Ing. Oldřich K l i m e c k ý, CSc., VÚHU
Ing. Helena V e v e r k o v á, VÚHU

Výkonnostní přiřazení DPD a zakladače ke KU 800 v rámci TC 2

1.0 Obecné zásady výkonnostní sladěnosti technologického zařízení v TC

Základní faktory ovlivňující z hlediska teoretické výkonnosti přiřazení jednotlivých technologických zařízení v TC jsou především:

1/ Krátkodobé /resp. okamžité/ výkonnostní objemové špičky vznikající z objektivních i subjektivních příčin /technického a provozního charakteru/ v průběhu vlastního dobývání kolesovým rýpadlem

2/ Existence řady technických a provozních vlivů snižujících a omezujících objemovou výkonnost /resp. přepravní schopnost/ DPD a zakladače.

Za účelem dosažení výkonnostní sladěnosti jednotlivých technologických zařízení v rámci TC je proto nutné vytvořit u DPD a zakladače objemovou výkonnostní rezervu ve vztahu k teoretické výkonnosti kolesového rýpadla.

Pro teoretické stanovení objemové výkonnostní rezervy u DPD /a v podstatě i zakladače/ se v zahraničí používají následující způsoby výpočtu a zásady :

1. Mause /1/ /NSR/

/1/ $V_j = 1{,}2\ Q_{th}$ /$m^3 sz.hod.^{-1}$/

kde: V_j /$m^3 sz.hod.^{-1}$/ - jmenovitá teoretická objemová výkonnost DPD /stanovená podle DIN 22 101/

Q_{th} /$m^3 sz.hod.^{-1}$/ - teoretická výkonnost kolesového rýpadla

$$Q_{th} = n_V \, /V_K + 0{,}5V_M/ \cdot 60 \; /m^3 sz.hod.^{-1}/$$

kde: n_V /min.$^{-1}$/ - počet výsypů

V_K /m^3/ - objem korečku

V_M /m^3/ - objem mezikruží

$V_M \doteq 0{,}5 \, V_K$ - obecně platná zásada u zahraničních konstrukcí bezkomorových kolesů

2. Hoffmann /2/ /NSR/

/2/ $V_j = /1{,}25 \div 1{,}35/ \; Q_{th}$ /m^{3}sz.hod.$^{-1}$/

kde: $Q_{th} = n_V \, /V_K + 0{,}5 \, V_M/ .60$ /m^{3}sz.hod.$^{-1}$/

$V_M \doteq 0{,}5 \, V_K$

Uvedený vztah /2/ zahrnuje i vliv sklonu pásového dopravníku na jeho objemovou výkonnost.
Závislost mezi teoretickou výkonností kolesových rýpadel a parametry přiřazené DPD je v tabulce 1.

Tabulka 1

Šířka pásu B	Teoretický ložný profil	Rychlost pásu v	V_j	$\frac{V_j}{1{,}35}$	$\frac{V_j}{1{,}25}$	Q_{th} min.-max.
/m/	/m^2/	/m.s^{-1}/	/m^{3}sz.s^{-1}/			/m^{3}sz.hod.$^{-1}$/
1,2	0,178	3,8	0,6942	0,5142	0,5554	1850 - 2000
1,6	0,326	4,5	1,467	1,0867	1,1736	3910 - 4220
1,8	0,417	4,5	1,8765	1,39	1,5012	5000 - 5400
2,0	0,518	4,5	2,331	1,7267	1,8648	6220 - 6710
2,2	0,648	4,5	2,916	2,16	2,3328	7780 - 8400
2,4	0,785	4,5	3,5325	2,6167	2,826	9420 -10170
2,6	0,943	4,5	4,2435	3,1433	3,3948	11320-12220
2,8	1,107	4,5	4,9815	3,69	3,9852	13280-14350
3,0	1,2	4,5	5,805	4,3	4,644	15480-16270

3. Strzodka /3/, Härtig /4/ /NDR/

/3/ $V_j = 1{,}3\ Q_{th}$ /$m^3 sz.hod.^{-1}$/ - empirický vztah

kde: $Q_{th} = n_v\ /V_K + 0{,}5\ V_M/ \ .\ 60$ /$m^3 sz.hod.^{-1}$/

4. Žur /5/, Wišniewski /6/ /PLR/

/4/ $V_j = 1{,}32\ Q_{th}$ /$m^3 sz.hod.^{-1}$/ - empirický vztah

kde: $Q_{th} = n_v\ /V_K + 0{,}5\ V_M/ \ .\ 60$ /$m^3 sz.hod.^{-1}$/

Z uvedeného vyplývá, že v zahraničí se používá přibližně jednotný způsob výpočtu, přičemž udávaná velikost objemové výkonnostní rezervy u DPD je 20 až 35 % teoretické výkonnosti kolesového rýpadla.

