



APLIKÁCIA METÓD MULTIKRITERIÁLNEHO ROZHODOVANIA PRE VÝBER OPTIMÁLNEHO LANA PODĽA URČENIA KRITÉRIÍ POUŽÍVATEĽA

Lenka Chabadová¹, Dušan Malindžák², Ján Boroška³

Kľúčové slová: oceľové lano, žeriav, multikriteriálne rozhodovanie

Abstrakt:

Príspevok sa zaoberá výberom vhodného typu žeriavového oceľového lana podľa vopred definovaných požiadaviek používateľa. Popisuje jeden z možných spôsobov riešenia načrtnutého problému za pomoci vhodne zvolenej metódy multikriteriálneho rozhodovania. Článok predstavuje určitú schému pre výber oceľového lana, pozostávajúcu z nasledovných krokov: definovanie jednotlivých kritérií hodnotenia, určenie niekoľkých variant riešení, expertný odhad váh vybraných kritérií a voľba najvhodnejšieho variantu spĺňajúceho požiadavky používateľa.

1. Úvod

Oceľové laná sa vyrábajú a používajú v priemyselných odvetviach akým je baníctvo, hutníctvo, strojnictvo, stavebníctvo, doprava. Predstavujú dôležitú súčasť mnohých strojov a zariadení, napr. stroje na zemné práce (rýpadlá, bagre), dopravníky, kladkostroje, stavebné stroje (buldozéry, žeriavy) a pod. Laná patria do skupiny výrobkov, ktorých sortiment je veľmi široký. Poznáme niekoľko druhov lán, z ktorých každý má svoje špeciálne vlastnosti nielen čo sa týka kvality drôtu, povrchovej úpravy, konštrukcie, účelu a miestu použitia, ale aj požiadaviek, ktoré sú kladené v rámci špeciálnej prevádzky.

2. Výber oceľového lana

Výber vhodného druhu lana a jeho následné použitie závisí od viacerých faktorov. Používateľa zaujímajú predovšetkým hodnoty mechanických a fyzikálnych veličín, ako je nosnosť oceľového lana, z nej vyplývajúca bezpečnosť, taktiež konštrukcia lana a jeho pracovné podmienky. Ďalším veľmi dôležitým kritériom je životnosť oceľového lana ovplyvňujúca nielen ekonomickú efektívnosť prevádzky strojov a zariadení, na ktorých oceľové lano pracuje, ale taktiež viacero činiteľov akými sú polomer ohybu lana, tlak lana na lanovnicu, merné zaťaženie lana a pod. Z uvedených poznatkov vyplýva, že vybrať si skutočne vhodné lano podľa vopred definovaných požiadaviek užívateľa nemusí byť stále jednoduchou záležitosťou. [1]

Hlavné zásady pre výber oceľových lán sú u nás dané normou STN 02 4300. Použitie týchto zásad je v rôznych priemyselných odvetviach rozdielne, preto je potrebné pri výbere lana vychádzať zo známych technicko-prevádzkových podmienok práce oceľového lana. Poznanie týchto podmienok práce je základom pre dosiahnutie dobrej životnosti oceľového lana. Vo všeobecnosti sa pod výberom lana rozumie voľba nasledovných parametrov [1]:

¹ Ing. Lenka Chabadová, Fakulta BERG TU v Košiciach, Ústav logistiky priemyslu a dopravy, Park Komenského 14, 043 84 Košice, Slovensko, Tel.: +421 55 602 3158, e-mail: lenka.chabadova@tuke.sk

² Prof. Ing. Dušan Malindžák, CSc., Fakulta BERG TU v Košiciach, Ústav logistiky priemyslu a dopravy, Park Komenského 14, 043 84 Košice, Slovensko, Tel.: +421 55 602 3125, e-mail: dušan.malindzak@tuke.sk

³ Prof. Ing. Ján Boroška, CSc., Fakulta BERG TU v Košiciach, Ústav logistiky priemyslu a dopravy, Park Komenského 14, 043 84 Košice, Slovensko, Tel.: +421 55 602 2813, e-mail: jan.boroska@tuke.sk

- konštrukcia oceleového lana,
- spôsob a smer vinutia oceleového lana,
- ochranu povrchu drôtov v lane,
- voľbu priemerov a pevnosti drôtov,
- výpočet lana.

