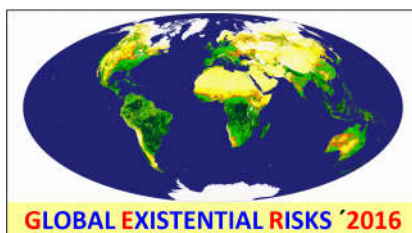


KONŠTRUKČNÉ RIEŠENIE SPRACOVANIA VYBRANÝCH DRUHOV ODPADOVÝCH KOMODÍT Z RECYKLÁCIE AUTOMOBILOV

Miroslava JÁMBOROVÁ – Ervin LUMNITZER

THE DESIGN OF SELECTED WASTE MATERIALS FROM AUTOMOBILE RECYCLING



ABSTRAKT

Výskum sa zaoberá návrhom projektu využitia materiálov z recyklácie automobilov. K popredným teoretickým východiskám pri riešení problematiky patrila materiálová skladba osobného automobilu a metodiky zaoberajúce sa spracovaním odpadových materiálov z automobilu po skončení doby užívania. Nosnou časťou zaoberajúcou sa riešením danej problematiky bol samotný návrh linky, ktorá sa zaoberá spracovaním vybranej odpadovej komodity pomocou CAD- softvérových programov a následné zhodnotenie návrhu na základe špecifických kritérií.

KEÚČOVÉ SLOVÁ: materiálová kompozícia, ekologická osveta ľudstva, nízko-termický rozklad molekúl

ABSTRACT

The research project deals with the design of materials from automobile recycling. The leading theoretical basis for tackling the challenge was one of material composition of cars and methodologies engaged in processing of waste materials for the car after the period of use. The core part of how to address the issue was the proposal itself lines which deals with the treatment of selected waste commodity by using CAD software programs and subsequent evaluation of the proposal on the basis of specific criteria.

KEY WORDS: material composition, environmental enlightenment of humanity, low-temperature scanning molecules

ÚVOD

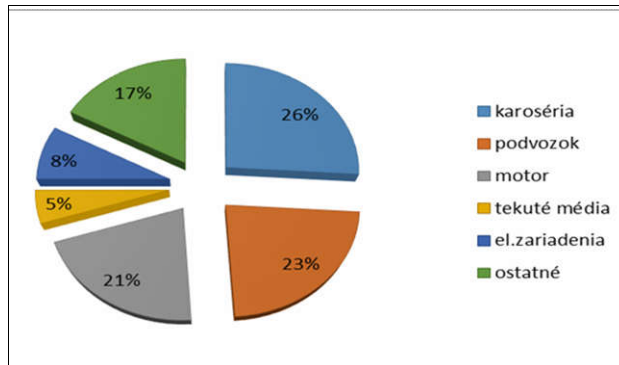
Súčasnému trendu života modernej spoločnosti nasvedčuje fakt, že neoddeliteľnou súčasťou každodenného hektického života je automobil. S tým samozrejme súvisia aj zvyšujúce sa nároky spotrebiteľov, na ktoré flexibilne reaguje trh, čoho dôsledkom je každoročne narastajúca produkcia v automobilovom priemysle. Vzhľadom na uvedené skutočnosti, ktoré sú spojené s nárastom samotnej produkcie jednotlivých automobilov, dochádza na druhej strane k vzniku väčšieho objemu odpadov. Tu však vzniká problém ako tieto odpady ekologicky spracovať. Zámerom výskumu je poukázať práve na také riešenie, ktoré spĺňa kritéria ekologického, ekonomického a technologického spracovania odpadov.

Produkcia odpadov predstavuje problém globálnych rozmerov z tohto dôvodu je nevyhnutné túto oblasť riešiť v dlhodobom časovom horizonte. Jednou z možností je práve uvedomelá samotná snaha cielene redukovať objem vznikajúceho odpadového materiálu z automobilového priemyslu, efektívne separovanie už vzniknutého odpadu a následné spracovanie pomocou progresívnych metód. Predmetný výskum predstavuje jedno z možných perspektívnych riešení nakladania s odpadovými materiálmi z automobilu po skončení doby užívania.