V zahraniční praxi je pak situace ve výkonnostním přiřazování jednotlivých zařízení v rámci technologických komplexů následující:

- výkonnostní poměry u technologických zařízení jednotlivých komplexů v NSR jsou dle /7/ v tabulce 2.

Tabulka 2

	Denní výkonnost komplexu /m^3rz/19,2 hod./					
	100 000	poměr	200 000	poměr	240 000	poměr
Jmenovitá výkonnost /$m^3 sz.hod.^{-1}$/	7 400	-	13 500	-	16 200	-
Teoretická výkonnost kolesového rýpadla /$m^3 sz.hod.^{-1}$/	8 450	-	15 860	-	19 120	-
Teoretická výkonnost DPD /$m^3 sz.hod.^{-1}$/	10 400	1,23	23 400	1,47	23 400	1,22
Zakladač - teoret.výkon. pásu č. 1 /$m^3 sz.hod.^{-1}$/	10 400	1,23	24 700	1,56	24 700	1,29

Poznámka: Hodnoty pro komplex s výkonností 240 000 m^3rz/den byly dopočítány s použitím údajů dle /8/

- výkonnosti kolesových rýpadel a tomu odpovídající parametry přiřazené DPD v NSR jsou dle /9/ v tabulce 3.

Tabulka 3

Výkonnost kolesových rýpadel /m^3rz/den/	Parametry přiřazené DPD	
	Šířka /mm/	Rychlost /$m.s^{-1}$/
40 000	1600	5,2
60 000	1800	5,2
110 000	2200	5,2 - 6,5
200 000	3000	6,0 - 6,5
240 000	2800	7,5

- skladba a výkonnostní poměry technologického komplexu nasazeného na lomu Greinfenheim v NDR jsou dle /10/ v tabulce 4.

Tabulka 4

	Kolesové rýpadlo	DPD	Zakladač
	SRs 6300	š.2500 mm /6,5ms.$^{-1}$/	A_2RsB.15 400
Teoretická výkonnost /m^3sz.hod.$^{-1}$/	14 000	15 400	15 400
Poměr	-	1,1	1,1

- skladba a výkonnostní poměry technologických komplexů nasazených na lomu Belchatow v PLR jsou dle /11/ v tabulce 5.

Tabulka 5

	Kolesové rýpadlo	DPD	Zakladač
	SchRs4600	š. 2250 mm /5,24 $ms.^{-1}$/	A_2RsB.12 500
Teoretická výkonnost /m^3sz.$hod.^{-1}$/	9 400	13 200	12 700
Poměr	-	1,4	1,35

- další údaje týkající se konkrétní skladby některých technologických komplexů jsou následující

Ordžokinidze /SSSR/ /12/

SchRs 1500 /5 000 m^3sz.$hod.^{-1}$/ - DPD š. 1800 mm

Alexandriaugol /SSSR/ /13/

ERŠR 1600 /5 000 m^3sz.$hod.^{-1}$/ - DPD š. 1800 mm

Thoréz /MLR/ /14/

SRs 2000 /4 300 m^3sz.$hod.^{-1}$/ - DPD š. 1600 mm

Ptolemais /Řecko/ /14/

SRs 2000 /5 760 m^3sz.$hod.^{-1}$/ - DPD š. 1800 mm aj.

Z uvedeného vyplývá, že v zahraniční praxi se u technologických komplexů s výkonností 40 000 až 60 000 m^3rz/den /teoretická výkonnost cca 5 000 m^3sz.$hod.^{-1}$/, tj. pro výkonnostní parametry odpovídající TC 2 s KU 800 /35 000 až 43 500 m^3rz/ /den, 4500 m^3sz.$hod.^{-1}$/ zpravidla

- používá objemová výkonnostní rezerva u DPD /a také zakladače/ ve výši 20 až 25 % teoretické výkonnosti kolesového rýpadla
- přiřazuje DPD š. 1600 a 1800 mm /v = 4,5 až 5,2 ms^{-1}/.

