálneho hodnotenia popisujú autori v publikácii [5]. Z prehľadu teoretických vedomostí, experimentálnych meraní a prevádzkových skúseností vyplýva, že porucha dopravného pásu závisí od nedostatočnej pevnosti dopravného pásu v ťahu [6-7], neodstatočnej rázovej odolnosti [8-9], kvality podperného systému [10-11] a mnohých ďalších faktorov. Pri riešení týchto nedostatkov je možné uplatniť rôzne prístupy, napríklad princípy logistiky [12], simuláciu [13], logistickú regresiu [14], klasifikačné modely [15] a iné nástroje, metódy a prístupy.

Pre užívateľov dopravných pásov je veľmi dôležitým indikátorom ich kvality prevádzková životnosť a optimálny životný cyklus dopravného pásu. Veľký vplyv na prevádzkovú životnosť

* **Korešpondenčný autor**

¹ **Daniela Marasová, Jr.**, Ústav zemských zdrojov, Fakulta BERG, Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 19, 04384 Košice, Slovenská republika, e-mail: daniela.marasova2@tuke.sk

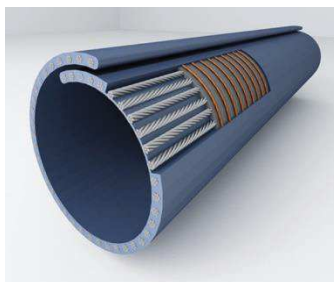
² **Peter Bokša**, Ústav logistiky a dopravy, Fakulta BERG, Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 14, 04384 Košice, Slovenská republika, e-mail: peter.boksa@tuke.sk

³ **Vladimír Mitrík**, Ústav logistiky a dopravy, Fakulta BERG, Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 14, 04384 Košice, Slovenská republika, e-mail: vladimir.mitrik@tuke.sk

má kvalita dopravného pásu ako produktu. Napríklad Czapliczka [6] uvádza metodiku optimalizácie pevnostných vlastností rôznych pásov a ich vplyv na životné prostredie počas celého životného cyklu produktu.

2 MATERIÁL A METÓDY

Ekologické dopravné pásy uzatvorené do tvaru potrubia predstavujú ekologickú náhradu klasických pásových dopravníkov. Konštrukcia uzatvoreného gumového dopravného pásu (UGDP) podľa kostry môže mať dve základné vyhotovenia – gumotextilný dopravný pás a oceľokordový [17-18] dopravný pás. Pričný prierez konštrukcie oceľokordového UGDP je znázornený na Obr. 1.



Obr. 1 Konštrukcia oceľokordového UGDP [16]

Dlhodobým problémom používateľov týchto dopravných pásov vo svete je ich maximálne využitie s ohľadom na ich životnosť v rámci životného cyklu dopravného zariadenia, v prípade dopravných pásov je to najmä dopravníkové zariadenie. V záujme dosiahnutia udržateľnej kvality dopravných pásov súvisiacej s ich životnosťou je potrebné navrhnúť nové postupy hodnotenia kvality dopravných pásov z hľadiska ich prevádzkovej životnosti. Predmetom výskumu sú uzavreté gumové dopravné pásy (UGDP). Cieľ výskumu je zameraný na získanie komplexných poznatkov o prevádzkovej životnosti UGDP za účelom dosiahnutia ich udržateľnej kvality.

Medzi charakteristické vlastnosti UGDP z hľadiska vhodnosti použitia v rôznych prevádzkach môžeme zaradiť vynikajúcu flexibilitu, vysokú rýchlosť, prepravu pri veľkých uhloch sklonu dopravníka, prepravu v oblúkoch a ekologickú prepravu. Príslušnú špecifikáciu priemeru potrubia UGDP podľa Obr. 1, s uvedením šírky DP znázorňuje Tab. 1. Fyzikálne vlastnosti gumových krycích vrstiev sú uvedené v Tab. 2 a Tab. 3 uvádza špecifikáciu konštrukcie UGDP.

Tab. 1 Priemery potrubí pre šírky dopravného pásu, autori podľa [16]

| Menovitý priemer [mm] | φ200 | φ250 | φ300 | φ350 | φ400 | φ500 | φ600 | φ700 |
|-----------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Vonkajší priemer [mm] | 218 | 282 | 308 | 361 | 457 | 543 | 640 | 728 |
| Šírka pásu [mm] | 800 | 1000 | 1100 | 1300 | 1600 | 1850 | 2250 | 2450 |

Tab. 2 Fyzikálne vlastnosti gumových krycích vrstiev, autori podľa [16]

| Kategória KV | Pevnosť v ťahu MPa \geq | Predĺženie pri pretrhnutí % \geq | Obrusivosť 3 \leq | Odolnosť voči ozónu | Pevnosť v ťahu a predĺženie pri rýchlosti pretrhnutia po starnutí % |
|-----------------|---------------------------------|---|------------------------|------------------------|--|
| D | 18,0 | 400 | 90 | Žiadne popraskanie | -25~+25 |
| H | 24,0 | 450 | 120 | Žiadne popraskanie | -25~+25 |
| T1, T2 | 10,0 | 300 | 200 | - | -45~+45 |

A. Podmienky testu z hľadiska odolnosti voči ozónu :

koncentrácia $(50 \pm 5) * 10^{-8}$ (objemový podiel), teplota $(40 \pm 2) ^\circ\text{C}$, predĺženie $(20 \pm 2)\%$, čas 96 hodín.

B. podmienka skúšky starnutím horúceho vzduchu:

UGDP typu D a H: $70 ^\circ\text{C} * 168 \text{ h}$;

UGDP typu T1: $100 ^\circ\text{C} * 168 \text{ h}$;

UGDP typu T2: $125 ^\circ\text{C} * 168 \text{ h}$.

Poznámka : D - vysoká abrazivita ; H - ochrana proti roztrhnutiu ; T1 -
tepelná odolnosť do $100 ^\circ\text{C}$; T2 - vysoká odolnosť do $125 ^\circ\text{C}$

Tab. 3 Špecifikácia konštrukcie UGDP, autori podľa [16]

| Vlastnosti | St | St | St | St | St | St | St | St | St | St | St | St | St | St | St |
|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| UGDP | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 2800 | 3150 | 3500 | 4000 | 4500 | 5000 | 5400 | |
| Pozdĺžna pevnosť v ťahu, N.mm ⁻¹ | 630 | 800 | 1000 | 1250 | 1600 | 2000 | 2500 | 2800 | 3150 | 3500 | 4000 | 4500 | 5000 | 5400 | |
| Maximálny priemer kordu, mm | 3,0 | 3,5 | 4,0 | 4,5 | 5,0 | 6,0 | 7,2 | 7,6 | 8,1 | 8,6 | 8,9 | 9,7 | 10,9 | 11,3 | |
| Rozteč kordov, mm | 10 \pm 1,5 | 10 \pm 1,5 | 12 \pm 1,5 | 12 \pm 1,5 | 12 \pm 1,5 | 12 \pm 1,5 | 15 \pm 1,5 | 15 \pm 1,5 | 15 \pm 1,5 | 15 \pm 1,5 | 15 \pm 1,5 | 15 \pm 1,5 | 16 \pm 1,5 | 17 \pm 1,5 | 17 \pm 1,5 |
| Hrúbka hornej KV, mm | 6 | 6 | 6 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | |
| Hrúbka spodnej KV, mm | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 10 | 10 | 10 | 10 | |

Medzi hlavné nevýhody potrubného dopravníka patrí ich obmedzená životnosť a vysoká cena dopravného pásu. Medzi faktory, ktoré najviac ovplyvňujú životnosť dopravných pásov,

patrí kvalita výrobkov, procesov a služieb. Definovanie životnosti je veľmi ťažké. Ľahšie je možné zistiť príčiny porúch. Poruchy sú najčastejšie spôsobené opotrebovaním a únavou. Pri analýze a hodnotení kvality dopravných pásov z hľadiska ich životnosti sa používajú najbežnejšie metódy z oblasti teórie matematickej štatistiky, pretože výskyt porúch dopravného pásu a pásového dopravníka je stochastická veličina. *Ako vhodný nástroj pre hodnotenie výkonu dopravného pásu je použitý index TCO.* Hodnotenie výkonu gumových dopravných pásov sa vykonáva pomocou indexu celkových nákladov počas jeho životnosti (TCO index). Vyhodnotenie indexu TCO: Hodnota indexu TCO < 4,258% pri zachovaní 5% hodnoty opráv počas životnosti 12 mesiacov môžeme hodnotiť kvalitu dopravných pásov na veľmi dobrej úrovni - funkčný, prevádzkový stav dopravného pásu. Vzorec pre index TCO:

$$\text{TCO index} = \frac{x+y}{w} \quad (1)$$

kde:

TCO index – je index kvality z hľadiska nákladov počas prevádzky UGDP,

x - kúpna cena UGDP v (%),

y - cena služby v (%) z kúpnej ceny,

w - životnosť UGDP v mesiacoch.

Životnosť v mesiacoch sa počíta zo záznamov na konkrétnom dopravníku. Starostlivá kontrola a diagnostika všetkých častí pásového dopravníka a dôkladná údržba dopravného pásu (kontrola spojov, ich oprava, včasné odstránenie opotrebovaných častí pásového dopravníka v rámci plánovaných opráv) znižujú riziko sekundárnych porúch, čím znižujú náklady na údržbu a prestoje.

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Článok predstavuje nový prístup k hodnoteniu kvality UGDP s využitím konceptu znalostného systému integrujúceho multidisciplinárne poznatky z gumárenských technológií, výsledkov laboratórnych a simulačných experimentov, ako aj matematických modelov. Integrovaný znalostný systém obsahuje subsystemy zamerané na kvalitu v rámci výrobkov, procesov a služieb. Výsledkom modelu je index TCO, ktorý vyjadruje index kvality z hľadiska nákupu a použitia dopravného pásu. Funkciou navrhovaného znalostného systému pre hodnotenie kvality dopravného pásu je poskytnúť používateľovi adekvátne informácie z veľkého množstva údajov a informácií, ktoré mu umožnia dosiahnuť udržateľnú kvalitu uzavretých dopravných pásov. Príklad výpočet indexu kvality pri zohľadnení celkovej nákupnej ceny, hodnoty opráv a doby životnosti v mesiacoch je uvedený v Tab. 4. V našom prípade je kvalitnejší dopravný pás výrobcu 1.

Tab. 4 Príklad výpočtu indexu TCO

| P.č. | Výrobca | Celková nákupná cena v % | Hodnota opráv v % z nákupnej ceny DP | Doba životnosti v mesiacoch | TCO index |
|------|-----------|--------------------------------|--|-----------------------------------|--------------|
| | | X | y | w | |
| 1. | Výrobca 1 | 100 | 3 | 22 | 4,68 |
| 2. | Výrobca 2 | 80 | 6 | 10 | 8,6 |

V rámci výskumu bolo monitorovaných 30 dopravných pásov od dvoch rôznych výrobcov. V Tab. 5 je uvedený prehľad výpočtu indexu kvality TCO u 30 pozorovaných dopravných pásov na základe prevádzkovej životnosti. *Kvalitnejšie sú dopravné pásy "Výrobca 1" pretože index TCO má nižšiu hodnotu.*

Tab. 5 Zistené parametre kvality dopravných pásov z prevádzkových pozorovaní

| P. č. | Počet výmen | Parametre kvality | |
|-------|-------------|--|--|
| | | Prevádzková životnosť (Výrobca1/Výrobca2) | Index kvality TCO (Výrobca 1/Výrobca 2) |
| 1. | 5 | 18,16/12,00 | 5,73/ 6,75 |
| 2. | 1 | 78,00 | 1,29 |
| 3. | 5 | 18,27 | 5,58 |
| 4. | 15 | 6,40/ 5,40 | 16,40/15,19 |
| 5. | 6 | 11,81 | 8,72 |
| 6. | 3 | 25,93 | 3,90 |
| 7. | - | - | - |
| 8. | 2 | 54,60 | 1,85 |
| 9. | 2 | 50,70 | 1,99 |
| 10. | 8 | 36,00 | 2,81 |
| 11. | - | - | - |
| 12. | 7 | 14,44 | 7,13 |
| 13. | 4 | 34,43/18,70 | 2,96/ 4,33 |
| 14. | - | - | - |
| 15. | 16 | 5,20 | 20,19 |
| 16. | - | - | - |
| 17. | 6 | 17,51/ 0,56 | 5,82/144,64 |
| 18. | 10 | 7,63 | 13,89 |
| 19. | 6 | 16,63 | 6,13 |
| 20. | 5 | 18,10/28,80 | 5,64/ 2,80 |
| 21. | 6 | 14,77 | 6,90 |
| 22. | 5 | 22,01 | 4,60 |
| 23. | 17 | 3,49 | 32,34 |
| 24. | 8 | 10,85 | 9,54 |
| 25. | 7 | 13,19 | 7,81 |
| 26. | 7 | 14,05/7,80 | 7,33/10,39 |
| 27. | 9 | 10,97 | 9,48 |
| 28. | 8 | 9,54 | 10,84 |
| 29. | - | - | - |
| 30. | 22 | 6,82 | 15,63 |

4 ZÁVER

Výsledkom znalostného systému implementovaného vo forme modelu je TCO index celkových nákladov, ktorý vyjadruje index kvality z hľadiska prevádzkovej životnosti UGDP. Index kvality TCO poskytuje používateľom UGDP adekvátne informácie z veľkého množstva údajov a informácií, ktoré mu umožnia dosiahnuť udržateľnú kvalitu UGDP.

POĎAKOVANIE

Túto prácu podporili Vedecká grantová agentúra Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied VEGA 1/0429/18 a Agentúra na podporu výskumu a vývoja APVV-18-0248.

LITERATÚRA

- [1] Moreau, K., Laamanen, C., Bose, R., Shang, H., Scott, J., Life cycle assessment to demonstrate how automation improves the sustainability performance of an underground mining operation, *Journal of Sustainable Mining*, 2020, 19, 3, 182-194.
- [2] Hilson, G., Defining "cleaner production" and "pollution prevention" in the mining context, *Minerals Engineering*, 2003, 16, 4, 305-321.
- [3] Tahir Tahir, M., Zeeshan, A., A novel approach of complex q-rung orthopair fuzzy hamacher aggregation operators and their application for cleaner production assessment in gold mines, *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 2021, 12, 8933-8959.
- [4] Grujic, M., Malindzak, D., Marasova, D., Possibilities for reducing the negative impact of the number of conveyors in a coal transportation system, *Tehnicki vjesnik-Technical Gazette*, 2011, 18, 3, 453-458.
- [5] Caban, L., Bokša, P., Marasová, D., Multi-criteria evaluation of conveyors with a closed conveyor, *Transport and Logisite*, 2016, 16, 40, 26-36.
- [6] Czaplicka, K., Eco-design of non-metallic layer composites with respect to conveyor belts, *Materials and Design*, 2003, 24, 1, 111-120.
- [7] Šaderová, J., Laboratory research of a conveyor belts with a textile carcass for mine conveying, In: *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology SGEM 2018*, Albena, Bulgaria, 2 July - 8 July 2018, 18(1.3), 537-544.
- [8] Grincova, A., Berezny, S., Marasova, D., Regression model creation based on experimental tests of conveyor belts against belt rips resistance, *Acta Montanistica Slovaca*, 2009, 14, 1, 113-120.
- [9] Ambrisko, L., Marasova, D., Evaluation the quality of rubber composites using the DOE method, *Quality - Access to Success*, 2017, 18, 158, 60-63.
- [10] Gondek, H., Neruda, J., Pokorný, J., The dynamics of impacts tools the loading boom bucket wheel excavators, *Applied Mechanics and Materials*, 2014, 683, 1, 213-218.
- [11] Grincova, A., Andrejiova, M., Marasova, D., Measuring and comparative analysis of the interaction between the dynamic impact loading of the conveyor belt and the supporting system, *Measurement*, 2015, 59, 184-191.

- [12] Ambrisko, L., Marasova, Jr., D., Grendel, P., Application of logistics principles when designing the process of transportation of raw materials, *Acta Montanistica Slovaca*, 2015, 20, 2, 141-147.
- [13] Marasova, D., Saderova, J., Ambrisko, L., simulation of the use of the material handling equipment in the operation process, *Open Engineering*, 2020, 10, 1, 216-223.
- [14] Andrejiova, M., et.al., Failure analysis of rubber composites under dynamic impact loading by logistic regression, *Engineering Failure Analysis*, 2018, 84, 311-319.
- [15] Andrejiova, M., Grincova, A., Marasova, D., Failure analysis of the rubber-textile conveyor belts using classification models, *Engineering Failure Analysis*, 2019, 101, 407-417.
- [16] Dostupné na internete http://www.kailirubber.com/products_detail/productId=37.html [cit. 2021-07-21].
- [17] Ambrisko, L., Pesek, L., Determination the crack growth resistance of automotive steel sheets, *Chemické listy*, 2011, 105, 767-768.
- [18] Ambrisko, L., Cehlar, M., Marasova, D., The rate of stable crack growth (SCG) in automotive steels sheets, *Metalurgija*, 2017, 56, 3-4, 396-398.

D. MARASOVÁ, JR., P. BOKŠA, V. MITRÍK: Draft concept of the process quality of rubber pipe conveyor belts in terms of their service life

NÁVRH KONCEPCIE HODNOTENIA PRODUKTOVEJ KVALITY UGDP Z HĽADISKA PODPERNÝCH SYSTÉMOV

DANIELA MARASOVÁ^{1*}, RICHARD ANTAL², PETER KLAPKO³,
VLADIMÍR MITRÍK⁴

Abstract: The design of the concept is based on the analysis and selection of suitable tools in terms of the impact of support systems on the product quality of UGDP. The type of support system must also be taken into account in the design of the concept. The aim of the paper is to apply the AHP method as a suitable tool for evaluating the product quality of an innovated support system with impact bars from various manufacturers, suitable as UGDP support system.

