

Ing. František S o l n a ř, OŘ SHD

Metodika měření rypných odporů

Za jeden z rozhodujících parametrů, určujících kvalitu, či použitelnost kolesového rypadla, je v posledních letech považována měrná rypná síla udávaná v kp na cm délky řezné hrany. Všeobecně je pro vztah mezi měrnou rypnou silou a okamžitým dobývaným výkonem používán tzv. vzorec RVHP ve tvaru:

$$k = \frac{232 N - QD}{\sqrt{QDn + 1,59 Dr}}$$

kde: k měrná rypná síla (kp/cm)
N výkon motoru pohonu kola (kw)
Q okamžitý výkon rypadla (m³/h rostlé zeminy)
D průměr kola (přes zuby) (m)
n počet výsypů (min⁻¹)
r poloměr rohového zaoblení řezné hrany korečku (m)

Poznámka: Z měření VÚHU vyplývá, že pro celkovou mechanickou účinnost pohonu kola $\eta_M = 0,85$ by konstanta 232 měla být nahrazena konstantou 220.

Výše uvedená rovnice je vlastně rovnicí hyperboly vyjadřující závislost dvou základních vztahů k a Q.

Jestliže tedy nějakým jiným způsobem stanovíme k (tj. měrnou rypnou sílu), můžeme korigovat dosahovaný výkon při dodržení parametrů rypadla. Protože měrná rypná síla je evidentně podílem mezi obvodovou silou na kolese a celkovou délkou řezných hran v záběru, zůstává problémem určit tyto dvě hodnoty.

Pro měření měrných rypných odporů dobývané zeminy byly vypracovány metodiky výrobcem, to je Uničovskými strojírnami, národní podnik a Výzkumným ústavem pro hnědé uhlí v Mostě. Obě metodiky se liší jak ve

stanovení vstupních hodnot, tak i ve zpracování a vyhodnocení těchto hodnot.

Metodika Uničovských strojíren

Obvodová síla

$$P_o = \frac{P_1 \cdot R_1}{R}$$

P_1 síla naměřená v táhle převodovky

R_1 rameno působení síly P_1 k ose kola

R poloměr kola

Specifický rypný odpor pak bude:

$$k = \frac{P_o}{100 L}$$

L délka řezných hran v záběru

$$L = \frac{1}{2\pi} \left[\beta b + \left(\frac{3\beta}{\pi} - 0,425 \right) \cdot (h_{\max} + 0,7 r) \right]$$

kde: i počet řezných hran (korečky + mezibřity)

β úhel záběru kola (odpovídá obvodu kola ve styku se zemí)

b šířka třísky

$h_{\max}$ hloubka třísky ve vodorovné rovině proložené osou kola

r rohové zaoblení řezné hrany břitů

Pro výpočet jsou tedy nutné tyto vstupní údaje:

A. Dané konstanty: D ; i ; r

B. Měřené hodnoty: P_1 ; b ; $h_{\max}$; β

Podmínky: dodržet $\beta \leq 90^\circ$; $\frac{h_{\max}}{b} = 1,46$

Metodika Výzkumného ústavu pro hnědé uhlí

Obvodová síla

$$P_o = 975 \frac{N \cdot \eta_M}{R \cdot n_o}$$

N výkon motoru

η_M mechanická činnost pohonu

R poloměr kola (přes zuby)

n_o otáčky kola

Specifický rypný odpor opět je roven výrazu

$$k = \frac{P_o}{100 L}$$

$$L = \frac{1}{2i} \cdot h_{\max} \left\{ \beta + \left[1 - \cos \beta + \frac{h_{\max}}{2D} \left(\beta + \frac{\sin 2\beta}{2} \right) \right] \right\}$$

i počet řezných hran

$h_{\max}$ hloubka třísky ve vodorovné rovině proložené osou kola

β úhel záběru kola

D průměr kola (přes zuby)

Metodika VÓHU zanedbává vliv rohového zaoblení řezné hrany břitu.

Pro výpočet jsou tedy nutné tyto vstupní údaje:

A. Dané konstanty: D ; i ; n_o ; η_M

B. Měřené hodnoty: N ; $h_{\max}$; β

Podmínky: dodržet $\beta = 90^\circ$; $h_{\max} = b$ (čtvercová tříska)

Obě dvě uvedené metodiky mají celou řadu závažných nedostatků a zejména se dochází ke značně rozdílným výsledkům. Tato tvrzení lze prokázat kontrolním výpočtem hodnoty L podle obou způsobů, např. pro rypadlo KU 800.

Dáno: $D = 12,5$ m; $i = 20$; $\beta = 90^\circ$; $r = 0,35$ m; $h_{\max} = 0,1$ m;
0,25 m; 0,5 m; čtvercová tříska

Výpočtem docházíme k těmto výsledkům:

$h_{\max}$	L dle SU	L dle VÓHU
0,1	1,681	0,820
0,25	2,944	2,059
0,5	5,051	4,141

což znamená rozdíly o 105 %, 43 % a 22 % ve třetím případě. Jestliže upravíme tvar třísky podle požadavku SU, tzn. $\frac{h_{\max}}{b} = 1,46$ při stejném výkonu odpovídajícímu $h_{\max} = 0,25$ pro čtvercovou třísku, dostáváme $L = 2,908$ m.