MATERIÁLOVÁ KOMPOZÍCIA AUTOMOBILU A NÁSLEDNÉ MOŽNOSTI SPRACOVANIA SEPAROVANÉHO ODPADOVÉHO MATERIÁLU

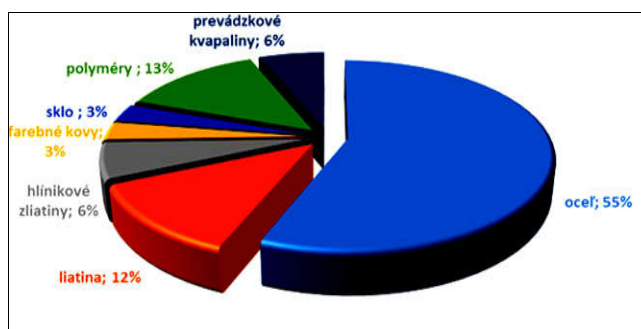
V súčasnej dobe dynamický rozvoj v oblasti spracovania a využívania materiálov v automobilovom priemysle podnecuje zlepšovanie bezpečnosti pasažierov, zvýšenie komfortu a pohodlia počas samotnej jazdy a v

neposlednom rade aj zníženie spotreby pohonných látok. Radikálne zmeny sa výrazne prejavujú z hľadiska využívania pohonných látok, inovačných materiálov, či v aplikácii progresívnych technológií. Podľa súčasných zistení týkajúcich sa automobilu patriaceho do strednej kategórie vozidiel najvyšší podiel hmotnosti tvorí karoséria, následne podvozok a motor. Z celkovej hmotnosti najnižší podiel zastupujú tekuté média a elektrické zariadenia (Obr.1) [1].



Obr. 1 Analýza hmotnosti súčasného automobilu strednej kategórie (2014) [1]

K základným konštrukčným materiálom zastúpeným v osobnom automobile patrí oceľ, liatina neželezné kovy, sklo, polyméry a prevádzkové kvapaliny. Jednotlivé percentuálne zastúpenie týchto materiálov je znázornené na nasledujúcom obrázku [2].



Obr. 2 Materiálová skladba automobilu strednej kategórie [2]

V súčasnej dobe sú pre diely karosérie využívané uhlíkové zliatiny, ktoré patria do triedy 5xxx (hliník-horčík zliatiny), ale pri dosahovaní vyššej medze sklzu sú využívané aj zliatiny triedy 6xxx (hliník-kremík zliatiny). Pri menej namáhaných komponentoch konštrukcie si svoje miesto našli peny z hliníka. Z hľadiska kompozície automobilu majú svoje zastúpenie materiály ako Pb, Sb, Zn, Au, Ag, Pt a Pd [3].

Čo sa týka aplikácie plastov, tak môžeme skonštatovať, že tvoria neoddeliteľnú súčasť konštrukčných materiálov. Súčasná legislatíva a požiadavky na označovanie plastových komponentov v automobile si vyžadujú jednoznačnú identifikáciu dielov, ktorá napomáha pri triedení a následnej recyklácii. Nosnú časť tvoria hlavne polypropylén, polyuretány a polyvinylchlorid [4].

Do povedomia odbornej verejnosti sa dostáva potreba označovania pneumatík ekologickými etiketami. Výhodou týchto etikiet je možnosť ekologickej osvedčenia zákazníkov, ktorí vďaka tomu môžu rozlišovať medzi šetrnými pneumatikami a pneumatikami, ktoré majú negatívny dopad na životné prostredie [5]. V súčasnej dobe je cieľom konštruktérov už pri návrhu nového automobilu zohľadnenie využívania nových perspektívnych materiálov. K týmto typom materiálov môžeme zaradiť napr. krehkú keramiku, kompozitné materiály, rýchlo tuhnúce plasty a živice, kovové sklá, materiály s nano a mikrokryštalickou štruktúrou, materiály absorbujúce energiu [4].

APLIKÁCIA SEPAROVANÉHO MATERIÁLU Z VYRADENÝCH AUTOMOBILOV

Jednotlivé typy materiálov pochádzajúcich z automobilového vozidla je možné následne ďalej spracovať využitím rôznych metód. K dielom radených medzi druhotné suroviny, ktoré sa spracovávajú recyklačnými technológiami patria ojazdené pneumatiky a diely zhotovené z gumy, elementy z plastu, odpadové sklá, odpad

zo železných a neželezných kovov, kvapalné látky, elektrické zariadenia a odpad z olejových filtrov. Výhľady do roku 2030 s predpokladanými percentuálnymi zastúpeniami recyklovaných typov materiálov sú uvedené v nasledujúcej tabuľke [6].