2.0 Výkonnostní_charakteristika_jednotlivých_zařízení_TC_2

2.1 KU_800

U kolesových rýpadel v průběhu dobývání štěpiny vlivem

- skluzů resp. lokálních sesuvů hornin na dobývací orgán
- proměnlivých fyzikálně-mechanických vlastností a nehomogenity hornin
- změn nastavených parametrů třísky při vlastním rozpojování aj.,

dochází ke krátkodobým resp. okamžitým změnám v plnění kořečků a mezikruží /tj. v objemu výsypu/.
Obecně tedy průběh výkonnosti u kolesových rýpadel při dobývání jednotlivých štěpin není konstantní, ale kolísá v určitém rozmezí hodnot, i když parametry třísky jsou ručně nebo programově nastaveny. Objektivní závislosti mezi kolísáním a nastavením výkonnosti pro daný typ stroje a geologicko-technické podmínky dobývání nebyly dosud určeny. Většinou se však předpokládá, že je možné s určitou přesností vyjádřit rozložení výkonnosti u kolesových rýpadel pomocí normálového rozdělení / /15/, /16/ aj./.
V tomto případě obecně platí

/15/ $\eta = \mu + \sigma \cdot z_\alpha$ /m^3sz.hod.$^{-1}$/

kde: $\eta = Q^p_{max}$ /m^3sz.hod.$^{-1}$/ - max. krátkodobá výkonnost s pravděpodobností výskytu p /%/

μ /m^3sz.hod.$^{-1}$/ - střední výkonnost /aritmetický průměr/

σ /m^3sz.hod.$^{-1}$/ - směrodatná odchylka výkonnosti

z_α - součinitel pro normálové rozdělení /tabulková hodnota závislá na α/

/6/ $\sigma^2 = f \cdot \mu^2$ /$m^6 sz.hod.^{-2}$/

kde: σ^2 /$m^6 sz.hod.^{-2}$/ - kvadratický rozptyl

f - poměr mezi kvadratickým rozptylem a kvadrátem střední výkonnosti

Po úpravě

/7/ $Q^p_{max} = \mu /1 + z_\alpha \cdot \sqrt{f}/$ /$m^3 sz.hod.^{-1}$/

Pro případ $\mu = Q_{tech}$ pak platí

/8/ $Q^p_{max} = Q_{tech} /1 + z_\alpha \cdot \sqrt{f}/$ /$m^3 sz.hod.^{-1}$/

Součinitel nerovnoměrnosti výkonnosti lze definovat vztahem

/9/ $k_r = /1 + z_\alpha \cdot \sqrt{f}/$

Po dosazení a úpravě

/10/ $Q^p_{max} = k_r \cdot Q_{tech}$ /$m^3 sz.hod.^{-1}$/

Podle vztahu /10/ lze tedy na základě vyhodnocení provozních měření výkonnosti u kolesových rýpadel /tj. určení k_r/ stanovit pro nastavenou technickou výkonnost /Q_{tech}/ velikost max. krátkodobé výkonnosti /Q^p_{max}/ s pravděpodobností výskytu p /%/.

U KU 800 je situace následující

- pro teoretickou výkonnost 4 500 $m^3 sz.hod.^{-1}$ /udávanou výrobcem k.p. UNEX/ jsou bezkomorová kolesa značně výkonnostně předimensována. Max. výkonnost dobývacích orgánů, tj. průchodnost koles je cca 2 až 4krát větší /8 695 až 17 855 $m^3 sz.hod.^{-1}$/ než udávaná teoretická výkonnost stroje
- z objektivních i subjektivních příčin technického a provozního charakteru značné objemové předimensování korečků a mezikruží u bezkomorových koles pak umožňuje v průběhu dobývání štěpiny dosažení krátkodobých výkonnostních

špiček v širokém rozmezí hodnot, i když parametry třísky jsou nastaveny.
Stávající používané zařízení pro regulaci výkonnosti u KU 800 neumožňuje v podstatě krátkodobé výkonnostní špičky vyloučit ani účinně eliminovat.
Max. velikost krátkodobých výkonnostních špiček je limitována pouze průchodností středního přesypu stroje, která podle druhu těživa je cca 5 600 až 8 100 $m^3 sz\text{-}hod.^{-1}$ /provedenou rekonstrukcí lze předpokládat určité zvýšení průchodnosti/

