

RIEŠENIE OBMEDZENÍ KONTINUÁLNEJ DOPRAVY S VUŽITÍM PRINCÍPOV LOGISTIKY

RESOLVING OF THE LIMITATIONS OF CONTINUOUS HANDLING USING PRINCIPLES OF LOGISTICS

Autor : Kubala Dušan, Marasová Daniela, Gurecka Jozef , F BERG, TU v Košiciach

Jazyk: slovenský

Abstrakt: *Významným nástrojom zvýšenia efektivity vnútro podnikovej dopravy sú popri technických aj logistické riešenia a to najmä optimalizácia dopravných ciest, ktoré sú jedným z hlavných prvkov každej technickej základne logistického dopravného systému. Príspevok je zameraný na riešenie obmedzení kontinuálnej dopravy zmenou jednej premennej logistického toku-dĺžky trasy pohybu materiálu v priestore a jej vplyvu na ďalšie premenné tohto toku.*

Abstract: *An important tool to increase the efficiency of factory transportation are in addition technical also logistical solutions in particular by optimization of transport routes, which are one of the main elements of each technical base logistics transport system. The paper is aimed to solving limitations of one variable continuous logistics flow-length of routes of the material in space and its impact on other variables of this flow.*

Kľúčové slová: logistický tok, pásový dopravník, dĺžka trate, sklon

Keywords: logistics flow, belt conveyor, route length, slope

Úvod

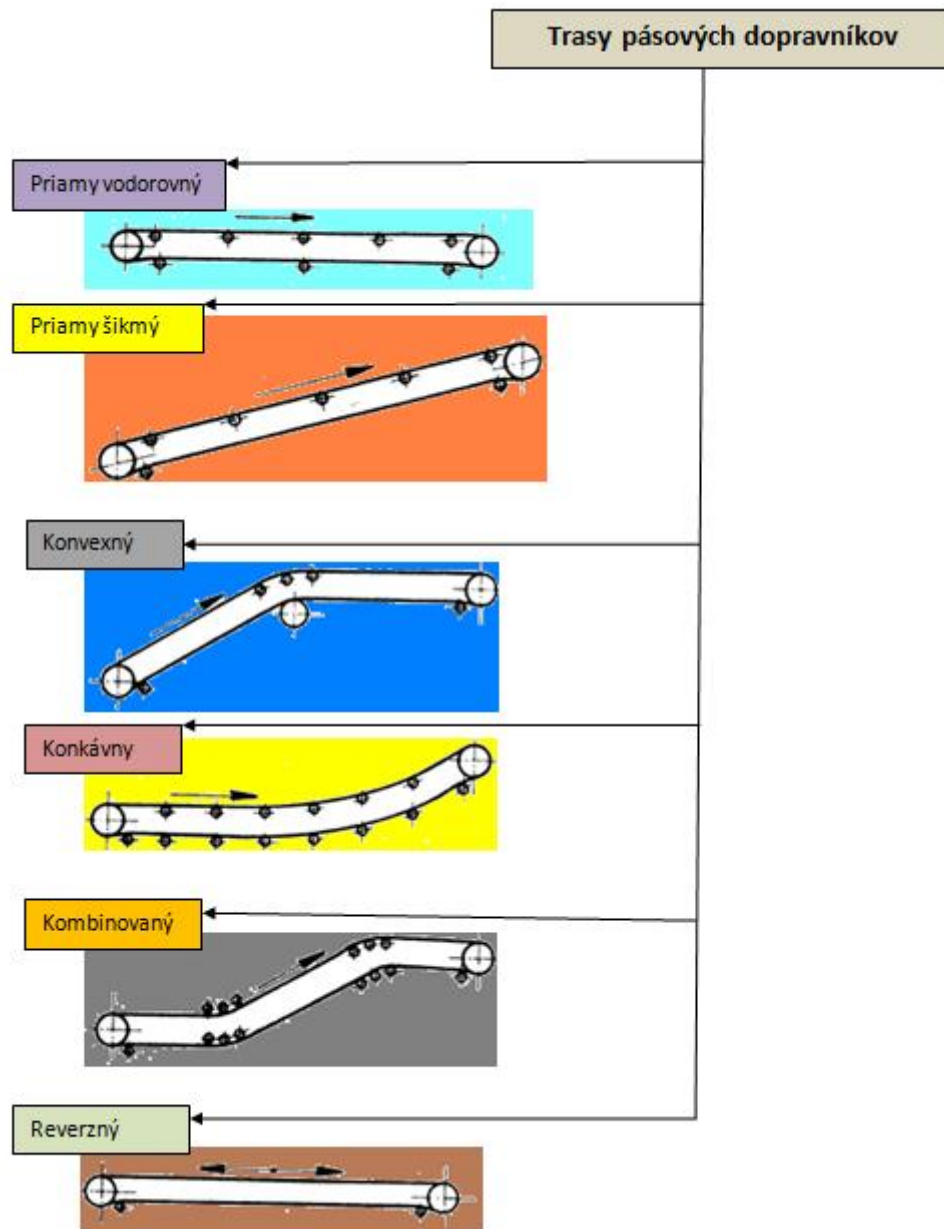
Nástupom automatizovaných procesov výroby sa postupne zvyšoval aj význam kontinuálnej dopravy, predovšetkým potrubnej dopravy. Na prepravu tuhých látok, t.j. hromadných substrátov sa vo veľkej miere začali uplatňovať najjednoduchšie dopravné zariadenia, klasické pásové dopravníky, ktoré predstavujú aktívny logistický prvok kontinuálnej dopravy. Úlohou dopravníkov je zabezpečiť plynulú prepravu materiálu medzi miestom nakládky a miestom vykládky. Akýkoľvek prestoj vzniknutý pri pásovej doprave sa negatívne prejaví na plynulosti chodu celého výrobného systému alebo technológie výroby, ktorej sú súčasťou. Porucha pásovej linky je často príčinou zastavenia celého výrobného procesu. Preto sú často umiestnené dva pásové dopravníky paralelne vedľa seba (v prípade, ak dopravníky sú nosným dopravným systémom výrobného procesu).