Tab. 1 Zastúpenie jednotlivých recyklovaných druhov materiálov s víziou do roku 2030 [6]

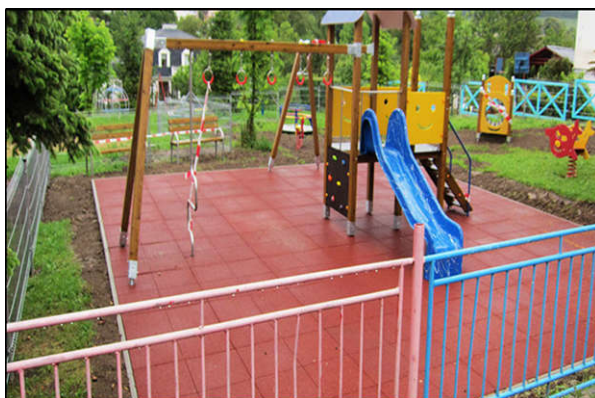
Materiál	Podiel recyklovanej hmoty v roku vyjadrený v %			
	1997	2000	2005	2030
Oceľ	70	80	87	90
Liatina	70	80	87	90
Tvárnenny hliník	85	90	93	93
Liaty hliník	85	90	90	90
Plasty	20	50	80	90

Spracovanie polymérov

Jedným z cieľom rôznych výskumných centier je možnosť premeny odpadových plastových komodít na kvapalné palivá pomocou pyrolýzy, t.j. termického rozkladu. Hlavnou prioritou je vznik organických zlúčenín, ktoré vykazujú obdobné vlastnosti ako PHM (napr. pyrolýzny olej, z ktorého je možné získať benzín, naftu, mazut a pod.) [5].

Spracovanie odpadu z gumeny

Po skončení doby užívania pneumatiky alebo iného komponentu zhotoveného z gumeny môže byť odpadový materiál použitý pri výrobnej etape nového produktu. Gumový granulát sa s obľubou využíva v rôznych oblastiach. Jednou z výhod aplikácie je zlepšenie úžitkových vlastností cestných povrchov, tzv. upravené asfalty. V sfére športu a rekreácie sa používa pri úprave športových povrchov, povrchov detských ihrísk a pod. [6].



Obr. 3 Povrch detského ihriska tvorený gumovým granulátom [7]

Jedným z materiálov na báze polymérov v kombinácii s recyklovateľnými potahmi sedačiek, ktorý sa vyznačuje vyhovujúcimi tepelnoizolačnými a zvukoizolačnými vlastnosťami je polyuretánová pena. Jednou zo základných požiadaviek v súčasnej dobe je eliminácia hluku v cestnej doprave. Jedným z riešení sú práve dosky, ktoré sa môžu využívať ako strešné, stropné, podlahové tepelné a zvukové izolácie a taktiež v oblasti automobilového priemyslu pri konštrukcii dielov slúžiacich na minimalizáciu šírenia hluku a vibrácií [8].