- součinitel nerovnoměrnosti výkonnosti u KU 800 /stanovený na základě vyhodnocení provozních měření/ má velikost k_r = 1,55. Pro nastavenou technickou výkonnost 4 500 $m^3 sz.hod^{-1}$ lze tedy předpokládat velikost max. krátkodobé výkonnosti $Q^{p}_{max} \doteq 7\,000\ m^3 sz.hod.^{-1}$ /s pravděpodobností výskytu p = 5%/.

2.2 DPD

Podle stupně využití šířky pásu lze definovat u pásového dopravníku teoretickou objemovou výkonnost

- jmenovitou /V_j/ dle ČSN 26 3102
  pro b = 0,9 B - 0,05 /m/

  kde: b /m/ - využitá šířka pásu
  B /m/ - šířka pásu

- max. krátkodobou /V_{max}/
  pro b $\doteq$ B

  Poznámka: V_{max} je extrémní hodnota, kterou lze považovat pouze za určitou rezervu v objemové výkonnosti pásového dopravníku.

Součinitel krátkodobé objemové přetížitelnosti pásového dopravníku /k_p/ je v dalším definován vztahem

/11/ $$k_p = \frac{V_{max}}{V_j}$$

Tento součinitel v podstatě udává velikost krátkodobého objemového přetížení pásového dopravníku ve střední části, aniž by teoreticky došlo k přepadávání těživa přes okraje pásu.

Velikosti jmenovité a max. krátkodobé teoretické objemové výkonnosti a součinitele krátkodobé přetížitelnosti DPD jsou uvedeny v tabulce 6.

Tabulka 6

Šířka pásu B /mm/	Rychlost v /$m.s^{-1}$/	Jmenovitá objemová výkonnost V_j /$m^3 sz.hod^{-1}$/		Maximální krátkodobá objemová výkonnost V_{max} /$m^3 sz.hod^{-1}$/		Součinitel krátkodobé přetížitelnosti k_p
		$\psi = 20^o$	$\psi = 25^o$	$\psi = 20^o$	$\psi = 25^o$	
1600	5,0	5 465	5 945	7 414	8 033	
1800	5,0	6 990	7 595	9 392	10177	$\sim 1,3$
1800 /inovovaná/	5,2	7 649	8 233	10247	10989	

Poznámka: ψ - sypný úhel těživa

Dosažení jmenovité resp. krátkodobé teoretické objemové výkonnosti u DPD je zpravidla limitováno průchodností přesypů. Z provedené analýzy příčin závalů na přesypech DPD pak vyplývá:

a/ cca 86 % je zaviněno
- vybočením pásu /především vlivem ustavení pásových dopravníků/
- prokluzy pásu
- neseřízenými doběhy pásových dopravníků v lince aj.

b/ cca 10,5 % je dáno
- kusovitostí a lepivostí těživa
- obsluhou a údržbou

c/ cca 3,5 % ostatní.

Jedná se tedy o komplex vzájemně souvisejících příčin technického a provozního charakteru.

2.3 ZP 6600

Teoretická výkonnost ZP 6600 je 6 600 $m^3 sz.hod.^{-1}$ při objemové hmotnosti materiálu 1,6 $t.m^{-3}$ /dle údajů výrobce k.p. VŽKG/. Max. velikost krátkodobých výkonnostních špiček je limitována průchodnosti středního přesypu, která je podle druhu těživa cca 5400 až 7400 $m^3 sz.hod.^{-1}$ /provedenou rekonstrukcí bude nutné objektivně vyhodnotit/.