Napriek mnohým výhodám, ktoré poskytuje pásová doprava má aj niekoľko obmedzení, riešením ktorých je možné zvýšiť efektívnosť niektorých zložiek dopravného procesu.

1. Trasy pásových dopravníkov

Jedným z hlavných prvkov technickej základne logistického dopravného systému je *dopravná cesta*. Pri pásových dopravníkoch je synonymom dopravnej cesty - trať dopravníka – nosná konštrukcia s dopravným pásom formovaným hornými a spodnými valčekovými stolicami.

Podľa sklonu a tvaru dopravnej trate delíme dopravníky na *vodorovné, šikmé a lomené* [3]. Schematické znázornenie týchto dopravníkov je na *obr. 1*. Lomené dopravníky môžu mať oblúky konvexné alebo konkávne, prípadne oboje. Ak sa materiál dopravuje len jedným smerom, dopravník je *jednosmerný*. Ak sa strieda smer dopravy, dopravník je *reverzný*. Ak je to potrebné, je možné na dopravu použiť aj vratnú vetvu.



Obr. 1 Trasy pásových dopravníkov [3]

2. Obmedzenia klasických pásových dopravníkov

Pásové dopravníky majú mnoho výhod, ako je veľký rozsah výkonnosti a dĺžky. Pre jeden dopravník je *dĺžka obmedzená len pevnosťou dopravného pásu*. Pri bežnom vyhotovení môže byť niekoľko sto, pri špeciálnom vyhotovení až niekoľko tisíc metrov. Majú malý príkon energie vďaka priaznivému pomeru pohybového odporu k mŕtvvej hmote. Sú

použiteľné na prepravu najrozličnejších druhov sypkých materiálov, od práškových až po balvanovité. Po vhodnej úprave je ich možné použiť aj na prepravu kusového tovaru (vrecia, krabice a pod.)

Veľkým obmedzením klasických pásových dopravníkov je ich uhol sklonu. Pri jeho prekročení bude materiál po páse kĺzať. Prípustné sklony sa pohybujú v rozpätí 12 až 27° pri dopravníkoch s gumotextilnými dopravnými pásmi, rozpätí 8 až 18° pri dopravníkoch s oceľokordovými dopravnými pásmi. Všeobecne má byť uhol sklonu asi o 10° menší než je trecí uhol materiálu o dopravný pás. Sypné hmotnosti niektorých materiálov s najväčším dovoleným uhlom sklonu dopravníka sú uvedené v tabuľke 1.

