

Ing. Ferdinand V o n d r á č e k, VÚHU

d.t. Jan J a n í č e k, VÚHU

Problematika uložení horní otočné stavby kolesových rypadel

I. Úvod

Uložení otočného svršku dobývacích a zakládacích strojů vystupuje v souvislosti s růstem váhy velkstrojů do popředí projekčních a konstrukčních problémů.

K otázce stability otočného svršku přistupuje, u strojů s velkou hmotností otočného svršku, podmínka rovnoměrného rozložení váhy na jednotlivé nosné elementy uložení horní stavby. Splnění této podmínky se odráží v životnosti, resp. poruchovosti jednotlivých dílů uložení horní stavby a v hodnocení efektivnosti daného těžebního stroje.

Po uvedení dobývacích strojů KU 300 a KU 800 a zakladače ZP 5500 do provozu se projevily závady na kulových drahách těchto strojů. Až již šlo o nadměrné opotřebení ložiska kulové dráhy, nebo havárie jednotlivých koulí a klecí, vždy bylo možno prokázat nescoulad mezi výpočtářskými předpoklady a skutečnými zatěžovacími poměry jednotlivých elementů. Vzhledem k tomu, že u těchto strojů bylo použito kulové dráhy jakožto nového prvku uložení horní stavby, byla každá porucha nebo havárie spojena s hodnocením vhodnosti kulové dráhy s kladkovým systémem, při čemž byly a stále trvají tendence užívat poruchovost kulových drah jako argumentu ve prospěch kladkového systému.

Avšak ani kladkový systém uložení horní stavby, ač jde o konstrukčně a provozně starší systém, není zbaven nedostatků plynoucích z nerovnoměrného rozložení účinku váhy otočného svršku na jednotlivá vahadla, což se projevuje labilním chováním otočného svršku, nadměrným opotřebením kolejnice kulové dráhy a zadíráním kladek vahadel.

V předloženém článku chceme poukázat na složitost problému uložení horní stavby a dobývacích strojů zvláště u kolesových rypadel. Pokud zdůrazňujeme hledisko stability stroje, pak proto, že u jednotli-

vých strojů dochází v průběhu provozu k porušení tohoto základního předpokladu, čímž vznikají situace, které za extrémního provozu přímo ohrožují bezpečnost osádky a stroje. V příznivějších podmínkách vede změna těžiště spolu s nerovnoměrným rozložením ke vzniku nadměrného o-
potřebení, kývání horní stavby, snižování výkonnosti apod.

Výpočet stability vychází z konstrukčních vah určených převážně početním způsobem. Na toto základní obtížení projektant interponuje jednotlivá provozní zatížení a stabilitu stroje posunuje podle míry bezpečnosti dané podílem stabilizujících a klopných momentů.

Skutečné provedení rypadla, zvláště strojů, které jsou již delší čas v provozu, se mnohdy podstatně liší od dokumentace užitá výpočtářem. Jde jednak o změny vah a jejich rozložení vzniklé při opravách, rekonstrukcích vedoucích k zesilování některých uzlů, užití vyšších profilů na pomocných částech konstrukce, zanášení vnitřního prostoru beskomorových koles zeminou apod.

Pak stanovení těžiště horní stavby je možno provést na základě kombinace silových měření a početních metod. Výsledky získané tímto způsobem nemusí vždy exaktně postihnout skutečnost v důsledku statické neurčitosti jednotlivých případů, avšak při zachování běžné míry bezpečnosti dávají jistotu nutnou k provozu.

II. Používané systémy uložení horní otočné stavby rypadel

Použitý systém uložení horní otočné stavby u rypadel je určen směrem technického vývoje jednotlivých typů dobývacích strojů.

U malých lopatových rypadel ($0,3 \text{ m}^3$) se používá uložení na staticky určeném tříkladkovém systému, u větších rypadel obvyklý způsob čtyřbodového systému, který má sice soustavu staticky neurčitou, ale stabilita uložení je lepší. Tyto systémy lze zahrnout mezi uložení má-
lokladkové. V závislosti na rostoucí hmotnosti rypadel vzrůstají také tlaky na tyto kladky, a proto se místo jednoduchých kladek používá dvojic, resp. čtveřic, které jsou uloženy prostřednictvím vahadlového systému. Takovéto systémy jsou použity na kolesových rypadlech typu K 300, K 1000, K 800 a podobně.

Pro správnou funkci tohoto systému je nutné dodržet některé podmínky správného valení kladek a teoretický předpoklad přímkového dotyku kladky s dráhou, není většinou v praxi splněn.

Nevýhodou tohoto způsobu řešení je velká stavební výška a u větších hmot výskyt velkých sil působících na kladky a z tohoto vyplývající mohutné rozměry ústrojí. Tyto nevýhody daly podnět k vývoji uložení málokkladkovému, který se vyznačuje menší stavební výškou a svislé síly jsou rozloženy na větší počet kladek. Průměr kladek je oproti předchozímu systému malý. Používá se kladek tvaru válcového nebo kuželového. Toto provedení je nejvíce rozšířeno u lopatových rypadel. V současné době, kdy se kladou větší technické nároky na stavbu rypadel, je stále více využíváno systému valivého ložiska tzv. kulových drah. Použití tohoto systému je technickým pokrokem a zmenšuje stavební výšku otočného ústrojí, a tím celého stroje, zjednodušuje konstrukční řešení rámu tím, že odpadá centrální ložisko (středící kladky) a snižuje se celková váha stroje. Tohoto principu se využívá dnes na rypadlech typu KU 300, KU 800 a u dříve konstruovaných korečkových rypadel typu D 800, RK 400, případně též u zakladačů.