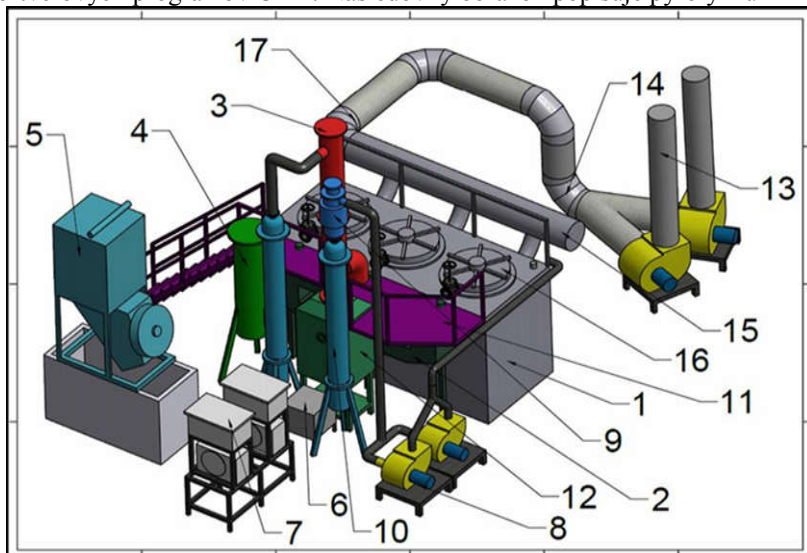
NÁVRH LINKY PRE SEPAROVANIE VYBRANEJ ODPADOVEJ KOMODITY

Škála využitých materiálov pri konštruovaní automobilu je pomerne rozličná. Pri zvážení rôznych kritérií, či ekonomických, technologických alebo environmentálnych, je najlepším spôsobom v oblasti recyklácie a spracovania materiálov pyrolýza. Pyrolýzu môžeme zaradiť medzi BAT technológie, pretože svojimi účinkami nepoškodzuje životné prostredie. Pyrolýzny proces môžeme definovať ako anaeróbny tepelný rozklad

organických materiálov, pomocou ktorého vznikajú jednotlivé plynné, kvapalné a tuhé frakcie. Pyrolýzna linka s prídavnými zariadeniami tvoria spolu jednotný a funkčný celok.

Najväčšou výhodou aplikácie pyrolýznej linky v praxi je efektívne spracovanie viacerých druhov odpadov z automobilového priemyslu ako napr. pneumatiky, plastové a gumené komponenty. Samotná pyrolýzna linka predstavuje usporiadaný súbor navzájom prepojených zariadení [10].

Konštrukčné riešenie a vizuálne premietnutie samotného návrhu pyrolýznej linky bolo realizované prostredníctvom softvérových programov CAD. Nasledovný obrázok popisuje pyrolýznu linku.



Obr. 4 Navrhovaná pyrolýzna linka

Legenda: 1. murovaná pyrolýzna pec, 2. zberač, 3. vlhký čistič, 4. zásobník paliva pre pyrolýznu pec, 5. chladiaca veža, 6. čerpadlo ťažkej frakcie, 7. chladiče, 8. dúchadlo pyrolýznych plynov, 9. rotačný separátor- odstredivý, 10. potrubie kondenzácie, 11. operačná stránka, 12. zberná nádrž pre kondenzovaný pyrolýzny olej, 13. ventilátor spálených plynov, 14. kombinované horáky, 15. kontrolná jednotka horáka, 16. nádoby na zmes, 17. dymové ventilátory (odsávače)

V závislosti od finálneho produktu je možné v základnej pyrolýznej linke využiť doplnkové prídavné zariadenia, ktoré zefektívnia proces spracovania odpadových surovín z vyradeného automobilu. Medzi inováčné zariadenia využívané v procese pyrolýzy zaraďujeme olejovú rafinériu, linku na spracovanie sadzí, bubnovú pec pre aktiváciu uhlíkových pár alebo plynový generátor.

Výsledné produkty

Prostredníctvom pyrolýznej linky je možné získať po spracovaní jednotlivých druhov vstupných surovín rozličné výstupné produkty. K jednotlivým produktom získaných pyrolýzou patria:

- sadza,
- pyrolýzny olej,
- kovový drôt,
- plyn.

Tieto produkty majú širokospektrálne využitie, napr. samotnú sadzu možno aplikovať ako tuhé palivo, sorbent, farbivo pri lakoch a farbách; pyrolýzny olej je možné aplikovať pri výrobe ropných produktov; plyn získaný z pyrolýzneho procesu sa používa pri zabezpečovaní nepretržitého chodu pyrolýznej linky [11].

VYHODNOTENIE NÁVRHU Z HĽADISKA TECHNICKO-EKONOMICKO-ENVIRONMENTÁLNYCH KRITÉRIÍ

Pri samotnom zhodnotení návrhu sa vychádzalo z jednotlivých základných parametrov, ktoré boli východiskom pre zadávacie kritéria.

Z hľadiska technického vyhodnotenia predmetného návrhu boli do úvahy vzaté nasledujúce parametre:

- počet pracovných cyklov,
- hmotnosť jednej vsádzky,

- počet valcových nádob,
- denný a ročný výkon,
- doba náhrevu vsádzky
- a inštalovaný príkon.