Tabuľka 1. Hodnoty najväčších dovolených uhlov sklonu klasického pásového dopravníka

Dopravovaný materiál	Sypná hmotnosť materiálu ρ [$kg \cdot m^{-3}$]	Dynamický sypný uhol dopravovaného materiálu ψ_{dyn} [°]	Najväčší dovolený uhol sklonu dopravníka δ [°]
Bauxit	1100 – 1400	10 – 15	15
Brikety	750 – 1000	15	12 – 15
Cement – nakyprený	900 – 1100	0 – 5	0 – 5
Cement – sypaný	1200 – 1400	5	5
Cukor	800 – 1100	15	18
Kameň	1500 -2100	15	15
Koks	400 – 600	15	17
Múka	400 – 600	10	12
Obilie	500 – 800	10	12
Piliny	200 – 300	15 – 20	18 – 20
Piesok – mokrý	1800 – 2100	10 – 15	15 – 18
Piesok – suchý	1300 – 1600	10 – 15	12 – 15
Popol	400 – 600	12	15
Mangánová ruda	1700 – 1900	15	18
Medená ruda	1900 – 2400	15	18
Železná ruda	2100 – 3000	15	18
Skrývka	1300 – 1800	12 – 20	12 – 20
Troska	600 – 1000	15	18
Granulovaná troska	800 – 1100	15	18
Štrk	1500 – 2000	15	18
Čierne uhlie	850 – 1100	15 – 18	18
Hnedé uhlie	700 – 1000	15 – 20	18
Rozdrtený vápenec	1400 – 1800	15	15
Zemina – hrudy	1400 – 1600	15	16
Zemina – jemná	1600 – 1900	15	16

Snahou je odstrániť túto nevýhodu, t.j. obmedzený uhol sklonu u klasických pásových dopravníkov, ktorá znamená podstatné zvýšenie stavebných nákladov alebo rozšírenie

potrebného manipulačného priestoru z dôvodu pomerne veľkého priečného prierezu dopravného prúdu.

So skonom dopravníkov súvisí aj veľká výška presypov a v dôsledku toho nežiaduca degradácia materiálu (drobenie). V prípade prašného materiálu je potrebné presypy vybaviť krytmi a odsávaním, čím sa stáva zariadenie technicky zložitejším a priestorovo náročnejším. S tým súvisí aj potreba uzatvárať pásové dopravníky do krytých mostov a oprava pásových dopravníkov pri pretrhnutí pásu je veľmi náročná.

3. Riešenie obmedzení pásovej dopravy zmenou premenných logistického toku

Objektom riadenia logistiky sú logistické toky. Tok je definovaný ako dynamicky sa pohybujúca substancia meniaci parametre v priestore a čase. Logistický tok je riadený pohyb substancie resp. reťazce vzájomne prepojených procesov a funkcií [2]. Logistické toky podľa spojitosti delíme na [2]:

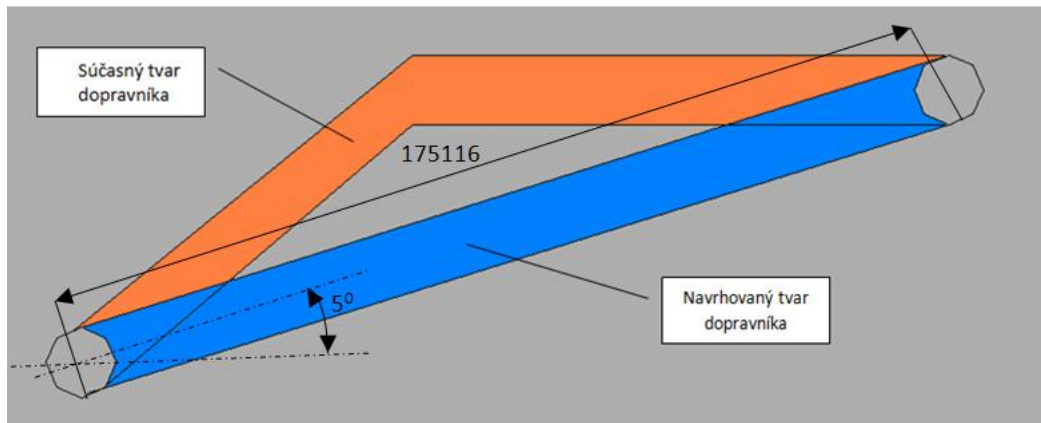
- diskkrétne,
- spojité,
- spojitodiskkrétne.