V zahraničí se v posledních letech objevila uložení dvouřadým valivým ložiskem. Pro jejich dobrou funkci je nutné i zde, aby konstrukce uložení v rámech horní i spodní stavby byla naprosto tuhá, a tak se zamezilo deformaci dráhy ložiska. Toto řešení však sebou přináší nákladnější výrobu, proto se dále vyskytla tzv. ložiska drátová, kde místo kalené oběžné dráhy jsou vloženy do nekaleného věnce kroužky z tvrdého pružinového drátu, jímž je dráha vytvořena.

III. Výpočty uložení otočných staveb rypadel

1/ Výpočet málokkladkového uložení

a) uložení tříbodové - staticky určité - obr. č. 1

- G - celková hmotnost horní otočné stavby
- e, φ - souřadnice těžiště
- A, B, C - reakce tříbodového uložení

/ 1 / - součtová podmínka

$$G = A + B + C$$

/ 2 / - momentová podmínka v ose x vzhledem k ose otáčení o

$$G \cdot e \cdot \sin \varphi = (B + C) (r - v) - A \cdot r$$

$$\text{přitom } v = r - \frac{1}{2} \sqrt{4r^2 - a^2}$$

/ 3 / - momentová podmínka v ose y vzhledem k ose otáčení o

$$G \cdot e \cdot \cos \varphi = (B - C) \frac{a}{2}$$

Z naměřených reakcí A, B, C lze tedy výpočtem stanovit celkovou hmotnost G a souřadnice těžiště nebo naopak.

b) uložení čtyřbodové - staticky neurčitá

Výpočet čtyřbodového uložení je možno počítat několika metodami. Ve všech výpočtech je zaveden předpoklad absolutní tuhosti horního i spodního rámu.

b₁) Metoda z deformační podmínky - obr. č. 2 - předpokládá, že absolutně tuhý rám je uložen na pružinách o tuhosti c.

/ 1 / - součtová podmínka

$$G = A + B + C + D$$

/ 2 / - momentová podmínka ke klopné hraně $\overline{CD}$

$$(A + B)b = G \left(-\frac{b}{2} + e \cdot \sin \varphi \right)$$

/ 3 / - momentová podmínka ke klopné hraně $\overline{AD}$

$$(B + C)a = G \left(-\frac{a}{2} - e \cdot \cos \varphi \right)$$

/ 4 / - deformační podmínka, kde platí předpoklad:

$$y_A - y_B = y_D - y_C$$

$$y_A = A \cdot C \quad y_B = B \cdot c$$

$$\text{potom} \quad A - B + C - D = 0$$

Potom reakce A, B, C, D lze vypočítat ze vztahů:

$$A = \frac{G}{4} + \frac{G \cdot e}{2ab} (a \cdot \sin \varphi + b \cdot \cos \varphi)$$

$$B = \frac{G}{4} + \frac{G \cdot e}{2ab} (a \cdot \sin \varphi - b \cdot \cos \varphi)$$

$$C = \frac{G}{4} - \frac{G \cdot e}{2ab} (a \cdot \sin \varphi + b \cdot \cos \varphi)$$

$$D = \frac{G}{4} - \frac{G \cdot e}{2ab} (a \cdot \sin \varphi - b \cdot \cos \varphi)$$

b₂) Metoda náhrady čtyřbodového uložení pomocným rovinným rámem na třech podpěrách - obr. č. 3

/ 1 / - součtová podmínka

$$G = H + K + L$$

/ 2 / - momentová podmínka ke klopné hraně $\overline{LK}$

$$H \cdot \frac{a}{2} = G \cdot e \cdot \cos \varphi$$

/ 3 / - momentová podmínka ke klopné hraně $\overline{CD}$

$$L \cdot b + H \cdot \frac{b}{2} = G \left(\frac{b}{2} + e \cdot \sin \varphi \right)$$

Výsledné řešení reakcí A, B, C, D je opět totožné s výsledkem předchozí metody.

b₃) Způsob Montagnoniho - obr. č. 4

Výslednici G posuneme do středu otáčení a silový moment $G \cdot e$ rozložíme do dvou vzájemně kolmých směrů dle vektorového počtu

$$M' = G \cdot e \cdot \sin \varphi \quad a \quad M'' = G \cdot e \cdot \cos \varphi$$

První moment způsobuje dodatečnou zatěžující sílu

$$A' = B' = \frac{G \cdot e \cdot \sin \varphi}{2}$$

Druhý moment způsobuje

$$A'' = D'' = \frac{G \cdot e \cdot \cos \varphi}{2}$$

Z toho reakce A se vypočte

$$A = \frac{G}{4} + A' + A'' \quad \text{atd.}$$

Výsledkem je opět řešení z předchozích případů.

b₄) Způsob Andree - obr. č. 5

Způsob je založen na zavedení fiktivních nosníků $\overline{LK}$ a $\overline{HJ}$. Sílu G rozložíme na složky LK resp. HJ

$$H = G \cdot \frac{\frac{a}{2} + e \cos \varphi}{a}$$

Tato síla vyvolává reakci A

$$A = G \cdot \frac{\frac{a}{2} + e \cos \varphi}{a} \cdot \frac{\frac{b}{2} + e \sin \varphi}{b} =$$

$$= \frac{G}{4} + \frac{G \cdot e}{2ab} (a \cdot \sin \varphi + b \cdot \cos \varphi + e \cdot \sin 2\varphi)$$

Další reakce se počítají obdobným způsobem.

