

Ing. Jiří B a r t á k, VÚHU

Provozní měření a získané poznatky na podvozkové části rypadla KU 800

Úvod

V současné době je v severočeském hnědouhelném revíru v provozu několik rypadel typu KU 800 s kráčivým podvozkem, které mají dovolený sklon při rýpání ve všech směrech 1 : 14,3 a při transportu ve směru jízdy 1 : 9,5.

V montáži je rypadlo K 10000 s kolejokráčivým podvozkem. Toto rypadlo má dovolený sklon při rýpání 1 : 14,3 a při transportu ve směru jízdy 1 : 9,5.

Ze zakladačů s kráčivým podvozkem v revíru pracují zakladače typu ZP 1500 (s modifikacemi ZP 2200 a ZP 2500) a ZP 5500, které mají maximální dovolený sklon při zakládání 1 : 25 a při přesunu 1 : 20.

V montáži je zakladač ZP 10000, rovněž s kráčivým podvozkem, který má dovolený sklon při zakládání i přesunu 1 : 20.

Reprezentantem dobývacího stroje s kráčivým podvozkem je kolesové rypadlo typu KU 800. Protože tento stroj je typovým rypadlem technologického komplexu o teoretickém výkonu $5000 \text{ m}^3 \text{ syp/h}$ (TC 2), byla jeho technologii kráčení věnována největší pozornost. Pro informaci je na obrázku č. 1 uveden podvozek rypadla KU 800, jehož teoretická rychlost kráčení je 1,5 m/min.

Při měření bylo zjištěno, že běžně dosahovaná rychlost kráčení se pohybuje kolem 1,4 m/min na jílu až jílovci hnědavě šedém (převládá na VMG) při vlhkosti přibližně 15 až 18 % váhy sušiny. Při měření rychlosti přesunu rypadla, kdy rypadlo pracovalo na mírném sklonu neodvodněné pojezdové plošiny směrem k čelnímu svahu, z obavy, aby nedošlo ke skluzu rypadla proti směru kráčení, bylo prováděno předsunutí chodidel postupně. Při tomto postupu kráčení byla naměřena rychlost kráčení 0,79 m/min. Popsaný postup kráčení není nijak výjimečný, zvláště v době deštivých srážek (podzim až jaro). Skluz vlastního rypadla proti směru kráčení při současném přesunu obou chodidel na jílovitých zeminách o vysoké vlhkosti je způsoben tím, že mezi střední opěrnou deskou a vytvořenou homogenní plastickou vrstvou zeminy se vytvoří vrstvička vody

o různé tloušťce v závislosti na vlhkosti zeminy a době zatížení zeminy. Tato vrstva snižuje koeficient vlečného tření mezi střední opěrnou deskou a zeminou. Naopak přesunem zatížených chodidel (přítlačným tlakem 981 kN/m^2 ve svislých hydraulických válcích) po jílovitých zeminách o vysoké vlhkosti dojde často k vytlačení vzduchu z části stykové plochy a přilnutí chodidel na homogenní plastickou vrstvu zeminy a tím ke zvýšení koeficientu vlečného tření mezi ocelovou deskou chodidla a zeminou. Za tohoto stavu vodorovné hydraulické válce nepřesunou chodidla ve směru kráčení, ale přesouvají vlastní rypadlo zpět, proti směru kráčení.

Vytlačení vrstvičky vody ze zatížené zeminy do prostoru styku střední opěrné desky se zeminou a přilnutí chodidel v jílovitých zeminách o vysoké vlhkosti je pravděpodobně také příčinou několikerého sklouznutí rypadla KU 800 na pracovní plošině s příčným sklonem 4° (1:14,3) v okamžiku předsumutí chodidel na začátku kráčení.

Stanovení koeficientu vlečného tření v provozních podmínkách u rypadla KU 800

Pro určení maximální stoupavosti rypadla KU 800 bylo nutno provést řadu laboratorních a provozních měření za účelem stanovení koeficientu vlečného tření mezi ocelovou deskou a zeminou. Modelové laboratorní zkoušky u plastických zemin, vzhledem k malému plošnému rozměru modelu neumožnily získat věrohodné výsledky. Proto bylo provedeno měření koeficientu vlečného tření mezi ocelovou deskou chodidla a zeminou v provozních podmínkách Velkolomu Maxim Gorkij (VMG) na rypadle KU 800, při kterém bylo využito kráčení rypadla.

Při kráčení rypadla KU 800 jsou vodorovnými hydraulickými válci nejprve předsumuta chodidla (viz obrázek č. 2). Na obrázku je předsumuté chodidlo vyznačeno čárkovaně. Po předsumutí chodidel je vodorovnými hydraulickými válci proveden přesun vlastního rypadla, který probíhá po kruhové dráze na ramenech, které jsou tvořeny uzavřenými svislými hydraulickými válci. V první fázi přesunu a nadzvedávání vlastního rypadla a na konci kroku, kdy rypadlo dosedá na podložku, dochází k prokluzu chodidel v opačném směru, než je směr kráčení. Tohoto prokluzu chodidel na začátku přesunu stavby bylo využito při zjišťování

koeficientu vlečného tření mezi ocelovou deskou a zemínou.