Pri ekonomickom zhodnotení je potrebné rozlišovať jednotlivé typy nákladov podľa špecifických vstupov. K základným typom nákladov zaraďujeme investičné náklady a prevádzkové náklady. Samozrejme pracujeme s ročnou produkciou, ktorá predstavuje zisk pre spoločnosť, teda príjem. Pri posúdení ekonomického hľadiska boli navrhnuté varianty na základe ročnej produkcie. Medzi investičné náklady zaraďujeme kúpu strojných a manipulačných zariadení, infraštruktúru, stavebné objekty, kancelárske vybavenie a sociálne zariadenia.

Celková kalkulácia jednotlivých investičných nákladov z hľadiska kúpi strojných zariadení pyrolýznej linky predstavovala sumu **579 967 €**. Investičné náklady z hľadiska priestorového vybavenia boli vyčíslené na sumu **56 000 €**. Pri prevádzkových nákladoch boli do úvahy vzaté nasledovné parametre: energia, voda, režijné náklady a náklady na údržbu, náklady na zberné miesta, náklady na spotrebnú daň z pyrolýzneho oleja, pričom výsledná suma bola vypočítaná na hodnotu **188 197 €**.

Predmetné typy nákladov boli vypočítané na obdobie jedného roka.

Variantné riešenia navrhnuté pre chod pyrolýznej linky

Pri realizácii jednotlivých variantných riešení sa vychádzalo zo všeobecných matematických výpočtov, ktoré vyjadruje nasledujúci vzťah:

$$N = \left(\frac{IN}{P - PN} \right)$$

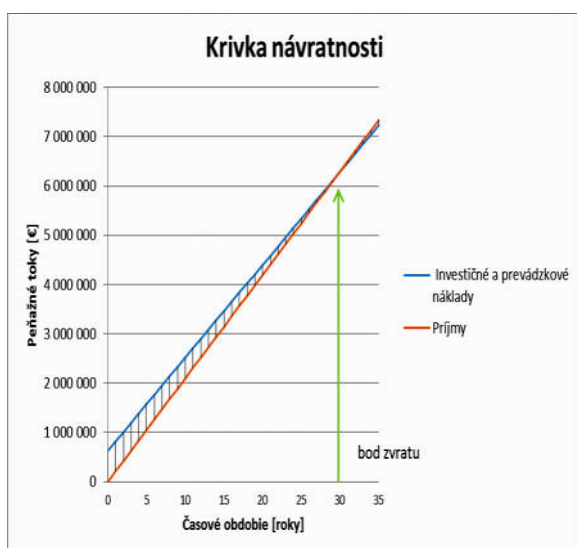
kde: N - návratnosť investície,
 IN - investičné náklady,
 P - príjmy,
 PN - prevádzkové náklady.

Výpočet odhadovaného ročného výkonu vyjadruje nasledujúca rovnica:

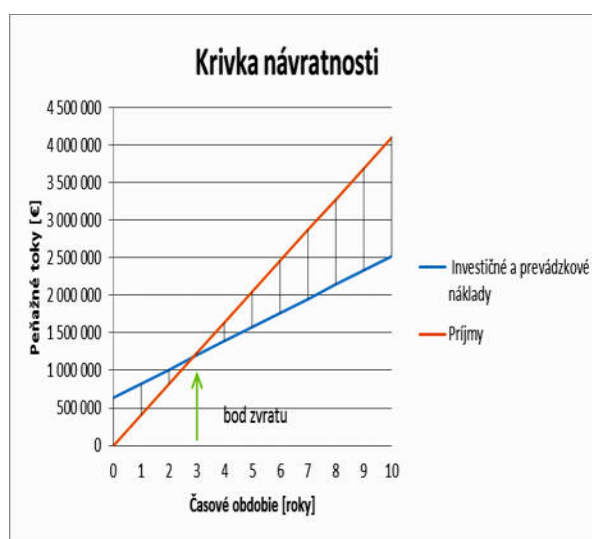
$$P_p = (q \times p)$$

kde: P_p - ročný výkon produkcie,
 q - množstvo použitej suroviny,
 p - jednotková cena.