Výsledek tohoto řešení je o hodnotu $G \cdot \frac{e^2 \cdot \sin 2\varphi}{2ab}$

větší vůči předchozím uvedeným řešením.

2/ Výpočet mnohokladkového a kulového uložení otečných drah

obr. č. 6

Ve výpočtu předpokládáme absolutní tuhost horního i spodního rámu.

Uvažujeme homogenní prstenec o středním poloměru R .

Řešení obecného odvození maximální hodnoty výstřednosti e : měrné zatížení zjistíme z tlakového napětí τ_{tl} působením váhy G a tahového napětí τ_t působením momentu $G \cdot e$

$$q(\varphi) = \tau_{tl} + \tau_t$$

$$q(\varphi) = \frac{G}{I} + \frac{M}{I} x$$

pro další výpočet zavádíme:

$$l = 4 \beta \cdot R$$

$$M = G \cdot e$$

$$I = \text{moment setrvačnosti}$$

$$x = R \cdot \cos \varphi$$

$$dl = R \cdot d\varphi$$

potom měrné zatížení:

$$q\varphi = \frac{G}{4 \beta R} + \frac{G \cdot e}{I} R \cdot \cos \varphi$$

odvození momentu setrvačnosti:

$$\begin{aligned} I &= 4 \int_0^\beta x^2 R d\varphi = 4 \int_0^\beta R^3 \cos^2 \varphi d\varphi = 4 R^3 \int_0^\beta \frac{1 + \cos 2\varphi}{2} d\varphi = \\ &= R^3 (2\beta + \sin 2\beta) \end{aligned}$$

a dosadíme:

$$q \varphi = \frac{G}{4 \hat{\beta} R} \left(1 + \frac{4 \hat{\beta} R e \cdot R}{R^3 (2 \hat{\beta} + \sin 2 \beta)} \cdot \cos \varphi \right) =$$

$$= \frac{G}{4 \hat{\beta} R} \left(1 + \frac{4 \hat{\beta}}{2 \hat{\beta} + \sin 2 \beta} \cdot \frac{e}{R} \cdot \cos \varphi \right)$$

Stanovení maximální přípustné excentricity zatěžující síly, aby nedošlo k odlehčení nosných koulí (příp. válečků), či-li $q \varphi = 0$ v místě proti působišti síly G .

Bude-li $q \varphi = 0$ ($\varphi = 0^\circ$) potom výraz

$$1 - \frac{4 \hat{\beta}}{2 \hat{\beta} + \sin 2 \beta} \cdot \frac{e}{R} \cdot \cos \varphi = 0$$

z toho excentricita

$$e = \frac{R (2 \hat{\beta} + \sin 2 \beta)}{4 \hat{\beta}}$$

Je-li $\beta = \pi/2$, což je případ použitý u kulových drah pak

$$e = \frac{R (\pi + 0)}{2 \pi} = \frac{R}{2}, \text{ čili } e = \frac{R}{2}$$

Je přípustná maximální excentricita výslednice, která zaručuje zatížení všech nosných elementů kulové dráhy - $R/2$ je tzv. jádrová kružnice, ve které se má nacházet těžiště horní otočné stavby.

Dalším řešením případu, je-li $e > R/2$, což znamená, že některé nosné elementy nejsou zatěžovány, se dále nebudeme zabývat.

IV. Měření vyváženosti horní otočné stavby kolesového rypadla K 800 B/51

Z uvedených případů výpočtů uložení horních otočných staveb rypadel je zřejmé, že zavedením určitých předpokladů při řešení čtyřbodevého uložení se dopouštíme nepřesnosti vzhledem ke skutečnosti. Příkladem může posloužit případ měření vyváženosti horní otočné stavby kolesového rypadla K 800 B/51 na dole Obránců míru v Komořanech.

Horní otočná stavba rypadla (obr. č. 7) je uložena na čtyřech bodech A, B, C, D. Tlaky se přenáší na kruhovou dráhu prostřednictvím čtyř vahadlových systémů, které jsou čtyřkolové.

1/ Metodika měření tlaků vahadlového podvozku horní otočné stavby

Měření tlaků jednotlivých podvozků bylo provedeno pomocí hydraulických zvedáků a tlakových tensometrických dynamometrů pro snímání sil. Rozmístění zvedáků bylo provedeno tak, aby bylo možno zvednout u každého ze čtyř vahadlových systémů, které jsou čtyřkolové, jednu dvojici pojezdových kol, což znamená, že změřená tlaková síla je polovinou reakce jednoho bodu uložení. Součet těchto tlakových sil je potom polovinou hmotnosti celé horní otočné stavby.

2/ Naměřené hodnoty

Měření reakcí na podvozcích horní otočné stavby bylo provedeno ve dvou případech natočení stavby. Označení reakcí a vzdáleností je patrné z obr. č. 7.