Preprava materiálu kontinuálnou dopravou predstavuje najčastejšie spojité a v niektorých prípadoch spojitodiskrétny logistický tok. *Za premenné, charakterizujúce logistický tok stanovil Malindžák [2] na základe [1]:*

- Množstvo substancie Q . Pre spojité procesy sa vyjadruje v jednotkách hmotnosti $[kg]$, $[t]$ alebo jednotkách objemu $[m^3]$.
- Intenzitu toku E , ktorá vyjadruje elementárne množstvo materiálu dQ , ktoré pretečie uzlom alebo prierezom manipulačného systému za elementárny čas dt . Vyjadruje sa v hmotnostných jednotkách $[kg \cdot s^{-1}]$ alebo objemových jednotkách $[m^3 \cdot s^{-1}]$.
- Časové premenné t . Pri spojitých procesoch to môže byť čas nepretržitého manipulačného procesu, ktorý je daný dobou (časovou spotrebou) na absolvovanie dráhy. Zaužívanými jednotkami času sú sekunda, hodina.
- Vzdialenosť-dráhu s . Je to dĺžka dráhy logistického toku. Je vyjadrená dĺžkou trasy alebo trate pohybu materiálu v priestore. Vyjadruje sa v jednotkách dĺžky $[m]$, $[km]$.
- Rýchlosť v a zrýchlenie a sú charakteristickými parametrami pohybu. Rýchlosť vyjadruje okamžitú rýchlosť pohybu substancie logistického toku a zrýchlenie je časová zmena rýchlosti podľa času.
- Polohu P , ktorá je daná súradnicami substancie $[x,y,z]$ v priestore.

3.1 Vplyv zmeny dĺžky trasy na efektívnosť pásovej dopravy

Z analýzy logistického systému reálneho konvexného pásového dopravníka (obr.2) vyplynula možnosť meniť jeho technickú základňu, čo je jedna z viacerých inovačných možností. Z tohto dôvodu má význam uvažovať nad zmenou tvaru dopravnej trasy reálneho pásového dopravníka, čo automaticky spôsobí aj zmenu dopravnej výšky.



Obr. 2 Návrh zmeny tvaru dopravnej trate pásového dopravníka

Konvexné zakrivenie vytvára valčeková stolica s valčkami usporiadanými do oblúka a veľmi malým rozstupom valčekov. So zväčšujúcim sa polomerom zakrivenia sa odpor dopravníka znižuje. Polomer zakrivenia (R) má byť menší ako 12-násobok šírky pásu, uhol zakrivenia je maximálne 5° .

Pri zmene tvaru dopravnej trasy pásového dopravníka z *konvexnej na priamu šikmú*, ktorá priamo spája hnací bubon s hnaným sa zmení jeho dĺžka z pôvodných $176,159\text{ m}$ na $175,116\text{ m}$ a uhol sklonu dopravníka z $\delta = 13^\circ$ na $\delta = 5^\circ$. Do výpočtu celkového pohybového odporu lomeného dopravníka vstupujú okrem základných veličín ako je dĺžka pásového dopravníka (L) a jeho sklon (δ) aj tieto veličiny:

- f - globálny súčiniteľ trenia [-],
- g - tiažové zrýchlenie [$m.s^{-2}$],
- m_{rh} - hmotnosť rotujúcich častí valčekov hornej vetvy na 1 m dĺžky pásu dopravníka [$kg.m^{-1}$],
- m_{rd} - hmotnosť rotujúcich častí valčekov spodnej vetvy na 1 m dĺžky pásu dopravníka [$kg.m^{-1}$],
- m_2 - hmotnosť 1 m dopravného pásu [$kg.m^{-1}$],
- m_l - hmotnosť nákladu na 1 m dĺžky dopravného pásu [$kg.m^{-1}$],
- H - dopravná výška [m],
- v - rýchlosť pásu [$m.s^{-1}$],

Pri zmene uhla sklonu (δ) a dĺžky pásového dopravníka (L) dochádza k zmene veličín ako je to uvedené v tabuľke 2.

Výpočet hlavných a vedľajších odporov pri priamej šikmej trati dopravníka - F_{H+v}

$$F_{H+v} = f \cdot L \cdot g [(m_1 + 2 \cdot m_2) \cdot \cos \delta + m_{r,h} + m_{r,d}]$$

$$= 0,02 \cdot 176,116 \cdot 9,81 [(176,91 + 2 \cdot 11,2) \cdot \cos 5 + 26,32 + 7,92] = 7998,75\text{ N}$$

Odpor z prekonávania dopravnej výšky $-F_Z$

$$F_Z = m_1 \cdot g \cdot H = 176,91,9,81,16,164 = 28052,413 \text{ N}$$

Výsledný pohybový odpor $-F_U$

$$F_U = F_H + F_V + F_P = 7998,75 + 28052,413 + 600 + 1300 = 37951,163 \text{ N}$$

Výkon poháňacích motorov $-P$

$$P = \frac{F_U \cdot v}{1000 \cdot v} = \frac{37951,163 \cdot 1,8}{1000 \cdot 0,85} = 80,367 \text{ kW}$$

Zmenou tvaru lomenej dopravnej trasy pásového dopravníka L_{175} na priamy šikmý dopravník sa zvýši výkon poháňacích motorov zo $73,62 \text{ kW}$ na $80,367 \text{ kW}$, čím sa však zvýši aj skutočné dopravované množstvo z $1042,514 \text{ t.h}^{-1}$ na $1146,413 \text{ t.h}^{-1}$.