Keywords: impact bar, product, quality, concept, support system

1 ÚVOD

Konštrukcia dopravníka a jeho technický stav prispievajú až k 80% -mu zníženiu životnosti dopravných pásov. Jedná sa hlavne o násypky, sklzy, bočné vodiace lišty, čistiace a stieracie systémy, znečistený povrch bubnov a podperných valčekov, neotáčajúce sa podperné valčeky, atď. Sazambayeva a kol. [1] a Zamiralova [2] popisujú ďalšie negatívne vplyvy na životnosť UGDP. Problémom v prevádzke potrubného dopravníka je aj nerovnomerné rozloženie tlaku v dopravnom páse v dôsledku jeho zvinutia do tvaru potrubia. Wang a kol. [3] poskytuje výsledky merania tohto tlaku pri doprave uhlia. Ďalšou nevýhodou je, že sú väčším zdrojom hluku v porovnaní s klasickými pásovými dopravníkmi a to najmä pri dĺžke trate niekoľko stoviek metrov alebo desiatok kilometrov z dôvodu, že UGDP majú väčší počet valčekov v prstencovej valčekovej stolici v hornej a spodnej vetve dopravného pásu za účelom jeho uzatvorenia do tvaru potrubia. Niektorí autori sa v publikáciách [4-6] sa zaoberajú výskumom emisií hluku z prevádzky pásových dopravníkov. Výsledky ich výskumu ukazujú, že najvyššie emisie hluku sa vyskytujú medzi dopravným pásom a valčekom a pri kontakte medzi dopravným pásom a bubnom. Miesta dopadu u UGDP sú najväčším zdrojom prachu. V súčasnosti je klasický systém dopadových valčekových stolíc nahradený novým riešením v podobe dopadových lôžok tvorených nárazovými impaktnými tyčami [7,8]. Dopadové lôžko zaisťuje dostatočnú tuhosť, pružnosť, schopnosť viesť dopravné pásy v smere prepravy, tlmiť kinetickú energiu a znižovať trecí odpor. Predikcia poruchy UGDP z hľadiska nedostatočnej

* **Korešpondenčný autor**

¹ **Daniela Marasová**, Ústav logistiky a dopravy, Fakulta BERG, Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 14, 04384 Košice, Slovenská republika, e-mail: daniela.marasova@tuke.sk

² **Richard Antal**, Ústav logistiky a dopravy, Fakulta BERG, Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 14, 04384 Košice, Slovenská republika, e-mail: richard.antal@tuke.sk

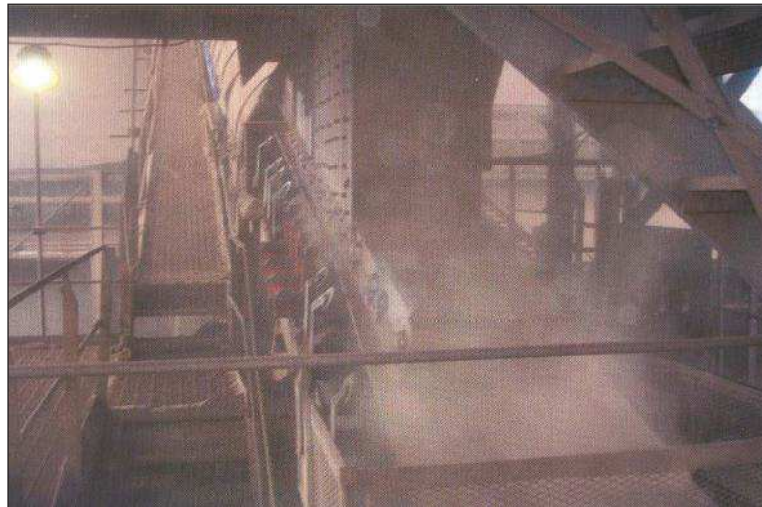
³ **Peter Klapko**, Ústav logistiky a dopravy, Fakulta BERG, Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 14, 04384 Košice, Slovenská republika, e-mail: peter.klapko@tuke.sk

⁴ **Vladimír Mitrík**, Ústav logistiky a dopravy, Fakulta BERG, Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 14, 04384 Košice, Slovenská republika, e-mail: vladimir.mitrík@tuke.sk

kvality a vysokého dynamického namáhania dopravných pásov v bodoch nárazu je veľmi dôležitá, najmä z dôvodu nákladov na technologické procesy. Bugarič analyzuje stratu výrobných nákladov spôsobenú poruchami gumových dopravných pásov. Jedným z rizikových parametrov daného typu dopravného pásu je jeho rýchle opotrebenie a poškodenie [9]. Hardygora a Blazej uvádzajú, že kvalitu dopravných pásov ovplyvňuje aj kvalita spojov [10,11].

2 MATERIÁL A METÓDY

Pri prevádzke UGDP si najväčšiu pozornosť z konštrukčných prvkov zaslúhuje dopravný pás a presyp vrátane podperného systému. Výber a konštrukciu miesta presypu podmieňuje prostredie, v ktorom sa komplexný dopravný systém nachádza. Navrhnuť typ konštrukcie nie je banálnou záležitosťou. Práve naopak, vyžaduje si rozsiahle poznatky konštruktérov, pochopenie technológie a správania sa materiálového toku počas celej prevádzky a údržby dopravníkového systému. Dôležitú úlohu v tomto prípade zohrávajú aj ekologické aspekty a riziká spôsobujúce prašnosť, požiar, rozptýlenie, riziko vzniku nadmerného zaťaženia materiálom spôsobené obmedzenou kapacitou, nadmerné opotrebovanie dopravného pásu a konštrukcia presypu. Viac ako environmentálny problém predstavuje prašnosť riziko poškodenia zdravia ľudí najmä v dôsledku explózie (Obr. 1). Vznietenie môže nastať, ak sa hladina prachu z horľavého materiálu dostane do kontaktu so statickou elektrinou [12].



Obr. 1 Prašnosť pri klasickom vlačekovom podpernom systeme

Dôležitú úlohu v rámci presypov majú dopadové stolice, ktoré podpierajú UGDP v celej dĺžke a šírke zóny nakladaného materiálu. Preventívne zabraňujú poškodeniu dopravného pásu a minimalizujú spád materiálu. Dopadové stolice optimalizujú prebiehajúci proces, čiže tlmia dopadové energie materiálu, znižujú opotrebenie pásu, urýchľujú tok materiálu a dopravnú rýchlosť.

2.1 Charakteristika dopadových stolíc impaktnými tyčami

Dopadové stolice s impaktnými tyčami (Obr. 2) sa používajú v mieste presypu dopravníka, kde dopadová výška a veľkosť materiálu môžu spôsobiť poškodenie dopravného pásu až jeho prierez dôsledkom pádu materiálu. Rovnako aj v prípade nedostatočného utesnenia bočných vedení po okrajoch UGDP vo vzniknutej medzere môže dochádzať k zablokovaniu

prepravovaného materiálu a tým poškodzovaniu UGDP. V obidvoch prípadoch je ideálna dopadová stolica, ktorá sa skladá z dopadových (impaktných) tyčí rôznych veľkostí a montážnej stolice alebo valčekových adaptérov. Dopadové tyče (lišty) svojou konštrukciou ideálne podopierajú dopravný pás vďaka hliníkovému T profilu, ktorý je zavulkanizovaný v gume o tvrdosti 60°ShA s vynikajúcimi schopnosťami absorbovať nárazy. Takto vzniká gumový kompozit, ktorý je na dopadovej ploche pokrytý vrstvou polyetylénu (PE 1 000 UHMW) s nízkym koeficientom trenia a vysokou životnosťou.



Obr. 2 Dopadové stolice s impaktnými tyčami typu HONGXIN [13]

V Tab. 1 sú uvedené základné technické parametre dopadových stolíc v poradí ako sú znázornené na Obr. 3, t. j. štandardná dopadová stolica, medium dopadová stolica a heavy duty dopadová stolica.

Tab. 1 Porovnanie dopadových stolíc s impaktnými tyčami HONGXIN [13]

| | Standard | Medium | Heavy duty |
|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| Výška pádu | ≤3000mm | ≤4000mm | ≤5000mm |
| Šírka pásu | ≤2000mm | ≤2000mm | Neurčená |
| Rýchlosť pásu | 4 m/s | 5,2 m/s | 7 m/s |
| Prevádzková teplota | -50°C – 85°C | -50°C – 85°C | -50°C – 85°C |
| Odolnosť proti korózií | Typ A,B – normálna Typ C - silná | Typ A,B – normálna Typ C - silná | Typ A – normálna Typ B - silná |
| Druh prepravovaného materiálu | Prášok a malé kusky | Rôzne veľkosti materiálu | Rôzne veľkosti materiálu |
| Medzera medzi DP a dopadovým lôžkom | 10mm – 25mm | 5mm – 15mm | 5mm – 15mm |
| Ochrana dopravného pásu | Normálna | Silná | Silná |

2.2 Charakteristika impaktných tyčí

Impaktné tyče majú pevnú konštrukciu, ktorá zabraňuje poškodeniu pásu na miestach zaťaženia a sú oderuvzdorné. Vysoko kvalitné materiály poskytujú vysokú oporu pásu, predlžujú životnosť a znižujú požiadavky na údržbu dopadových stolíc (lôžka).

Impaktné tyče typu HONGXIN (Obr. 3) majú 3 vrstvy. Vrchná vrstva je vyrobená z konštrukčného klzného materiálu UHMWPE s vysokou odolnosťou voči oderu a opotrebeniu. Má vysokú rázovú a vrubovú húževnatosť bez lomu a nízky súčiniteľ trenia. Je hygienicky nezávadný (platí len pre niektoré farby) a má nízku hustotu – je ľahší ako voda. Vyniká aj vysokou chemickou odolnosťou. Najvyššia trvalá teplota použitia je 80°C, teploty pod bodom mrazu znáša výborne. Stred je z gumy na zmiernenie razového zaťaženia, spodná

vrstva je vyrobená z hliníka, ktorý pôsobí ako upevňovacie zariadenie s hlavným podporným rámom alebo kolískou. Výhody impaktných tyčí HONGXIN sú nasledovné - extrémne nízky koeficient trenia (0,7), sú vysoko odolné proti opotrebovaniu, chránia DP pred poškodením, absorbujú nárazy, zabraňujú rozptylu materiálu, neobsahujú pohyblivé časti, nevyžadujú žiadne mazanie, skracujú prestoje, zvyšujú produktivitu.



Obr. 3 Impaktné tyče HONGXIN [13]

Iný výrobca, firma Techbelt pripevňuje impaktné tyče na dopravník pomocou špeciálnych montážnych stolíc alebo do stavajúcich valčekových stolíc za použitia adaptérov. Potrebné množstvo a konštrukcia podperných stolíc sa volí, podľa zaťaženia pásu a prepravnej kapacity. Na spojenie sa používajú T šruby viacerých rozmerov, ktorých hlava sa zasúva do hliníkoveho profilu dopadovej lišty. Napríklad to môžu byť tieto typy dopadových lišt znázornené na Obr. 4:

- Standard (D) s tvrdosťou gummy 60°ShA (s odchýlkou ± 5) a koeficientom trenia 0,7 pre UHMWPE,
- S vyššou pružnosťou (H) s tvrdosťou gummy 50°ShA (s odchýlkou ± 5) a koeficientom trenia 0,7 pre UHMWPE,
- Odolné voči vznieteniu (S) s tvrdosťou gummy 60°ShA (s odchýlkou ± 5) a koeficientom trenia 0,1 pre UHMWPE [14].



Obr. 4 Impaktné tyče fy Techbelt [15]

2.3 Metodický aparát pre hodnotenie produktovej kvality impaktných tyčí

Metodický aparát pre hodnotenie produktovej kvality impaktných tyčí je veľmi široký. Je možné použiť tie isté nástroje ako pre hodnotenie kvality UGDP, napríklad princípy logistiky [16], simulácia [17], logistická regresia [18], klasifikačné modely [19], experimentálny výskum [20].

V rámci návrhu koncepcie hodnotenia produktovej kvality bude aplikovaná metóda AHP, ktorá je vhodná pre hodnotenie kvality akéhokoľvek produktu, či už je to UGDP alebo

inovovaný podperný systém. AHP je vhodným nástrojom analytická viacúrovňová metóda, t. j. metóda AHP (Analytic Hierarchy Process). Je jednou z najpopulárnejších metód rozhodovania, pretože sa prispôsobuje údajom ako je cena, flexibilita, rýchlosť dodávky, osobné skúsenosti a v neposlednom rade intuícia [21]. Je založená na párovom porovnávaní stupňa významnosti kritérií a miery toho, ako hodnotené varianty riešenia tieto kritériá spĺňajú. Stupnica hodnotenia je podstatne komplexnejšia. V oboch prípadoch je hodnotenie založené na „expertnom odhade“, pri ktorom odborníci v danom odbore porovnávajú vzájomné vplyvy dvoch faktorov. Tieto hodnotenia na základe stupnice [rovnaký – slabý – stredný – silný – veľmi silný], pričom tomuto hodnoteniu odpovedajú hodnoty [1 – 3 – 5 – 7 – 9].

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Cieľom príspevku je aplikácia metódy AHP ako vhodného nástroja pre hodnotenie produktovej kvality inovovaného podperného systému s impaktnými tyčami od rôznych výrobcov. V príspevku sú porovnané impaktné tyče (rovnakého typu) od 3 rôznych výrobcov. Na porovnávanie boli použité aj výsledky experimentálneho testovania materiálových vlastností impaktných tyčí 3 rôznych výrobcov uvedené v Tab. 2, ktoré sú použité ako vstupné údaje pre rozhodovanie o kvalite impaktných tyčí.

Tab. 2 Tabuľka vstupných údajov pre rozhodovanie

| Výrobca č. | Gumová vrstva | | | UHMWPE vrstva | | |
|---------------|---------------------------|--------------------|----------------|--------------------------------|--------------------|----------------|
| | Modul pružnosti v ťahu | Tvrdosť Shore A | Ťažnosť | Modul pružnosti v ťahu | Tvrdosť Shore D | Ťažnosť |
| V1 | 19,0 N.mm ⁻² | 60°± 5° | 400 % | 20 N.mm ⁻² | 61° | 350 % |
| V2 | 15,0 N.mm ⁻² | 65° | 500 % | 44 N.mm ⁻² | 63° ~ 90° | 50 % |
| V3 | 17,5 N.mm ⁻² | 60°± 5° | 450 % (min) | 32 N.mm ⁻² (min) | 66° | 250 % (min) |

Na vyhodnocovaní kvality sa zúčastnilo 7 expertov z radov výrobcov impaktných tyčí, testovacích laboratórií a užívateľov. Títo experti jednotlivo porovnali kritéria podľa číselnej stupnice a výsledok ich hodnotenia je uvedený v Tab. 3. Následne experti stanovili normované váhy kritérií (Tab. 4) a užitočnosť hodnotených variantov (Tab. 5).

Tab. 3 Porovnanie kritérií podľa číselnej stupnice

| Kritérium | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 |
|-----------|----|--------|------|-------|-------|-------|
| K1 | 1 | 1/3 | 1/2 | 1/4 | 1/7 | 1/5 |
| K2 | 3 | 1 | 2 | 1/2 | 1/5 | 1/3 |
| K3 | 2 | 1/2 | 1 | 1/3 | 1/6 | 1/4 |
| K4 | 4 | 2 | 3 | 1 | 1/4 | 1/2 |
| K5 | 7 | 5 | 6 | 4 | 1 | 3 |
| K6 | 5 | 3 | 4 | 2 | 1/3 | 1 |
| Suma | 22 | 11,833 | 16,5 | 8,083 | 2,093 | 5,283 |

Po vypočítaní priemeru daných hodnôt od 7 expertov boli priemery normovaných váh kritérií uvedené v Tab. 4 a výsledky výpočtu užitočnosti jednotlivých typov impaktných tyčí po výpočte priemerných hodnôt v Tab. 5.

Tab. 4 Výpočet normovaných váh pre jednotlivé kritériá

| Kritérium | K1 | K2 | K3 | K4 | K5 | K6 | Suma | Normované váhy α_j |
|-----------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|---------------|---------------------------|
| K1 | 0,045 | 0,028 | 0,03 | 0,031 | 0,068 | 0,037 | 0,239 | 0,0398 |
| K2 | 0,136 | 0,0845 | 0,121 | 0,062 | 0,095 | 0,063 | 0,5615 | 0,0936 |
| K3 | 0,09 | 0,042 | 0,06 | 0,041 | 0,079 | 0,047 | 0,359 | 0,0598 |
| K4 | 0,18 | 0,169 | 0,181 | 0,123 | 0,119 | 0,094 | 0,866 | 0,1443 |
| K5 | 0,318 | 0,422 | 0,363 | 0,495 | 0,477 | 0,567 | 2,642 | 0,4403 |
| K6 | 0,227 | 0,253 | 0,242 | 0,247 | 0,159 | 0,189 | 1,317 | 0,2195 |
| Suma | | | | | | | 6 | 1 |

Tab. 5 Výpočet celkovej užitočnosti pre jednotlivé varianty

| Kritériá x_i | Varianty | V1 | | V2 | | V3 | |
|---|-----------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|--------------------------------|-------------------|
| | Váha kritéria | Užitočnosť' $u_{i1}, <0,1>$ | $\alpha^* u_{i1}$ | Užitočnosť' $u_{i2}, <0,1>$ | $\alpha^* u_{i2}$ | Užitočnosť' $u_{i3}, <0,1>$ | $\alpha^* u_{i3}$ |
| K1- | 0,0398 | 0,634 | 0,025 | 0,106 | 0,004 | 0,26 | 0,01 |
| K2 | 0,0936 | 0,2 | 0,019 | 0,6 | 0,056 | 0,2 | 0,019 |
| K3 | 0,0598 | 0,106 | 0,006 | 0,633 | 0,038 | 0,26 | 0,016 |
| K4 | 0,1443 | 0,078 | 0,011 | 0,687 | 0,099 | 0,171 | 0,025 |
| K5 | 0,4403 | 0,083 | 0,037 | 0,723 | 0,318 | 0,193 | 0,085 |
| K6 | 0,2195 | 0,643 | 0,141 | 0,074 | 0,016 | 0,283 | 0,062 |
| Celková užitočnosť' U_j – Index stability Poradie | $\Sigma \alpha_i = 1$ | $\Sigma 0,239$ | | $\Sigma 0,531$ | | $\Sigma 0,217$ | |
| | | | 2. | | 1. | | 3. |

Najlepšiu kvalitu impaktných tyčí má podľa hodnotení expertov výrobca č.2 (V2), za ním nasledoval výrobca č.1 (V1) a ako posledný bol výrobca č.3 (V3).