Měření č. 1 -

Horní otočná stavba natočena kolesovým výložníkem ve směru pojezdu rypadla tak, že nakládací výložník je po levé straně směru pojezdu. Osa kolesového výložníku s osou pojezdu svírá úhel $\sim 25^\circ$. Tato poloha je nejvhodnější z hlediska rozmístění zvedáků na rám spodní stavby, která je v těchto místech podepřena sloupy.

Naměřené hodnoty:

a) zasunutý kolesový výložník skloněný 16° dolů

reakce	A	-	120 Mp
	B	-	67 Mp
	C	-	184 Mp
	D	-	194 Mp

hmotnost celkem $G = 565 \text{ Mg}$

b) maximálně vysunutý kolesový výložník, vodorovný

reakce	A	-	225 Mp
	B	-	188 Mp
	C	-	78 Mp
	D	-	74 Mp

hmotnost celkem $G = 565 \text{ Mg}$

Měření č. 2 -

Horní otočná stavba natočena o 180° oproti měření č. 1.

Naměřené hodnoty:

a) zasunutý kolesový výložník skloněný 16° dolů

reakce	A'	-	114 Mp
	B'	-	85 Mp
	C'	-	172 Mp
	D'	-	194 Mp

hmotnost celkem $G = 565 \text{ Mg}$

b) maximálně vysunutý kolesový výložník, vodorovný

reakce	A''	-	228 Mp
	B''	-	188 Mp
	C''	-	45 Mp
	D''	-	104 Mp

hmotnost celkem $G = 565 \text{ Mg}$

Srovnáním naměřených výsledků z obou případů měření lze konstatovat, že součet všech reakcí A, B, C, D je stejný, což tedy odpovídá hmotnosti horní otočné stavby rypadla G. Je však patrný rozdíl v případech jednotlivého zatížení podvozků. Jakým způsobem je tímto ovlivněna poloha těžiště, zjistíme ve výpočtové části.

3/ Výpočtová část

Ve výpočtu se budeme zabývat výpočtem vzdálenosti těžiště horní otočné stavby z naměřených hodnot, jak v podélné, tak i v příčné ose rypadla a případem extrémního provozu rypadla.

a) Měření č. 1

a₁) kolesový výložník zasunutý, sklon 16° dolů, vzdálenost těžiště od osy otáčení ve směru:

- podélném

$$x_1' = \frac{\frac{a}{2} / C+D - (A+B) /}{G} = \frac{3,4 (378-187)}{565} = \frac{3,4 \cdot 191}{565} = 1,15 \text{ m}$$

- příčném

$$y_1' = \frac{\frac{b}{2} / B+D - (A+C) /}{G} = \frac{2,3 (261-304)}{565} = \frac{2,3 \cdot 43}{565} = - 0,175 \text{ m}$$

a₂) kolesový výložník maximálně vysunutý, vodorovný

- ve směru podélném

$$x_2' = \frac{\frac{a}{2} / C+D - (A+B) /}{G} = \frac{3,4 (152-413)}{565} = \frac{3,4 \cdot 261}{565} = - 1,57 \text{ m}$$

- ve směru příčném

$$y_2' = \frac{\frac{b}{2} / B+D - (A+C) /}{G} = \frac{2,3 (262-303)}{565} = - \frac{2,3 \cdot 41}{565} = - 0,167 \text{ m}$$

b) Měření č. 2

b₁) kolesový výložník zasunutý, sklon 16° dolů, vzdálenost těžiště od osy otáčení ve směru:

- podélném

$$x_1'' = \frac{\frac{a}{2} / C+D - (A+B) /}{G} = \frac{3,4 (366-199)}{565} = \frac{3,4 \cdot 167}{565} = 1,00 \text{ m}$$

- příčném

$$y_1'' = \frac{\frac{b}{2} / B+D - (A+C) /}{G} = \frac{2,3 (279-286)}{565} = - \frac{2,3 \cdot 7}{565} = - 0,028 \text{ m}$$

b₂) kolesový výložník maximálně vysunutý, vodorovný

- ve směru podélném

$$x_2'' = \frac{\frac{a}{2} / C+D - (A+B) /}{G} = \frac{3,4 (149-416)}{565} = - \frac{3,4 \cdot 267}{565} = - 1,605 \text{ m}$$

- ve směru příčném

$$y_2'' = \frac{\frac{b}{2} (B+D - (A+C) /)}{G} = \frac{2,3 (292-273)}{565} = \frac{2,3 \cdot 19}{565} = 0,077 \text{ m}$$

c) Výpočet souřadnice těžiště pro extrémní případ provozu rypadla

Extrémní případ je uvažován při provozu stroje, kdy je využito maximální rýpací síly, dopravované množství materiálu na kolesovém výložníku je zvětšeno o 40 %, je nalepené koleso a výsyp-

ka. Kolesový výložník je maximálně vysunutý a vodorovný.