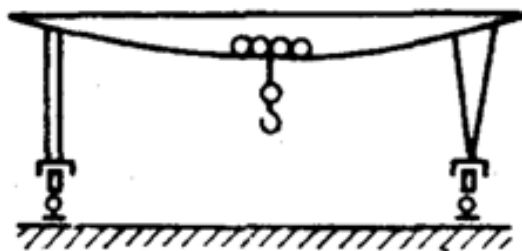
Voľba parametrov výberu je len jedným z krokov, ktoré je potrebné urobiť, aby si používateľ vybral skutočne dobré lano pre daný účel. V praxi sa zvyčajne ako určitá schéma takéhoto výberu používa nasledovný postup [2]:

1. Stanovenie, prípadne odhadnutie prevádzkových podmienok práce lana.
2. Odvodenie potrebných vlastností lana na základe známych alebo predpokladaných podmienok práce lana.
3. Výber konštrukcie lana a jeho parametrov.
4. Prevádzkové skúšky lana, získanie prevádzkových skúseností so zvolenou konštrukciou.
5. Určenie najvhodnejšej konštrukcie oceleového lana.

Z uvedených poznatkov vyplýva, že ak chceme spomedzi všetkých ponúkaných možností vybrať skutočne vhodné oceleové lano pre daný účel, je nutné si všímať veľké množstvo parametrov a faktorov, ktoré ho ovplyvňujú. V žiadnom prípade nemožno pri výbere aplikovať monokriteriálne hodnotenie, t.j. na základe iba jedného z možných kritérií. Je preto nevyhnutné dávať veľký dôraz práve na výber vhodných ukazovateľ. Ako pomôcku pri rozhodovaní je možné použiť niektorú z ponúkaných metód hodnotenia, ktoré sú veľmi často a s obľubou využívané v oblastiach, akými sú napr. logistika. V logistike sa v podobných prípadoch, keď subjekt závisí od viacerých faktorov alebo kritérií, najčastejšie využívajú metódy multikriteriálneho hodnotenia. Z teoretického hľadiska je teda možné aj v prípade výberu vhodného typu oceleového lana použiť pre kvalitné rozhodnutie práve niektorú z týchto metód. Pri riešení praktických problémov sa najčastejšie využíva napr. Pomerovo-Indexová metóda s jednoúrovňovou štruktúrou kritérií alebo metóda AHP (Analýza Hierarchických Procesov) s hierarchicky členenými kritériami. Obidve metódy využívajú pri určení váh a definovaní kritérií expertný prístup, čím sa výsledky metódy čiastočne objektivizujú.

3. Aplikácia metódy multikriteriálneho rozhodovania

V prípade aplikácie metód multikriteriálneho hodnotenia pre výber vhodného typu oceleového lana je nutné poznať, resp. špecifikovať konkrétne požiadavky používateľa. Požiadavka definovaná používateľom je nasledovná: výber oceleového lana pre stabilný lanový žeriav s nosnosťou bremena 5 ton. Stabilné lanové žeriavy sa najčastejšie používajú pri stavbách priehrad, na vyťahovanie dreva splavovaného po vode, na obsluhu voľných skládok dreva, na nakládku a vykládku bremien a pod. Obr. 1 zobrazuje základnú schému lanového žeriava pozostávajúcu z dvoch podpier, ktoré bývajú od seba obvykle vzdialené aj niekoľko sto metrov. Medzi nimi sú napnuté laná s mačkou, ktorá je opatrená zdvíhacím a ťažným lanom, navíjajúcim sa pomocou navíjadiel umiestnených na jednej z podpier. [6]



Obr. 1 Základná schéma lanového žeriava [6]

Postup výberu vhodného typu oceleového lana pomocou multikriteriálneho rozhodovania pozostáva z nasledovných krokov: definovanie kritérií hodnotenia, priradenie váh jednotlivým kritériám, výber variant riešenia a samotné hodnotenie.

3.1. Definovanie kritérií hodnotenia

Prvým krokom pri riešení takýchto úloh je definovanie kritérií (faktorov), ktoré ovplyvňujú načrtnutý problém. Na základe špecifikácií požiadaviek používateľa boli expertným spôsobom vytipované nasledovné kritéria hodnotenia:

- menovitý priemer lana,
- menovitá nosnosť lana,
- bezpečnosť lana,

- pomer medzi priemerom lanovnice a priemerom lana
- merné (špecifické) zaťaženie lana,
- menovitá hmotnosť lana.

Zvolené kritéria predstavujú základné technické parametre a technicko-prevádzkové podmienky práce lana. Hodnoty základných technických parametrov lán sú získané z katalógu oceľových lán [2]. Takmer všetky technicko-prevádzkové podmienky práce sú odvodené z teoretických výpočtov daných parametrov.

