Vysoká škola strojní a textilní v Liberci
nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Obor 23-20-8
stroje a zařízení pro strojírenskou výrobu

zaměření

jednoúčelové obráběcí a montážní stroje

Katedra obrábění a montáže

STUDIE MĚŘENÍ HMOTNOSTI NA VYSOKOZDVIŽNÝCH VOZÍCÍCH

Jiří M A T U R A

Vedoucí práce: ing. Přemysl Pokorný, katedra obrábění a montáže VŠST Liberec

Konzultant: ing. J. Zavřelová, n.p. Desta Děčín

Rozsah práce a příloh

Počet stran:	84
Počet příloh:	9
Počet obrázků:	10
Počet výkresů:	6

Vysoká škola: strojní a textilní v Liberci

Katedra: obrábění a montáže

Fakulta: strojní

Školní rok: 1980/81

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro Jiřího MATURU

obor 23 - 20 - 8 Stroje a zařízení pro strojírenskou výrobu

Protože jste splnil... požadavky učebního plánu, zadává Vám vedoucí katedry ve smyslu směrnic ministerstva školství a kultury o státních závěrečných zkouškách tento diplomový úkol:

Název tématu: Studie [illegible] na vysokozdvižných vozících

Pokyny pro vypracování:

1/ Proveďte [illegible]

2/ Navrhněte možnosti nového [illegible] využití v [illegible]

3/ Proveďte zpracování [illegible] provozní zařízení s vážením na vozíku

4/ Zhodnoťte technickohospodářský přínos

Autorské právo se řídí [illegible] pro státní [illegible] 1932 [illegible] ze dne 31.3.1932 §19 [illegible] 115/53 Sb.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
[illegible]
LIBEREC [illegible] BOLEŠLAVSKÁ 5
PSČ 461 17

Místopřísežné prohlášení.

"Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury."

V Liberci dne 12. června 1981

OBSAH PRÁCE.

		strana
	Úvodní list.	1
	Zadání diplomové práce.	2
	Místopřísežné prohlášení.	3
	Obsah práce.	4
	Seznam použitých symbolů a zkratek.	6
1.	ÚVOD.	7
1.1	Cíl práce a její společenský význam.	7
1.2	Základní pojmy a postupy při vážení podle ČSN.	9
2.	PRŮZKUM SOUČASNÉHO STAVU VÁŽENÍ NA VYSOKOZDVIŽNÝCH VOZÍCÍCH.	10
2.1	Principy používané některými výrobci.	10
2.2	Současný stav vážení na vysokozdvižných vozících.	12
3.	NÁVRH NOVÉHO ZPŮSOBU VÁŽENÍ.	13
3.1	Přehled nejčastěji používaných vysokozdvižných vozíků v ČSSR.	13
3.2	Konstrukce a provedení vysokozdvižných vozíků Desta.	14
3.3	Teoretický rozbor zatížení zvedacího zařízení vysokozdvižného vozíku.	15
3.3.1	Teoretický rozklad zatěžujících sil a výpočet pasivních odporů kladek zvedací desky.	19
3.3.2	Výpočet pasivních odporů v uložení zvedací desky vysokozdvižného vozíku BVHM 1321 N.	25
3.3.3	Určení pasivních odporů ve vedení válečkových řetězů vysokozdvižného vozíku BVHM 1321 N a vozíků DVHM 2522 N.	26
3.4	Návrh řešení a konstrukčních úprav vysokozdvižných vozíků pro vážení břemen.	34
3.4.1	Elektrohrydrulický způsob vážení.	35

strana

3.4.2	Elektromechanický způsob vážení	36
3.5	Zpracování informací o vážení.	42
4.	REALIZACE PROTOTYPU A VÝSLEDKY PROVEDENÝCH ZKOUŠEK.	44
4.1	Příprava a postup při provozním měření prototypu.	44
4.2	Výsledky provedených měření na prototypu vážícího zařízení vysokozdvižného vozíku.	46
4.3	Zhodnocení výsledků měření a návrh dalších opatření pro zlepšení těchto výsledků.	71
5.	ZHODNOCENÍ TECHNICKOHOSPODÁŘSKÉHO PŘÍNOSU.	75
5.1	Rozbor nákladů na realizaci nového způsobu vážení.	75
5.2	Předběžný výpočet efektivnosti investic.	77
6.	ZÁVĚR.	80
	Použitá literatura.	82
	Seznam příloh.	83
	Poděkování.	84

Seznam použitých zkratek a symbolů.