Z uvedeného výpočtu vyplývá, že tak zvaná "optimální tříska" znamená přínos pouhých 1,2 %, ale rozdíly mezi výpočtem VÚHU a SU zůstávají. Vzhledem k asymetrickému uložení kola vznikne navíc značný rozdíl ve skutečné délce řezných hran při hrabání vlevo nebo vpravo.

Dalším závažným nedostatkem společným pro obě metodiky je nerespektování celé řady faktorů, ovlivňující výslednou obvodovou sílu, měřitelnou uvedenými metodikami. Je nesporné, že výsledná obvodová síla na kolese bude funkcí těchto hodnot:

- celková délka řezných hran v záběru
- síla nutná k vynášení materiálu
- velikost a tvar třísky
- stav ostří řezných hran a jejich geometrie
- pasivní odpory otěrového prstence
- rypný odpor dobývaného materiálu.

Uvedené metodiky respektují z těchto faktorů pouze délku řezných hran (rozpor je již uveden) a velikost a tvar třísky, kdežto všechny ostatní vlivy přičítají rypným odporům dobývaného materiálu. Tímto dochází ke značnému zkreslení výsledků. Zejména zanedbání odporu otěrového prstence, které může činit až 25 - 30 % celkové obvodové síly, nutně zpochybňuje výsledky takto naměřené.

Poznámka: Odpor otěrového prstence byl dostatečně prokázán, například u rypadla KU 300 S/2 na dole Barbora, kde docházelo k neustálému přestřihávání střížných kolíků, dimensovaných na obvodovou sílu cca 6 Mp, z celkové obvodové síly 20,5 Mp. Teprve po zesílení tohoto kolíku na pevnost ekvivalentní 10 Mp obvodové síly tento jev ustal.

Vlastní způsob snímání hodnoty odpovídající obvodové síle je dle metodiky SU objektivnější, neboť umožňuje částečně eliminovat vlastní dynamické účinky pohonu a kola samotného. (Za předpokladu dosažení

stejných ustálených hodnot na počátku a konci měření tzn. velikost síly v táhle převodovky, velikost síly v táhle otěrového prstence a otáček motoru).

K vlastnímu navrhovanému způsobu zjištění průměrné hodnoty měrného rypného odporu pomocí planimetru je však nutno připomenout, že tento grafický způsob bude značně nepřesný a jelikož bude obtížné schopn zachytit špičky o velmi krátké době trvání, bude zřejmě i nevěrohodný. Objektivnost měření by bylo možno zajistit pouze pomocí integrátoru s velmi malou časovou konstantou.

Z uvedeného návrhu metodiky dle SU je zřejmá snaha výrobce prokázat, že i při relativně nízké hodnotě měrného rypného odporu (v průměru) dochází ke značným špičkovým hodnotám, a tedy k překračování zadáných parametrů.

Metodika WĚHU naproti tomu tím, že snímá výkonové hodnoty hnacího motoru, využívá rotujících hmot celého pohonu jako integrujícího prvku a dává přesnější výsledky při zjišťování průměrné velikosti měrného rypného odporu. Ovšem není schopna zachytit krátkodobé špičkové hodnoty.

Poznámka: Vzorce pro výpočet celkové délky řezných hran v záběru jsou v obou případech odvozeny z teoretických prací citovaných různými autory (Pajer, Limberk apod.). Ve všech těchto pracích je při výpočtu celkové délky řezných hran v záběru použito "součtové věty", čímž se autoři depustili jistě nepřesnosti, neboť hodnota L je v intervalu od $\varnothing$ do β proměnná a má několik maxim značně převyšujících vypočítanou průměrnou hodnotu L dle uvedených vzorců.

Závěr

Vzhledem k nedostatkům obou metodik by bylo vhodné:

- A. V daných podmínkách (tzn. dané zemině) změřit sílu v táhle převodovky a současně v táhle otěrového prstence a tímto způsobem stanovit odpor otěrového prstence a tento přepečíst na podíl obvodové síly.

- B. Přesně definovaným měrným korečkem; tzn. počet a tvar zubů, tvar břitu, velikost a tvar třísky; změřit hodnotu měrného rypného odporu.
- C. Naměřenou hodnotu měrného rypného odporu zvětšit o ekvivalentní odpor otěrového prstence a takto získaný výsledný měrný rypný odpor používat pro další výpočet.
- D. Pro vztah mezi měrným rypným odperem a okamžitým výkonem rypadla uvažovat jako s m l u v n í buďto vzorec RVHP v původním tvaru, a nebo ve zjednodušeném tvaru

$$k = \frac{220 \text{ N}}{\sqrt{QDn} + 1,59 \text{ DNr}}$$

S h r n u t í

Metodika měření rypných odporů

Cílem článku je vyvolat diskusi o jednom z nejožehavějších problémů při hodnocení kolesových rypadel a jejich nasazení. Jsou zde stručně popsány dosavadní metody měření rypných odporů, jejich klady a nedostatky a nastíněna metodika objektivnějšího způsobu měření.

Р е з ю м е

Методика измерения величины сопротивления копаню

Статья ставит себе целью постановку, для возбуждения широкой дискуссии, одной из самых жгучих проблем, выдвигающихся в связи с оценкой роторных экскаваторов и целесообразности их применения. Дано краткое описание существующих методов измерения сопротивлений копаню с указанием положительных и отрицательных черт каждого. Предлагается более объективная методика измерения.