

Ing. Oldřich Klimecký, VÚHU

Ing. Helena Veverková, VÚHU

Vliv velikosti teoretické průměrné rychlosti kráčení u kolesového rypadla KU 800 na výkonnost

1.0 Úvod

V souvislosti s řešením problematiky zvýšení roční výkonnosti kolesových rypadel KU 800 je tendence, kromě zvyšování vlastní provozní spolehlivosti rypadel, provést i určité zefektivnění jejich technologie dobývání, a to změnou některých technických a technologických parametrů. U KU 800 se uvažuje s možnostmi prodloužení spojovacího mostu na 86 až 90 m a zvýšení výšky podpěrného vozu o 2 m, zmenšení čelního úhlu špičky kolesového výložníku a také zvýšení průměrné teoretické rychlosti kráčení na 3,0 m/min. V dalším provedeme technický a časový rozbor operace kráčení rypadla KU 800 jako celku a posouzení vlivu event. zvýšení průměrné teoretické rychlosti kráčení na jeho výkonnost.

2.0 Manipulační pohyby a úkony ovlivňující časovou velikost operace kráčení jako celku

V provozu se do operace kráčení zahrnují v podstatě všechny manipulační pohyby a úkony, související s přemístěním rypadla v bloku (viz např. směnová hlášení). Je tedy operace kráčení časově ohraničena ukončením dobývání a počátkem dalšího dobývání po přemístění stroje. Vlastní kráčení rypadla (závisující na průměrné teoretické rychlosti kráčení a délce kráčení) je tedy pouze dílčí manipulací operace kráčení jako celku.

V rámci operace kráčení rypadla se ve stávající provozní praxi /1/ zpravidla provádějí následující manipulační pohyby a úkony:

- přesun kola z dolní na horní lávku, případně přesun kola ze druhé na třetí lávku při dobývání ze dvou postavení rypadla (tedy manipulace zdvihem a výsuvem kola od ukončení dobývání do začátku dobývání po přemístění stroje - čas t_2)
- příprava hydrauliky kráčení (čas t_3)
- natočení kolesového výložníku do osy (směru) kráčení (čas t_1)

- vlastní kráčení (čas t_k)
- korigování směru kráčení (čas t_4)
- natočení kolesového výložníku do počáteční polohy pro dobývání (čas t_5)
- funkční nastavení předávacího místa mezi nakládacím výložníkem rypadla (event. PVP) a DPD (čas t_6).

V dalším je proveden stručný rozbor uvedených manipulačních pohybů a úkonů a především posouzení nutnosti jejich provádění, resp. možnosti vhodnějšího začlenění do jiné technologické operace.

1. V provozní praxi, a tedy i v dalších výpočtech výkonnosti rypadla, se neprovádí překrývání (slučování) manipulačních pohybů kola na prázdko (výsuv, resp. zasunutí, zdvih, resp. spouštění, vysunutí na třísku 1. štěpiny v lávce) s vlastním kráčením rypadla. Důvodem jsou zejména bezpečnostní hlediska /2/ a současné možnosti řízení a indikace uvedených pohybů stroje.
2. Příprava hydrauliky kráčení se v provozu někdy neslučuje (nepřekrývá) s jinými manipulacemi a provádí se těsně před vlastním kráčením. Dle upřesnění v Uničovských strojárnách, n. p., lze přípravu hydrauliky kráčení provádět zásadně již v průběhu operace dobývání - nejvhodněji při dokončování poslední štěpiny v lávce. Dle orientačních provozních měření doba trvání úkonu - příprava hydrauliky kráčení je cca 1,5 min.
3. Dle ZTP (a upřesnění v US, n. p.) není nutné při kráčení rypadla do sklonu 1:14,3 provádět natáčení kolesového výložníku do osy (směru) kráčení, a tím i zpětné nastavení do počáteční polohy pro dobývání, jak se někdy v provozu provádí.
Poznámka: Dle ZTP při transportním kráčení rypadla ve sklonu 1:9,5 (max. dovolený) je nutné provést natočení kolesového výložníku do směru po spádnicí.
4. V některých případech kráčení rypadla po pracovní plošině s příčným sklonem nebo s postavením nakládacího výložníku na vyšším horizontě, pro dodržení přímého (resp. stanoveného) směru kráčení je nutné provádět korigující manipulační pohyby a úkony. Velikost času pro korigování směru kráčení t_4 je cca 20 % času pro vlastní kráčení (odborný odhad). Dle informace US, n. p., připravovanou konstrukční ú-

pravou podvozkové části (od stroje KU 800/6) se nutnost provádění korigujících manipulačních pohybů a úkonů uvedených v provozních případech odstraní.

5. V provozu byla zjišťována velikost času nutného pro funkční nastavení předávacího místa mezi nakládacím výložníkem rypadla (event. PVP) a DPD. Naměřené hodnoty se v závislosti na konkrétních geologicko-technických a klimatických podmínkách dobývání (především stavu pracovní pláně) pohybují v rozmezí 1 - 5 min. (průměrná hodnota cca 3 min), při použití PVP dosahuje průměrná hodnota cca 15 minut.