Tlaky ve svislých a vodorovných hydraulických válcích byly snímány tensometrickými snímači tlaku, které byly umístěny mezi rozvodnou kostkou a manometry zvoleného chodidla. U svislých hydraulických válců byl snímán tlak z prostoru nad pístem a u vodorovných hydraulických válců, u kterých je prostor nad pístem jednoho válce propojen s prostorem pod pístem druhého válce, byly snímány tlaky z obou větví. Úhel α (obrázek č. 2) byl vzhledem k určitému natočení pístnice svislého válce měřen tak, že po předsumutí chodidel byl sklonoměrem měřen sklon pístnice, byl seřízen pákový mechanismus upevněný na pístnici svislého válce a následoval přesun stavby rypadla. Tímto postupem, kdy pákovým mechanismem je měřen jen nárůst úhlu α se snižuje vliv natočení pístnice na minimum a zcela se odstraňuje vliv nepřesného nastavení pákového mechanismu vzhledem k poloze svislého válce. Začátek prokluzu u zvoleného chodidla byl registrován indukčním snímačem na oscilografu. V provozních podmínkách střední opěrná deska a chodidla nejsou ve stejné úrovni vlivem nerovností terénu i různého zaboření. Z tohoto důvodu bylo nutno měřit délku vysunutého svislého hydraulického válce po předsumutí chodidla.

Záznam prokluzu chodidla s průběhem tlaku v hydraulických válcích a nárůstem úhlu α je uveden na obrázku č. 3. Po stanovení velikostí a směrů sil jednotlivých hydraulických válců je možno určit velikost normálové síly N a tečné síly T . Bližší viz /1/. V okamžiku začínajícího prokluzu chodidla na zemině platí rovnice $T = kN$, kde k je koeficient vlečného tření pro přechod z klidu do pohybu. Potom koeficient vlečného tření ocelové desky chodidla na dané podložce (zemině) se rovná $k = T/N$.

Naměřené hodnoty koeficientu vlečného tření v provozních podmínkách

První měření koeficientu vlečného tření ocelové desky po zemině kdy bylo využito prokluzu chodidla, bylo provedeno na rypadle KU 800/3 dne 23.4.1975.

Rypadlo kráčelo po rovině bez příčného sklonu na zemině hodnocené jako jíla silně jemně až prachově písčité, o vlhkosti 18,9 % váhy sušiny. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 1.

Tabulka č. 1

Měření číslo	Tečná síla T (kN)	Normálová síla N (kN)	Tlak na podložku $\text{[kN/m}^2\text{ (kp/cm}^2\text{)]}$	Koeficient vlečného tření k
1	728,819	3 279,934	38,587 (0,393)	0,222
2	617,139	3 265,470	38,417 (0,392)	0,189
3	646,616	3 266,9	38,434 (0,392)	0,198

Další měření koeficientu vlečného tření ocelové desky po zemině bylo provedeno na rypadle KU 800/3 dne 29.4.1975. Odebraný vzorek zeminy byl hodnocen jako jílovec světle hnědošedý, jemně písčité o vlhkosti 18,5 % váhy sušiny. Rypadlo kráčelo do svahu o sklonu 1° (1:57) s nulovým příčným sklonem. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Tabulka č. 2

Měření číslo	Tečná síla T (kN)	Normálová síla N (kN)	Tlak na podložku $\text{[kN/m}^2\text{ (kp/cm}^2\text{)]}$	Koeficient vlečného tření k
4	837,075	3 293,362	38,745 (0,395)	0,254
5	927,697	3 307,549	38,912 (0,397)	0,280
6	716,018	3 280,627	38,595 (0,393)	0,218
7	669,539	3 273,157	38,507 (0,392)	0,204
8	741,344	3 284,093	38,636 (0,394)	0,226

Zajímavý je výsledek u měření označeného č. 4 a dále pak u měření označeného č. 5. Proti ostatním zkouškám zde došlo k určitému zvýšení hodnoty koeficientu vlečného tření. S největší pravděpodobností došlo při předsouvání chodidla k úplnému vytlačení vzduchu z části stykové plochy chodidla se zeminou. To potvrzoval zvukový efekt při unikání vytlačeného vzduchu.