3.1.1. Základné charakteristiky kritérií hodnotenia

Menovitý priemer lana sa uvádza v príslušných normách.

Nosnosť lana je pre používateľa praktický najdôležitejšou vlastnosťou lana. Volí sa vzhľadom na veľkosť zaťaženia, ktoré bude lano niesť a príslušnú bezpečnosť lana. V uvedenom prípade ide o stabilný lanový žeriav s nosnosťou bremena 5 ton. Menovitá nosnosť lana je udávaná v tabuľkových častiach normy lana v závislosti od menovitej pevnosti drôtov.

Bezpečnosť lana je daná pomerom medzi započítateľnou nosnosťou lana a jeho maximálnym statickým zaťažením. Veľkosť bezpečnosti lana závisí od druhu zariadenia, na ktorom sa oceľové lano používa. Je daná príslušnými normami a bezpečnostnými predpismi. Hraničná hodnota žeriavových lán platná v rôznych európsky štátoch je 3 – 8,5. Súčiniteľ bezpečnosti pre nosné lano stabilných lanových žeriavov je 3,5. Čím je menšia bezpečnosť lana, tým je nižšia jeho životnosť. Používatelia by mali pri výbere lán postupovať tak, aby nevolili lano celkom na dolnej dovolenej hranici bezpečnosti.

Merné (špecifické) zaťaženie oceľového lana je veľmi jednoduchá veličina, pomocou ktorej sa posudzujú podmienky práce lana. Je to pomer medzi maximálnym statickým zaťažením lana a jeho nosným prierezom. Životnosť oceľového lana značne klesá pri špecifickom zaťažení lana nad 200 MPa. Výhodné sú teda láná, ktoré majú pri danom priemere maximálny nosný prierez.

Pomer priemeru lanovnice k priemeru lana je ďalší činiteľ, ktorý počas prevádzky výrazne ovplyvňuje životnosť lán. S rastúcou veľkosťou pomeru D/d sa jeho životnosť zväčšuje a s rastúcim zaťažením lana jeho životnosť klesá. V normách a rôznych predpisoch sa stretávame s udaním minimálnej hodnoty pomeru D/d, ktorej dodržanie je predpokladom dobrej životnosti. Veľkosť tohto pomeru sa pohybuje v pomerne širokých hraniciach, napr. pri žeriavoch to je 14 až 26. Tento pomer má byť pre zabezpečenie maximálnej životnosti lana čo najvyšší.

Pre samotného používateľa majú najväčší význam predovšetkým ekonomické kritéria, ktoré sú v mnohých prípadoch limitujúcim činiteľom pri výbere oceľového lana. V súčasnosti má asi najväčšiu váhu pri výbere, samotná výsledná cena lana, ktorá je vo väčšine prípadov závislá od hmotnosti. *Menovitá hmotnosť lana* je uvádzaná ako posledné kritérium hodnotenia. Priemerná cena lana sa pohybuje okolo 5 € za 1 kilogram.

Tab. 1 Základné charakteristiky vybraných kritérií hodnotenia

Názov kritéria	Označenie	Jednotka	Teoretický výpočet
Menovitý priemer lana	d	m	
Nosnosť lana	N_m	N	
Bezpečnosť lana	m	bezrozmerný koeficient	$m = \frac{N}{G_{max}}$ N – započítateľná, prípadne menovitá nosnosť lana N_m [N], G_{max} – maximálne statické zaťaženie lana [N].
Merné (špecifické) zaťaženie oceľového lana	σ_m	Pa	$\sigma_m = \frac{G_{max}}{S} (Pa)$ G_{max} – maximálne statické zaťaženie oceľového lana [N], S – nosný prierez oceľového lana [m ²].
Pomer priemeru lanovnice k priemeru lana	D/d	bezrozmerný koeficient	
Menovitá pevnosť drôtov	σ_t	Pa	

Na základe definovaných kritérií bola zvolená ako najvhodnejšia metóda riešenia. Pomerovo-Indexová metóda, ktorá sa využíva predovšetkým v prípadoch, keď je potrebné všetky faktory, kritéria koncentrovať do jedného rozhodnutia napr. pri výbere a hodnotení dodávateľov. Základnými charakteristickými znakmi, ktoré prispeli k výberu metódy [3]:

- kritéria majú rôzny charakter z hľadiska kvantifikácie, náhodnosti,
- kritéria sú z rôznych oblastí,
- majú rôznu dôležitosť k cieľu analýzy.