Případ zatižení	Zatěžovací síla v Mp	Rameno působíště od středu otáče- ní v m	Silový moment M_x v Mp.m
max. rýpací síla	17,5	- 38,1	- 666
materiál na páse + 40 %	19,1	- 17,5	- 334
nalepení kolega	1,8	- 34,1	- 61,3
nalepení výsypky	1,5	- 34,1	- 51,1
Celkem	$P = 39,9 \text{ Mp}$		$M_x = - 1112,4 \text{ Mp.m}$

Vzdálenost těžiště od osy otáčení ve směru podélném z měření
čís. 1:

$$x_3' = \frac{G \cdot x_2' + M_x}{G + P} = \frac{-565 \cdot 1,57 - 1112,4}{565 + 39,9} = \frac{1\ 999,4}{604,9} = - 3,3 \text{ m}$$

Vzdálenost těžiště od osy otáčení ve směru podélném z měření
čís. 2:

$$x_3'' = \frac{G \cdot x_2'' + M_x}{G + P} = \frac{-565 \cdot 1,605 - 1112,4}{565 + 39,9} = \frac{2\ 019,4}{604,9} = - 3,34 \text{ m}$$

4/ Měření reakcí podvozků horní otočné stavby při otáčení rypadla mimo provoz

Vzhledem k rozdílnému rozdělení tlaků na jednotlivé podvozky bylo přikročeno k měření reakcí během otáčení horní stavby rypadla mimo provoz. Základní postavení horní otočné stavby je patrné z obrázku č. 8, což odpovídalo postavení z měření č. 2, avšak s tím rozdílem, že kolesový výložník nebyl v poloze vodorovné, ale byl skloněn 14° nahoru, což umožnilo otáčení horní stavby přes nakládací výložník bez změny jeho polohy. Výsuv kolesového výložníku měl 2,5 m

rezervu. V této základní poloze před otáčením stavby o 360° byly změřeny tyto reakce:

reakce	A	-	203 Mp
	B	-	160 Mp
	C	-	103 Mp
	D	-	99 Mp

hmotnost celkem $G = 565 \text{ Mg}$

Zároveň s tímto měřením bylo provedeno cejchování tensometrů přitmelovaných na vahadlový systém podvozků otočné stavby. Tensometry byly přitmeleny tak, že snímaly ohybové napětí, které při nadzvednutí podvozku bylo nulové a při zatěžování rostlo úměrně se zatěžovací silou, resp. reakcí. Průběh tohoto napětí byl snímán při otáčení na oscilografický záznam, který je na obr. č. 8. Na průběhu jsou partné relativní hodnoty zatížení; s přihlédnutím k základní poloze lze určit též absolutní hodnotu. Největší změny jsou patrné u reakce C, kde maximální odchylka činí až 80 Mp.

Z provedeného měření vyplývá, že velikost reakcí působící na jednotlivé systémy se v průběhu otáčení horní stavby rypadla mění. Lze tedy na základě zjištěných reakcí při otáčení konstatovat, že jednou z hlavních příčin je poměrně malá tuhost spodní stavby, hlavně nosníků kruhové dráhy, případně též malá tuhost rámu horní otočné části.

V. Závěr

Uvedený příspěvek k problematice uložení horní stavby rypadel poukazuje na šíři do jaké zasahuje vliv konstrukce uložení.

Nejde pouze o vlastní projevy nestability, ale i otázku životnosti a bezporuchovosti celého systému uložení. U nové řady dobývacích strojů s vysokou rypnou silou vybavené kulovými drahami je nadměrné opotřebení kulové dráhy, stejně jako u vahadlového systému starších strojů způsobeno nejen vlastnostmi použitých materiálů drah, ale i ne-

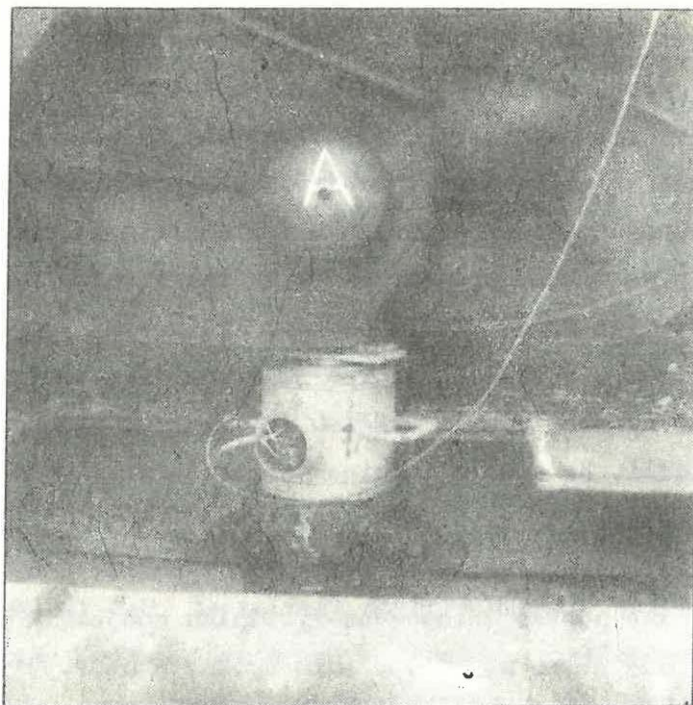
rovnoměrným rozložením váhy svršku na jednotlivé nosné elementy.