Poznatky získané při měření koeficientu vlečného tření

Při měření koeficientu vlečného tření dne 23.4.1975 byly s rypadlem KU 800 provedeny 2 kroky vpřed a při prvním prokluzu chodidla bylo

zahájeno zkušební měření. Při druhém prokluzu chodidla byl naměřen koeficient vlečného tření $k = 0,222$. Hodnoty koeficientu vlečného tření $k = 0,189$ a $k = 0,198$ (tab. č. 1, měření č. 2 a 3) byly změřeny při kráčení rypadla zpět na původní místo. Nižší hodnoty koeficientu vlečného tření po změně směru kráčení jsou způsobeny tím, že rypadlo kráčelo celou plochou ve své stopě, kde zemina byla již zhutněná a uhlazená předchozím posuvem chodidla.

Měření koeficientu vlečného tření (29.4.1975) bylo provedeno po dvoudenní odstavce rypadla. Hodnoty koeficientu vlečného tření $k=0,254$ a $k = 0,280$ (tab. č. 2, měření č. 4 a 5) jsou zvýšeny tím, jak již bylo dříve uvedeno, že došlo k vytlačení vzduchu z části stykové plochy chodidla se zemínou. Tento jev provázený slyšitelným únikem vzduchu byl při sledování kráčení rypadel KU 800 několikrát pozorován a je pravděpodobně způsoben delší dobou stání rypadla na jednom místě.

V závislosti na vlhkosti zeminy a doby stání rypadla se pod chodidly i střední opěrnou deskou vytvoří vrstva homogenní plastické zeminy s vyšší vlhkostí o tloušťce 2 až 4 cm, která umožní dokonalé přilnutí desky na zeminu v části stykové plochy, hlavně u chodidla přesouvaného po této vrstvě. Vliv této vrstvy na velikosti koeficientu vlečného tření mezi ocelovou deskou a zeminou byl ještě patrný po druhém předsumutí chodidla, kdy chodidlo bylo již jednou pětinou své délky mimo původní plochu. Při následujícím prokluzu chodidla byl naměřen koeficient vlečného tření $k = 0,28$ (tab. č. 2, měření č. 5).

Pokud nedojde k přilnutí ocelové desky chodidla na vrstvu homogenní plastické zeminy, je možno konstatovat, že koeficient vlečného tření poroste se snižující se plochou chodidla, která je ještě ve styku s původní zeminou, na které rypadlo delší dobu stálo. Po ukráčení vzdálenosti 19,2 m (délka chodidla bez náběhů) by hodnota koeficientu vlečného tření měla zůstat přibližně konstantní.

Hodnoty koeficientu vlečného tření mezi ocelovou deskou chodidla a zeminou o vlhkosti cca 18 % váhy sušiny, zjištěné na rypadle KU 800, byly stanoveny v rozsahu od 0,204 do 0,226 bez uvažování nižších hodnot zjištěných při kráčení rypadla zpět po původní stopě. Při kráčení rypadla KU 800 na svahu ve směru přesunu v okamžiku, kdy vlastní stavba stojí jen na chodidlech a svislé hydraulické válce jsou kolmo na

chodidla, vychází při velikosti podélného sklonu 1 : 9,5 poměr tečné a normálové síly na chodidle blíže k těžišti rypadla roven 0,193. Na druhém chodidle je poměr tečné a normálové síly roven 0,2. Vzhledem k naměřeným hodnotám koeficientu vlečného tření mezi ocelovou deskou chodidla a jílovitou zemínou o vlhkosti ca 18% váhy sušiny, by bylo vhodné rypadlo KU 800 případně vybavit mechanickým zajištěním proti skluzu. Toto platí již při max. dovoleném sklonu pojezdové plošiny ve směru jízdy 1 : 9,5.

Při kráčení v jílovitých zemínách o větší vlhkosti je již na podélném sklonu 1 : 9,5 značné nebezpečí ujetí rypadla. Při výpočtu bylo uvažováno těžiště otočného svršku a spodku jako při výpočtu napětí v zemině pod podvozkem rypadla při kráčení (viz následující).

Výpočet napětí v zemině pod podvozkem rypadla KU 800

Podle dosavadních zvyklostí se při výpočtu napětí v základové půdě pod podvozky dobývacích strojů předpokládá, že zemina je dokonale pružné kontinuum, které nevzdoruje tahu. Potíže vznikají při hodnocení měrného tlaku pod mimostředně zatíženými, dokonale tuhými podvozky. Řešení této úlohy se provádělo podle teorie technické pružnosti, a to za předpokladu trojúhelníkového nebo lichoběžníkového průřezu napětí ve vyšetřované zemině. Podle normy pro konstrukce zděné a z prostého betonu, normy pro základovou půdu pod plošnými základy a podle dosavadních zkušeností, lze skutečný průběh napětí v povrchové vrstvě zeminy velmi dobře nahradit rovnoměrným rozdělením napětí pod tzv. účinnou plochou zatěžujícího tělesa.

V normě pro konstrukce zděné a z prostého betonu, a v normě pro základovou půdu pod plošnými základy, je uváděn následující vzorec pro nejjednodušší případ, pro obdélníkový průřez při zatěžující síle na jedné z os souměrnosti průřezu (obr. č. 4):

$$\sigma = P/2 B c$$

kde σ je napětí v zemině pod účinnou částí průřezu
P je zatěžující síla
B šířka průřezu
c vzdálenost působiště od okraje průřezu.