Na základě předchozího rozboru lze konstatovat, že operace kráčení ní jako celek by měla sestávat pouze z

- přesunu kola naprázdno (zdvihem a výsuvem - čas t_2)
- vlastního kráčení (čas t_k)
- funkčního nastavení předávacího místa mezi nakládacím výložníkem rypadla (event. PVP) a DPD (čas t_6).

Časovou velikost operace kráčení jako celku lze tedy definovat vztahem

$$t_{m3} = t_2 + t_k + t_6 = t_2 + \frac{l}{v_k} + t_6 \quad (\text{min}) \quad (1)$$

- kde t_{m3} (min) - celkový čas operace kráčení
 l (m) - délka kráčení
 v_k (m/min) - rychlost kráčení
 t_6 (min) - čas potřebný pro nastavení předávacího místa
($t_6 = 3$ min; $t_6 = 15$ min při použití PVP)

3.0 Rychlost kráčení rypadla

Průměrná teoretická rychlost kráčení KU 800 dle ZTP je 1,5 m/min (pro srovnání - u K 10 000 se uvádí cca 1,75 m/min).

Praktická rychlost kráčení u stávajícího provedení kráčivého podvozku je nižší vlivem:

a) prokluzu ližin

Velikost prokluzu ližin při kráčení závisí především na fyzikálně mechanických vlastnostech a stavu podložky (pracovní pláně). Při provozních měřeních bylo zjištěno, že v důsledku prokluzu ližin se snižuje efektivní délka kroku o cca 5 až 40 % /3/.

Snižením velikosti prokluzu ližin při kráčení lze v podstatě zvýšit praktickou rychlost kráčení u KU 800. Možnosti jsou následující:

- terání úpravy pracovní plně ve směru kráčení rypadla a účinné odvodňování pracovní plně
- zdrsňení dosedacích ploch ližin. Laboratorními měřeními bylo zjištěno, že vhodným zdrsňením dosedacích ploch lze zvýšit koeficient vlečného tření v průměru o 50 - 60 % /3/
- na základě zjednodušeného teoretického rozboru lze dokázat, že změnou kinematiky stávajícího kráčivého podvozku KUB00 lze v podstatě zamezit prokluzu ližin a eliminovat tak do určité míry vliv stavu podložky na praktickou rychlost kráčení.

b) přerušení kráčení z důvodu chlazení oleje hydrauliky kráčení

Při provádění některých technologických operací na řezu (překonávání neúčinných prostorů, vytváření zátinek, transport rypadla podél porubní fronty aj.) se délka kráčení rypadla naprázdno pohybuje v rozmezí od 30 + 150 m do několika stovek metrů. Protože u KU 800 není hydraulika kráčení vybavena chladícím zařízením oleje, je nutné po odkráčení určité vzdálenosti (řádově cca 50 - 200 m), jejíž velikost závisí na teplotě okolí a dalších vlivech, přerušit kráčení z důvodů nutnosti chlazení oleje hydrauliky kráčení. Uvedené podstatným způsobem snižuje praktickou rychlost kráčení rypadla.

Například při teplotě okolí 30 °C, po odkráčení vzdálenosti 63 m bylo nutno z důvodu chlazení oleje hydrauliky přerušit kráčení na cca 3 hodiny.

Dle informace US, n. p., od stroje KU 800/6 bude hydraulika kráčení vybavena chladícím zařízením oleje a u stávajících rypadel bude provedena rekonstrukce. V dalším proto uvedený vliv, negativně ovlivňující praktickou rychlost kráčení, již neuvažujeme.

Provozní rychlost kráčení v_s je rychlost provedení operace kráčení jako celku a je definována vztahem

$$v_s = \frac{l}{t_{cl} + t_k} \quad (\text{m/min}) \quad (2)$$

kde l (m) - délka kráčení

- t_{cl} (min) - součet všech manipulačních časů při operaci kráčení
 t_k (min) - čas potřebný pro vlastní kráčení rypadla

4.0 Výsledky provozních sledování a měření operace kráčení u KU 800

Výsledky provozních měření a sledování operace kráčení u KU 800 jsou uvedeny v tabulce 1. Z údajů a hodnot uvedených v tabulce 1 vyplývá:

- nejsou podstatné rozdíly ve velikostech časů operace kráčení jako celku dle směrných hlášení VMG a měřeními VÚHU
- při použití PVP provozní rychlost kráčení v_s podstatně klesá
- velikost provozní rychlosti v_s pro operaci kráčení jako celku (od ukončení dobývání do začátku dobývání po přemístění stroje) činí cca 40 - 70 % (při použití PVP cca 20 %) teoretické průměrné rychlosti kráčení $v_k = 1,5$ m/min (poměr v_s/v_k).