D.... průměr kladky /m/

d.... průměr díry ložiska /m/

e.... rameno valivého odporu /m/

ΔF.... síla k překonání třecího momentu /N/

k.... součinitel ztrát pasivními odpory

M.... třecí moment valivého ložiska /Nm/

Q.... hmotnost břemena /kg/

R.... reakce v kladkách /N/

S.... síla v článkovém řetězu /N/

Δ S_c... síla na překonání třecího momentu zvedací kladky /N/

μ .... koeficient tření valivého ložiska

η .... účinnost /%/

ω .... otáčky /rad^{-1}/

1. ÚVOD.

1.1 Cíl práce a její společenský význam.

Neustálý rozvoj naší socialistické společnosti je podmíněn kromě jiného budováním materiálně technické základny společnosti, jejíž nedílnou součástí je průmyslová výroba.
Nárůst objemu průmyslové výroby lze zajistit dvojím způsobem. Buď kvantitativním rozšiřováním průmyslového potenciálu nebo zvyšováním efektivnosti výroby. Nedílnou součástí této druhé cesty je i růst produktivity práce.

Zvyšováním produktivity práce přímo ve výrobním procesu již neposkytuje tak velké a snadné pole působnosti jako zvyšování produktivity v obslužných procesech hlavní výroby. Velké možnosti stále ještě skýtá manipulace s materiálem a jeho doprava. Přepravují se materiály, s kterými se manipuluje při odebírání dodávek u dodavatele, manipuluje se s nimi při uskladnění před vstupem do pracovního procesu. Potom nastává opět pohyb ve vlastním výrobním procesu s různými přestávkami a zastávkami v meziskladech. Po skončení výroby putuje finální výrobek do odbytového skladu a později k odběrateli. Celý tento proces je charakterizován tokem materiálu nebo tokem výrobků.

Hospodářské prostředí si pro svoje účely, ať již z hlediska evidence, kontroly, řízení nebo plánování, vynutilo i takovou operaci, jakou je vážení. Vážení se týká materiálu, meziproduktu, finálního výrobku, popř. odpadu. Má-li se však zachovat potřebné tempo toku materiálu nebo výrobků, je zapotřebí najít vhodné metody vážení tak, aby byly co nejméně narušeny pohybové operace ve fázi dopravy, manipulace, kontroly. Začlenění operace vážení do toku vyvolává vždy narušení plynulosti toku a zvýšení nákladů. Vhodným technickoorganizačním

řešením lze tyto nepříznivé vlivy potlačit na přijatelnou mez. Usiluje se o to, aby vážení, jakožto nová fáze v toku, probíhalo současně s některou fází, která se již dříve na toku podílela. Např. vážíme při dopravě, při zvedání a nakládání nebo při vlastní výrobě. Pokud tak nelze učinit, pak hledáme řešení s co nejmenší složitostí toku.

Jedním z mnoha případů vážení je určování hmotností břemen přepravovaných na nosných vidlicích vysokozdvižného vozíku. Také v n.p. F e r o n a se pro příjem a výdej některých druhů zboží používají vysokozdvižné vozíky. Zboží je převážně paletizováno, ale i volně ložené ve svitcích a balících. Pro stanovení hmotnosti zboží, kterou má vozík přepravit a naložit nebo složit, musí vozík zajet na stacionární váhu, kde se přepravované zboží zváží. Vážit lze však i kompletně, t.j. vysokozdvižný vozík s nákladem, který se potom odečte na základě známé hmotnosti vysokozdvižného vozíku. Během pracovní činnosti se však hmotnost vozíku v důsledku ubývání pohonných hmot může měnit, nebo horní mez váživosti stacionární váhy nedosahuje tak velké hodnoty, aby určila hmotnost vozíku s nákladem. Stacionární váha často bývá umístěna mimo pracovní dráhu vysokozdvižného vozíku, proto se zvyšují náklady na jeho provoz a vzrůstá i čas přepravy.

V důsledku těchto nevýhod je navrženo nové uspořádání vážení, které umožňuje určovat hmotnost přemena uloženého na nosných vidlicích vysokozdvižného vozíku.