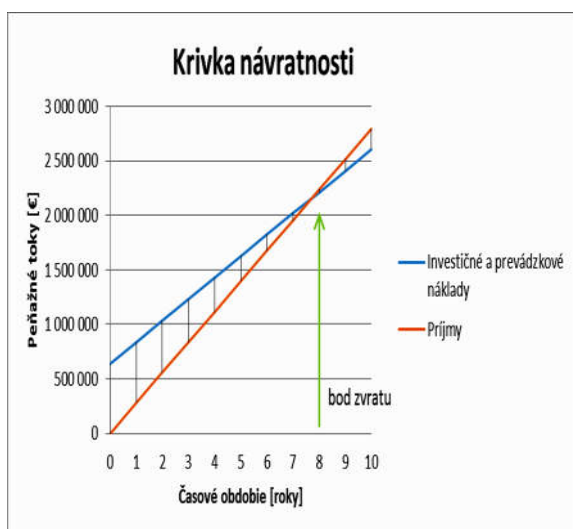
Navrhnuté boli štyri varianty, pričom diferenciácia spočívala v percentuálnom zastúpení východiskových výsledných produktov. Nasledujúce grafy vyjadrujú dobu návratnosti pri aplikácii jednotlivých typoch variantov.



Obr. 5 Grafické vyjadrenie doby návratnosti investície
Variant A



Obr. 6 Grafické vyjadrenie doby návratnosti investície
Variant B



Obr. 7 Grafické vyjadrenie doby návratnosti investície
Variant C



Obr. 8 Grafické vyjadrenie doby návratnosti investície
Variant D

Porovnaním jednotlivých variantov na základe výsledkov vyplývajúcich z vyššie uvedených grafov je najadekvátnejším variantom, práve Variant D, pri ktorom doba návratnosti prvej investície predstavuje obdobie 2 rokov.

Pyrolýzna linka spracováva typy odpadových látok ako pneumatiky, gumové materiály a plasty zo starých motorových vozidiel. Energetické využitie týchto jednotlivých typov odpadových materiálov výrazne prispieva k tvorbe a trvalému udržaniu ekologicky čistého a nezávadného prostredia. Najväčším prínosom takéhoto typu spracovania odpadov je možnosť vzniku nových sekundárnych produktov, ktoré sú následne ďalej využívané v oblasti priemyslu.

K najväčším výhodám využitia pyrolýznej linky je zníženie počtu legálnych aj nelegálnych odpadových skládok. Pyrolýzna linka je jedným z prostriedkov rozvoja moderných technológií šetriacich prírodné zdroje a jednou z vhodných metód zneškodňovania nebezpečných látok, ktoré sú obsiahnuté v odpadoch akými sú aj pneumatiky. Pyrolýzna linka z environmentálneho hľadiska predstavuje zvýšenie hraníc efektívnosti a udržateľnosti rozvoja ekologického zabezpečenia v oblasti zberu a spracovania starých vozidiel.

ZÁVER

Cieľom bolo predovšetkým zvýšenie ekologickej uvedomelosti širokej laickej i odbornej verejnosti v oblasti spracovania odpadov z automobilového priemyslu. Automobilový priemysel patrí k invázívnym odvetviám hospodárstva každého vyspelého štátu. V spojení s jeho rapídny napredovaním vzniká problém neustáleho nárastu odpadových materiálov z samotnej výroby a likvidácie starých vozidiel, no dôležité si je uvedomiť, že aj samotný automobil sa postupom času stáva odpadom, ktorý je nutné účinným a ekologickým spôsobom spracovať. Táto práca bola venovaná práve nájdeniu vhodného a efektívneho spôsobu nakladania a následného spracovania odpadov pochádzajúcich z automobilovej výroby.

Na základe návrhu pyrolýznej linky a jeho následného vyhodnotenia sa dospelo k záveru, že daný návrh spĺňa požiadavky z technologického, ekonomického a ekologického hľadiska. Pri posudzovaní ekonomického kritéria návrhu boli vypracované viaceré typy variantov na základe výstupných surovín. Pri zvážení jednotlivých druhov nákladov sme podľa krivky návratnosti dospeli k záveru, že najvýhodnejším variantom je práve variant D.