3.2. Priradenie váh kritériám

Hodnotenie dôležitosti kritérií k plneniu hlavného cieľa bolo realizované expertným spôsobom. Oslovení odborníci pochádzali z troch rôznych oblastí. Jeden z expertov bol teoretik, druhý prevádzkovateľ, čiže praktik a posledný, ktorý sa podieľal na odhade váh a definovaní kritérií pochádzal z ekonomickej oblasti. Každý z nich určil váhy jednotlivých kritérií, ktoré sú uvedené

v Tab. 2. Váhy w_i vyjadrujú dôležitosť každého kritéria, ako aj pomer dôležitosti medzi kritériami navzájom. Z praktického hľadiska je doporučené, aby suma váh bola rovná 1.

$$\sum_{i=1}^n w_i = 1 \quad i = 1, 2, \dots, n, n \text{ je počet kritérií} \quad (1)$$

Keďže tento vzťah bol platný len u experta č. 1, bolo potrebné normalizovať kritéria podľa vzťahu:

$$w_i = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (2)$$

Z hodnôt normovaných váh boli následne určené celkové priemerné hodnoty váh jednotlivých kritérií.

Tab. 2 Váhy kritérií

Názov kritéria	Váhy kritérií definované expertmi			Hodnoty normovaných váh			Priemerná hodnota váh
	Expert 1	Expert 2	Expert 3	Expert 1	Expert 2	Expert 3	
F1 Menovitý priemer lana [mm]	0,1	0,05	0,15	0,100	0,048	0,167	0,105
F2 Menovitá nosnosť lana [kN]	0,1	0,1	0,05	0,100	0,095	0,056	0,084
F3 Bezpečnosť	0,15	0,2	0,25	0,150	0,190	0,278	0,206
F4 Memé zaťaženie ocelového lana [MPa]	0,2	0,2	0,1	0,200	0,190	0,111	0,167
F5 Pomer priemeru lanovnice k priemeru lana	0,25	0,2	0,05	0,250	0,190	0,056	0,165
F6 Menovitá pevnosť drôtov [MPa]	0,1	0,15	0,2	0,100	0,143	0,222	0,155
F7 Menovitá hmotnosť lana [kg.m ⁻¹]	0,1	0,15	0,1	0,100	0,143	0,111	0,118
Suma váh	1	1,05	0,9	1,000	1,000	1,000	1,000

3.3. Určenie variantov riešenia

Z ponúkaných možností boli pre stabilné lanové žeriavy s nosnosťou bremena 5 ton, na základe vypočítanej nosnosti ocelového lana s hodnotou 171,675 kN vybrané nasledovné varianty riešenia:

Variant č. 1: Ocelové lano šesťpramenné – ŠTANDARD,
Počet drôtov: 6x37=222,
Konštrukcia: 6x(1+6+12+18)+v,
STN 02 4324.

Variant č. 2: Ocelové lano šesťpramenné – SEAL,
Počet drôtov: 6x31=186,
Konštrukcia: 6x(1+6+12+12)+d49,
STN 02 4351.

Variant č. 3: Ocelové lano osempramenné – SEAL,
Počet drôtov: 8x19=158,
Konštrukcia: 8x(1+9+9)+v,
DIN 3062.

3.4. Hodnotenie

Jednotlivé varianty V_j , hodnotíme pomocou vybraných faktorov (HV_j). Hodnoty faktorov (HF_{ij}), uvedené v Tab. 3 sú získané z noriem pre vybrané typy ocelových lán alebo sú odvodené na základe teoretických výpočtov. Celkové ohodnotenie variantov predstavuje sumu všetkých súčinov každého variantu, vypočítané podľa vzťahu (3). Úloha multikriteriálneho rozhodovania bola definovaná maximalizačne, teda najvhodnejším riešením voľby ocelového lana je variant č. 3 - ocelové lano osempramenné - SEAL, kde súčet všetkých celkových hodnotení je maximálny.

$$HV_j = \sum_{i=1}^n HF_{ij} \cdot w_i \quad (3)$$

kde, $i=1,2,\dots,n$, $j=1..m$, n je počet kritérií a m je počet variant.