1.2 Základní pojmy a postupy při vážení podle ČSN.

Používané pojmy jsou vybrány z ČSN 17 0011, která obsahuje názvosloví pákových vah. Dále jsou vybrány některé pojmy podle ČSN 17 0012 o společných ustanoveních pákových vah a z ČSN 17 7050 o váživosti a citlivosti vah.

Vážení sestává z : a) uložení břemena na váhu
b) z jištění hmotnosti břemena
c) odklizení břemena z váhy

Z toho vyplývá, že vážení je manipulace, která je začleněna do vlastního toku vážených břemen a má svůj výkon.

Váhy jsou charakterizovány přesností, jež vyjadžuje odchylku správnosti výsledku. Odchylka správnosti výsledku je určována těmito vlastnostmi:

citlivostí	- t.j.	schopností reagovat na změnu zatížení
správností	-	shodnosti údajů se skutečnou hmotností
stálostí	-	trvanlivostí údajů v různých podmínkách a času
váživostí	-	rozsahem použitelnosti
nosností	-	max. přípustnému zatížení

Dalšími pojmy jsou:

tárování	- t.j.	vyrovnávání váhy obalu nebo váhy zařízení
chyba vah	-	součet systematických chyb vážení
pasivní odpory	-	jsou způsobeny třením jednotlivých součástí vah při vzájemném pohybu

Úřad pro normalizaci a měření zajišťuje úřední ověření, stanovující náležitosti vah, podmínky způsobilosti vah k provozu apod.. Postupy při vážení vycházejí z technickoekonomických podmínek vah a vážení.

2. PRŮZKUM SOUČASNÉHO STAVU VÁŽENÍ NA VYSOKOZDVIŽNÝCH VOZÍCÍCH.

2.1 Principy používané některými výrobci.

Určování hmotnosti břemena řeší zahraniční firmy na principu: a) mechanickém
b) elektromechanickém
c) hydraulickém

ad a) Mechanický princip je klasický pákový systém umístěný mezi nosné vidlice a zvedací desku. Tento princip způsobuje oddalování nosných vidlic z původního místa směrem dopředu od sloupu zvedacího zařízení. Tím klesá nosnost vozíku a naklápivost zvedacího zařízení.

ad b) Při elektromechanickém snímání váhy břemena se používá silových snímačů umístěných jako kotevní článek řetězů ke sloupu vozíku, dále u soudečkových ložisek kol vozíku nebo na přídavném zařízení na nosných vidlicích. Snímače v kotevních článcích používá firma W.C. Dilliowet Co USA s přesností vážení v rozmezí ± 1 ÷ 2%.
Při vážení celého vozíku (se snímači u jeho ložisek kol) dochází ke zvýšení nepřesností v důsledku velké hmotnosti samotného vozíku, která není konstantní, takže je nutno ji vždy vytárovat.
Přídavná zařízení na nosných vidlicích vykazují vysokou přesnost vážení, neboť váží břemeno bezprostředně. Zvyšuje se však výška nosných vidlic, čímž se omezuje jejich použitelnost pro paletizační činnost nebo pro napichování svitků zboží.

ad c) Při hydraulickém principu snímání váhy se přivádí tlak z hydraulického pracovního válce do ukazatele tlaku ocejchovaného ve vážících jednotkách (v kg).

Nejznámějším výrobcem hydraulických vah je firma Martin Decker Corporation USA, která dosahuje přesnosti přenosu tlaku ± 1,5%. Odchylka vztahující se k hmotnosti břemena bude však několikanásobně vyšší. Velikost číselníkových ukazatelů je 152 mm a 216 mm, z nichž lze odečítat hodnoty 0 ÷ 1000 kg. Firma Kinzle GmbH z NSR využívá snímání tlaku z hydraulického pracovního válce pro zapisovač výkonů vysokozdvižného vozíku. Ze záznamového kotouče se nechá odečítat hmotnost břemena na vidlicích vysokozdvižného vozíku.

2.2 Současný stav vážení na vysokozdvižných vozících.

V Československu nejsou váhy na vysokozdvižných vozících zatím vyráběny ani používány.