Podakovanie [zaradenie príspevku]

Táto práca bola podporovaná Agentúrou na podporu výskumu a vývoja na základe Zmluvy č. APVV-0432-12 (50%).

Tento príspevok vznikol v rámci projektu KEGA 039 TUKE-4/2015 (50%).

ZOZNAM BIBLIOGRAFICKÝCH ODKAZOV

- [1] Kmec, J. et al.: Materiály pre automobilový priemysel. Košice: TUKE, 2014. 220 s. ISBN 978-80-553-1862-2

- [2] Sova, M.: Materiálová skladba osobného automobilu [online]. [cit. 16.11.2016]. Dostupné na internete: <http://www.techportal.cz/materialova-skladba-osobniho-automobilu-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4EqUkSFod1Gxld_uTpokZqk/>
- [3] Girman, V. - Hrabčáková V.: Kovové materiály automobilových konštrukcií - II korozia a karosérne plechy [online]. [cit. 6.11.2016]. Dostupné na internete: <<http://www.materialing.com/sites/default/files/Kovov%C3%A9%20materi%C3%A1ly%20automobilov%C3%BDch%20kon%C5%A1trukcii%20II%20-%20Karos%C3%A9ria%20a%20karos%C3%A1rske%20plechy.pdf>>
- [4] Hájeková, E. et al.: Recyklácia odpadových plastov z vozidiel po skončení doby životnosti [online]. [cit. 25.10.2016]. Dostupné na internete: <http://www.fchpt.stuba.sk/docs//uochkp/Hajekova_Strojarnstvo.pdf>
- [5] Blažička, P.: Budúcnosť automobilového priemyslu [online]. [cit. 19.10.2016]. Dostupné na internete: <<http://www.engineering.sk/clanky2/automobilovy-priemysel/240-buducnostautomobilovehopriemyslu>>
- [6] Badida, M. et al.: Recyklácia a recyklačné technológie (1. časť). Košice: TUKE, Sjf, 2010, 96 s. ISBN 978-80-553-0398-71
- [7] Detské ihriská [online]. [cit. 22.10.2016]. Dostupné na internete: <[http://www.darien.sk/images/sk%C3%A1ro%C5%A1%20\(2\)-crop-u38382.jpg](http://www.darien.sk/images/sk%C3%A1ro%C5%A1%20(2)-crop-u38382.jpg)>
- [8] Lumnitzer, E. - Badida, M. - Liptai, P.: Využitie recyklov z autovrakov pri návrhu protihlukových opatrení v lomoch. In: TOP 2010 - TECHNIKA OCHRANY PROSTREDIA. Bratislava: STU Bratislava, 2010, 581 s. ISBN 978-80-970438-0-3
- [9] Pyrolýza [online]. [cit. 31.10.2016]. Dostupné na internete: <<http://www.envirovid.eu/pyrolyza/>>
- [10] Principles of the Unit Operation [online]. [cit. 5.4.2016]. Dostupné na internete: <<http://www.tkomplex.ru/en/products/pirotex/technology>>
- [11] Pyrolysis Plant: Recycling and Utilization of Scrap Tires, Mechanical Rubber goods, Plastics, Polyethylene, Polyethylene Terephthalate, Oil Sludge, Waste Oils [online]. [cit. 17.4.2016]. Dostupné na internete: <<http://www.tkomplex.ru/en/equipment/gas-generators/uglas-800>>

ADRESY AUTOROV

Ing. Miroslava JÁMBOROVÁ

Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra procesného a environmentálneho inžinierstva Park Komenského 5, 042 00 Košice, Slovenská republika
e-mail: miroslava.jamborova@tuke.sk

Prof. Ing. Ervin LUMNITZER, PhD.

Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta, Katedra procesného a environmentálneho inžinierstva Park Komenského 5, 042 00 Košice, Slovenská republika
e-mail: ervin.lumnitzer@tuke.sk

RECENZIA TEXTOV V ZBORNÍKU

Recenzované dvomi recenzentmi, členmi vedeckej rady konferencie. Za textovú a jazykovú úpravu príspevku zodpovedajú autori.

REVIEW TEXT IN THE CONFERENCE PROCEEDINGS

Contributions published in proceedings were reviewed by two members of scientific committee of the conference. For text editing and linguistic contribution corresponding authors.