V provozu naměřené průměrné hodnoty praktické rychlosti kráčení KU 800 jsou dle /4/ následující:

- 1,4 - 1,5 m/min; suchá podložka
- 0,79 m/min; rozbrědlá (zvodnělá) podložka (jedině možný způsob kráčení - ližiny se nepřesouvají společně).

5.0 Rozbor časové velikosti operace kráčení pro zvolené příklady dobývání bloku

Na základě předchozího rozboru byly zpracovány příklady časové analýzy operace kráčení jako celku pro různé parametry bloku (H, α) včetně vlivu velikosti teoretické průměrné rychlosti kráčení v_k .

Pro každý příklad byly zpracovány 4 alternativy (a - d) při funkčním nastavení předávacího místa mezi nakládacím výložníkem rypadla a DPD a 4 alternativy (e - h) při použití PVP.

Alt. a - zahrnuje všechny časy pro manipulační pohyby a úkony, které se v provozu zpravidla provádí, při teoretické průměrné rychlosti kráčení $v_k = 1,5$ m/min

$$t_c = \sum_{i=1}^6 t_i + t_k$$

Alt. b - stejná jako alternativa a, pouze se zvyšuje teoretická prů-

měrná rychlost kráčení na dvojnásobek, tj. $v_k = 3,0$ m/min

$$t_c = \sum_{i=1}^6 t_i + t_k$$

Alt. c - uvažuje jen časy manipulací nutných pro provedení operace kráčení, čas pro přípravu hydrauliky kráčení t_3 zahrnuje do času manipulace s kolem naprázdno ($v_k = 1,5$ m/min)

$$t_c = t_2 + t_6 + t_k$$

Alt. d - stejná jako alternativa c, mění se čas t_k vlivem změny teoretické průměrné rychlosti kráčení z $v_k = 1,5$ m/min na $v_k = 3,0$ m/min

$$t_c = t_2 + t_6 + t_k$$

Alt. e-h - jsou zpracovány za stejných předpokladů jako alt. a-d, ale uvažuje se s použitím PVP (mění se velikost času t_6).

Pro určení vlivu jednotlivých manipulačních pohybů (včetně změny teoretické průměrné rychlosti kráčení v_k) na celkovou operaci kráčení je pro jednotlivé alternativy vyčíslena:

- provozní rychlost kráčení v_s (viz rovnice 2)
- koeficient výkonnosti k_o (viz rovnice 3)

$$k_o = \frac{1}{1 + t_m/t_r} \quad (3)$$

kde t_m (min) - manipulační čas potřebný pro dobývání v jednom pracovním cyklu (je dán součtem dílčích manipulačních časů potřebných pro najetí na jednotlivé štěpiny, k najetí na jednotlivé lávky pomocí zdvihu a výsuvu kolesového výložníku a pro kráčení rypadla)

t_r (min) - čistý čas rýpání v jednom pracovním cyklu.

5.1 Časový rozbor operace kráčení

Pro názornost jsou uvedeny dva zpracované příklady časového rozboru operace kráčení pro následující parametry bloku H, $\mathcal{L}$.

I. Dobývání z jednoho postavení rypadla $H = 18 \text{ m}$, $\alpha = 55^\circ$

Při porovnávání stávajícího průběhu operace kráčení jako celku (alt.a, e) s ostatními alternativami z obr. 1 a tabulky 2 vyplývá:

- alt. b (f) - změna teoretické průměrné rychlosti kráčení na $3,0 \text{ m/min}$
 1. čas potřebný pro provedení operace kráčení t_{m3} se sníží o cca 11 % (u PVP o 7 %)
 2. provozní rychlost kráčení v_s činí cca 12 % (u PVP 7,5 %) teoret. průměrné rychlosti kráčení
 3. koeficient výkonnosti k_o vzroste o cca 1,1 %;
- alt. c (g) - odstranění všech manipulačních pohybů a úkonů, které nejsou pro operaci kráčení nutné; $v_k = 1,5 \text{ m/min}$
 1. čas t_{m3} se sníží o cca 44 % (u PVP o cca 28 %)
 2. rychlost v_s činí cca 38 % (u PVP cca 19 %) teoretické průměrné rychlosti kráčení
 3. k_o vzroste o cca 5 %
- alt. d (h) - alt. c (g) při současném zvýšení teoretické průměrné rychlosti kráčení na $v_k = 3,0 \text{ m/min}$
 1. čas t_{m3} se sníží o cca 54 % (u PVP o cca 35 %)
 2. rychlost v_s činí cca 24 % (u PVP cca 11 %) teoretické průměrné rychlosti kráčení
 3. k_o vzroste o cca 6,5 %.

II. Dobývání ze dvou postavení rypadla $H = 21 \text{ m}$, $\alpha = 45^\circ$

Svahový úhel je dodržen v ose postupu rypadla a na bočním svahu. Podmínky srovnání jednotlivých alternativ jsou stejné jako v případě I.