4 ZÁVER

Článok si kládol za cieľ charakterizovať jednotlivé druhy dopadových stolíc s impaktnými tyčami od viacerých výrobcov. Bola posudzovaná kvalita rovnakých typov impaktných tyčí, ale s rôznymi technickými špecifikáciami, na základe ktorých boli porovnávané. Metóda AHP sa ukázala ako vhodný nástroj pre hodnotenie produktovej kvality dopadových stolíc z hľadiska impaktných tyčí. Za pomoci AHP boli určené ideálne (optimálne) impaktné tyče od výrobcu V2 Impaktné tyče tohto výrobcu mali vo väčšine technických parametrov lepšie hodnoty.

POĎAKOVANIE

Túto prácu podporili Vedecká grantová agentúra Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied VEGA 1/0429/18 a Agentúra na podporu výskumu a vývoja APVV-18-0248.

LITERATÚRA

- [1] Sazambayeva, B.T., Samogin, Y.N., Togizbayeva, B.B., et al., In reference to the research of pipe belt conveyor, Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2020, 6, 1, 19-27.
- [2] Zamiralova, M.E., Design aspects of pipe belt conveyors, Delft University of Technology, doctoral thesis, 2017.
- [3] Shuang, W., Deyong, L., Kun, H., Analysis and experimental study on pressure characteristics of supporting roller group of pipe belt conveyor, Shock and Vibration, 2019, 1, 1-7.
- [4] Sawicki, W., Król, R., Estimation of vibro-acoustic properties of idlers based on modal analysis, Mining Science, 2006, 8, 179-185.
- [5] Ladányi, G., Study on the noise emission of belt conveyor idler rolls, Ann. Univ. Petrosani Mechanic Engineering, 2016, 18, 83-92.
- [6] Bortnowski, P., Nowak-Szpak, A., Król, R., Ozdoba, M., Analysis and distribution of conveyor belt noise sources under laboratory conditions, Sustainability, 2021, 3, 1-14.
- [7] Gondek, H., Neruda, J., Pokorný, J., The dynamics of impacts tools the loading boom bucket wheel excavators, Applied Mechanics and Materials, 2014, 683, 1, 213-218.
- [8] Hapla, T., Gabrehelova, L., Fries, J., Inovace presypových stanic pro eliminace poruch dopravního pasu, Transfer inovaci, 2013, 25, 67-70.
- [9] Bugaric, U., Tanasijevic, M., Polovina, D., Ignjatovic, D., Jovanovic P., Lost production cost of the over burden excavation system caused by rubber belt failure, Eksploatacja i Niezawodnosc – Maintenance and Reliability, 2012, 14, 4, 333-341.
- [10] Hardygora, M., Bajda, M., Blazej, R., Laboratory testing of conveyor textile belt joints used in underground mines, Mining Science, 2015, 22, 1, 161-169 .
- [11] Blazej, R., Bajda, M., Hardygora, M., Monitoring creep and stress relaxation in splices on multiply textile rubber conveyor belts, Acta Montanistica Slovaca, 2017, 22, 2, 116-125.
- [12] Mirakovski, D., Despodov, Y., Fugitive dust control at conveyor transfer point - a solution for puzzle, Transport and Logistics, 2004, 4, 33-45.
- [13] HONGXIN RUBBER, Impact bed and bar, Dostupné na internete <http://www.hiconveyor.com> [cit. 2021-07-20].
- [14] TechPlasty, PE1000 - polyetylén 1000, Dostupné na internete <https://www.techplasty.sk/material/polyetylen/pe1000-polyetylen-1000> [cit. 2021-06-18].
- [15] Techtbelt, Dopadové lôžka, Dostupné na internete <https://www.dopravnipasy.com/dopadove-loze-impact-bars> [cit. 2020-04-17].

- [16] Ambrisko, L., Marasova, Jr., D., Grendel, P., Application of logistics principles when designing the process of transportation of raw materials, *Acta Montanistica Slovaca*, 2015, 20, 2, 141-147.
- [17] Marasova, D., Saderova, J., Ambrisko, L., Simulation of the use of the material handling equipment in the operation process, *Open Engineering*, 2020, 10, 1, 216-223.
- [18] Andrejiova, M., et.al., Failure analysis of rubber composites under dynamic impact loading by logistic regression, *Engineering Failure Analysis*, 2018, 84, 311-319.
- [19] Andrejiova, M., Grincova, A., Marasova, D., Failure analysis of the rubber-textile conveyor belts using classification models, *Engineering Failure Analysis*, 2019, 101, 407-417.
- [20] Ambrisko, L., Pesek, L., The stretch zone of automotive steel sheets, *Sadhana*, 39, 2, 525-530
- [21] Viackriteriálne (multikriteriálne) rozhodovanie (rozhodovacia analýza), Dostupné na internete
http://fbiw.uniza.sk/ktvi/leitner/2_predmety/OA/Semester/EX01_PRIKLADY_VHV.pdf [cit. 2021-03-22].

D. MARASOVÁ, R. ANTAL, P. KLAPKO, V. MITRÍK: Draft concept of the evaluation of the product quality of rubber pipe conveyor belts in terms of support systems

VERIFICATION MEASUREMENT OF THE OIL FILTER TESTER TO EVALUATE THE TECHNICAL SERVICE LIFE OF ENGINE OIL

MATEJ MICHALIDES^{1*}, PATRÍCIA FERIANCOVÁ²,
PETER KOŽUCH³, MARIETTA MARKIEWICZ-PATALON⁴

Abstract: A verification measurement focused on the functionality of hydraulic circuit's individual elements with monitoring of changes in flow and pressure depending on the used oil filter was performed on the designed test laboratory equipment. The aim of the work is to assess test equipment's suitability for testing the effectiveness of oil filters, verify the operation of sensing devices and then create a system for evaluating the technical life of engine oils in terms of possible service intervals extension.

Keywords: laboratory test equipment, filter, hydraulic circuit, pressure and flow

1 INTRODUCTION

At present, lubricant manufacturers are constantly confronted with the demand to increase the quality of motor oils and reduce the environmental impact of lubricants used in energy products. It means that it will be increasingly difficult to produce oil in the required quality and at an acceptable price. Fortunately this fact creating space for the use of oils according to strict performance specifications. At the same time, the average time of change intervals of oil fillings in energy means is monitored with the aim of prolongation of change intervals. Motor oils are among the most demanding lubricants in terms of the choice of base oils and suitable additives [1,2]. According to the author [3], oil pollution is the most common and serious source of machine failure. The oil itself is extremely thermally stressed and stressed during operation. The oil temperature of the oil charge can be up to 150 °C, the temperature on the connecting rod bearings up to 180 °C and the temperature on the first piston ring up to 250 °C and more. When designing the laboratory test equipment for the evaluation of engine oil filtration, we used data based on the technical characteristics of oil filters and hydraulic pumps, the hydraulic elements used in the test hydraulic circuit, the characteristics of the internal combustion engine and the calculations performed [4-7].

2 MATERIAL AND METHODS

The lubrication system is an integral part of a reciprocating internal combustion engine, which we consider to be the most commonly used power unit. The main importance of

* Corresponding author

¹ **Matej Michalides**, Department of Transport and Handling, Faculty of Engineering, Slovak University of Agriculture in Nitra, Tr. A. Hlinku 2, Nitra, 94901, Slovak Republic, e-mail: xmichalides@uniag.sk

² **Patrícia Feriancová**, Department of Transport and Handling, Faculty of Engineering, Slovak University of Agriculture in Nitra, Tr. A. Hlinku 2, Nitra, 94901, Slovak Republic, e-mail: xferiancova@uniag.sk

³ **Peter Kožuch**, Department of Transport and Handling, Faculty of Engineering, Slovak University of Agriculture in Nitra, Tr. A. Hlinku 2, Nitra, 94901, Slovak Republic, e-mail: xkozuchp@uniag.sk

⁴ **Marietta Markiewicz-Patalon**, Department of Machine Operation and Transport, Faculty of Mechanical Engineering, University of Science and Technology, Al. Prof. Kaliskiego 7, Bydgoszcz, 85-796, Poland, e-mail: marietta.markiewicz@utp.edu.pl

lubrication lies in the beneficial effect on the passive resistances of moving engine parts, ensuring the functionality of important engine nodes and keeping the parameters within the required limits during its life. The proposed test equipment is designed to evaluate the efficiency of the oil filter and monitor the size of foreign particles removed from the liquid by the filter, as well as monitor the expected life of the oil filter (Fig. 1) [8-10].

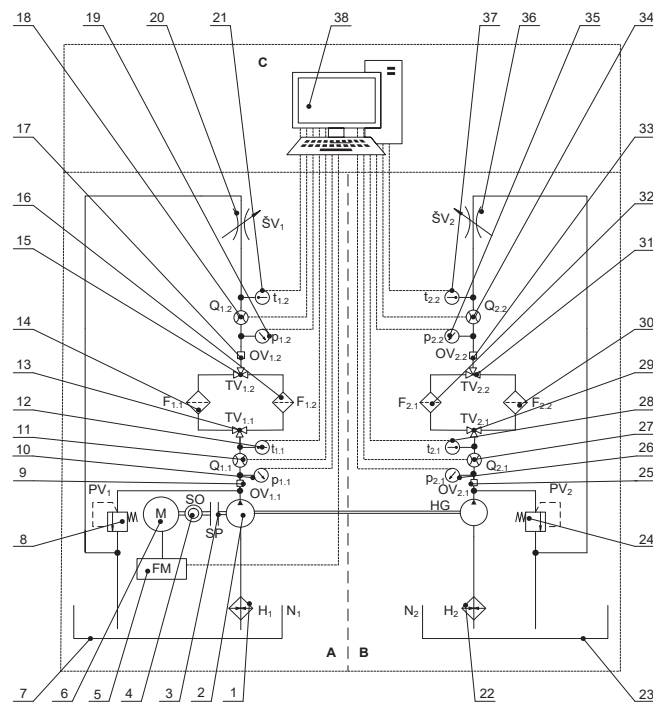


Fig. 1 Equipment for comparing the flow properties of oil filter materials in the lubrication circuits of internal combustion engines

Legend: A - reference measuring circuit, B - test measuring circuit, C - recording and evaluation circuit. 1, 22 - heaters; 2 - tandem hydraulic pump; 3 - coupling; 4 - speed sensor; 5 - frequency converter; 6 - electric motor, 7, 23 - tanks; 8, 24 - safety valves; 10, 19, 26, 35 - pressure sensors; 11, 18, 27, 34 - flow sensors; 12, 21, 28, 37 - temperature sensors; 13, 15, 29, 31 - three-way valves; 14, 32 - original filter materials; 16, 30 - tested filter materials; 9, 17, 25, 33 - sampling points; 20, 36 - throttle valves; 38 - computer with software; HG - tandem hydraulic pump; N₁, N₂ - tanks; FM - frequency converter; SP - coupling; SO - speed sensor; PV₁, PV₂ - safety valves; Q_{1.1}, Q_{1.2}, Q_{2.1}, Q_{2.2} - flow sensors; p_{1.1}, p_{1.2}, p_{2.1}, p_{2.2} - pressure sensors; t_{1.1}, t_{1.2}, t_{2.1}, t_{2.2} - temperature sensors; F_{1.1}, F_{1.2}, F_{2.1}, F_{2.2} - filters in circuit A and B; TV_{1.1}, TV_{1.2}, TV_{2.1}, TV_{2.2} - three-way valves; OV_{1.1}, OV_{1.2}, OV_{2.1}, OV_{2.2} - sampling point; M - electric motor; ŠV₁, ŠV₂ - throttle valves

The measurement of the combined quantities in the hydraulic system is performed by means of combined sensors. They allow simultaneous measurement of pressure, temperature and fluid flow in different types of tests. For some purposes, especially diagnostic and for durability tests, it is useful to monitor the hydraulic performance of the equipment, given by the conjunction of flow Q and pressure p [11,12]. Fig. 2a and Fig. 2b show HYDAC, SRN devices enabling flow measurement in the range of 6 to 60 dm³.min⁻¹, 15 to 300 dm³.min⁻¹ and 40 to 600 dm³.min⁻¹ at pressures up to 40 MPa and temperatures up to 100 °C. It is possible to connect a flow sensor and a pressure sensor (Fig. 2b) in the body of the device, while the combined

sensing device can be built directly into the pipeline. All sensors can be connected to the HMG 3010 hand-held digital measuring device using connecting cables (Fig. 2a).

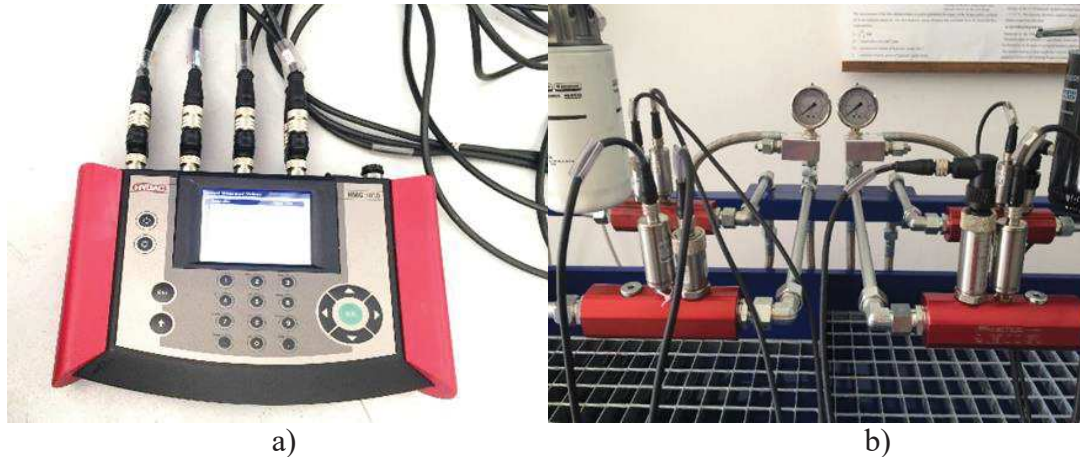


Fig. 2 Measurement device a) HMG 3110 and b) flow and pressure sensors to measurement device HMG 3110

Flow, pressure and temperature sensors will be used in both circuits to evaluate the filtration of a given oil. The flow sensors will monitor the values in the measuring circuit, monitoring changes depending on the clogging of oil filters by contaminants. The pressure change will be continuously monitored throughout the circuit using four strain gauge pressure sensors. The temperature of the working fluid will be monitored in the tank, or directly in the circuit, to ensure the operating temperature corresponding to the temperature of the engine oil in operation.

Tab. 1 Basic data of flow, pressure and temperature sensor

| Hydac flow sensor EVS 31 04-A-0060-000 | | |
|---|------------------------------------|---------------|
| Parameters | Units | Values |
| Power supply | V DC | 10-32 |
| Signal | mA | 4-20 |
| Fluid temperature | °C | -20÷90 |
| Ambient temperature | °C | -20÷70 |
| Measured flow | dm ³ .min ⁻¹ | 6÷60 |
| Max. working pressure | MPa | 40 |
| Hydac pressure sensor HDA 4744-A-250-000 | | |
| Power supply | V DC | 12-30 |
| Max. supply current | mA | 100 |
| Max. measured pressure | MPa | 25 |
| Measurement accuracy | % | ≤±0.25 |
| Safety type according to DIN 40050 | IP | 65 |
| Hydac temperature sensor ETS 4144-A000 | | |
| Thermal range | °C | -25÷100 |
| Working current | mA | 4÷20 |
| Working voltage | V | 8÷32 |
| Response time | 1/s | 4 |

| Tank temperature sensor ZPA EKOREG KSTz.eEX Pt100/B/3w | | |
|---|--------|----------------------------|
| Measuring range | °C | -30÷170 |
| Measuring current | mA | 1 |
| Classification | - | II 3 G EX nA II (T3)-T6 |
| Temperature coefficient | - | Ni: 5000, 6180 ppm/K |
| Degree of coverage | IP | 65 |
| Maximum overpressure at temperature | MPa/°C | 4/100; 3.1/180 |

3 RESULTS AND DISCUSSION

The laboratory equipment for the evaluation of engine oil filtration was designed to assess the properties of various engine oil filters and their filtration capabilities. Tests on this device will shorten the testing time of oil filters, as they are not tied to the operating conditions of the intercity bus, but we will induce the operating conditions by simulation. Tests of suitability for use of different types of oil filters will be evaluated on the basis of the influence of contaminated working fluid on the change of pressure in the hydraulic circuit and the change of flow in the hydraulic circuit of the test equipment (Fig. 3).



Fig. 3 Laboratory test equipment for comparing the flow properties of oil filter materials in the lubrication circuits of internal combustion engines

Verification measurement of pressure and flow (Figs. 4 and 5) was performed using 5W-30 URANIA FE LS and oil filter CNH Industrial 2992242, at 30 °C temperature and in the secondary circuit a MAN W950 / 26 oil filter and contaminated engine oil were used, which was removed from the IVECO CROSSWAY bus after 80 744 km.