Pomer príkonu pohonu a skutočného dopravovaného množstva v $[\text{kW.t}^{-1}]$

$$\frac{73,62}{1042,514} = \frac{80,367}{1146,413} \implies 0,07062 \frac{\text{kW}}{\text{t}} = 0,07010 \frac{\text{kW}}{\text{t}}$$

Tabuľka č. 2 Výpočítane hodnoty veličín priameho šikmého dopravníka

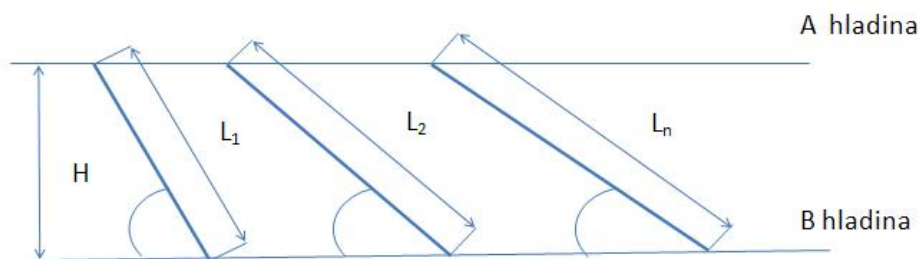
Názov veličiny	Jednotka	Označenie veličiny	Minimálna hodnota	Maximálna hodnota
Súčiniteľ korekcie prierezu náplne pásu v sklone	-	k_1	0,4946	0,9416
Súčiniteľ korekcie vrchnej časti prierezu náplne pásu v sklone	-	k_p	0,8987	0,9883
Skutočné dopravované množstvo materiálu	$[\text{t.h}^{-1}]$	Q	1042,514	1146,413
Hmotnosť nákladu na 1 m dĺžky pásu	$[\text{kg.m}^{-1}]$	m_1	160,88	176,916
Hlavné a vedľajšie odpory	$[\text{N}]$	F_{H+V}	7355,83	7998,75
Odpor z prekonania dopravnej výšky	$[\text{N}]$	F_Z	25510,56	28052,413
Výsledný pohybový odpor	$[\text{N}]$	F_U	34766,39	37951,163
Výkon poháňacích motorov	$[\text{kW}]$	P	73,62	80,367

Z porovnania vynaloženého výkonu pohonu na prepravenú tonu materiálu je zrejmé, že náklady na spotrebovanú elektrickú energiu pri vyššej dopravnej výkonnosti a vyššom výkone elektromotora sú menšie. Miesta počiatočného plnenia a konečného vysýpania pásového dopravníka môžu byť umiestnené v rôznej horizontálnej a vertikálnej polohe. Prekonávaním vertikálnej vzdialenosti je nutné meniť dopravnú výšku pásového dopravníka. Spojenie dvoch miest s odlišným vertikálnym umiestnením je možné doceliť zmenou tvaru dopravnej trasy. Uklonenie pásového dopravníka môže byť priame alebo lomené (konvexné, konkávne). Pri

priamom šikmom tvare trasy je pásový dopravník uložený v jednej rovine pod rovnakým uhlom v celej dĺžke. Veľkosť uhla sklonu dopravníka je limitovaná maximálnym uhlom sklonu pre dopravu dovrchnú alebo úpadnú ako aj sypným uhlom prepravovaného materiálu (vid'. tabuľka č.1). Pre dĺžku pásového dopravníka je najkratšou vzdialenosťou priama spojnice medzi počiatočným a koncovým miestom prepravy. Pri lomenom tvare valčekovej stolice pásového dopravníka sa dopravná vzdialenosť predlžuje a uhol stúpania lomenej časti dopravníka.