Z obrázku 2 a tabulky 3 vyplývá:

- alternativa b (f)
 1. čas t_{m3} se sníží o cca 14 % (u PVP cca o 9,5 %)
 2. rychlost v_s činí cca 16 % (u PVP cca 10 %) teoretické průměrné rychlosti kráčení
 3. k_o vzroste cca o 3 %;
- alternativa c (g)
 1. čas t_{m3} se sníží o cca 39 % (u PVP o cca 22 %)
 2. rychlost v_s činí cca 45 % (u PVP cca 26 %) teoretické průměrné rychlosti kráčení
 3. k_o vzroste cca o 9 %;

- alternativa d (h)

1. čas t_{m3} se sníží o cca 52 % (u PVP o cca 36 %)
2. rychlost v_s činí cca 29 % (u PVP cca 15 %) teoretické průměrné rychlosti kráčení
3. k_o vzroste cca o 12,5 %

Stejným způsobem jako u výše uvedených příkladů bylo provedeno zpracování i pro další parametry bloku. Závěry a výsledky tohoto zpracování operace kráčení jako celku jsou uvedeny v tabulce 4, ze které při srovnání s alternativou a (e) vyplývá:

- alternativa b (f)

1. čas potřebný pro provedení operace kráčení t_{m3} klesá v rozmezí 11 - 19 % (při použití PVP o cca 7 - 14 %)
2. provozní rychlost v_s činí cca 12 - 23 % (u PVP 7 - 16 %) teoretické průměrné rychlosti kráčení
3. koeficient výkonnosti k_o vzroste cca o 1 - 8 %

- alternativa c (g)

1. čas t_{m3} klesá v rozmezí cca 32 - 45 % (u PVP o cca 22 - 28 %)
2. rychlost v_s činí cca 38 - 55 % (u PVP cca 20 - 36 %) teoretické průměrné rychlosti kráčení
3. k_o vzroste o cca 4 - 15 %

- alternativa d (h)

1. čas t_{m3} klesá o cca 50 - 56 % (u PVP o cca 35 - 40 %)
2. rychlost v_s činí cca 25 - 40 % (u PVP cca 10 - 22 %) teoretické průměrné rychlosti kráčení
3. k_o vzroste o cca 6 - 25 %

Vzhledem ke skutečným provozním poměrům, které vlivem prokluzů ližin vznikají, bude nárůst koeficientu výkonnosti menší. V důsledku toho považujeme za vhodné realizovat opatření uvedená v odst. 3.0 včetně posouzení možnosti změny kinematiky stávajícího podvozku KU 800 s ohledem na zamezení prokluzu ližin a tím také do určité míry současně eliminovat vliv stavu pracovní pláně na praktickou rychlost kráčení.

6.0 Závěr

Závěrem lze konstatovat, že na základě provedených rozborů a při

srovnávání s dosavadní praxí provozního provádění operace kráčení jako celku (alt. a), velikost koeficientu výkonnosti k_o :

- je především ovlivňována:

1. efektivností technologie dobývání bloku z hlediska dosažení nejmenší velikosti manipulačních časů
2. vyloučením manipulačních pohybů, které se v současné době v provozu provádějí a které nejsou pro operaci kráčení nutné (např. natáčení kolesového výložníku do směru kráčení aj.)
3. slučováním manipulačních pohybů (přípravu hydrauliky kráčení lze provádět v době manipulací s kolesem naprázdno; přesun kola po odrýpání 2. lávky na 3. lávku sloučit se zpětným kráčením rypadla a podobně)
4. časem potřebným pro funkční nastavení předávacího místa mezi nakládacím výložníkem a DPD, příp. PVP (časová konstanta k).

- při dosavadním způsobu provádění operace kráčení a pouhé změně teoretické průměrné rychlosti kráčení v_k na 3,0 m/min (alt. b) vzroste o cca 1 - 8 %;

- při vyloučení všech manipulačních pohybů a úkonů, kterými operace kráčení není podmíněna a teoretické průměrné rychlosti kráčení $v_k = 1,5$ m/min (alt. c) vzroste o cca 4 - 15 %;

- při vyloučení všech manipulačních pohybů a úkonů, kterými operace kráčení není podmíněna a teoretické průměrné rychlosti kráčení $v_k = 3,0$ m/min (alt. d) vzroste o cca 6 - 25 %.

Z uvedeného je patrné, že největší vliv na zvýšení koeficientu výkonnosti k_o (a tím výkonnosti kolesového rypadla KU800) z hlediska operace kráčení jako celku mají tedy technickoorganizační opatření. Vliv zvýšení teoretické průměrné rychlosti kráčení z 1,5 m/min na 3,0 m/min je až druhořadý.