Velikost účinné plochy, ohraničené obrysem podvozku a nulovou osou $n-n$ se při mimostředním zatížení určí z podmínky, že těžiště této účinné plochy je totožné s působištem výslednice vnějších sil. Pro obecnou polohu výslednice vnějších sil podle /2/ platí, že vzniklé napětí σ , stálé po celé účinné ploše, je vztaženo součinitelem μ k napětí, které by vzniklo, kdyby síla P působila ve středu obdélníkového průřezu. Potom platí:

$$\sigma = \mu P/LB$$

kde L je délka obdélníkové základny úložné plochy

B šířka obdélníkové základny úložné plochy

Vzhledem k rozsahu dané problematiky, přesahující rámec tohoto článku, není zde tato problematika rozvedena, bližší viz /1 až 4/.

Na základě výše uvedené metodiky pro výpočet napětí v zemině pod mimostředně zatíženou úložnou plochou obdélníkového průřezu bylo určeno napětí v zemině pod střední opěrnou deskou rypadla KU 800 při kráčení po rovině. Chodidla jsou předsunuta o 1,5m (max. délka kroku) při délce svislých hydraulických válců 3,95 m ve svislé poloze. Kolesový výložník je zasunutý ve vodorovné poloze a natočen ve směru kráčení.

Osa předávacího výložníku je natočena 25° vlevo ze své střední polohy (ve střední poloze jeho osa souhlasí s osou kolesového výložníku), kdy je největší vyosení těžiště tíhy kolesového svršku a spodku ($x = 2,11$ m; $y = -0,215$ m) při kráčení. Dále bylo ještě ve výpočtu zahrnuto odlehčení vlastní stavby rypadla přitlakem 981 kN/m^2 ve svislých válcích, které po předsunutí mají sklon $20^\circ 48'$. Velikost napětí v zemině pod střední opěrnou deskou se potom rovná $\sigma = 133,383 \text{ kN/m}^2$ ($1,36 \text{ kp/cm}^2$).

Při přesunu vlastní stavby rypadla, kdy tato je nadzvednuta na svislých hydraulických válcích kolmých k chodidlům, zatěžují zeminu jen chodidla, která přenášejí celou tíhu rypadla. Zatížení zeminy bylo počítáno pro stejnou polohu výslednice svršku a spodku jako v předchozím případě, ale bez jejího posunutí daného odlehčením stavby přitlačným tlakem ve svislých válcích. Ve výpočtu bylo zahrnuto vyrovnání tlaků ve svislých předních hydraulických válcích (třibodové uložení) ve směru pohybu. Potom napětí pod chodidlem, které je blíže k výslednici svrš-

ku a spodku rypadla, je

$$\sigma = 224,26 \text{ kN/m}^2 \text{ a u druhého chodidla je napětí v zemině}$$
$$\sigma = 215,49 \text{ kN/m}^2 \text{ (2,286 a 2,196 kp/cm}^2\text{)}.$$

Na konci kráčení, kdy jsou přisunuta chodidla na úroveň spodní stavby rypadla (svislé hydraulické válce jsou kolmo na pojezdovou plošinu), vychází pro stejnou polohu výslednice svršku a spodku rypadla jako v předchozích případech napětí v zemině $\sigma = 135,514 \text{ kN/m}^2$ (1,38 kp/cm²). Ve výpočtu byla zahrnuta síla odlehčení stavby od přítlačného tlaku ve svislých válcích a s tím související změna polohy a změna velikosti výslednice sil.

Dle stejné metodiky výpočtu napětí v zemině pod mimostředně zatíženou úložnou plochou obdélníkového průřezu byly vyšetřovány maximální a minimální velikosti napětí v zemině pod podvozkem rypadla KU 800 v závislosti na vzájemné poloze svršku a spodku rypadla. Pro různé polohy svršku a spodku rypadla bez materiálu na pásech se hodnoty napětí v zemině pod podvozkem pohybují v rozsahu od 78,491 kN/m² (0,8 kp/cm²) do 97,003 kN/m² (0,988 kp/cm²). Při těžbě (rypadlo s materiálem na pásech + rypná síla) se hodnoty napětí v zemině pod podvozkem rypadla pohybují v rozsahu od 78,757 kN/m² (0,803 kp/cm²) do 88,894 kN/m² (0,906 kp/cm²).