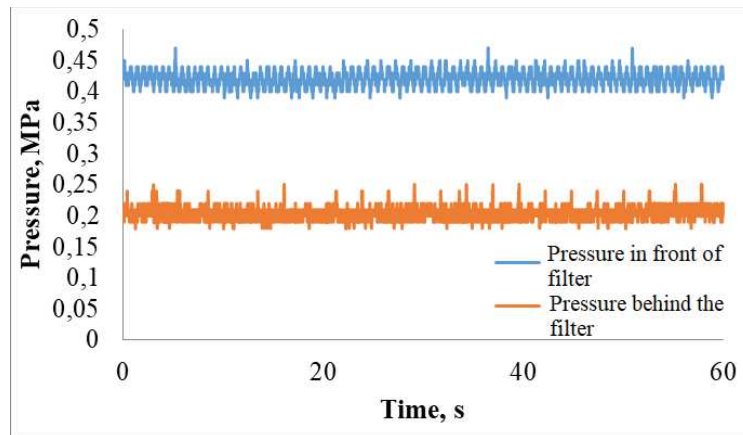


Fig. 4 Verification measurement of uncontaminated oil pressure with CNH Industrial filter 2992242

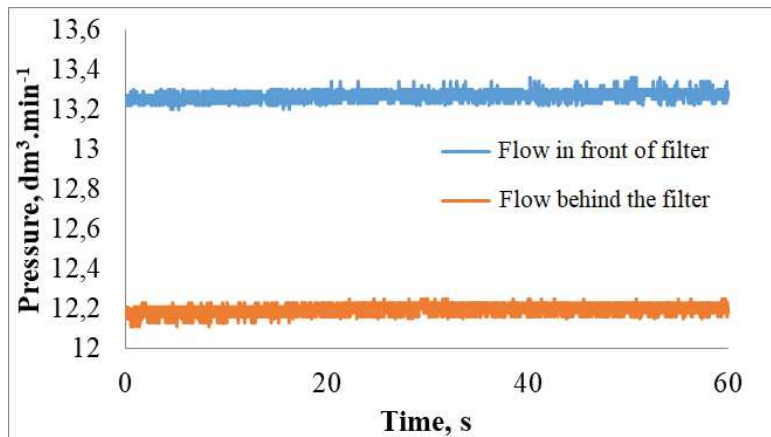


Fig. 5 Verification measurement of uncontaminated oil flow with CNH Industrial filter 2992242

Verification of the functionality of the proposed laboratory test equipment was performed by verification measurements, using a new, uncontaminated engine oil and oil filter in the hydraulic circuit according to the specification specified by the manufacturer. Contaminated engine oil from operation using a MANN W950 / 26 oil filter and a CNH Industrial 2992242 oil filter was used in the test circuit.

4 CONCLUSION

Authors [2,4,6-8,13] dealt with the issue of designing test hydraulic equipment in their work at the Department of Transport and Handling, Faculty of Engineering in Nitra. They created a set of measuring laboratory equipment for testing hydrostatic elements and hydraulic fluids. According to author [14], if tribotechnical diagnostics is applied correctly and thoroughly, significant savings can be made in increasing the technical life of machinery and equipment, reducing energy consumption and reducing downtime. Authors [1,4,11,15] dealt with the analysis of oils by spectroscopy, which evaluated the condition of oils based on the degradation of oils and changes in flow efficiency on a hydrostatic transducer. Author [16] in his work focuses on increasing of the engine oil change interval. The laboratory equipment allows testing the suitability of using filters with different filtration capacity in simultaneous testing in two separate hydraulic circuits with different contaminated engine oil, without the

risk of damage to the internal combustion engine. The extent of engine oil contamination before use in the test circuit will be determined by evaluating the physic-chemical properties of the oil used and the degree of contamination. The results of the evaluation of the filtration capacity of oil filters can be used in the design of new filter materials, but also with a suitably determined methodology of oil filter replacement and engine oil change interval, it is possible to extend replacement intervals, which has a significant benefit not only from an economic but also ecological point of view.

ACKNOWLEDGEMENT

This work was supported by project VEGA 1/0155/18 „Applied research of the use of ecological energy carriers in agricultural, forestry and transport technology“, by project KEGA 028SPU-4/2019 „Practical utilization of design and testing knowledge of transmission systems of hydraulic mechanisms of mobile agricultural and forestry machinery” and by project APVV SK-PL-18-0041 „The development of scientific cooperation in the study of the effects of biofuels in road transport, including environmental impact.”

REFERENCE

- [1] Čorňák, Š., Identification of operating fluids with fingerprint method utilization, In: 17th International Scientific Conference Engineering for Rural Development 2018, Jelgava, Latvia, 23 May - 25 May 2018, 2048-2053.
- [2] Hujo, L., Čorňák, Š., Tkáč, Z., Jánošová, M., Laboratory research of transmission – Hydraulic fluid, In: 7th International conference on trends in agricultural engineering 2019, Prague, Czechia, 17 September - 20 September 2019, 183-188.
- [3] Kopiláková, B., Turza, J., Hujo, L., Kosiba, J., Evaluation of hydraulic resistance in various liquids and temperature, Tribology in Industry, 2017, 39, 1, 129-135.
- [4] Hujo, L., Jablonický, J., Tkáč, Z., Návrh inovatívneho laboratórneho simulačného zariadenia na skúšanie hydrostatických prevodníkov hydraulických kvapalín, 1. vyd., Slovenská poľnohospodárska univerzita, Nitra, 2017.
- [5] Hujo, L., Nosian, J., Zastempowski, M., Kosiba, J., Kaszkowiak, J., Michalides, M., Laboratory tests of the hydraulic pump operating load with monitoring of changes in the physical properties, Measurement & Control, 2021, 54, 3-4, 243-251.
- [6] Hujo, L., Kangalov, P., Kosiba, J., Laboratory test devices for evaluating the life time of tractor hydraulic components, University of Ruse, Angel Kachnev, 2015.
- [7] Tkáč, Z., Testing stands for laboratory tests of hydrostatic of agricultural machinery, Agricultural Engineering Research, 2008, 54, 4, 127-141.
- [8] Hujo, L., Jablonický, J., Markovič, J., Tulík, J., Simikić, M., Zastempowski, M., Janoušková, R., Design of laboratory test equipment for automotive oil filters to evaluate the technical life of engine oil, Applied Science-Basel, 2021, 11, 2, 12.
- [9] Zastempowski, M., Test stands with energy recovery system for machines and hydraulic transmissions, Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 2013, 58, 2, 188-191.

- [10] Máchal, P., Tkáč, Z., Kosiba, J., Jablonický, J., Hujo, Ľ., Kučera, M., Tulík, J., Design of a laboratory hydraulic device for testing of hydraulic pumps, *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendeliana Brunensis*, 2013, 61, 5, 1313-1319.
- [11] Nosian, J., Hujo, Ľ., Zastempowski, M., Janoušková, R., Design of laboratory test equipment for testing the hydrostatic transducers, *Acta Technologica Agriculturae*, 2021, 24, 1, 35-40.
- [12] Janoušková, R., Nosian, J., Feriancová, P., Markiewicz, M., Analysis of degradation of ecological transmission hydraulic fluids used in agricultural and forestry machinery, *Engineering Mechanics*, 2020, 1, 230-233.
- [13] Petranský, I., Drabant, Š., Tkáč, Z., Žikla, A., Bolla, M., Kleinedler, Skúšobné stavy pre životnostné skúšky hydrostatických prevodníkov, *Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre, Nitra*, 2004.
- [14] Simikić, M., Dedović, N., Savin, L., Tomić, M., Ponjičan, O., Power delivery efficiency of a wheeled tractor at oblique drawbar force, *Soil and Tillage Research*, 2014, 141, 32-43.
- [15] Tulík, J., Kosiba, J., Szabó, M., Varga, F., Kangalov, P.G., Mareček, J., Analysis of new biodegradable fluid during of the operating test, *Agricultural, Forest and Transport Machinery and Technologies*, 2015, 2, 1.
- [16] Semjonovs, J., et al., Increasing of engine oil change interval by using additional oil filter in diesel engines, In: *Engineering for Rural Development*, Jelgava, Latvia, 29 May - 30 May 2014.

**M. MICHALIDES, P. FERIANCOVÁ, P. KOŽUCH, M. MARKIEWICZ-PATALON:
Verification measurement of the oil filter tester to evaluate the technical service life of engine oil**

EURO 7/VII – EKOLOGICKÁ A EKONOMICKÁ UDRŽITELNOST

JIŘÍ STODOLA^{1*}

Abstract: Reducing directly limited exhaust emissions (HC, CO, CO₂, NO_x, PM etc.) is vital and is becoming a major, albeit controversial, motive for the electrification of vehicle propulsion systems. A strict Euro 7/VII emission standard is being prepared, effective from 2025. If the current proposal is approved, it is likely to mean the end of internal combustion engines, as, for example, the NO_x limit should be reduced from the current 80 mg/km to 30 mg/km and the CO limit from the current 95 g/km to 59 g/km. The European Automobile Manufacturers' Association marks these limits in the automotive industry as technically unattainable. The transition to electromobility is inevitable, but such rapid development is not in line with technical possibilities, development or the construction of infrastructure. The EU should adopt a sensible, technically and temporally conceptual solution. The paper discusses various aspects of the massive transition to electromobility.

Keywords: sustainable development, greenhouse gases, pollutant emissions, life cycle, advantages and disadvantages of electromobility

1 ÚVOD

Na základě snah o zastavení/omezení globálních klimatických změn a snahou být v roce 2050 uhlíkově neutrálním kontinentem, zahájila Evropská unie práce na sektorových normách v oblasti emisí. Výsledkem je připravovaná norma Euro 7/VII, jejíž požadavky jsou mimořádně přísné a pro výrobce automobilů, za stávajících podmínek, téměř nerealizovatelné. Předpokládaná platnost této normy je od roku 2025. Světový automobilový průmysl je pod obrovským tlakem regulací a technologického vývoje, zároveň jsou jeho firmy oslabeny pandemií, ať již propadem poptávky nebo výpadky v dodavatelských řetězcích. Už současně platné limity škodlivin v rámci Euro 6/VI spolu s limity pro spotřebu paliva, resp. emisí CO₂ už nyní výrazně zasahují do portfolia automobilek. Automobilový průmysl si sice uvědomuje zodpovědnost vůči životnímu prostředí, ale drastické zpřísnění limitů je v krátké době pro toto evropské páteřové průmyslové odvětví nerealistické, např. zpřísněným limitům nevyhoví už ani hybridní vozidla. V odborných kruzích se diskutují hladiny sloučenin dusíku NO_x, NH₃, NO₂, N₂O, PM a dalších škodlivin CO, CH, CH₄. Do problematiky vstupují rovněž přísnější metody pro měření škodlivin, resp. sjednocení limitů v laboratořích a v reálném provozu. Nová norma Euro 7/VII bude mít zásadní vliv na budoucnost vozidel s konvenčními motory. U konvenčních motorů bude muset být masivně zvyšována termodynamická účinnost, realizovány dodatečné úpravy systémů (aftertreatment), senzorka na motoru a ve výfukovém potrubí, řešena problematika rekuperace energie, využití „čistých“ paliv, např. LNG, vodíku a jiných syntetických uhlovodíkových paliv. Bohužel se zdá, že tato cesta nebude pro výrobce optimální, protože nebudou chtít do vývoje konvenčních motorů investovat a budou se orientovat pouze na masovou výrobu dražších elektrických pohonů. Tyto skutečnosti však budou znamenat menší cenovou dostupnost moderních vozů a tím dojde k zvyšování stáří flotily vozidel, např. v ekonomicky méně vyspělých zemích a paradoxně se budou emise zvyšovat. Zpřísnění limitů a skoková elektrifikace vozového parku přinese problémy nejen výrobcům a spotřebitelům, ale rovněž homologačním autoritám. Ti budou muset investovat do

* Korešpondenční autor

¹ Jiří Stodola, Katedra bojových a speciálních vozidel, Fakulta vojenských technologií, Univerzita obrany Brno, Kounicova 65, 662 10 Brno, Česká republika, e-mail: jiri.stodola@unob.cz

nových měřících technologií, emisních laboratoří, testování velkokapacitních systémů ukládání elektrické energie, testování pasivní, elektrické a funkční bezpečnosti, uměle vytvářeného hluku aj. Stranou nezůstane ani oblast pravidelných kontrol STK s relativně drahým rozvojem technickým, přístrojovým, právním, nutnou další digitalizací aj.

Pařížská konference o klimatu schválila v prosinci 2015 hlasy zástupců 196 zemí OSN novou klimatickou dohodu. Základem je snaha udržet roční oteplování Země pod 2 °C, resp. přiblížit se hodnotě 1,5 °C. Dohoda stanovuje závazky všech smluvních stran, včetně největších světových producentů emisí skleníkových plynů jako jsou Čína, USA, Rusko, Indie a další. Jedná se o mimořádně ambiciózní úsilí o omezení globálního oteplování. Zelená dohoda pro Evropu (Green Deal for Europe) je balíček opatření Evropské komise, který byl představen v prosinci 2019, a který by měl občanům a společnostem v EU zajistit přechod na udržitelné a ekologické hospodářství. Mezi opatření patří masivní snížení emisí, investice do špičkového výzkumu a ochrany přírodního prostředí evropského kontinentu. Druhým cílem dohody je transformace evropské ekonomiky tak, aby byla dlouhodobě udržitelná, aby byl možný její růst bez současného zvyšování využívání přírodních zdrojů. Zelená dohoda si klade za cíl začlenit do právních předpisů, aby se Evropa do roku 2050 stala prvním klimaticky (uhlíkově) neutrálním kontinentem světa. To znamená zajistit, že na kontinentu nebude vznikat více emisí oxidu uhličitého, než může být nějakým způsobem pohlceno. Tento plán si vyžádá nemalé investice a rozsáhlou transformaci a přirozeně má své nadšené příznivce i ostré kritiky. Již v letošním roce má být přijata strategie pro udržitelnou a inteligentní mobilitu, v rámci které budou představeny nová opatření k zajištění masivního snížení emisí z dopravy, rozšíření digitalizace v dopravě, urychlení výroby a zavádění alternativních paliv, ukončení dotací na využívání fosilních paliv a naopak podporu využívání železniční a vodní dopravy na úkor silniční a letecké aj.

Aktuální emisní legislativa nutí výrobce automobilů vyrábět vozidla s elektrickým pohonem. Hlavním důvodem pro zavádění elektromobility je nulová produkce lokálních emisí a tím snížení lokální ekologické zátěže. Tento fakt má však význam především ve městských aglomeracích. Podíl na globálních emisích a tím i uhlíková stopa a vliv na změnu klimatu jako celku, však přesně odpovídá spektru napájení elektrické rozvodové sítě, ze které elektromobily čerpají energii. Uhlíková stopa může být u elektricky poháněného dopravního prostředku nižší, ale bohužel i vyšší, než u dopravního prostředku se spalovacím motorem. Výhodou elektromobility může být zvýšení energetické bezpečnosti (a nezávislosti) území; tento fakt však závisí na struktuře napájení elektrické rozvodové sítě. Elektromobily mají nižší provozní náklady, důvodem je nižší poruchovost oproti klasickým automobilům se spalovacími motory. Přechod na elektromobily je selektivně podporován různými nástroji, např. systém bonus-malus, který je koncipován jako kombinace daně či poplatku spojeného s pořízením či registrací vozidla (malus) méně čistého (konvenčního) a přímé dotace či daňový kredit (bonus) poskytnutý „čistější“ technologii. Významnými nástroji pro rozšíření elektromobilů jsou daně a budování dobíjecích stanic společně s finančními podporami na nákup elektromobilů. V Evropě představují elektromobily v současné době pouze 4.5 % nově registrovaných automobilů. V ČR je podíl elektromobilů nízký, asi 3 400 vozů, což je pouze 0.29 % vozového parku, resp. 0.5 % vozového parku včetně plug-in hybridů. Masivně roste počet nabíjecích stanic, čímž se relativně snižuje problém omezeného dojezdu elektromobilů. Nejvýkonnější elektromobily současnosti deklarují dojezd až 500 km a více. Problém však může působit zatím nedostatečná infrastruktura dobíjecích stanic v různých částech světa. Navíc tato infrastruktura není unifikovaná, jelikož automobilky či energetické společnosti staví stanice podle svých vlastních standardů. Nevýhodou elektromobilů je dlouhý čas, který je nutný pro nabití baterie

u dobíjecího stojanu, oproti naplnění nádrže u klasického vozidla. V současné době jsou také podstatně vyšší pořizovací náklady elektromobilů oproti vozidlům se spalovacími motory.

2 MATERIÁL A METODY

Směr daný přijatými dokumenty a usneseními Evropské komise je zcela jasný, a to nízkouhlíková mobilita. Do ní již všichni výrobci vozidel investují miliardy eur. Vzniká tak dojem, silně podporovaný médii a zelenými aktivisty, že budoucnost je výhradně elektrická a v dohledné době se jiná než elektrická vozidla již vyrábět nebudou. Skutečnost a hlavně technické možnosti jsou však poněkud odlišné. Preference zákazníků směřují jiným směrem, a to k těžším sportovně užitkovým vozidlům a rostoucím výkonům motorů, což ve svém důsledku vede k větší produkci emisí CO₂. Velkou negativní roli hraje i masivní tažení proti vznětovým motorům, které mají dokonce nižší emise CO₂ než benzinové motory [1].

2.1 Aspekty elektromobility

Elektromobily mají nesporné jízdní přednosti. Je to zejména vyšší akcelerace, která je dána výbornou vlastností elektromotoru, poskytovat točivý moment již od nejnižších otáček. Předností je rovněž jednoduché ovládání, bez spojky a částí převodového ústrojí. Největší výhodou je skutečnost, že při jízdě elektromobil neprodukuje žádné emise. Zdrojem energie elektromobilu je elektrická akumulátorová baterie, v současné době obvykle lithium-iontová (Li-ion) s kovovou katodou (Níkl-Mangan-Kobalt aj.). Výhodou baterií je vysoká hustota energie až 200 Wh/kg, vysoké jmenovité napětí (3,7 V na článek, baterie jako celek do 800 V), možnost výroby v libovolném tvaru, životnost tisíce nabíjecích cyklů, téměř nulové samovybití aj. Nevýhodou je např. nebezpečí výbuchu při nesprávném používání (zkratování, nabíjení na vyšší kapacitu), obtížná recyklace, nevratné poškození při úplném vybití aj. Velmi diskutovaným tématem je také bezpečnost při dopravní nehodě a požáru, kdy k uhašení akumulátorových baterií nepostačují klasická hasiva a doposud běžné postupy. Samozřejmě se vyvíjejí perspektivní alternativy, např. baterie níkl-kadmium, lithium-titan, lithium-síra aj., ale pravděpodobně v nejbližších letech nebudou použitelné pro nízkou životnost.