Hodnotenie variantu:

$$V_j(\text{optim}) = \max(HV_j) \quad (4)$$

Výsledné riešenie:

Tab. 3 Tabuľka hodnotenia

Názov kritéria	Váha kritéria	Variant 1		Variant 2		Variant 3	
		HF_{i1}	$Hf_{i1} \cdot w_i$	HF_{i2}	$Hf_{i2} \cdot w_i$	HF_{i3}	$Hf_{i3} \cdot w_i$
F1 Menovitý priemer lana [mm]	0,105	18	1,886	16	1,676	18	1,886
F2 Menovitá nosnosť lana [kN]	0,084	175,2	14,646	173,6	14,513	174,0	14,546
F3 Bezpečnosť	0,206	3,5	0,721	3,5	0,721	3,5	0,721
F4 Merné zaťaženie oceľového lana [MPa]	0,167	439,6	73,499	443,6	74,168	442,6	74,001
F5 Pomer priemeru lanovnice k priemeru lana	0,165	22,2	3,671	22,2	3,671	22,2	3,674
F6 Menovitá pevnosť drôtov [MPa]	0,155	1570	243,392	1570	243,392	1570	243,392
F7 Menovitá hmotnosť lana [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$]	0,118	1,03	0,122	0,84	0,099	1,13	0,133
Celkové hodnotenie variantov	1,000		337,936		338,239		338,353

4. Záver

Článok popisuje výber vhodného typu oceľového lana podľa definovaných požiadaviek používateľa, za pomoci metód multikritériálneho rozhodovania. Uvedený príklad využíva hodnoty získané z noriem alebo z teoretických výpočtov, ktorých veličiny sú udávané v rôznych rozmerových jednotkách, čo môže spôsobiť skreslenie celkového ohodnotenia jednotlivých variant. V podobných prípadoch sa často používa hodnotenie kritérií napr. v určitom dopredu definovanom intervale tzv. kardinálnej miere. Hodnota kardinálnej miery, čiže rozpätie hodnotenia, definuje citlivosť danej metódy. Čím väčší počet variantov a väčší počet faktorov, tým väčšie rozpätie, väčšia kardinálna miera. Pri riešení sa môže použiť taktiež metóda párového porovnania hodnôt jednotlivých kritérií, ako aj iné metódy. Avšak, všetky uvedené spôsoby hodnotenia využívajú expertný prístup, t.j., z väčšej časti sú zaťažené subjektívnymi vplyvmi, podobne ako je to u mnohých kvalitatívnych metód. Preto sa v takýchto prípadoch, kedy hodnoty definovaných kritérií majú rôzne jednotky, odporúča použiť napr. analytický prístup k hodnoteniu prostredníctvom výpočtu plochy/objemu N - rozmerného priestoru, aplikáciou pavúčich diagramov alebo použitím metódy vektorového počtu.

Článok je súčasťou riešenia grantového projektu VEGA 1/0864/10 s názvom "Návrh modelu integrovaného dopravného systému nerastných surovín riadeného informačným systémom s implementáciou zelenej logistiky" a VEGA 1 / 0095 / 10 "Výskum podmienok degradácie a pokles životnosti dopravníkových pásov potrubných dopravníkov s použitím progresívnych matematických a simulačných metód pre zvýšenie spoľahlivosti" a APVV Projekt SK-SRB-0034-09 s názvom "Návrh logistického modelu ťažobného podniku s aplikáciou princípov dopravnej a reverznej logistiky."

Literatúra:

- [1] Boroška, J., Hulín, J., Lesňák, O.: Oceľové laná, - Bratislava : Alfa, 1982., 479 s., ISBN (viaz.).
- [2] Oceľové laná, firemné materiály, Drôtovňa, a.s., 1999.
- [3] Malindžák, D. – Takala, J.: Projektovanie Logistických Systémov: (teória a prax). Košice: EXPRES PUBLICIT s r.o., 2005. 221 s. ISBN 88-8073-282-5.
- [4] Malindžák, D.: Výrobná logistika 1, 2. opr. a rozš. vyd. - Košice : Štroffek, 1997. - 167 s., ISBN 80-967636-6-0.
- [5] Chabadová, L., Malindžák, D.: RAL model ako základné teoretické východisko pre tvorbu metód hodnotenia výrobných stratégií, Acta Montanistica Slovaca. - ISSN 1335-1788. - Roč. 15, č. 1 (2010), s.61-66.
- [6] Žeriavy [online]. [cit 2010-25-08] Dostupné na internete: http://informatika.wbl.sk/zeriavy_v_st_pcoch1_upravene.doc.
- [7] Chabadová, L.: Analytické metódy hodnotenia výrobných stratégií podniku, Písomná časť dizertačnej skúšky, 2010.

Recenzia/Review: prof. doc. Ing. Eduard Štroffek, CSc.