Literatura

- /1/ Ing. H. Veverková: Studie technologie rypadla KU 800 a výkonnosti rypadla při zvýšení rychlosti kráčení na dvojnásobek (to je na 3,0 m/min). Výzkumná zpráva VÚHU, březen 1976
- /2/ Ing. J. Zelenka: Technologické postupy kolesového rypadla KU 800. Výzkumná zpráva VÚHU, únor 1973
- /3/ Ing. J. Barták: Studie technologických zařízení s maximální stou-

Tabulka 1

Číslo měření	Celkový čas operace kráčení dle směnových hlášení na VIG (min)	Výsledky měření VÚHU							Poznámka
		Celkový čas operace kráčení t_{m3} (min)	Čas vlastního kráčení t_k (min)	Délka kráčení l (m)	Praktická rychlost kráčení $v = \frac{l}{t_k}$ (m/min)	Provozní rychlost kráčení $v_s = \frac{l}{t_{m3}}$	Poměr v_s/v (%)	Poměr v_s/v_k ^{*)} (%)	
1	15	10	7	9,5	1,36	0,95	70	63,3	
2	zahrnut v prostoji DPD	25	6	7,0	1,17	0,28	23,9	18,7	použit PVP
3	60	52	10	13,8	1,38	0,26	18,8	17,3	
4	35	31	18	26,7	1,48	0,86	58,1	57,3	
5	zahrnut v prostoji DPD	13	7	10,4	1,49	0,8	53,7	53,3	
6		24	11	14,53	1,32	0,61	46,2	40,7	
7	20	21	16	21,65	1,35	1,03	76,3	68,7	

*) $v_k = 1,5$ m/min (teoretická rychlost kráčení)

Tabulka 2

$H = 18\text{ m}$ $\alpha = 55^\circ$	I m	v_k m/min	t_k min	t_{cl} min	v_s m/min	t_r min	t_D min	t_m min	v_s/v_k %	k_o	k_o %
a	7,0	1,5	4,67	17,02	0,32	150,1	24,0	45,62	21,3	0,767	100
b		3,0	2,33	17,02	0,36			43,35	12,0	0,776	101,1
c		1,5	4,67	7,6	0,57			36,2	38,3	0,806	105,1
d		3,0	2,33	7,6	0,70			33,9	23,6	0,816	106,4
e		1,5	4,67	29,02	0,21			57,6	13,8	0,723	94,3
f		3,0	2,33	29,02	0,22			55,35	7,4	0,731	95,2
g		1,5	4,67	19,6	0,29			48,2	19,2	0,757	98,7
h		3,0	2,33	19,6	0,32			45,9	10,6	0,766	99,9