Je velmi důležité porozumět souvislostem, jak důsledkům výroby elektřiny pro jízdu vozidla, tak i důsledkům výroby baterií. Aktuální vývoj evropské legislativy masivně tlačí výrobce do vývoje, výroby a prodeje vozidel s čistě elektrickým pohonem a nebere v úvahu celkovou uhlíkovou stopu elektromobilu během životního cyklu, tj. od výroby vozidla, výroby baterie jako zdroje elektrické energie pro pohon až k fázi relativně diskutabilní recyklace [2]. Důsledkem téměř likvidační legislativy je nutnost vyrábět a prodávat stále větší počet bateriových elektromobilů, popř. plug-in hybridů, které se ještě dostanou pod přísné limity, tvořící hranici pro tzv. „čistá“ vozidla. Lze konstatovat, že ve světě mimo Evropu je rovněž snaha emise snižovat, ale postupně a s ohledem na technický vývoj a bez tvrdých sankcí. Některé státy zohledňují jiné cesty a dávají prostor mixu různých řešení. Příkladem je Japonsko, kde v tzv. next-generation vehicles jsou zahrnuty Mild a plug-in hybridy, elektromobily, „čisté“ diesely, vodíkové motory, CNG vozidla, aj. [3]. Otázkou je, zda jsou elektromobily skutečně bezemisní, lze se domnívat, že pouze z hlediska lokálního, tj. při jízdě určitě, ano. Je to jejich největší výhoda, zejména v městském prostředí. Bohužel z globálního pohledu vlivu na klima Země emise, hlavně CO₂, vznikají již při výrobě elektromobilů, ale hlavně při výrobě baterií a při výrobě elektřiny pro jejich provoz. Při výrobě těchto komodit vzdáleně od městských aglomerací se škodlivé emise ve vzduchu rozředí a nepůsobí tak masivně nepříznivě jako vlastní provoz klasických vozidel. Bohužel v případě skleníkových

plynů a jejich vlivu na klima a globální oteplování, vůbec nezáleží na tom, kde vznikají (město, vzdálená elektrárna, jiná země, jiný světadíl).

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

Jedním ze sledovaných parametrů elektromobilů je dojezd, kdy každé jeho zvýšení je hlavně v médiích vítáno s velkým nadšením. Dojezd se prodlužuje v souvislosti s novými technologiemi baterií, ale je stále nedostatečný ve srovnání s automobily se spalovacími motory. Dojezd klesá i v zimním období v závislosti na teplotě a potřebě topení ve vozidle. Přitom spotřeba topení závisí na času jízdy a nikoliv na ujeté vzdálenosti. Reálné dojezdy jsou podstatně menší než oficiálně udávané. Baterii elektrického vozidla tvoří větší množství článků, chladič a vyhřívací systém, řídicí elektronika, nosná struktura a plášť baterie. Je skutečností, že podstatná část emisí CO₂ vzniká během různých fází výroby (těžba surovin, rafinace materiálu, výroba elektrod, kompletace článků, montáž baterie včetně chladičového, ohřívacího a řídicího systému, kontrolní elektroniky a obalu). Baterie je relativně sofistikované zařízení, které obsahuje řadu vzácných prvků (lithium, kobalt, samarium, neodym, aj.), dále nikl, měď, mangan, hliník, ocel, pryž, plasty a další komponenty. Emise vznikající při výrobě elektromobilu závisí na tom, ve kterých fázích výroby se nachází, jaké technologie byly použity, aj. Náročnost výroby a vznikající emise je posuzována spotřebovanou energií, kterou lze přepočítat na množství vyprodukovaného CO₂ s využitím tzv. emisního faktoru E_f jednotlivých zemí. Emisní faktor udává, kolik kg CO₂ je vyprodukováno na 1 kWh vyrobené elektrické energie, resp. kolik tun CO₂ připadne na 1 MWh. Rozhodující položkou emisí při výrobě elektromobilu je spotřeba energie na výrobu baterie, což je sice jednorázová položka, ale není zanedbatelná, Tab. 1.

Tab. 1 Energie potřebná pro výrobu baterií

| Druh pohonu | Kapacita baterie | Energie pro výrobu baterie |
|------------------------|------------------|------------------------------------|
| Mild hybrid | 0.5 kWh | 150 – 250 MJ → 40 – 70 kWh |
| Full hybrid | 1.5 kWh | 450 – 750 MJ → 125 – 210 kWh |
| Plug-in hybrid | 10 – 15 kWh | 3000 – 7500 MJ → 830 – 2080 kWh |
| Bateriový elektromobil | 30 – 100 kWh | 9000 – 13900 MJ → 2500 – 13900 kWh |

Spotřebovaná energie se uvádí v poměrných hodnotách MJ/kWh, tj. kolik energie připadá na 1 kWh kapacity baterie a pro konkrétní baterii je nutné tyto hodnoty vynásobit kapacitou baterie. Výsledky jsou však ovlivněny hustotou energie v baterii. S větší hustotou energie, klesá energetická náročnost výroby [4]. U spalovacích motorů vznikají emise při spalování paliva během jízdy, např. emise CO₂ jsou přímo úměrné spotřebě a lze je snadno přesně vypočítat v [g CO₂/km, l/100 km]. Při těžbě a zpracování ropy a výrobě paliva vznikají rovněž emise, ale vzhledem k vysoké energetické hustotě benzínu a nafty jsou relativně malé. Výsledky analýzy životního cyklu ukazují, že při těžbě ropy, dopravě, výrobě, čerpání a distribuci benzínu nebo nafty je podíl emisí asi 10% a při provozu zbývajících 90%. Konkrétně při výrobě automobilu se spalovacím motorem vznikne 5 až 10 tun CO₂ (podle velikosti, hmotnosti a vybavení), z toho cca 20% tvoří emise při samotné výrobě spalovacího motoru [5].

Snahou uživatelů elektromobilů je dobít baterie co nejrychleji, bohužel čas dobíjení, ve srovnání s tankováním benzínu nebo nafty není zatím dosažitelný. Při tankování paliva do nádrže, „tečou“ hadicí megawatty výkonu, např. při natankování 30 l benzínu za 2.5 minuty (energie obsažená v 1 l benzínu je asi 32 MJ/l) je výkon $P = \frac{30 \cdot 32}{150} = 6.4$ MW. Neexistuje dobíjecí

kabel, umožňujúci prenos takového elektrického výkonu, k dosažení takového výkonu je pri danom napätí baterie potreba proudu v rádu tisíců A. Dôležitou otázkou je chlazenie baterií, resp. udržiavanie ich optimálnej teploty 20 až 40°C, resp. 50 až 80°C pri nabíjaní; pri vyššej alebo nižšej teplote výkon masívne klesá a roste ich opotrebenie. Pri nabíjaní dochádza ke značným energetickým ztrátam v závislosti na pomalom alebo rychlom nabíjaní, a to až o 10 až 25% (elektrická instalácia, nabíjačka, nabíjaci kábel, palubná instalácia, baterie).

Současná průměrná spotřeba elektromobilů se pohybuje mezi 15 až 25 kWh/100 km. Konkrétní velikost je funkcí řady faktorů, a to hmotnosti vozidla, charakteru provozu, teploty, stylu jízdy, zkušenosti řidiče aj. Úspěšná jízda malého elektromobilu znamená spotřebu asi 12 kWh/100 km. Velké elektromobily při razantní jízdě překračují spotřebu 30 kWh/100 km. Na rozdíl od vozidla se spalovacím motorem lze u elektromobilů energii rekuperovat a při brzdění ji ukládat zpět do baterie. Účinnost rekuperace energie je však relativně nízká a prakticky lze využít průměrně jen 5 až 10 % energie navíc.

Systematické porovnání současných přístupů k elektromobilitě [1,3] aj., např. s využitím modelů emisí od elektromobilů a vozidel se spalovacími motory v celém životním cyklu (*cradle to grave*) se ukazuje, že asi do 130 000 najetých km mají elektromobily vyšší emise CO₂ než automobily s benzínovým motorem a asi do 250 000 km mají elektromobily vyšší emise CO₂ než automobily s dieselovým motorem. Dojde-li po ukončení záruky na baterii, (~160 000 km) k její výměně, bude elektromobil emisně horší do přibližně 250 000 km než automobil s benzínovým motorem a automobil s dieselovým motorem nebude elektromobilem překonán z hlediska emisí CO₂ prakticky nikdy. Výhodný je automobil s konvenčním motorem na palivo s vysokým obsahem biosložky s recyklovaným uhlíkem (bioplyn aj.). Podle platné legislativy se však započítávají jen emise z provozu vozidel a ostatní se opomíjí pak lze dosáhnout uhlíkové neutrality, ale jen teoreticky, nikoliv ve skutečnosti. Výsledky výzkumu v ČR však neplatí obecně ve všech státech. Masivní vliv má energetický mix jednotlivých zemí. Např. v Norsku většina elektrické energie pochází z vodních zdrojů, tím dojde k vyrovnání emisí CO₂ elektromobilů a automobilů konvenčními motory asi po 45 tisících km, tj. asi po dvou až třech letech provozu. Situace je příznivá také ve Francii, kde zdrojem většiny elektrické energie jsou jaderné elektrárny.

Největší podíl na emisích CO₂ v Evropě má energetika (výroba elektřiny a tepla), dále průmysl, domácnosti, doprava, přírodní zdroje a zemědělství [6]. Mají-li být emise snižovány, mělo by se tak dít především v těchto oblastech. Podíl dopravy na emisích CO₂ v Evropě je asi 20%, z toho podíl silniční dopravy je asi 72% a osobní doprava se podílí asi 60%. Z těchto údajů bylo vypočteno, že náhrada všech osobních automobilů se spalovacími motory za elektromobily v Evropě způsobí mizivou změnu celkové světové produkce CO₂, a to pouze asi 2%. Optimálním řešením snižování emisí je rychlé nahrazení vozového parku moderními automobily s nízkými emisemi. Se zkracováním doby dobíjení rostou ztráty, proto optimální je pomalé dobíjení nízkým výkonem, a to pokud je to možné v noci (nižší odběr elektřiny, nižší vytížení elektráren a využití výhodného tarifu), významným faktorem je vyšší životnost baterií při pomalém dobíjení. Náhrada automobilů se spalovacím motorem za elektromobily v ČR bez změny zdrojů elektřiny nepovede, při uvažování celého životního cyklu vozidla, k reálnému snížení emisí CO₂. Emisní předpisy EU zohledňují pouze jednostranný pohled bez širších souvislostí. Tento pohled je masivně podporován lobbisty, politiky, zelenými aktivisty, mediální kampaní, bohužel i některými představiteli automobilového průmyslu, kteří se obávají zpoždění a ztráty trhu potom, co investovali obrovské částky do vývoje elektromobilů. Automobilový průmysl právem očekává návrat investic a zisk [7]. To vede k aktuální situaci, kdy už je velmi těžké, resp. nemožné od trendu elektromobility a předchozích chybných

rozhodnutí ustoupit. Situace není jednoduchá, protože na prosperitě automobilového průmyslu je v Evropě závislých desítky milionů pracovních míst.

Elektromobil rozhodně není univerzálním a ani nejvýhodnějším řešením. Zdá se, že krátkodobě by byla smysluplnější výroba moderních automobilů s „nízko emisními“ spalovacími motory, dále výroba hybridů, které využijí relativně malé spalovací motory a masivně umožňují snížit spotřebu i emise. Přitom hybridy nepotřebují žádnou dobíjecí infrastrukturu. V městském provozu je výhodné, aby jezdily elektromobily s nulovými emisemi, potřebným dojezdem, výbornou dynamikou, nízkou hlučností aj.

Palivo do spalovacího motoru lze načerpat téměř ze 100 % účinností. U elektrického pohonu je nutno vzít v úvahu účinnost nabíjení baterie, účinnost jejího vybíjení za provozu a účinnost měniče. Průměrná účinnost závisí na druhu provozu, zatížení vozidla a stylu jízdy řidiče; u benzinových motorů se pohybuje okolo 25 %, u naftových motorů asi 30 % a u elektrických pohonů je téměř 60 %. Vezmeme-li v úvahu i účinnosti výroby paliva a výroby elektřiny, není již mezi účinností pohonu spalovacím motorem a pohonu elektromotorem žádný významný rozdíl [8]. Je zde ale jiná odlišnost: spotřeba spalovacího motoru je nižší u dlouhých jízd, na dálnici aj., ale je vyšší při jízdě ve městě. U elektromotoru je tomu naopak, nižší spotřeba je v důsledku rekuperace ve městě, mimo město roste s rychlostí a dynamikou jízdy; elektromobily jsou výhodné pro město a nehodí se příliš pro dálkové jízdy.

4 ZÁVĚR

Automobily s elektrickými pohony by měly být používány všude tam, kde jsou zcela jednoznačně vhodné a jejich provoz je ekonomický a bezemisní. Je to relativně velká řada aplikací počínaje automobily, které se pohybují převážně v městském provozu (zásobování, městská veřejná doprava, úřady, městská policie, taxislužby, půjčovny a car-sharingové firmy, druhé rodinné vozy aj.) a elektrické skútry aj. Rychlé vyřazení a náhrada automobilů se benzinovými nebo naftovými elektromobily, vynucena emisními předpisy je sice snadná, ale pouze v případě, že je elektromobilů malý počet [9]. Při hromadném rozšíření vznikne celá řada problémů. Uvedené informace jsou alarmující a řešení vzniklých problémů téměř bude mimo realitu, hlavně z hlediska zajištění potřebného množství energie. Aby přechod na plně elektrická vozidla byl smysluplný a zlepšil životní prostředí, je životně důležité, aby zároveň elektrickými pohony byly budovány zdroje elektrické energie s minimálními emisemi, které reálně pokryjí spotřebu těchto vozidel, a to a bez záboru zemědělské půdy.

PODĚKOVÁNÍ

Tento příspěvek byl zpracován s podporou Ministerstva obrany ČR při řešení projektu Vojenské autonomní a robotické systémy VAROPS (DZRO FVT 3).

LITERATURA

[1] Morkus, J., Macek, J., Kam kráčíš elektromobilito? Centrum vozidel udržitelné mobility, Fakulty strojní ČVUT Praha, 2021, Dostupné na internete

<https://www.fs.cvut.cz/verejnost/pr-media/pribehy-z-ustavu/kam-kracis-elektromobilito/>

[2] Czech automotive industry, Newsletter of the Association of the Automotive Industry – AutoSAP, 2020, 4.

- [3] Morkus, J., Macek, J., Některé důsledky hromadného rozšíření elektromobilů pro ČR, Stavebnictví, 2019, 11, Dostupné na internete <https://www.casopisstavebnictvi.cz/clanky-nektere-dusledky-hromadneho-rozsireni-elektromobilu-pro-cr.html>
- [4] Jelinek, J., Krobot, Z., Breznicka, A., Stodola, P., Stodola, J., Low carbon mobility – electromobility, In: Proceedings of 25th International Scientific Conference, Transport Means 2021, Litva (v tisku).
- [5] Lidstvo se bez oxidu uhličitého neobejde, Dostupné na internete https://www.technickytydenik.cz/rubriky/archiv/bez-co2-to-lidstvu-nejde_46930.html
- [6] Stodola, J., Selected aspect of reducing harmful substances emissions from mobile sources, Petroleum and Coal, 1998, 40, 3, 164-166.
- [7] Český automobilový průmysl, Zpravodaj sdružení automobilového průmyslu, 2021, 2.
- [8] AUTOMakers, Časopis a zpravodajský portál pro automobilový průmysl, 2021, 2, Dostupné na internete www.automakers.cz
- [9] Vodíková strategie ČR, Ministerstvo průmyslu a obchodu, Praha, 2021.

J. STODOLA: Euro 7/VII – Ecological and economic sustainability

STATICKÁ KAPACITA SKLADU – FAKTOR VPLÝVAJÚCI NA PLÁNOVANIE VÝROBY

JANKA ŠADEROVÁ^{1*}

Abstract: Warehousing of goods is one of the most important subsystems of the logistics system in a company. An important parameter of a warehouse is the Warehouse Capacity. The paper deals with the problem of increasing warehouse static capacity of a selected warehouse. In the paper, the three variants of increase will be proposed: Elimination of the widest aisle (Proposal A 14,5 % capacity increase), Exchange of handling equipment, (Proposal B 43 % capacity increase) and Decrease of the current rack cell height, (Proposal C 33 % capacity increase). The case study was carried out for the warehouse of returnable packaging in the manufacturing company.

Keywords: warehouse, capacity, rack, rearrange

1 ÚVOD

Skladovanie je jedným z najvýznamnejších podsystémov logistického systému podniku. Zabezpečuje uskladnenie tovaru rôzneho charakteru a vlastností na rôzne časové obdobie. V skladoch sa vykonávajú viaceré činnosti, ktoré závisia od jeho funkcie a postavenia v logistickom systéme podniku alebo dodávateľskom systéme. Viacerí autori vo svojich publikáciách uvádzajú charakteristiky skladovania, skladovacie systémy alebo sa venujú problematike riešenia špecifických problémov súvisiacich so skladovaním. V odbornej literatúre sú riešené problémy týkajúce sa návrhu skladu [1-4], skladovacích a regálových systémov [5], skladovacej plochy [6], layout-u skladu [7,8], manipulácie v sklade [9] a iné.

Dôležitým parametrom skladu je jeho skladovacia kapacita. Kapacita skladu závisí od viacerých parametrov, hlavne od vlastností tovarov (výrobkov), veľkosti skladovacej jednotky, druhu skladovacieho zariadenia a obslužnej (manipulačnej) techniky, spôsobu skladovania a layoutu skladu. Kapacita skladu je parameter, ktorý možno vyjadriť niekoľkými rôznymi spôsobmi. Poznáme statickú a dynamickú kapacitu skladu. Statická kapacita, sa vzťahuje na množstvo skladovacích miest pre tovar v kľúde, ktorý je k dispozícii pre vyskladnenie a následnú expedíciu [10]. Dynamická kapacita sa vzťahuje na množstvo výkonu, ktoré dokáže spracovať manipulačné zariadenie, ako napr. množstvo premiestnení, uskladnení, vyskladnení a pod. Dynamická kapacita závisí od kombinácie činností, ktoré je potrebné v sklade vykonať, napr. príjem tovaru na sklad, vychystávanie tovaru na základe dopytu od zákazníkov a pod.

Hlavným cieľom tohto príspevku je navrhnúť zvýšenie aktuálnej statickej kapacity vo vybranom sklade využitím existujúcich regálov, inštalovaním nových regálov, pri súčasnom spôsobe manipulácie.