3.0 Výkonnostní přiřazení DPD a zakladače ke KU 800

Bezkomorová kolesa KU 800 jsou pro udávanou teoretickou výkonnost stroje značně výkonnostně předimensována a proto se při stanovení výkonnostního přiřazení DPD /z hlediska teoretických výkonností/ v dalším vychází z výsledků vyhodnocení a rozborů provozních měření.
V podstatě pak lze uvažovat následující podmínky sladěnosti:

/12/ $$V_P^{I*} = \frac{k_r}{k_p \cdot k_s} \cdot Q_{tech} \quad /m^3 sz.hod.^{-1}/$$

kde: V_P^I /$m^3 sz.hod.^{-1}$/ - teoretická objemová výkonnost přiřazené DPD

Q_{tech}/$m^3 sz.hod.^{-1}$/- technická výkonnost KU 800

k_r - součinitel nerovnoměrnosti výkonnosti KU 800

k_p - součinitel krátkodobé objemové přetižitelnosti DPD

k_s - koeficient korekce průřezu náplně pásu vlivem sklonu /dle ČSN 26 3102/

/13/ $$V_P^{II*} = \frac{k_r}{k_s} \cdot Q_{tech} \quad /m^3 sz.hod.^{-1}/$$

/14/ $V_P^{III.} = k_r \cdot Q_{tech}$ /m^3sz.hod.$^{-1}$/

Pro výchozí hodnoty

$k_r = 1,55$; $k_p = 1,3$; $k_s = 0,957$ /sklon 12°/

po úpravě a dosazení pak platí:

/15/ $V_P^{I.} = 1,25\ Q_{tech}$ /m^3sz.hod.$^{-1}$/

/16/ $V_P^{II.} = 1,55\ Q_{tech}$ /m^3sz.hod.$^{-1}$/

/17/ $V_P^{III.} = 1,62\ Q_{tech}$ /m^3sz.hod.$^{-1}$/

Vyčíslení těchto vztahů je v tabulce 7.

Tabulka 7

Technická výkonnost KU 800 /m^3sz.hod.$^{-1}$/ Q_{tech}	Teoretická objemová výkonnost přiřazené DPD /m^3sz.hod.$^{-1}$/		
	$V_P^{I.}$	$V_P^{II.}$	$V_P^{III.}$
4 500	5 625	6 975	7 290

Na základě porovnání hodnot V_j /tabulka 6/ a V_p /tabulka 7/ lze konstatovat, že DPD š. 1800 mm /v = 5,0 ÷ 5,2 m.s^{-1}/ v rozmezí sypných úhlů těživa 20 - 25° v podstatě splňuje uvažované podmínky výkonnostní sladěnosti s KU 800 /bezkomorová kolesa/ pro technickou výkonnost 4500 m^3 sz.hod.$^{-1}$.

Při stanovení výkonnostního přiřazení zakladače /z hlediska teoretických výkonností/ ke KU 800 /bezkomorová kolesa/ lze uvažovat stejné podmínky sladěnosti jako u DPD. Udávaná teoretická výkonnost ZP 6600 je pouze 6 600 m^3sz.hod.$^{-1}$ /max. změřená průchodnost středního přesypu cca 7 400 m^3sz. hod.$^{-1}$/. V tomto případě jsou tedy podmínky sladěnosti s KU 800

a DPD š. 1800 splněny pouze částečně.

4.0 Závěr

Na základě provedeného rozboru problematiky výkonnostního přiřazení jednotlivých technologických zařízení u TC 2 /z hlediska teoretických výkonností/ lze konstatovat:

1. DPD š. 1800 mm v podstatě splňuje uvažované podmínky výkonnostní sladěnosti s KU 800 /bezkomorová kolesa/ pro technickou výkonnost 4 500 $m^3 sz.hod.^{-1}$.
2. U ZP 6600 jsou podmínky výkonnostní sladěnosti s KU 800 a DPD š. 1800 mm splněny pouze částečně.
3. Z technického hlediska bude účelné provést u výrobce /k.p. Uničovské strojírny a VŽKG/
   - řešení problematiky značného objemového předimensování korečků a mezikruží u bezkomorových koles u KU 800, tj. uvést do souladu výkonnostní parametry dobývacího orgánu s udávanou teoretickou výkonností vlastního stroje a jmenovitou výkonností TC 2
   - dořešení problematiky výkonnostní sladěnosti ZP 6600 s KU 800 a DPD š. 1800 mm.

Použitá literatura

/1/ Hospodárné dimensování kolesových rýpadel D-2 407, Bad Schwartan

/2/ Beitrag zur Auslegung des Graborganes und des Förderwegs eines Schaufelradbaggers
Braunkohle, Heft 1/2, 1982

/3/ Tagebau - Technik, Band II.
Leipzig 1979

/4/ Grundlagen für Berechnung von Tagebauen
Leipzig 1975