V tabulce č. 3 jsou uvedeny změny maximálních hodnot napětí v zemině pod podvozkem stroje KU 800 v závislosti na vzájemné poloze svršku a spodku rypadla. Rypadlo je bez materiálu, kolesový výložník je zasunutý v horní poloze a rypadlo stojí na horizontální pracovní plošině. Bude-li předávací výložník natočen o 25° vlevo ze střední polohy, to je na druhou stranu než je znázorněno v tab. č. 3 (poloha 4 až 6), dojde ve všech sledovaných polohách (1 až 6) ke zvýšení napětí v zemině pod podvozkem rypadla o 3,01 kN/m² (0,03 kp/cm²). Potom hodnota napětí v zemině pod podvozkem dosáhne hodnoty 100,013 kN/m² (1,018 kp/cm²).

Na obr. č. 5 je určena velikost a tvar účinné plochy podvozku rypadla KU 800 pro některé hodnoty napětí v zemině, uvedených v tabulce č. 3, vzhledem k poloze těžiště rypadla. Nevyšrafovaná část obdélníků chodidel a střední opěrné desky značí plochu, která není vzhledem k mimostřednosti působíště výslednice ve styku se zatěžovanou zeminou.

Závěr

Pro určení maximální stoupavosti rypadla KU 800 bylo provedeno měření koeficientu vlečného tření mezi ocelovou deskou chodidla rypadla a zeminou v provozních podmínkách na zeminách plastické konsistence, u kterých vzhledem k jejich plastickému charakteru hraje podstatnou úlohu velikost dosedací plochy. Hodnoty koeficientu vlečného tření mezi ocelovou deskou chodidla a zeminou byly naměřeny v rozsahu od 0,204 do 0,226 bez uvažování nižších hodnot zjištěných při kráčení rypadla zpět po původní trase. Tyto hodnoty byly naměřeny na jílovitých zeminách o vlhkosti cca 18 %. Z výsledků měření plyne závěr, že pokud by rypadlo KU 800 mělo kráčet na maximálním dovoleném sklonu pojezdové plošiny (1 : 9,5) v jílovitých zeminách o vyšší vlhkosti, musí být vybaveno mechanickým zajištěním proti skluzu.

Dále je věnována pozornost napětí v zemině pod mimostředně zatíženými podvozky. Dosud se rozdělení a velikost měrných tlaků určuje podle běžných teorií technické pružnosti. Podle nových stavebních norem a dosavadních výsledků měření, lze skutečný průběh napětí v povrchové vrstvě zatížení zeminy velmi dobře nahradit rovnoměrným rozdělením napětí pod tak zvanou účinnou plochou. Velikost účinné plochy se při mimostředním zatížení určí z podmínky, že těžiště této účinné plochy je totožné s působištem výslednice vnějších sil. Ve zbývající části plochy je kontaktní napětí v zemině nulové. Odlehčení části střední opěrné desky rypadla KU 800 bylo pozorováno při vysunutém kolesovém výložníku v dolní poloze a jeho natočení vpravo o 60° ze střední polohy. Za této situace byla část plochy střední opěrné desky na protilehlé straně mimo dotyk se zeminou.

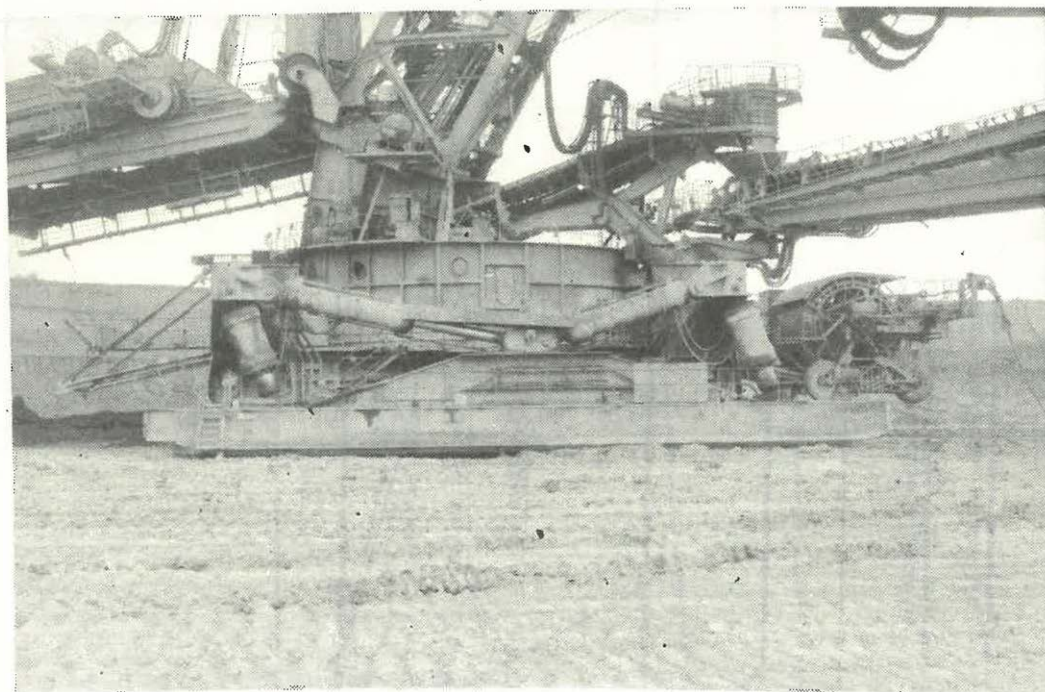
Literatura

- /1/ Barták J.: Studie technologických zařízení s maximální stoupavostí pro dobývání výchozových partií sloje - VÚHU Most; říjen 1975
- /2/ Cais S. : Mimostředný tlak v nových normách, Inženýrské stavby, 1957, č. 5