2 MATERIÁL A METÓDY

Statická skladová kapacita (SWC) je počet skladovacích jednotiek, ktoré je možné naraz uskladniť v priestore skladu. V existujúcich skladoch sa táto kapacita vypočíta na základe parametrov regálového systému podľa vzorca (1) [11]:

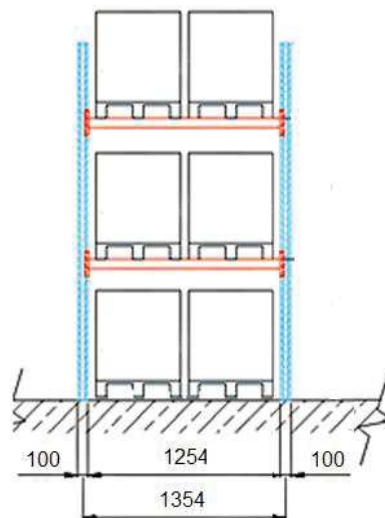
$$SWC = \sum_{i=1}^m (R_i \cdot N_{RF_i} \cdot N_{L_i} \cdot N_{URC_i}) \quad (1)$$

* Korešpondenčný autor

¹ Janka Šaderová, Ústav logistiky a dopravy, Fakulta BERG, Technická univerzita v Košiciach, Park Komenského 14, 04384 Košice, Slovenská republika, e-mail: janka.saderova@tuke.sk

Kde m je počet druhov regálov (v závislosti od počtu regálových polí),
 R_i - počet regálov o danom počte regálových polí,
 N_{RF_i} - počet regálových polí, ks
 N_{L_i} - počet úrovni v regálovom poli, (počet regálových buniek), ks
 N_{URC_i} - počet skladovacích jednotiek (miest) v regálovej bunke, ks.

Parameter R_i udáva počet regálov v sklade. Regály sú tvorené z regálových polí N_{RF_i} , ktoré môžu mať niekoľko úrovní. Každá úroveň odpovedá jednej regálovej bunke. V regálovej bunke sú umiestnené skladovacie jednotky N_{URC_i} . Ich počet (skladovacie miesta) je závislý od rozmerov skladovacej jednotky a ich počtu. Na Obr. 1 je príklad regálového poľa, ktoré má 3 úrovne a v každej regálovej bunke sú umiestnené 2 skladovacie jednotky.



Obr. 1 Regálové pole

Aby sme dosiahli cieľ definovaný v úvode (zvýšenie aktuálnej statickej kapacity), je ako prvé potrebné vypočítať parameter SWC, podľa vzťahu (1), na základe analýzy súčasného stavu - analýzy parametrov skladovacích jednotiek a analýzy parametrov inštalovaného regálového systému: veľkosť regálovej bunky (počet skladovacích jednotiek v jednej regálovej bunke), počet úrovni v regálovom poli, počet regálových polí a rozmiestnenie regálov v priestore skladu.

Druhým krokom je stanovenie podmienok, za akých je potrebné navrhnuť zvýšenie kapacity. Tretím krokom je navrhnuť niekoľko možností zvýšenia aktuálnej kapacity a doložiť ju výpočtom. Posledným krokom je prijatie rozhodnutia na základe vybraných ukazovateľov (napr. investičné náklady, času realizácie a pod.), ktorá z uvedených možností je akceptovateľná pre dané podmienky.

3 VÝSLEDKY A DISKUSIA

Problematika statickej skladovej kapacity (ďalej len kapacita) bola riešená pre podnik v sektore automotive, ktorý plánuje zvýšiť výrobu o 25%. Táto skutočnosť bude mať dopad aj na skladovací proces v podniku. Aktuálny stav kapacity bol realizovaný pre sklad vratných obalov. V sklade sa vykonávajú činnosti:

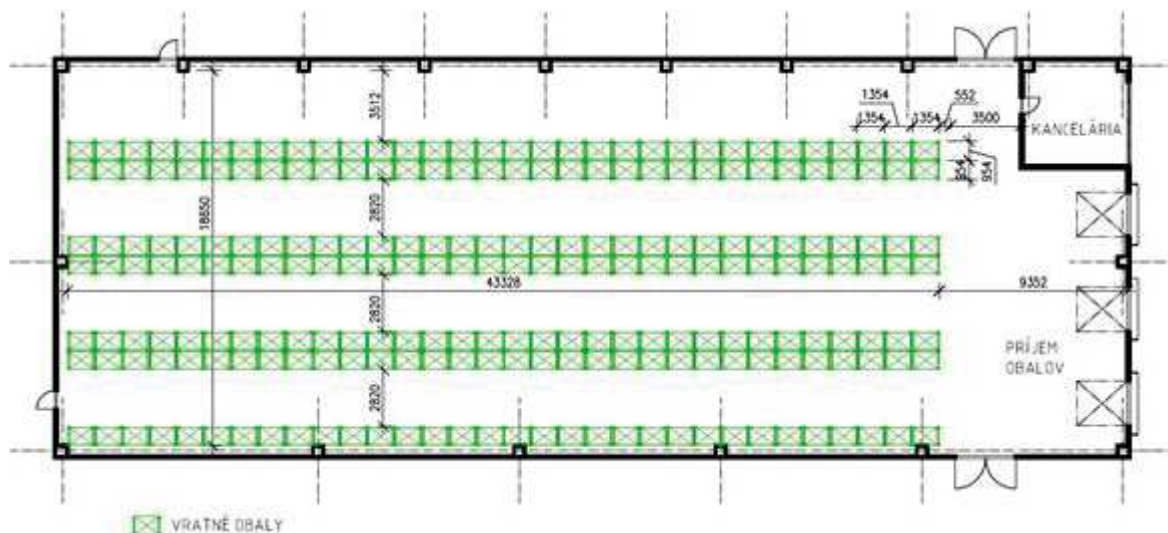
- príjem obalov na paletách,
- kontrola obalov (počet kusov a druh) a evidencia do informačného systému,

- uskladnenie do regálov,
- výdaj obalov do výroby.

3.1 Analýza aktuálneho stavu

Vratné obaly sú plastové prepravky KLT, ktoré sú umiestnené na plastových paletách (1200 x 800 x 145 mm). V skladovacom priestore je umiestnený regálový systém, ktorý je tvorený jednoradovým a dvojradovým usporiadaním regálov. V sklade je umiestnených 7 regálov. Každý regál je tvorený 32 regálovými poľami. Regálové pole má 3 úrovne, tzn. 3 regálové bunky. Regálová bunka má dĺžku 1254 mm a výšku 1500 mm, Obr. 1. Hĺbka regálu je 954 mm. V jednej regálovej bunke sú umiestnené 2 palety. Aktuálna kapacita skladu je 1344 palet. Plocha regálového systému je 289,4 m², čo je 30 % celkovej plochy skladu (985 m²). Rozmery skladu a layout regálov sú na Obr. 2.

Pri pohľade na súčasný layout skladu (Obr. 2) je možné konštatovať hneď jeden nedostatok: a to manipulačná ulička na obsluhu iba jedného regálu o šírke 3512 mm.



Obr. 2 Súčasný layout skladu

Na základe analýzy skladovania priamo v sklade bolo zistené, že aktuálna kapacita nepostačuje ani pre súčasný stav. Bolo zistené 5% preťaženie skladu.

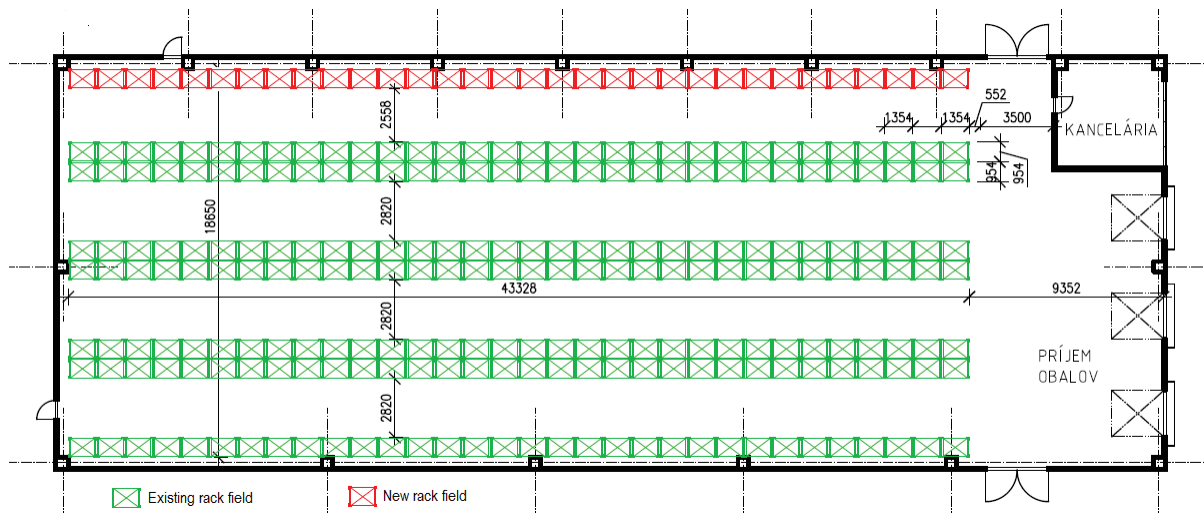
3.2 Návrh možností zvýšenia aktuálnej kapacity skladu

Pre zvýšenie kapacity boli navrhnuté tri možnosti:

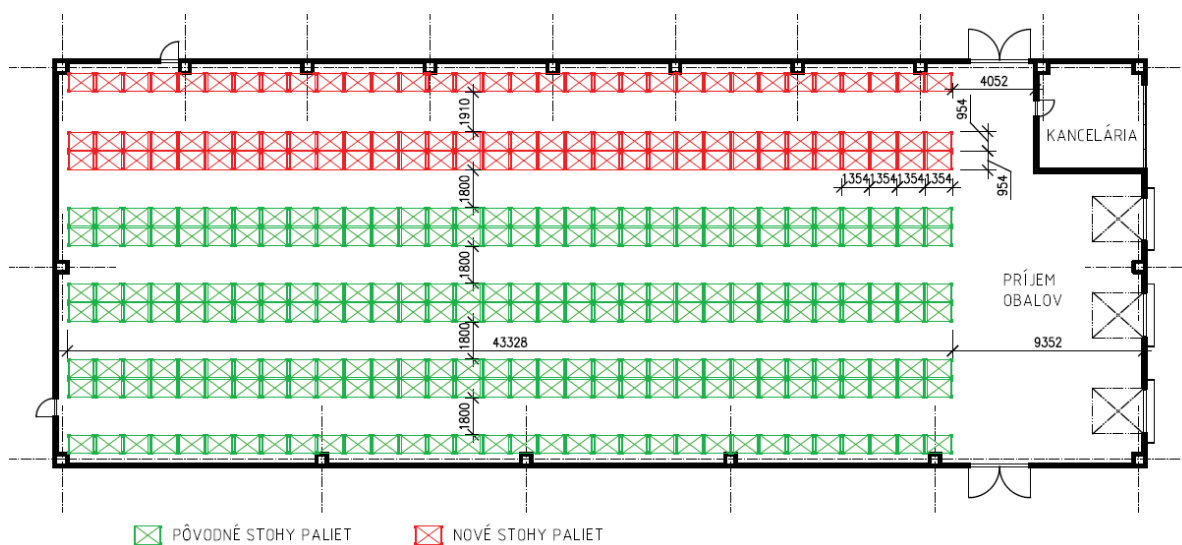
A: Elimináciou širokej uličky na obsluhu jedného regálu. V oblasti širokej uličky bude umiestnený nový regál, Obr. 3. Kapacita skladu sa zvýši o 192 palet (14,3%) a inštaláciou nového regálu by sa zmenšila šírka uličky na 2558 mm. Nevýhodou tohto riešenia je, že šírka novej uličky nie je vhodná pre aktuálne používaný vysokozdvižný vozík. Pre tento návrh je potrebné vymeniť vysokozdvižný vozík. Týmto spôsobom je pokryté súčasné preťaženie skladu, ale nedochádza k 25% nárastu kapacity.

B: Výmenou manipulačného zariadenia, súčasný vysokozdvižný vozík sa nahradí vysokozdvižný vozík pre trojstranné zakladanie, ktorý pri manipulácii s paletami vyžaduje menej priestoru. Na Obr. 4 je zobrazený layout skladu pri zmene typu vysokozdvižného vozíka. V tomto prípade by sa pre usporiadali existujúce regály a zároveň by sa inštalovali 3 nové

regály. Tento návrh zvýši kapacitu skladu o 576 paletových miest (43%). Toto navýšenie bude dostatočné pre plánované zvýšenie výroby.



Obr. 3 Návrh zvýšenia kapacity A



Obr. 4 Návrh zvýšenia kapacity B

C: Redukciou výšky regálovej bunky z 1500 mm na 1000 mm. Znížením výšky regálovej bunky je možné nainštalovať 4. úroveň regálového poľa. V prestavenom regálovom poli je možné uložiť 8 palet (pôvodne 6 palet). V tomto konkrétnom prípade predstavuje zvýšenie kapacity 448 palet, čo predstavuje 33% nárast. Toto zvýšenie kapacity bude dostatočné na plánované zvýšenie výroby.

V Tab. 1 je porovnanie vybraných parametrov skutočného stavu a uvedených návrhov. Zvýšenie skladovej kapacity pre plánované zvýšenie výroby dosiahneme návrhom B a návrhom C.

Pri návrhu B je ale potrebné preusporiadať súčasné regály a nainštalovať nové. Náklady na tento návrh tvoria náklady za vykonanú prácu (premiestnenie existujúcich regálov), náklady na nákup a inštaláciu nových regálov a nákup nového vozíka.

Pri návrhu C je potrebné prestavať regálové bunky na výšku 1000 mm. Náklady na tento návrh tvoria náklady za vykonanú prácu (prestavba regálov) a nákup nových nosníkov v počte 448 kusov (2 nosníky na jednu regálovú bunku).

Tab. 1 Porovnanie parametrov skutočného stavu a uvedených návrhov

| Parameter | Súčasný stav | A | B | C |
|----------------------------------|--------------|--------|------|---------|
| Počet úrovní regálového poľa | 3 | 3 | 3 | 4 |
| Počet paliet (WSC) | 1344 | 1536 | 1920 | 1792 |
| Navýšenie oproti súčasnému stavu | - | 192 | 576 | 448 |
| Vysokozdvížený vozík | - | + nový | nový | pôvodný |
| Využitie skladovacej plochy v % | 30 | 33,6 | 42 | 30 |

Zaujímavý je aj návrh A, ktorý však nespĺňa požiadavky, ale má aj svoje výhody. V konkrétnom prípade návrhu A môže byť prvým krokom k zvýšeniu skladovej kapacity. Druhým krokom by bol návrh C alebo B. Kombináciou návrhov by sme zvýšili kapacitu nasledovných: 704 paliet (kombinácia A, C), 768 paliet (kombinácia A, B). To je viac ako 50% súčasnej kapacity.

4 ZÁVER

Príspevok je venovaný problematike zvýšenia statickej skladovej kapacity. Prípadová štúdia bola realizovaná pre sklad vratných obalov vo výrobnom podniku. Analýzou súčasného spôsobu skladovania, analýzou popisu skladovacích jednotiek a regálového systému, bola vypočítaná statická kapacita – počet kusov paliet, ktoré je možné uskladniť v existujúcich inštalovaných regáloch. Na základe získaných výsledkov boli navrhnuté možnosti zvýšenia tejto kapacity. Prvá možnosť zvýšenia kapacity bola realizovaná inštalovaním nového regálu, s cieľom odstrániť zbytočne širokú manipulačnú uličku, ktorá sa používala na obsluhu len jedného regálu. Východiskom pre druhý návrh zvýšenia kapacity bola zmena existujúceho vysokozdvížného vozíka za vysokozdvížný vozík pre trojstranné zakladanie. Hlavným zámerom tohto návrhu bolo zúženie manipulačných uličiek medzi regálmi a navýšenie ich počtu. Predpokladané investičné náklady na nákup a inštalovanie nových regálov je 20 000 Eur. Pre výmenu vozíka by mohol podnik využiť možnosť operatívneho leasingu s možnosťou full service alebo dlhodobý prenájom.

POĎAKOVANIE

Túto prácu podporili Vedecká grantová agentúra Ministerstva školstva, vedy, výskumu a športu Slovenskej republiky a Slovenskej akadémie vied VEGA 1/0429/18 a Agentúra na podporu výskumu a vývoja APVV-18-0248.

LITERATÚRA

- [1] Rouwenhorst, B., Reuter, B., Stockrahm, V., Van Houtum, G.G.-J., Mantel, R., Zijm, W.H., Warehouse design and control: Framework and literature review, European Journal of Operational Research, 2000, 122, 515-533.
- [2] Baker, P., Canessa, M., Warehouse design: structured approach, European Journal of Operational Research, 2009, 193, 2, 425-436.

- [3] Jacyna, M., Lewczuk, K., Kłodawski, M., Technical and organizational conditions of designing warehouses with different functional structures, *Journal of KONES*, 2015, 22, 49-58.
- [4] Karakis, I., Tanyas, M., Baskak, M., Hierarchical warehouse design approach for distribution centres, *International Journal of Business and Management Invention*, 2018, 7, 69-82.
- [5] Tappia, E., Roy, D., Melacini, M., De Koster, R., Integrated storage-order picking systems: Technology, performance models, and design insights, *European Journal of Operational Research*, 2019, 274, 947-965.
- [6] Fumi, A., Scarabotti, L., Schiraldi, M., Minimizing warehouse space with dedicated storage policy, *International Journal of Engineering Business Management*, 2013, 5, 21, 1-8.
- [7] Šaderová, J., Poplawsky, L., Balog, M., Michalková, S., Cvoliga, M., Layout design options for warehouse management, *Polish Journal of Management Studies*, 2020, 22, 2, 443-455.
- [8] Horta, M., Coelho, F., Relvas, S., Layout design modelling for a real world just-in-time warehouse, *Computers & Industrial Engineering*, 2016, 101, 1-9.
- [9] Chayaphum, A., Supsomboon, S., Butrat, A., The optimal number of reach trucks and order picker trucks in warehouse determining using simulation, In: *Proceedings of the 2019 Research, Invention, and Innovation Congress (RI2C)*, Bangkok, Thailand, 11 - 13 December 2019, 1-5.
- [10] Warehouse Capacity, Dostupné na internete <http://www.catalyst-logistics.co.uk/logistics-solutions/warehousing/warehouse-capacity> [cit. 2018-09-28].
- [11] Šaderová, J., Marasová, D., Possibilities to increase the warehouse capacity: Case study, In: *CLC 2018 Carpathian Logistics Congress: Logistics, Distribution, Transport and Management*, Praha, Czechia, 3 - 5 December 2018, 633-638.