V některých případech je u starších strojů tento stav zhoršován porušením stability při rekonstrukcích kolesového výložníku, vystužováním a zesilováním tělesa kola, nedodržováním předepsané protiváhy apod. U těchto strojů dochází k projevům nestability po několika letech provozu, kdy se začnou projevovat vlivy únavy materiálu, hlavně ve spojích jednotlivých uzlů. Podle postupu uvolňování spojů mění se dosavadní tuhost dráhy; v místech aloupů je dráha výrazně tzv. tvrdší, což vede k přenosu vyšších sil a vyššímu zatížení až již koulí, nebo kladek a čepů vahadel. Za těchto podmínek se skutečné zatěžovací poměry liší od vypočtených.

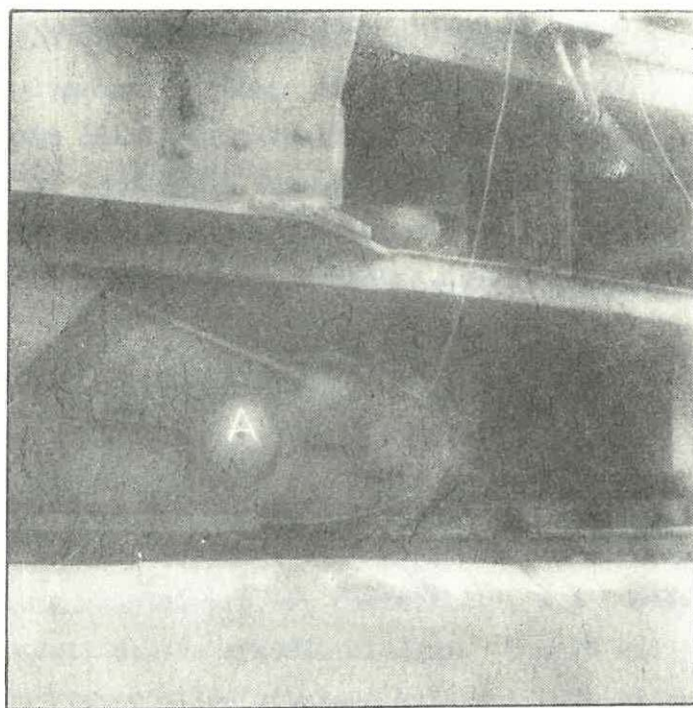
Jak ukazuje měření prováděné na kolesovém rypadle K 600 B/51 je práce stroje v určité poloze kolesového výložníku spojena s kýváním celé horní stavby. Bude nutno nejen ztužením spodní stavby, ale i event. změnou frekvence záběru korečků tento nežádoucí stav eliminovat.

Jestliže výpočtové metody zavádí předpoklad dokonalé nebo stejné tuhosti nosných rámců bude nutno tuto podmínku ověřovat tensometrickým měřením již v průběhu stavby nových rypadel a provádět na dalších strojích event. úpravy tuhosti podle zjištěných napětí a průhybů. Tato měření by právě u velkých strojů měla být nedílnou součástí montáže tak závažného prvku, jakým je uložení horní stavby. Další vývoj kulových drah se bez těchto prací neobejde.

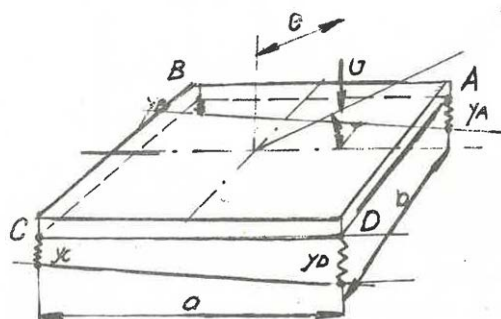
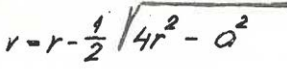
U starších strojů při každé generální opravě je nutno měřením ověřit, zda nedošlo k nežádoucím změnám v rozdělení vah otočného svršku.



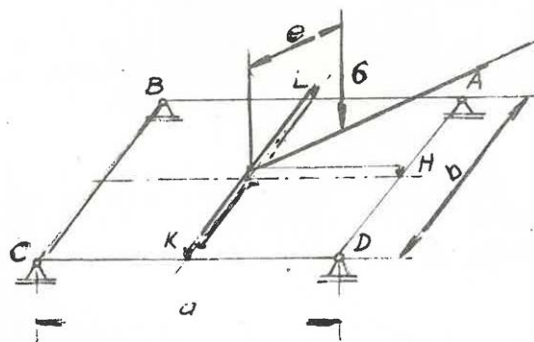
Fot. 1 - Měření reakcí velkého vahadla horní stavby K 800/B



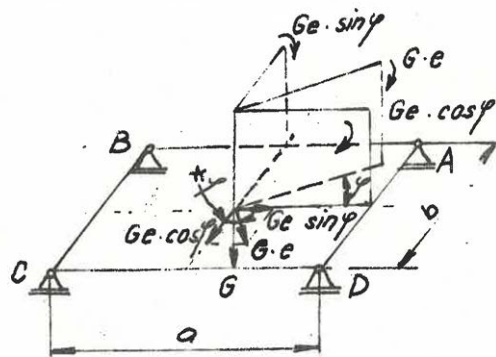
Fot. 2 - Měření napětí horní pásnice malého vahadla během otáčení horní stavby