Z u s a m m e n f a s s u n g

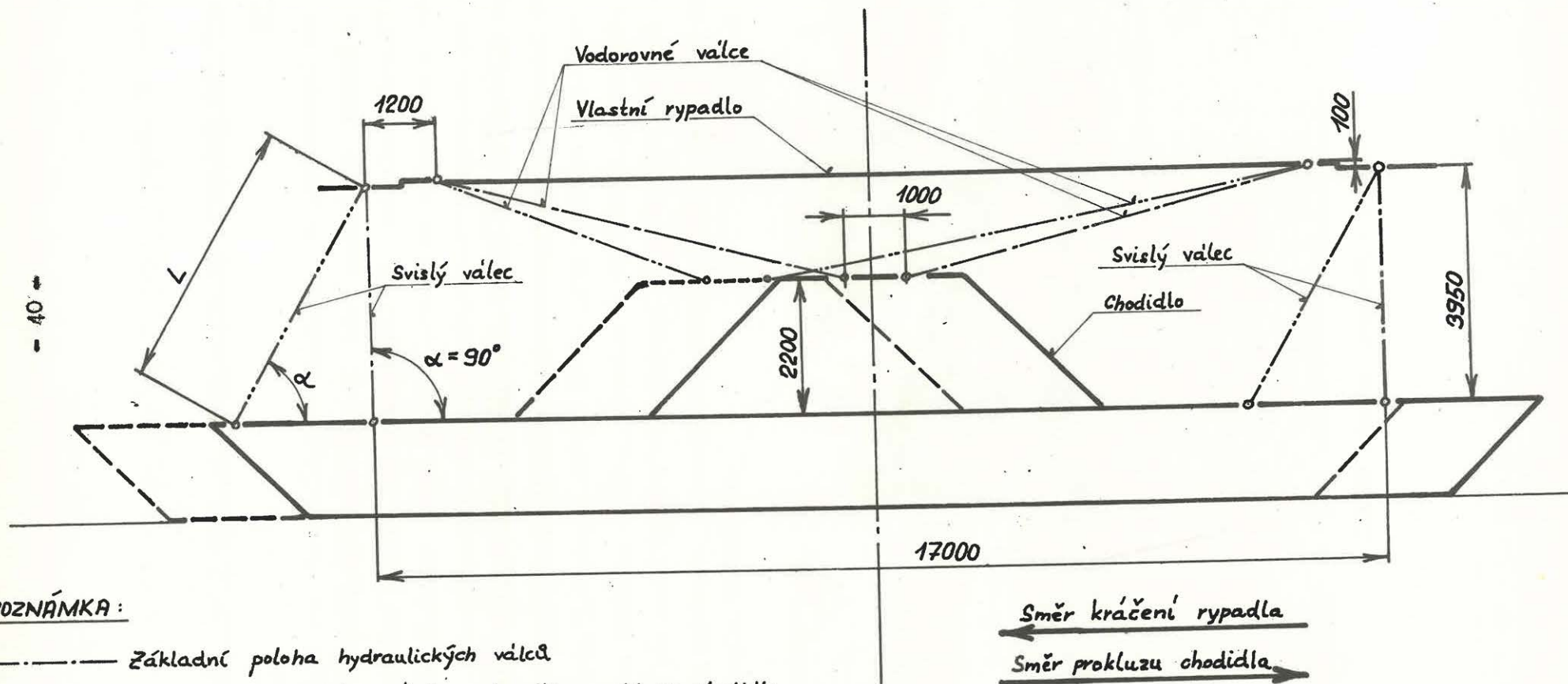
Betriebsmessungen und gewonnene Erfahrungen am Fahrwerkteil des Baggers KU 800

Für die Feststellung der maximalen Steigfähigkeit des Baggers KU 800 sind im Artikel der Vorgang und die Messungsergebnisse des Reibungskoeffizienten zwischen der Grundplatte des Baggers und dem Boden unter Betriebsbedingungen angeführt. Es wird ferner der Spannung im Boden unter den exzentrisch belasteten Fahrwerken Aufmerksamkeit gewidmet, wobei die Grösse und die Verteilung der spezifischen Drücke im Boden beim Schreiten und Graben des Baggers KU 800 bestimmt werden.