J. ŠADEROVÁ: Static capacity of a warehouse – a factor affecting production planning

PODMÍNKY SUBSTITUCE MINERÁLNÍCH NEROSTNÝCH SUROVIN VE STAVEBNICTVÍ SUROVINAMI DRUHOTNÝMI

MIROSLAV ŠKOPÁN^{1*}, JAROSLAV KAŠPÁREK²,
LUKÁŠ ZEIZINGER³

Abstract: The article deals with the recycling of construction and demolition waste (CDW) in the Czech Republic. It analyzes the available quantities of recycled CDW on the market of mineral building materials, especially with regard to the current production of natural mineral minerals - building aggregates and gravel. It analyzes the valid legislative conditions for the use of recycled CDW and sets out the prerequisites for managing their consistent quality.

Keywords: recycling, construction waste, mineral raw materials, conditions

1 ÚVOD

Stavební a demoliční odpady (SDO) představují ve všech zemích s rozvinutou ekonomikou většinou hlavní materiálový tok v produkci všech odpadů – v ČR v letech 2013 až 2019 tvořily SDO 48 % až 59 % celkové produkce odpadů [1].

Nezbytnost efektivního nakládání zejména s inertními minerálními odpady jednoznačně vyplývá jak ze snahy minimalizace vzniku odpadů v souladu s Evropskou směrnicí, tak zejména s implementací cirkulární ekonomiky ve stavebnictví. K tomu také v podmínkách ČR výrazně přispívá velmi omezený stav reálně vytěžitelných zásob stavebního kamene a štěrkopísků. Na základě analýz zásob dostupného stavebního kameniva a štěrkopísků, prováděných pravidelně Českou geologickou službou, je prokazatelné, že při plánech státu v oblasti rozvoje a údržby silniční a železniční infrastruktury (včetně stavby vysokorychlostní železnice) a dalších staveb se v průběhu ca 7 let dostane stavebnictví při současném značně rozmařilém způsobu využívání přírodního kameniva a štěrkopísků do velmi složité situace kritického nedostatku těchto surovin. [2] Tento výhled je dán zejména tím, že v posledních třiceti letech nebyl v ČR otevřený žádný nový lom a ani výrazněji rozšířeny dobývací prostory stávajících lomů. S ohledem na velmi silný odpor obyvatelstva vůči rozvoji stávajících dobývacích prostor (tedy dotěžení stávajících zásob) a otevírání nových nelze reálně očekávat změnu tohoto stavu.

Stavebnictví je přitom velmi náročné na zdroje - uvádí se, že stavební průmysl využívá asi 50% všech nerostných zdrojů v dané oblasti. Z hlediska cirkulární ekonomiky je tento stav v současnosti neudržitelný a v důsledku toho vzniká naléhavá potřeba vícenásobného opětovného použití materiálů používaných ve stavebních činnostech. To s sebou přináší přirozeně i nutnost projektovat takové stavby, které budou po skončení své životnosti takřka stoprocentně recyklovatelné.

* Korešpondenční autor

¹ **Miroslav Škopán**, Ústav automobilního a dopravního inženýrství, Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2, 616 69 Brno, Česká republika, e-mail: skopan@fme.vutbr.cz

² **Jaroslav Kašpárek**, Ústav automobilního a dopravního inženýrství, Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2, 616 69 Brno, Česká republika, e-mail: kasperek@fme.vutbr.cz

³ **Lukáš Zeizinger**, Ústav automobilního a dopravního inženýrství, Fakulta strojního inženýrství, Vysoké učení technické v Brně, Technická 2, 616 69 Brno, Česká republika, e-mail: lukas.zeizinger@vutbr.cz

2 MATERIÁL A METODY

2.1 Analýza nakládání s minerálními SDO v ČR

Produkce stavebních a demoličních odpadů v letech 2014 až 2019 je uvedena přehledně v Tab. 1. Z ní je patrné, že od roku 2014 se produkce SDO zvýšila cca o 25 %. Nárůst není v jednotlivých letech rovnoměrný a je prokazatelné, že k částečně skokovému nárůstu došlo v roce 2015. Hlavním materiálovým proudem stavebních a demoličních odpadů skupiny 17 (dle Katalogu odpadů) je výkopová zemina (skupina 1705). Je patrné, že její podíl v celkovém množství produkováných stavebních a demoličních odpadech je vcelku stabilní a činí cca 2/3 (přesněji 65 až 71 %).

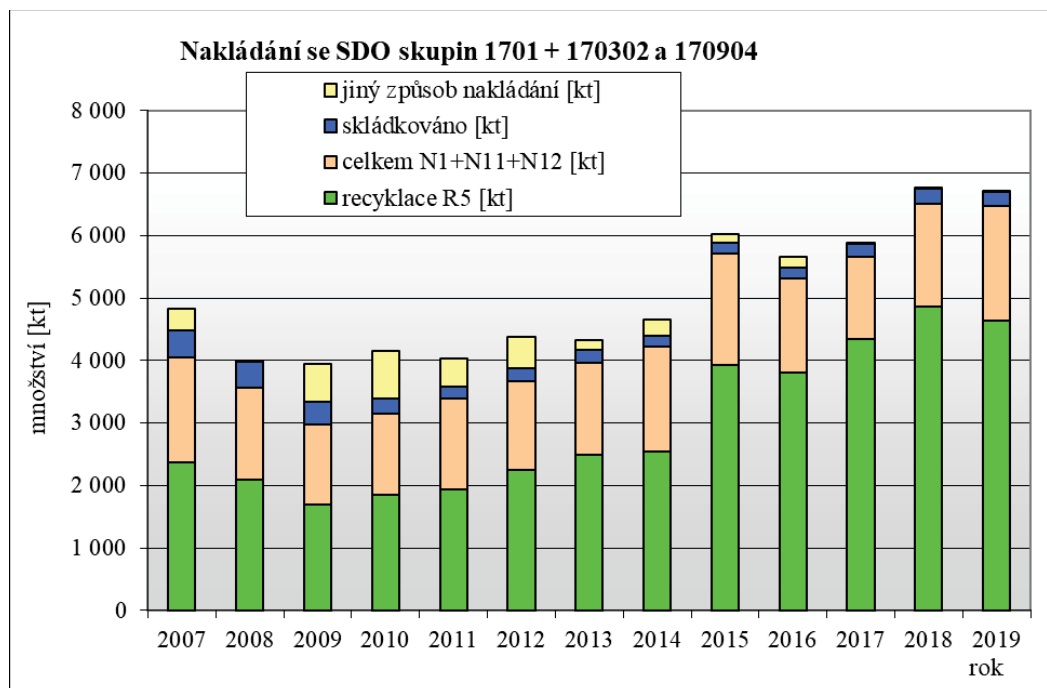
Tab. 1 Produkce stavebních a demoličních odpadů v ČR

| skupina | odpad | 2014 [kt] | 2015 [kt] | 2016 [kt] | 2017 [kt] | 2018 [kt] | 2019 [kt] |
|--|--|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| 17 01 | Beton, cihly, tašky a keramika | 3 688 | 4 419 | 4 375 | 4 416 | 5 144 | 5 014 |
| 17 01 01 | Beton | 1 422 | 1 985 | 1 755 | 1 845 | 2 121 | 1 995 |
| 17 01 02 | Cihly | 745 | 840 | 889 | 905 | 774 | 795 |
| 17 01 03 | Tašky a keramické výrobky | 16 | 14 | 15 | 15 | 17 | 22 |
| 17 01 07 | Směsi neuvedené pod č. 17 01 06 | 1 473 | 1 580 | 1 716 | 1 651 | 2 232 | 2 202 |
| 17 03 | Asfaltové směsi, dehet a výrobky z dehtu | 573 | 896 | 778 | 757 | 907 | 810 |
| 17 03 02 | Asfaltové směsi neuvedené pod č. 17 03 01 | 568 | 891 | 752 | 752 | 907 | 810 |
| 17 05 | Zemina (včetně vytěžených zeminy z kont. míst), kamení a vytěžená hlušina | 11 128 | 15 650 | 12 320 | 11 774 | 13 495 | 13 622 |
| 17 05 04 | Zemina a kamenivo neuvedené pod č. 17 05 03 | 10 619 | 13 916 | 11 006 | 10 802 | 13 147 | 13 369 |
| 17 05 06 | Vytěžená hlušina neuvedená pod č. 17 05 05 | 102 | 850 | 527 | 667 | 40 | 50 |
| 17 05 08 | Štěrka ze železničního svršku neuvedený pod č. 17 05 07 | 112 | 578 | 399 | 305 | 309 | 203 |
| 17 09 | Jiné stavební a demoliční odpady | 451 | 722 | 547 | 605 | 713 | 721 |
| 17 09 04 | Směsné SDO neuvedené pod č. 170901, 02, 03 | 441 | 709 | 535 | 605 | 713 | 721 |
| celkem produkce SDO | | 15 916 | 21 891 | 18 004 | 17 954 | 20 844 | 20 219 |
| z toho 1701 + 170302 + 170904 | | 4 665 | 6 019 | 5 662 | 5 773 | 6 764 | 6 545 |
| což z celkového SDO činí v [%] | | 29 % | 27 % | 31 % | 32 % | 32 % | 32 % |
| podíl skupiny 1705 na celkové produkci SDO [%] | | 70 % | 71 % | 68 % | 66 % | 65 % | 67 % |

zdroj dat CENIA

Z hlediska substituce přírodních nerostných surovin ve stavebnictví jsou rozhodující inertní minerální odpady ve skupinách odpadů (dle Katalogu odpadů) 1701 Beton, cihly, tašky a keramika, 170302 Asfaltové směsi (bez nebezpečných vlastností) a 170904 Směsné stavební a demoliční odpady (bez nebezpečných vlastností). Jejich roční produkce se v posledních letech pohybuje v rozsahu 5,7 až 6,8 milionů tun. Jedná se o skupiny odpadů, jejichž míra recyklace v posledních letech dosahuje více než 70 %, celková míra využití (včetně zasypávání) je více

než 90 % - viz sloupcový graf na Obr. 1. Je zřejmé, že evidovaná roční produkce recyklovaných minerálních odpadů se v ČR pohybuje od roku 2015 přibližně v rozmezí 4 až 5 milionů tun. Dalších ca 1,5 mil. tun většinou neupravených minerální SDO končí jako zásypový materiál zejména na terénní úpravy a také jako technologické zabezpečení skládek. Z hlediska substituce přírodního kameniva se jedná o neúčelné využívání v aplikacích, kde většinou postačuje výkopová zemina a hlušina.



Obr. 1 Nakládání s inertními stavebními odpady v letech 2007 až 2017;
(N1 využití odpadů na terénní úpravy apod., N11 využití odpadu na rekultivace skládek
N12 ukládání odpadů jako technologický materiál na zajištění skládky)

Pro analýzu substituce přírodních minerálních nerostných surovin recyklovanými SDO je nezbytné vyjít z porovnání roční produkce recyklovaných SDO, stavebního kamene a šterkopísků. Data o roční produkci stavebního kamene a šterkopísků jsou z databáze České geologické služby [2].

Množství produkce přírodního stavebního kamene, šterkopísků a recyklovaných inertních minerálních SDO v letech 2007 až 2019 je zřejmé z grafu na Obr. 2. Z tohoto grafu je mimo jiné zřejmé, že stavebnictví v posledních pěti letech ročně spotřebuje celkem ca 58 až 62 milionů tun přírodních minerálních nerostných surovin, zatímco produkce recyklovaných stavebních materiálů (včetně výkopové zeminy a kameniva) se pohybuje mezi 7 až 9 miliony tun – s trvale rostoucí tendencí.

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

3.1 Substituce přírodních nerostných surovin recyklovanými SDO

Jako hlavní kritérium využívání recyklovaných SDO jako alternativa k přírodním minerálním nerostným surovinám je jednoznačně poměr produkovaných recyklovaných SDO ke všem produkovaným minerálním materiálům využitelných ve stavebnictví v daném roce, který je dán vztahem:

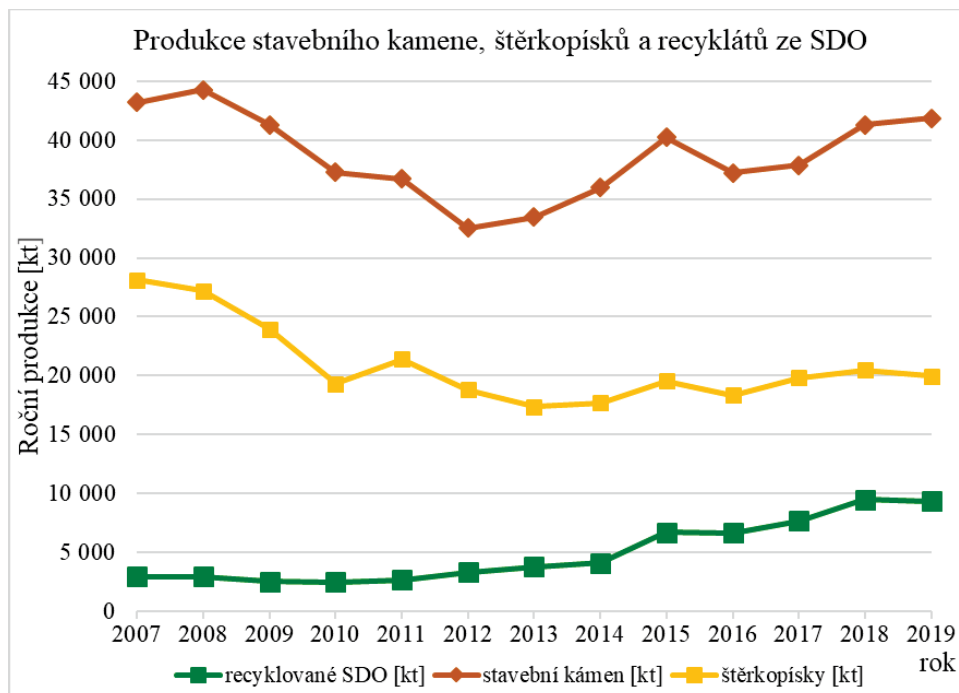
$$PR = \frac{R}{R+SK+SP} \cdot 100 \quad [\%] \quad (1)$$

kde: PR .. poměr produkovaných recyklovaných SDO ke všem produkovaným minerálním materiálům [%],

R ... produkce recyklovaných inertních minerálních odpadů [kt],

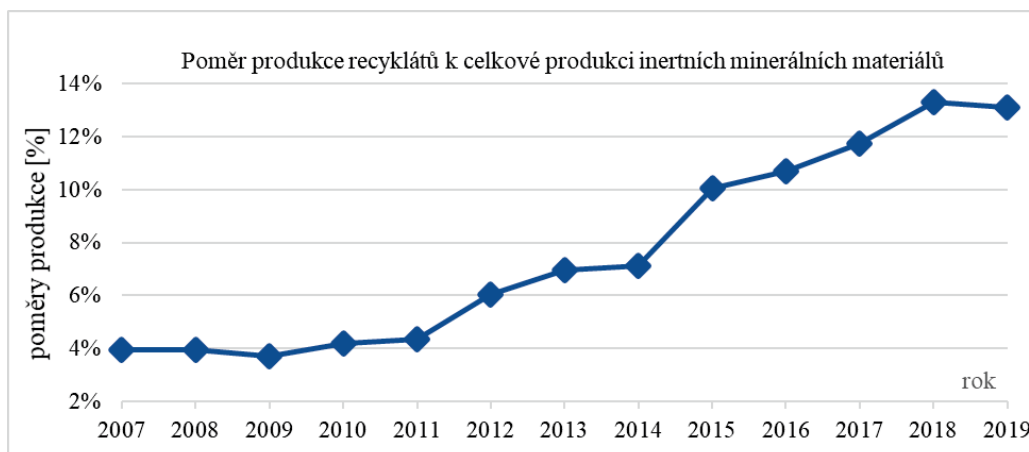
SK ... produkce stavebního kameniva [kt],

SP ... produkce štěrkopísků [kt].



Obr. 2 Produkce stavebního kamene, štěrkopísků a recyklátů ze SDO

Výsledky poměru dle rovnice (1) jsou na Obr. 3. Z průběhu grafu je zřejmé, že v letech 2007 až 2011 byl podíl recyklátů na trhu s inertními minerálními materiály ve stavebnictví ca 4 %, od roku 2012 do roku 2018 došlo k jeho výraznému nárůstu až na ca 13,5 % - což znamená nárůst o takřka 240 %. V roce 2019 došlo ke stagnaci hodnoty dosažené v roce 2018.



Obr. 3 Poměr produkce recyklátů k celkové produkci inertních minerálních materiálů

Jak bylo výše uvedeno, je použití přírodního kameniva v řadě aplikací ve stavebnictví nezastupitelné, takže také nelze očekávat, že podíl recyklovaných materiálů bude narůstat trvale a takřka neomezeně. Za velmi pozitivní by v této oblasti bylo možno označit situaci, pokud by se podíl recyklátů na trhu s inertními minerálními materiály ve stavebnictví dostal až k hodnotě ca 25 až 30 %.

3.2 Podmínky zvyšování substituce nerostných minerálních surovin ve stavebnictví recyklovanými SDO

Možnosti vedoucí ke zvyšování podílu recyklovaných SDO na trhu minerálních materiálů ve stavebnictví začínají již v okamžiku vzniku stavebních a demoličních odpadů při demolici. Pro přeměnu SDO na kvalitní recyklovaný stavební materiál je v první řadě nezbytné provedení předdemoličního auditu a následně kvalitní selektivní demolice. V ČR neexistuje obecný zákonný předpis vztahující se výhradně na tuto činnost, ale zákon o odpadech 541/2002 Sb. v §15, odst. 2f ukládá alespoň původci SDO povinnost „*při odstraňování stavby, provádění stavby nebo údržbě stavby dodržet postup pro nakládání s vybouranými stavebními materiály určenými pro opětovné použití, vedlejšími produkty a stavebními a demoličními odpady tak, aby byla zajištěna nejvyšší možná míra jejich opětovného použití a recyklace*“. Tím se rozumí zejména oddělené skladování odstraněných betonů, cihelného zdiva, keramiky, směsí obsahujících asfalt a výkopové zeminy a kameniva. Předdemoliční audit vychází z Pokynů pro odpadové audity před demolicí a renovacemi budov uvedených v [3], konkrétně jej v podmínkách ČR lze provést podle Metodického pokynu Ministerstva životního prostředí [4].