Záver

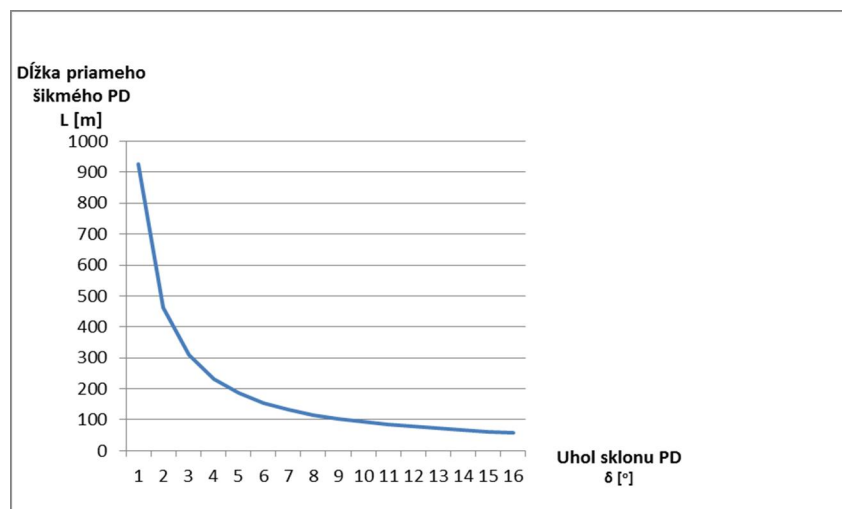
Všeobecne zmenou tvaru dopravnej trasy pásového dopravníka z lomenej na priamu šikmú sa dĺžka (L) v sklone mení, ako je to znázornené na obr.3. Sklon pásového dopravníka sa môže všeobecne meniť v intervale 0 - 16°. Pri prekonávaní dopravnej výšky H sa hodnoty intervalu menia od najkratšej spojnice dvoch spájaných výškových hladín A,B až po maximálny uhol stúpania pásového dopravníka do +16° a klesania -18°.



Obr.3 Zmena dĺžky trate pásového dopravníka pri zmene jej sklonu

Ak je vzdialenosť dvoch výškových hladín, t.j. dopravná výška $H = 16,164 \text{ m}$ a uhol sklonu dopravníka $\alpha [0^\circ ; 16^\circ]$, tak pre dĺžku pásového dopravníka (L) v sklone platí:

$$L = \frac{H}{\sin \delta} \quad [\text{m}]$$



Obr. č. 4 Závislosť dĺžky pásového dopravníka od zmeny uhla sklonu

Z parabolického priebehu (obr.č.4) zmeny dĺžky dopravníka L s nárastom uhla sklonu δ vyplýva, že najväčší nárast dĺžky dopravníka je pri zmene uhla sklonu od 6° . S nárastom uhla sklonu pásového dopravníka sa znižuje hmotnosť dopravovaného substrátu pripadajúca na 1 meter dĺžky dopravného pásu, čím klesá aj skutočné dopravované množstvo, ako aj odpory proti pohybu. Z uvedeného vyplýva, že *efektívna oblasť sklonu pásového dopravníka v závislosti od dĺžky dopravníka sa javí pri uhle sklonu nad 12°* . Netreba však zabúdať na fakt, že pri odchýlení dopravného pásu od horizontálnej roviny, klesá dopravná intenzita a teda klesá aj potenciál využitia priečneho prierezu náplne na dopravnom páse.

Príspevok bol spracovaný v rámci výzvy OPVa V-2012/2.2/08-RO s názvom „Univerzitný vedecký park TECHNICOM pre inovačné aplikácie s podporou znalostných technológií“ - kód ITMS 26220220182 a projektu VEGA č. 1/0922/12 pod názvom „Výskum vplyvu materiálových charakteristík a technologických parametrov dopravných pásov na veľkosť kontaktných síl a pohybových odporov hadicových dopravníkov s využitím experimentálnych a simulačných metód“.

Použitá literatúra:

- [1] Bigoš,P., Kiss,I., Ritók,J.: Materiálové toky a logistika. Vydavateľstvo Michala Vaška, Prešov 2002, 156 s., ISBN 80-7165-362-4.
- [2] Malindžák a kol.: Teória logistiky : definície, paradigmy, princípy, štruktúry. Vydavateľstvo Karnat, Košice 2007, 215 s., ISBN 978-80-8073-893-8.
- [3] Marasová,D., Taraba,V., Fedorko, G., Bindzár,P., Husáková,N.: Pásová doprava. Vydala F BERG TU v Košiciach, 2006, s.280, ISBN 80-8073-628.



Internetové noviny pre rozvoj
logistiky na Slovensku.

ISSN: 1336-5851