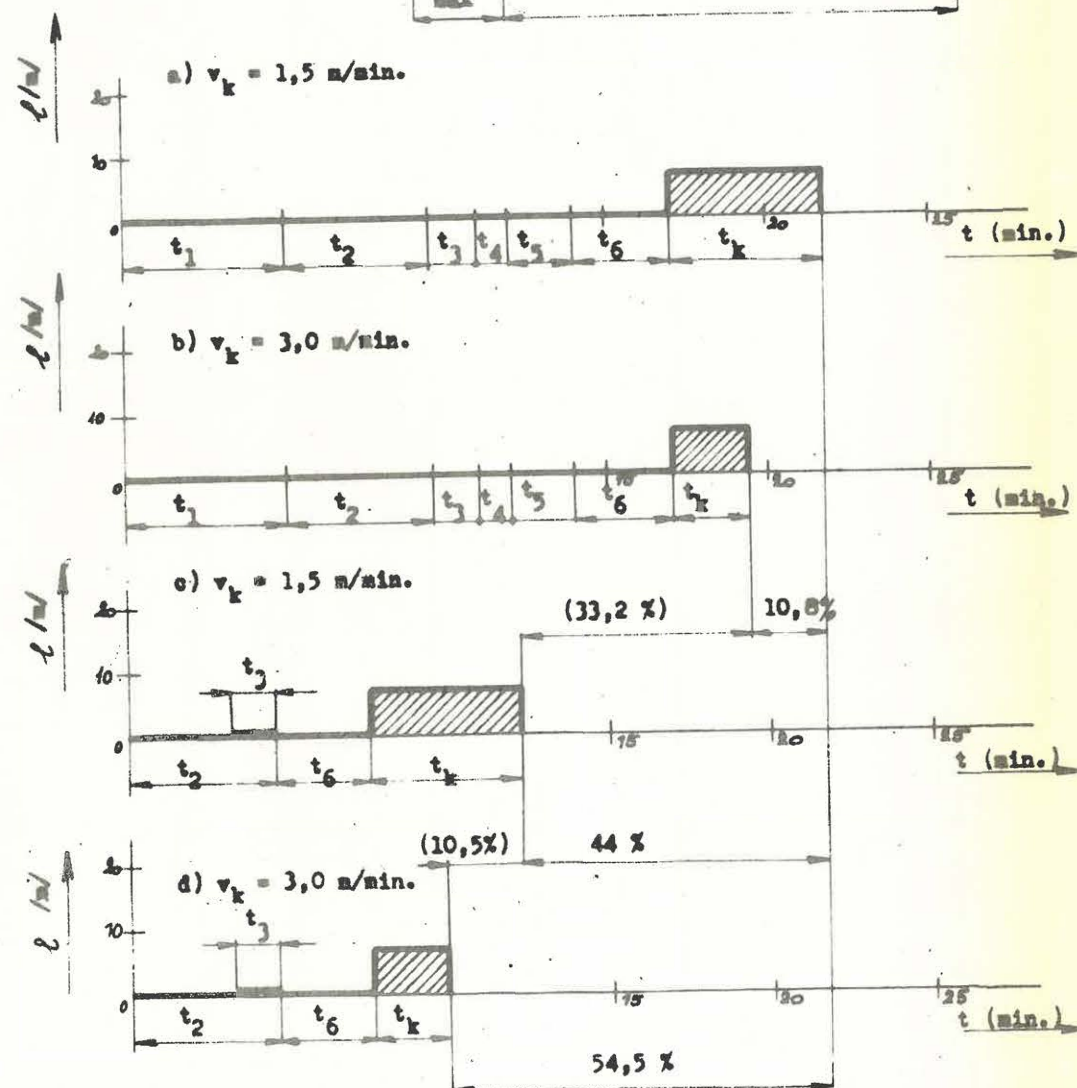
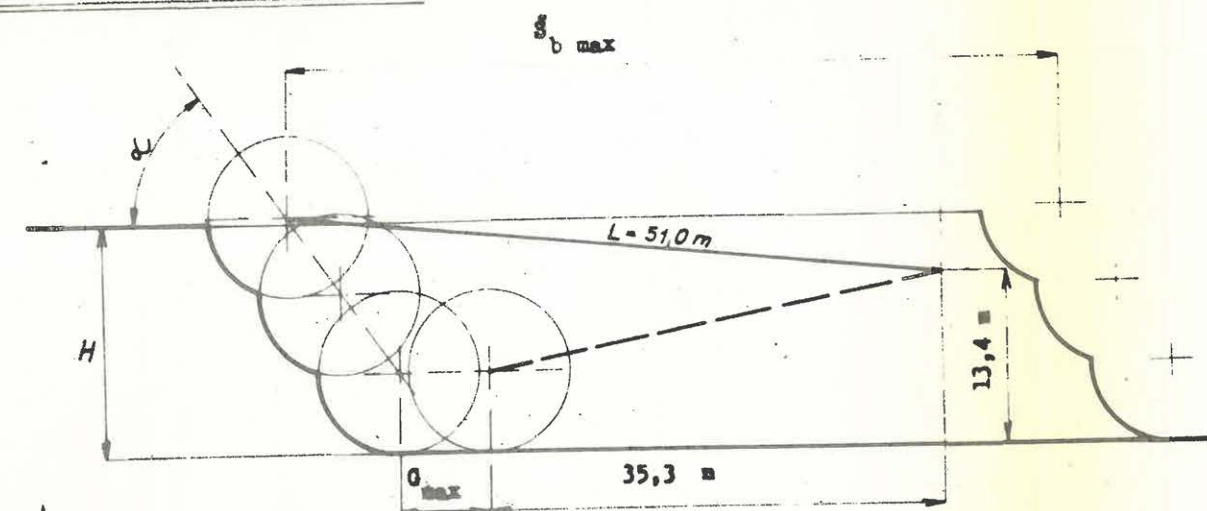
Tabulka 3

$H = 21\text{ m}$ $\alpha = 45^\circ$	$I = I_1 + I_2$	v_k m/min	t_k min	t_{cl} min	v_s m/min	t_r min	t_D min	t_m min	v_s/v_k %	k_o	k_o %
a	21,65	1,5	14,4	37,66	0,415	174,5	20,9	72,99	27,7	0,705	100
b		3,0	7,2	37,66	0,483			65,76	16,1	0,726	103,0
c		1,5	14,4	17,66	0,675			52,96	45,0	0,767	108,8
d		3,0	7,2	17,66	0,871			45,76	29,0	0,792	112,3
e		1,5	14,4	61,66	0,285			96,96	18,9	0,643	91,3
f		3,0	7,2	61,66	0,314			89,76	10,5	0,66	93,7
g		1,5	14,4	41,66	0,386			76,96	25,7	0,694	98,4
h		3,0	7,2	41,66	0,443			69,76	14,8	0,714	101,3