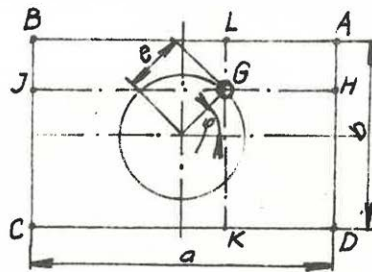
QBR C²



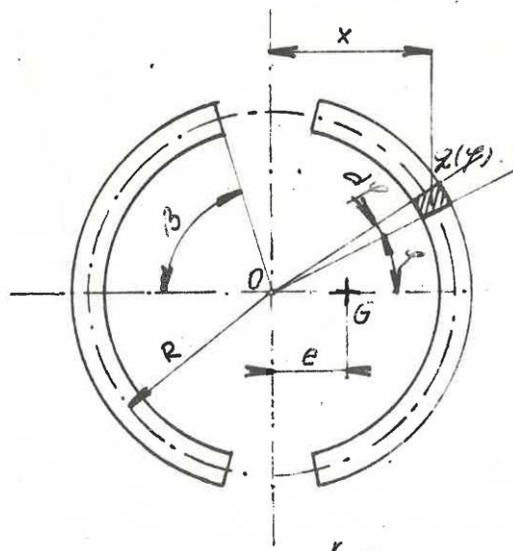
OBR. C 3



OBR. C. 4

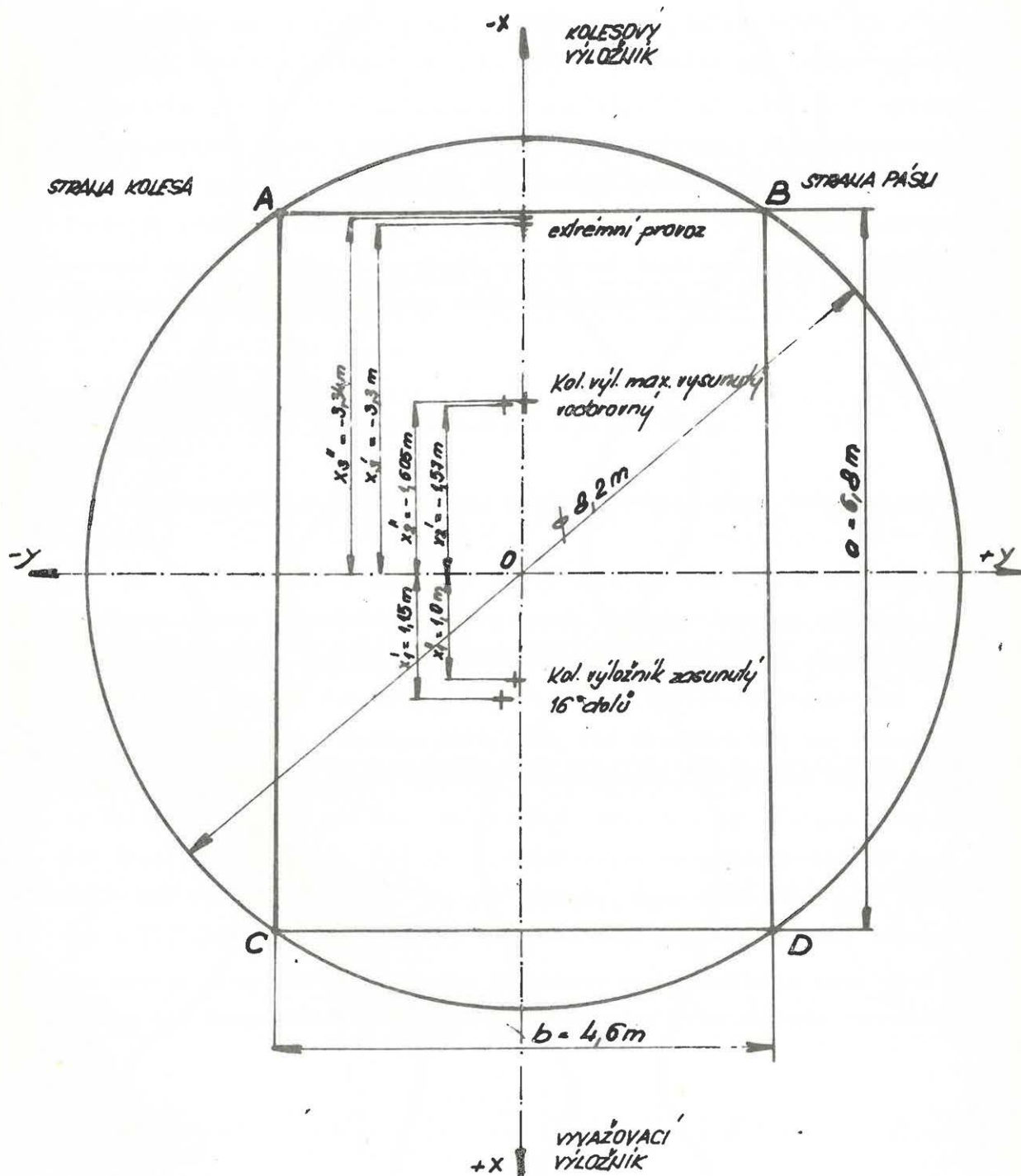


OBR. C. 5



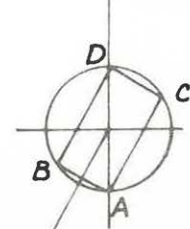
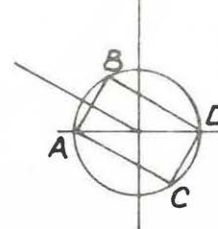
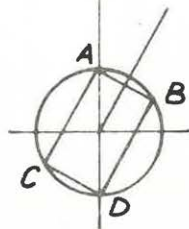
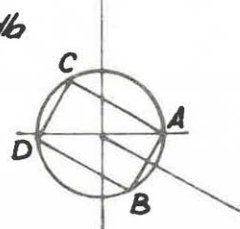