Obr. 1 - Podvozek rypadla KU 800

Obr. 2 - Schéma mechanismu kráčení KU 800

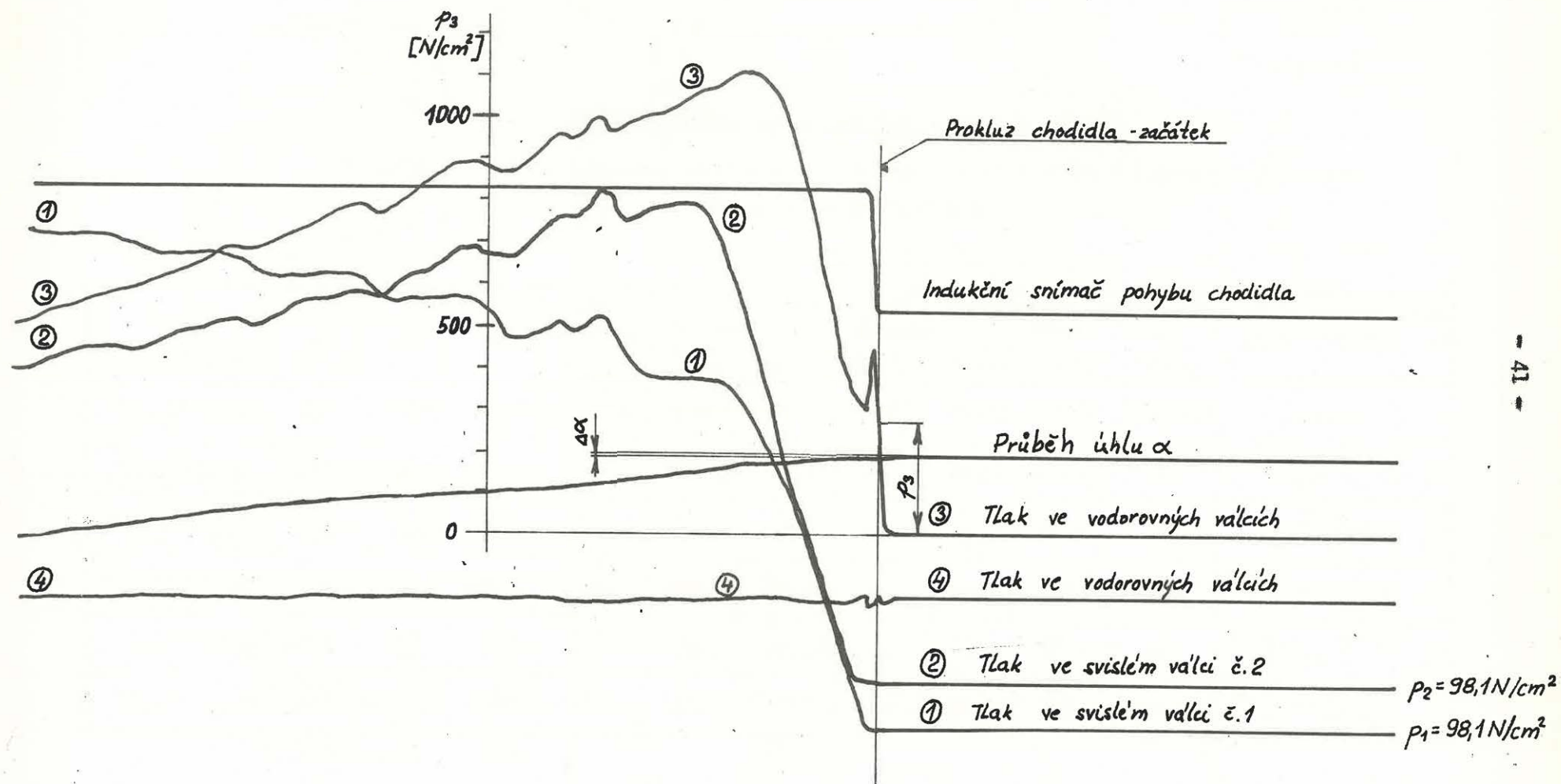


POZNÁMKA:

- — — — — Základní poloha hydraulických válců
- — — — — Poloha hydraulických válců v okamžiku prokluzu chodidla
- α ... Měřený úhel