Tabulka 4

		1. lávka H = 8 m					2. lávka H = 14 m $\alpha = 55^\circ$					3. lávka H = 18 m $\alpha = 55^\circ$					3. lávka - 2. post. H = 21 m $\alpha = 45^\circ$					4. lávka - 2. post. H = 27 m $\alpha = 50^\circ$				
alt.	v_k m/min	v_s m/min	v_s/v_k %	k_o %	t_{m3} %	v_s m/min	v_s/v_k %	k_o %	t_{m3} %	v_s m/min	v_s/v_k %	k_o %	t_{m3} %	v_s m/min	v_s/v_k %	k_o %	t_{m3} %	v_s m/min	v_s/v_k %	k_o %	t_{m3} %	v_s m/min	v_s/v_k %	k_o %	t_{m3} %	
a	1,5	0,52	34,9	100	100	0,43	28,7	100	100	0,32	21,3	100	100	0,41	27,7	100	100	0,56	37,1	100	100					
b	3,0	0,64	21,2	102,6	82,3	0,51	17,1	101,6	85,4	0,36	12,0	101,1	89,2	0,48	16,1	103,0	86,1	0,68	23,0	107,8	81,4					
c	1,5	0,83	55,7	105,6	62,7	0,74	49,6	104,5	58,7	0,57	38,3	105,1	56,0	0,67	45,0	108,8	61,5	0,82	55,0	114,3	67,7					
d	3,0	1,16	38,6	108,5	45,3	0,99	33,0	106,2	44,1	0,7	23,6	106,4	45,5	0,87	29,0	112,3	47,7	1,13	37,8	124,6	49,0					
e	1,5	0,37	24,7	94,4	100	0,29	19,6	95,2	100	0,21	13,8	94,3	100	0,28	18,9	91,2	100	0,41	27,6	88,3	100					
f	3,0	0,42	14,1	96,7	87,3	0,33	11,0	96,6	90,2	0,22	7,5	95,2	93,1	0,31	10,5	93,7	90,5	0,48	16,0	94,3	86,2					
g	1,5	0,5	33,6	99,4	73,6	0,41	27,2	99,3	72,2	0,29	19,2	98,7	72,0	0,39	25,7	98,4	77,7	0,55	36,4	99,2	76,0					
h	3,0	0,6	20,1	101,9	61,3	0,47	15,7	100,8	62,4	0,32	10,6	99,9	65,2	0,44	14,8	101,3	64,2	0,67	22,3	106,9	62,0					

$H = 18 \text{ m}$; $\alpha = 55^\circ$ - jedno postavení



$$G_{\max} = 15,4 - \frac{2}{3} H \cot \alpha = 7,0 \text{ m}$$

$$s_{b \max} = 68,3 - \frac{2}{3} H \cot \alpha = 60 \text{ m}$$

$$f = G \text{ (m)}$$

$$t_1 = 5,0 \text{ min.}; t_2 = 1,5 \text{ min.}; t_3 = 1,5 \text{ min.}; t_4 = 0,2 t_k; t_5 = 2,0 \text{ min.}$$

$$t_6 = 3 \text{ min.}; t_6' = 15 \text{ min. (PVP) - z měření na KU 800}$$

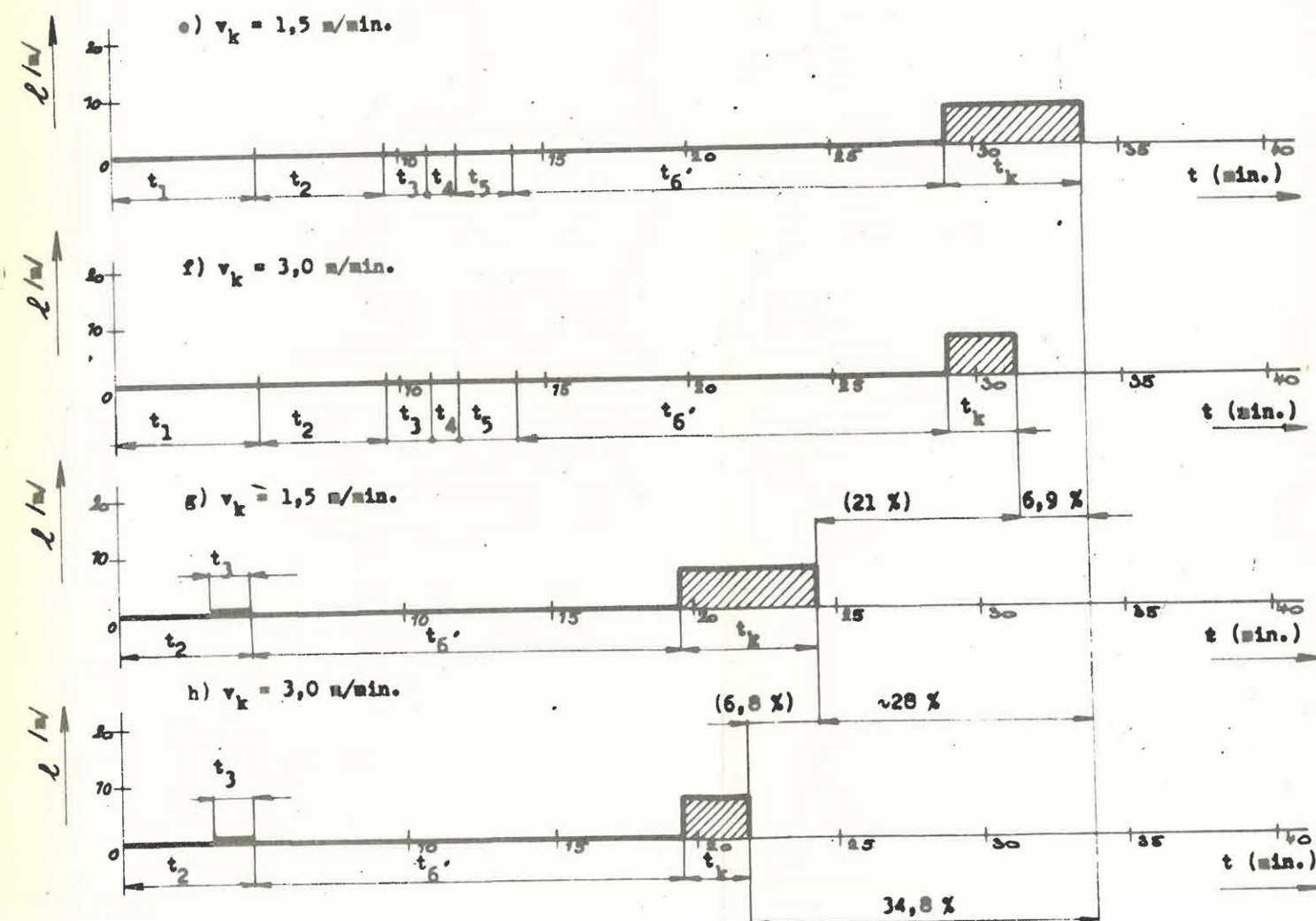
$$t_2 = \frac{1}{v} \left[\frac{2}{3} H + \left| G - \frac{2}{3} H \cot \alpha \right| \right] \text{ (min.) (pro } v = v_s = v_w = 3,0 \text{ m/min.)}$$