Současný stav vážení na vysokozdvižných vozících je rozebrán podle publikovaných prací a výsledků zahraničních firem, jejichž výrobky jsou popsány v kap. 2.1 - převzato z lit. (1)

Používání vah na vidlicových vysokozdvižných vozících v zahraničí slouží - vzhledem ke své nezpůsobilosti k úřednímu ověření (informace z roku 1970) - pouze pro předběžné kalkulační účely. Tyto výsledky jsou pak dále upřesňovány vážením na úředně ověřených stacionárních vahách. Většinou se používají pro zjišťování váhových mank při přejímání a vydávání materiálu (kusového, baleného, paletizovaného),pro přípravu materiálu do výrobních dávek, při inventurách skladových zásob, při vytěžování nosnosti nákladních vozidel, železničních vagonů a jiných přepravních prostředků nebo jako ochrana při přetěžování vysokozdvižného vozíku.

Vážení se provádí nejen v hutních provozech a ve strojírenství, ale i ve stavebním průmyslu, ve dřevozpracovatelských odvětvích průmyslu a podobně.

Výhody těchto vah na vysokozdvižných vozících se již potvrdily vzrůstem produktivity práce při toku přepravovaných materiálů.

Vážící zařízení pro vysokozdvižné vozíky vyrábí zatím jen několik zahraničních firem na základě vlastních propracovaných systémů. Jejich základním výrobním programem jsou většinou váhy nebo elektrotechnická zařízení. Vlastní výrobci vysokozdvižných vozíků se zatím podle lit. (1) touto problematikou nezabývají.

3. NÁVRH NOVÉHO ZPŮSOBU VÁŽENÍ.

3.1. Přehled nejčastěji používaných vysokozdvižných vozíků v ČSSR.

Vsokozdvižné vozíky lze dělit podle místa umístění břemen na vysokozdvižné vozíky čelní a boční. Boční vysokozdvižné vozíky jsou ve srovnání s čelními vysokozdvižnými vozíky v ČSSR velmi málo zastoupeny, a proto se dále jimi netřeba zbývat. Dále lze dělit vysokozdvižné vozíky podle druhu pohonu do dvou skupin. Na vozíky s pohonem elektrickým (akumulátorové) a na vozíky se spalovacím motorem.

Pro malé nosnosti zhruba do 1000 kg se používají akumulátorové vysokozdvižné vozíky. Převážná část těchto vozíků je bulharské výroby, avšak stále ještě velké zastoupení mají dříve vyráběné československé vozíky z Děčínských strojíren.

Pro střední a velké nostnosti se u nás používají vysokozdvižné vozíky se spalovacím motorem, vesměs výrobky n.p. Desta Děčín. Výrobní program tohoto podniku se skládá z pěti typů vysokozdvižných vozíků od nosnosti 1250 kg až do nosnosti 3200 kg, jenž tvoří i naprostou většinu všech vysokozdvižných vozíků v ČSSR.

N.p. Desta označuje své výrobky podle ČSN 26 8802.

Jejich přehled je podán v následující tabulce:

T y p	Nosnost v kg	Technická data
1. BVHM 1321 N	1250	příloha 1.
2. DVHM 1622 N	1600	příloha 2.
3. DVHM 2022 N	2000	příloha 3.
4. DVHM 2522 N	2500	příloha 4.
5. DVHM 3222 N	3200	příloha 5.

3.2 Konstrukce a provedení vysokozdvižných vozíků Desta.

Základní provedení vozíků Desta sestává z těchto hlavních částí: a) hnacího bloku
b) podvozku
c) krytování
d) zvedacího zařízení
e) elektrického zařízení

ad a) Hnací blok sestává ze spalovacího motoru zážehového nebo vznětového, převodovky a hnací nápravy, která je umístěna vpředu za zvedacím zařízením. Slouží k pohybu vlastního vysokozdvižného vozíku a k pohonu některých jeho agregátů.

ad b) Podvozek se skládá z rámu, protizávaží a řiditelné zadní nápravy. Zároveň slouží i pro nádrže provozních kapalin.

ad c) Krytování tvoří část ovládací kabiny a část krytů motoru a ostatních agregátů.

ad d) Zvedací zařízení umožňuje manipulovat s přepravovaným řemenem (nakládat je, zvedat nebo skládat). Je ovládáno hydraulicky z kabiny obsluhy vysokozdvižného vozíku.

ad e) Elektrické zařízení sestává ze zdrojové soupravy, spouštěče, kontrolních, signalizačních a bezpečnostních obvodů a přístrojů.