← Směr kráčení rypadla

→ Směr prokluzu chodidla



Obr. 3 - Oscillografický záznam prokluzu chodidla

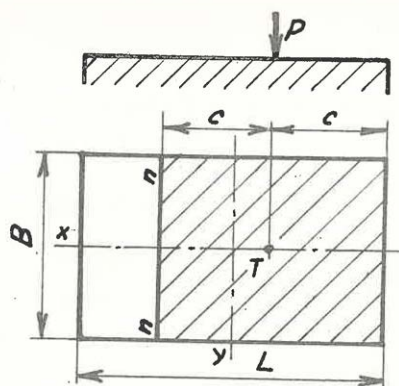
Tabulka 3

Napětí v zemině pod podvozkem rypadla KU 800

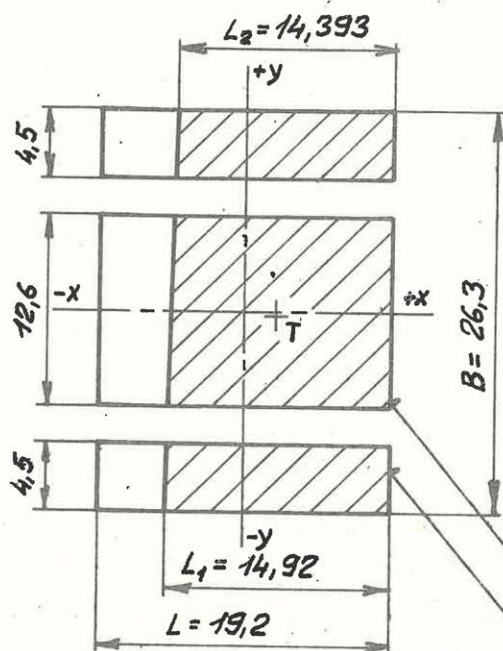
Zasunutý kolesový výložník v horní poloze, horizontální pracovní plán, bez materiálu

Maximální hodnoty napětí

Položka č.	Vzájemná poloha svršku a spodku	Tíha svršku a spodku [kN]	Souřadnice těžiště		Tíha chodidel [kN]	Souřadnice těžiště výslednice		Velikost výslednice [kN]	ϵ_x	ϵ_y	μ	Napětí σ_z	
			x [m]	y [m]		x [m]	y [m]					[kNm ⁻²]	[kpcm ⁻²]
1		26 779,3	+2,58	-0,08	3 929,9	+2,25	-0,07	30 709,2	0,117	0,003	1,31	97,003	0,988
2		- " -	+1,27	-1,84	- " -	+1,107	-1,604	- " -	0,057	0,061	1,195	88,487	0,902
3		- " -	+1,53	+1,82	- " -	+1,334	+1,587	- " -	0,069	0,06	1,22	90,338	0,921
4		- " -	+2,41	+0,91	- " -	+2,101	+0,793	- " -	0,109	0,03	1,3	96,262	0,981
5		- " -	+1,98	-1,21	- " -	+1,726	-1,055	- " -	0,09	0,04	1,245	92,189	0,94
6		- " -	+0,65	+2,20	- " -	+0,567	+1,918	- " -	0,029	0,073	1,18	87,377	0,891



Obr. 4 - Velikost a tvar účinné plochy



$$\alpha_1 = \frac{1 + 6\epsilon_y}{\mu} = 0,777$$

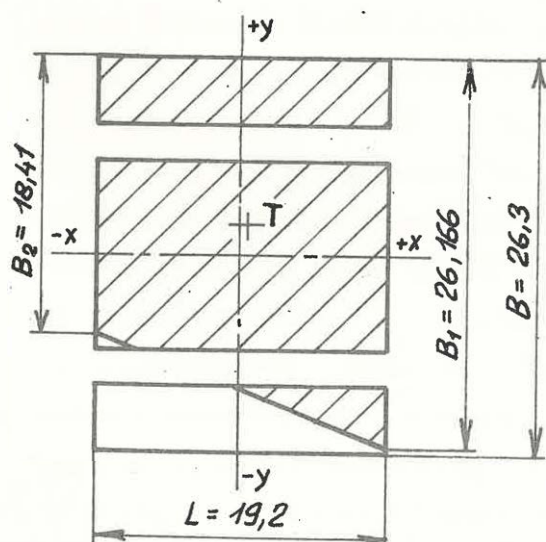
$$\alpha_2 = \frac{1 - 6\epsilon_y}{\mu} = 0,7496$$

$$L_1 = \alpha_1 L = 14,92 \text{ m}$$

$$L_2 = \alpha_2 L = 14,393 \text{ m}$$

střední opěr. deska
chodidlo

Poloha rypadla bez materiálu č. 1, tab. 3 při napětí v zemině
 $\sigma_2 = 97,003 \text{ kNm}^{-2} (0,988 \text{ kpcm}^{-2})$ - Jednotlivé míry jsou udány v metrech



$$\beta_1 = \frac{1 + 6\epsilon_x}{\mu} = 0,995$$

$$\beta_2 = \frac{1 - 6\epsilon_x}{\mu} = 0,7$$

$$B_1 = \beta_1 L = 26,166 \text{ m}$$

$$B_2 = \beta_2 L = 18,41 \text{ m}$$

Poloha rypadla bez materiálu č. 6, tab. 3 při napětí v zemině
 $\sigma_2 = 87,377 \text{ kNm}^{-2} (0,891 \text{ kpcm}^{-2})$

Obr. 5 - Tvar účinné plochy rypadla KU 800