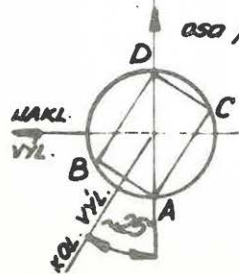
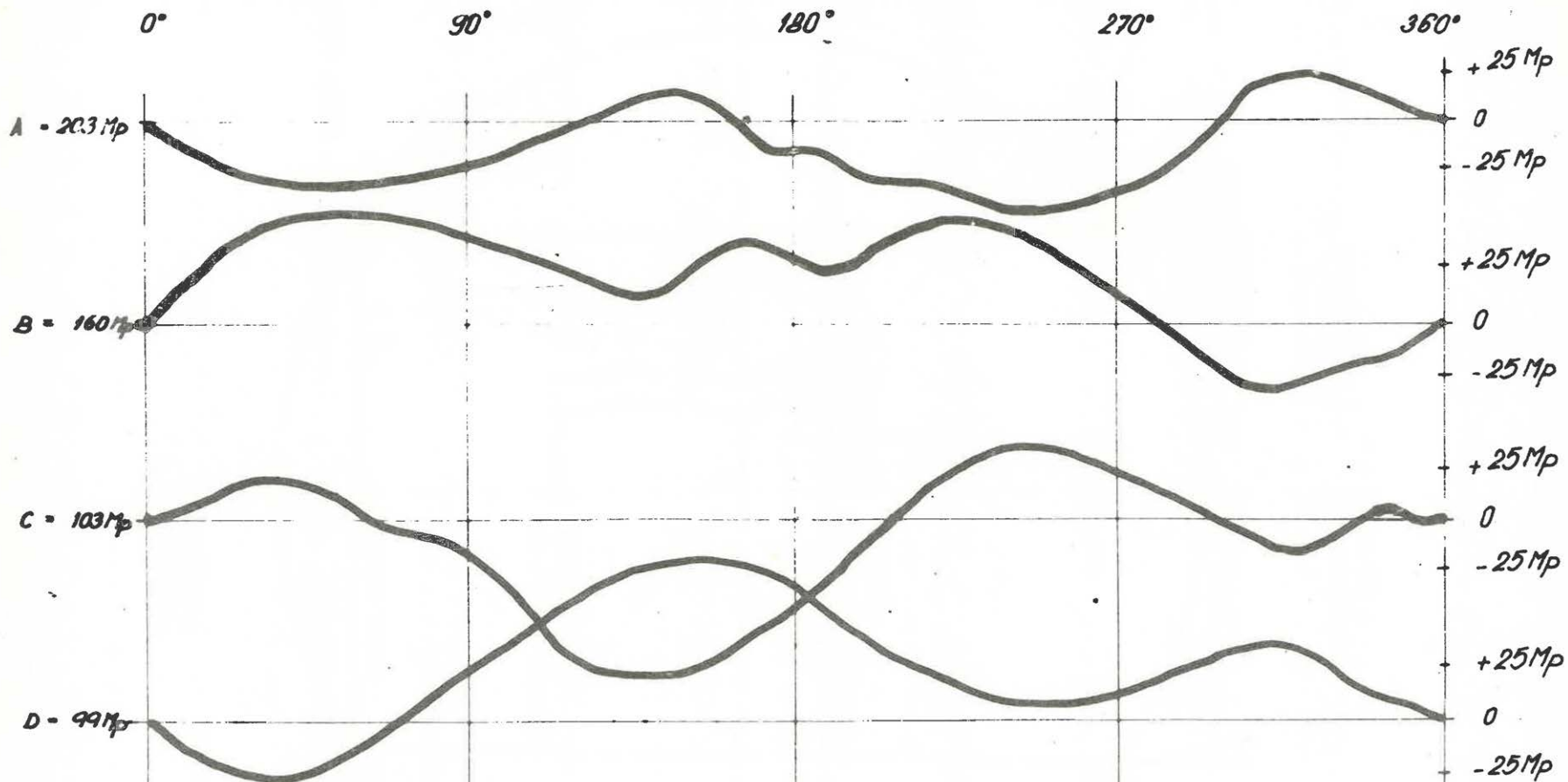
OBR. C. 6

VZDALENOSTI TEŽIŠTĚ HORNÍ OVOČNÉ STAVBY K-800/51



OBR. Č. 7

ZAŽITIA REAKCI' PODVOZKŮ HORNÍ OTOČNÉ STAVBY PŘI OTÁČENÍ RYPADLA MIMO PROVOZ



KOLESOVÝ VÝLOŽNÍK VYSUNUTÝ 2,5m OD MAX. VÝSUVU, SKLON ~ 14° NAHORU

OBR. č. 8