$$t_k = \frac{f}{v_k} = 4,6 \text{ min. (pro } v_k = 1,5 \text{ m/min.)}$$

$$t_k = 2,3 \text{ min. (pro } v_k = 3,0 \text{ m/min.)}$$

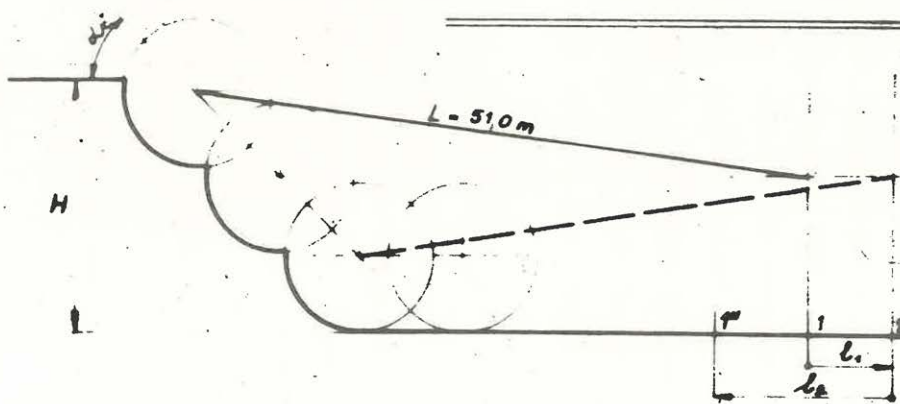
$$t_r = \frac{7 \cdot 60 + 18 \cdot 60}{3000} = 150,1 \text{ min.}; t_D = 3 t_{a1} + 2 t_{a2} = 24 \text{ min.}; t_m = t_{a1} + t_k + t_D$$

e) $v_k = 1,5 \text{ m/min.}$



Obr. 1

$H = 21 \text{ m}$; $\alpha = 45^\circ$ - 2 postavení ($\alpha_2 = \alpha_1$)



$$G_{\max} = 14,65 - \frac{1}{3} H \cotg \alpha$$

$$S_{b \max} = 68,3 - \frac{2}{3} H \cotg \alpha$$

$$t_1 = 2 t_2 = 10 \text{ min.}; t_3 = 2 \cdot 1,5 = 3 \text{ min.};$$

$$t_4 = 0,2 t_{k1} + 0,2 t_{k2} = 3 \text{ min.}; t_5 = 2 \cdot 2 = 4 \text{ min.}$$

$$t_6 = 2 \cdot 3 = 6 \text{ min.}; t_6 = 2 \cdot 15 = 30 \text{ min. (PVP)}$$

$$t_{k1} = \frac{1}{v_k} = 4,66 \text{ min.}; (2,33 \text{ min. - pro } v_k = 3,0 \text{ m/min.})$$

$$t_{k2} = \frac{1}{v_k} = 9,77 \text{ min.}; (4,88 \text{ min. - pro } v_k = 3,0 \text{ m/min.})$$

$$t_r = 174,5 \text{ min.}; t_D = 20,9 \text{ min.}$$