U producentů recyklátů ze SDO je nutno splnit jak veškeré technické podmínky pro výrobu kvalitních recyklátů (recyklovaného kameniva) s využitím moderních strojních technologií, tak také legislativní podmínky spojené s přeměnou vstupního stavebního a demoličního odpadu na výstupní „neodpad“. Kvalitní recyklované SDO se rozumí zejména ty, které svými vlastnostmi vyhoví některé z ČSN EN určených pro kamenivo. Z hlediska legislativního stanovují tyto podmínky v ČR podle nového zákona o odpadech 541/2002 Sb. místně příslušné Krajské úřady, které pro konkrétní žadatele (provozovatele recyklační linky SDO) dle §10, odst. 3b) stanoví „konkrétní účel, pro který movitá věc přestává být odpadem“.

Pro přechod recyklovaného SDO na neodpad jsou producenti povinni provádět zejména dva různé druhy zkoušek. Jedná se o prokazování toho, že produkt neobsahuje nadlimitní množství škodlivin a není nebezpečný pro životní prostředí (dle vyhl. 294/2005 Sb.). Další zkoušky jsou nezbytné pro prokazování stavebně technických vlastností. Jejich rozsah by měl odpovídat předpokládanému způsobu využití, které je deklarováno např. v souladu s:

- ČSN EN 12620+A1 Kamenivo do betonu,
- ČSN EN 13139 Kamenivo pro malty,
- ČSN EN 13242+A1 Kamenivo pro nestmelené směsi a směsi stmelené hydraulickými pojivy pro inženýrské stavby a pozemní komunikace,
- ČSN EN 13450 Kamenivo pro kolejové lože.

Pokud je výstupní produkt v souladu s některou výše uvedenou ČSN EN, lze je označit jako „recyklované kamenivo“. Producent však může, v souladu s novou platnou legislativou, produkovat i „recyklovaný beton“, „recyklované cihly“, „recyklované směsi cihel a betonu“ apod., u těchto produktů je nezbytné stanovit konkrétní účely použití předem schválené Krajským úřadem, např.:

- konstrukční nestmelené a prolévané vrstvy pozemních komunikací nižších tříd, místních komunikací, parkovišť a chodníků, letištních nebo obdobných dopravních ploch,

- ochranná vrstva pozemní komunikace či letištní nebo obdobné dopravní plochy,
- nestmelená konstrukční vrstva polních a lesních cest,
- obsypy inženýrských sítí a zásypy výkopů a rýh pro inženýrské sítě (např. kanalizace, vodovodní řády, plynová vedení, elektrická a datová vedení atd.)
- nestmelené a prolévané konstrukční vrstvy stavby železničních tratí,
- účelové komunikace a plochy na staveništích (nestmelené a prolévané vrstvy)
- podkladní konstrukční vrstvy pro vyrovnání terénu pro následné pozemní a inženýrské stavby a pod základové desky při stavbě nižších budov (nestmelené a prolévané vrstvy).

4 ZÁVĚR

Recyklace stavebních a demoličních odpadů je v současnosti nevyhnutelná součást cirkulární ekonomiky ve stavebnictví. Ve srovnání s těžbou hmotnostně dominantních primárních minerálních surovin (stavební kámen a štěrkopísky) se jedná o značně komplikovaný logistický proces, zatížený řadou jak administrativních, tak i technických činností – zejména značným rozsahem nákladných laboratorních zkoušek.

Nově přijatá současná legislativa umožňuje za jasně definovaných podmínek, uvedených v kapitole 4 přechod stavebních a demoličních odpadů po jejich recyklaci na neodpad – tedy výrobek. Z hlediska využití ve stavební výrobě je však nezbytné také zajistit prokazatelně stálost deklarovaných vlastností, což je v případech, kdy producent vyrábí recyklát z odpadů od řady různých původců dosti komplikované. Je to spojeno s celou řadou organizačních opatření a provozem recyklačních technologií garantujících dosažení vysoké jakosti produktu – recyklovaného kameniva, resp. recyklovaného SDO.

PODĚKOVÁNÍ

Práce vznikla za podpory Technologické agentury České republiky v rámci programu Prostředí pro život TAČR SS02030008 Centrum environmentálního výzkumu: Odpadové a oběhové hospodářství a environmentální bezpečnost.

LITERATURA

[1] CENIA, česká informační agentura životního prostředí [online], Ministerstvo životního prostředí, Dostupné na internetu <https://isoh.mzp.cz/VISOH/> [cit. 25.6.2021].

[2] Surovinové zdroje České republiky, Nerostné suroviny, Ministerstvo průmyslu a obchodu, Dostupné na internetu <http://www.geology.cz/extranet/publikace/online/surovinove-zdroje> [cit. 25.6.2021].

[3] EU Construction & Demolition Waste Management, Guidelines for the waste audits before demolition and renovation works of buildings, May 2018.

[4] Metodický návod odboru odpadů MŽP pro řízení vzniku stavebních a demoličních odpadů a pro nakládání s nimi, Věstník Ministerstva životního prostředí, 6/2018.

M. ŠKOPÁN, J. KAŠPÁREK, L. ZEIZINGER: Requirements for the substitution of mineral raw materials used in the building industry with secondary materials

3D VÝUKOVÝ SIMULAČNÍ MODEL – OPTIMALIZACE OD FÁZE KONCEPTU AŽ K REÁLNÉ VÝROBĚ

JIŘÍ ŠTOČEK¹, MARTIN SEDLÁČEK^{2*}

Abstract: 3D simulation model creation is profitable for solver. Visualization of 3D model simplifies communication between solver and submitter both in input data and conditions definition and in findings presentation. It is possible to design planned area very effectively and select best technology by increasing detail level of simulation model. 3D models showing production area from concept to serial production could be used also for educative purposes.

Keywords: 3D simulation model, detail level, concept, educative purposes

1 ÚVOD

Simulace je technika pro výzkum dynamických systémů, její podstata spočívá v tom, že zkoumaný systém nahradíme jeho simulačním modelem. S tímto modelem experimentujeme, abychom získali informace o původním zkoumaném systému [1]. Rychlost a přesnost výsledků simulační studie napomáhá jak při plánování, tak při posuzování jednotlivých variant uspořádání výrobního systému. Tato fakta prospívají efektivnějšímu toku investic do nové, či úpravě stávající technologie ve výrobním systému.

V průběhu simulační studie je nezbytná součinnost s jejím zadavatelem, který je zároveň dodavatel vstupních dat. Zadavatel simulační studie zpravidla disponuje detailní znalostí studovaného systému. Zadavatel tak může značně ovlivnit přesnost simulačního modelu, tedy i kvalitu výsledků simulační studie a to ve všech fázích výrobního cyklu, neboť snaha o optimalizaci materiálového toku vzniká ve všech fázích výrobního cyklu (od prvních konceptů až po sériovou výrobu) [2].

Nutnost úzké součinnosti mezi zadavatelem a dodavatelem simulační studie přispívá využití 3D simulačních modelů. Názornost 3D modelování se již osvědčila v programech CAD, kam pronikla a zaujala dnes už prakticky neodmyslitelné místo. V oblasti simulačních studií je možné pomocí 3D simulačního modelu představit velmi detailně studovaný systém zadavateli bez jeho znalosti simulačního programu a usnadnit tak porozumění řešenému problému. 3D simulační model může poté sloužit také jako prostředek pro prezentaci fungování systému, pro grafický popis problematiky úzkých míst, nebo efektivní představení závěrů vyvozených ze simulační studie.

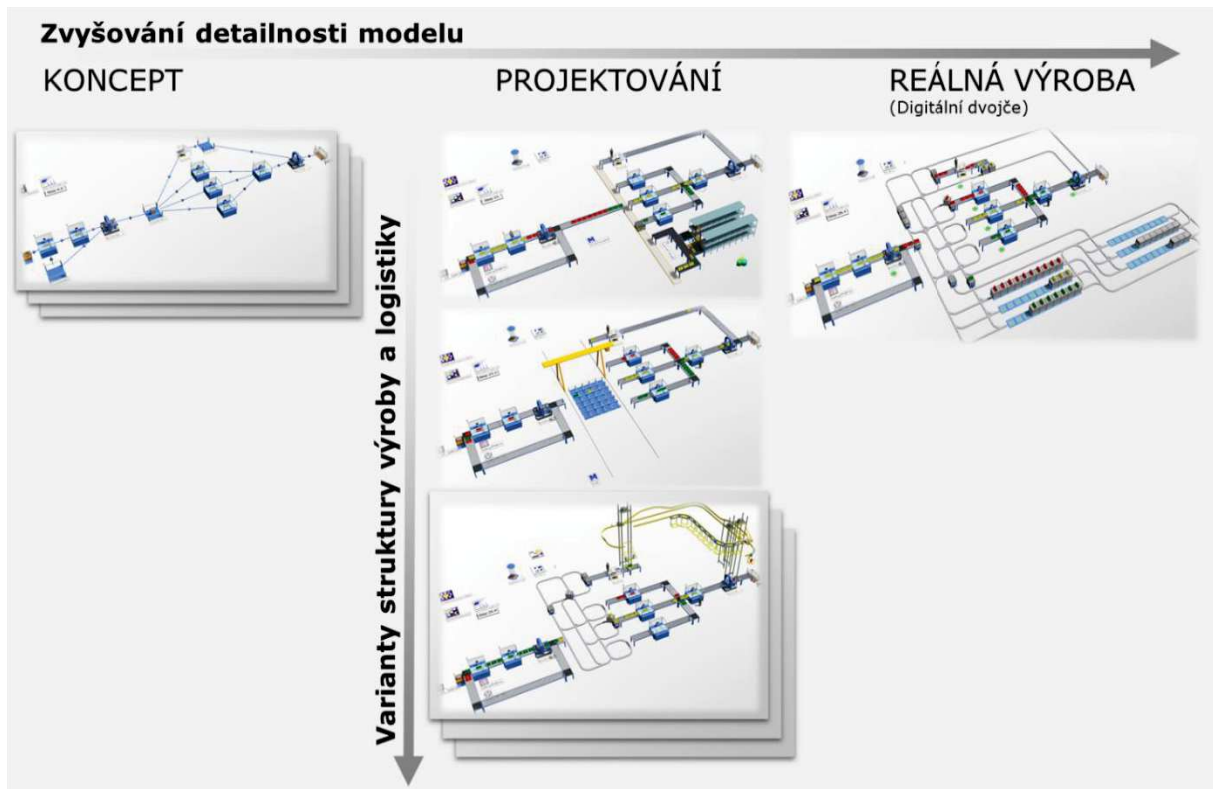
* **Korešpondenční autor**

¹ **Jiří Štoček**, Škoda Auto A.S., tř. Václava Klementa 869, Mladá Boleslav II, 293 01, Česká Republika, e-mail: jiri.stocek@skoda-auto.cz

² **Martin Sedláček**, Škoda Auto A.S., tř. Václava Klementa 869, Mladá Boleslav II, 293 01, Česká Republika, e-mail: martin.sedlacek@skoda-auto.cz

2 MATERIÁL A METODY

Počítačová simulace doprovází plánování v celém plánovacím období, v době náběhu i při plánování optimalizace reálného provozu a to skrze zpětnou kontrolu dosahovaných parametrů. Dále nasazením simulačních studií do vhodné fáze projektu pomáhá eliminovat neočekávané překážky, zabraňuje nepřesnému dimenzování prvků systému, minimalizuje vliv úzkých míst a optimalizuje výkon systému [3]. Zvyšování míry detailnosti 3D modelu v průběhu simulační studie je zobrazeno na Obr. 1.



Obr. 1 Zvyšování detailnosti modelu

2.1 Motivace využití simulačních modelů

Sledováním signifikantních veličin zkoumaného systému lze porovnávat jednotlivé možné varianty úpravy systému. Závěry simulačních studií je nutno srovnávat z několika úhlů pohledů. Např. z pohledu náročnosti úpravy stávající technologie, náročnosti změny programované logiky, plošné nároky na rozšíření výrobní kapacity, nezbytné změny procesů navázaných na zkoumaný systém (logistika, nutnost úpravy zásob ve skladech apod.) a nezbytné finanční nároky na provedení změn v jednotlivých variantách. Pomocí simulační studie je tedy možné posoudit všechny výše uvedené aspekty v simulačním modelu, který zobrazuje jednotlivé varianty v předstihu realizace s předem stanovenou přesností.

Simulační model doprovázející plánování výrobního systému od prvních koncepčních návrhů usměrňuje významnou část finančních investic do zařízení. Nejedná se však výhradně o investice do nových zařízení a technologií, ale také o optimalizace a úpravu stávajícího zařízení.

3 VÝSLEDKY A DISKUSE

3D simulační model lze využít jako sborník znalostí řešených problémů v oblasti simulačních studií. Zatímco při představení konkrétních simulačních studií je možné zobrazit pouze konkrétní problém, který byl ve studii řešen. Pokud se může posluchač soustředit na pouze jeden 3D model, na kterém jsou zobrazovány možnosti softwaru, neztrácí tak kontakt s problematikou simulací. Při spolupráci s potenciálními budoucími zadavateli studie je v praxi nezbytná vzájemná výměna informací a to nejen informace o fungování systému zadavatele, ale také právě představení možností simulačních nástrojů, aby měl dodavatel alespoň elementární představu, jakou míru detailnosti je možné v projektu požadovat.

3.1 On-line prezentace s podporou 3D simulačního modelu

Komplexní 3D model lze, díky jeho názornosti, využít i pro potřeby managementu a podporu jeho rozhodnutí. Pokud jsou kroky zpřesňování modelu průběžně mapovány, lze tak získat grafický podklad pro podporu argumentů a výběru efektivní varianty úpravy výrobního systému.

Konkrétní činnosti v systému mohou vzájemně ovlivňovat a dojde-li k prodloužení doby trvání aktuální činnosti, nutně musí být později zahájena i činnost navazující [4]. Při vyhodnocení jednotlivých variant je třeba zaměřit se na vhodné statistiky výkonnosti systému. Při tvorbě ucelených výrobních linek je velmi důležité porozumění principu výrobního systému a práci s jeho parametry. Při zvyšování míry detailnosti simulačního modelu lze nahrazovat jednoduché prvky (procesní zásobníky s přesným počtem jeho pozic) za komplexnější prvky jako rozvinuté přepravní systémy (válečkové tratě, závěsné dopravníky, portálové jeřáby, buňkové sklady, přeprava pomocí AGV vozíků) a to dle míry detailnosti modelu. Zaměřením se na optimalizace skladových zásob je možné definovat velikost a rozložení skladu (zásobníku, dopravního systému apod.), modelovat pracovní činnosti v něm, nebo definovat logiku řízení automatických skladů.

Pomocí rozvinutého datového toku a využití vyšší míry detailnosti modelů vůči skutečnosti, lze v simulačních softwarech využívaných pro simulační studie aplikovat principy tzv. digitálního dvojčete. Simulační modely mohou být tvořeny prvky, které umožňují dynamicky měnit vlastní parametry. Tato schopnost přidává značnou flexibilitu modelů a zvyšuje šanci včasné lokalizace úzkých míst [5]. Tyto aspekty by napomohli prediktivnímu řízení výroby, kdy by výrobní oblast byla schopna s předstihem reagovat na nadcházející události (poruchy, špičky a poklesy výroby). S adekvátní zajištěností údržby technologií se tak zásadně zvětšují možnosti a komplexnost celého výrobního systému.

4 ZÁVĚR

3D simulační modelování slouží k efektivnější komunikaci mezi zadavatelem a dodavatelem simulační studie. Vyšší náročnost vytvoření 3D simulačního modelu se vzhledem k 2D modelování postupně stírá modernějšími simulačními programy, které umožňují širokou paletu funkcí pro usnadnění vytvoření 3D modelování. Tyto modely mohou dále sloužit také pro efektivní prezentaci závěrů vyvozených ze simulační studie (zobrazení úzkých míst, tvorba front, zaplnění skladů apod.), názorné prezentace pro potřeby managementu, školení zaměstnanců a v neposlední řadě pro výukové účely.

PODĚKOVÁNÍ

3D výukový simulační model vznikl na základě spolupráce mezi Škoda Auto a.s. (oddělení PPS-4/2) a Vysokým učením technickým v Brně (Odbor transportních a stavebních

strojů, Ústav automobilního a dopravního inženýrství) v oblasti logistiky manipulace s materiálem.

LITERATURA

- [1] Cendelín, J., Kindler, E., Modelování a simulace, Západočeská univerzita, Plzeň, 1994.
- [2] Štoček, J., Optimalizace materiálového toku ve vybraném průmyslovém závodě, dizertační práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav dopravní techniky, 2004.
- [3] Bangsow, S. (Ed.), Use cases of discrete event simulation: appliance and research, Springer, New York, 2012.
- [4] Adrnold, D., Furmans K., Materialfluss in Logistiksystemen, 6., erweiterte Aufl., Springer, Heidelberg, 2009.
- [5] Hamilton, J.A., Nash, D.A., Pooch, U.W., Distributed simulation, CRC Press, Boca Raton, Fla., 1997.

J. ŠTOČEK, M. SEDLÁČEK: An educational 3D simulation model – optimisation from the designing stage to the production stage

**NÁZOV: 47. Medzinárodná vedecká konferencia katedier dopravných,
manipulačných, stavebných a poľnohospodárskych strojov**

PODNÁZOV: Zborník príspevkov z konferencie

EDITOR: Ľubomír Ambriško

VYDAVATEĽ: Technická univerzita v Košiciach

ROK: 2021

VYDANIE: Prvé

NÁKLAD: 50 ks

ROZSAH: 143 strán

TLAČ: EQUILIBRIA, s.r.o.

ISBN: 978-80-553-3932-0

Texty neprešli jazykovou úpravou, za vecnú správnosť zodpovedajú autori príspevkov.

ISBN 978-80-553-3932-0