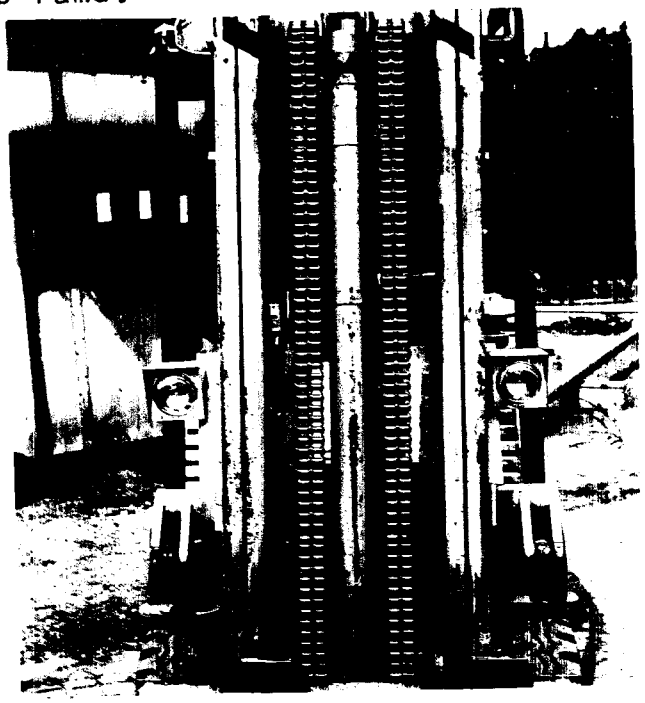
Konstrukce a provedení vysokozdvižných vozíků Desta umožňuje práci v obyčejném prostředí s teplotou v rozmezí - 10°C až + 35°C. V ostatních prostředích pouze za stanovených podmínek.

3.3 Teoretický rozbor zatížení zvedacího zařízení vysokozdvižného vozíku.

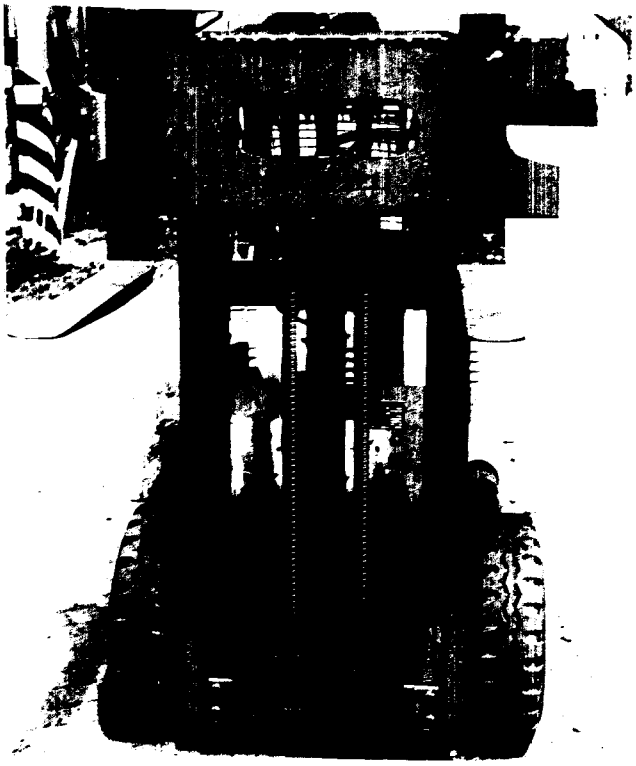
Popis zvedacího zařízení.

Zvedací zařízení se skládá z vnějšího rámu, vnitřního rámu, hydraulických válců, zvedací desky a přestavitelných nosných vidlic. Zvedací zařízení je teleskopické, výsuvné a celé naklápěcí.

Vnitřní rám ve vnějším a zvedací deska ve vnitřním rámu se pohybují na kladkách a speciálních valivých ložiskách. Zvedací deska je zavěšena na dvou článkových řetězech, upevněných přes zvedací kladky k táhlu zakotveném ve spodní části vnějšího pevného rámu. V ose zvedacího zařízení je k spodnímu příčníku vnějšího rámu připevněn jednočinný hydraulický válec. Přes nosič kladek, upevněný na pístnici zvedacího válce, je uváděna do pohybu zvedací deska. U vysokozdvižných vozíků řady DVHM se na počátku zdvihu pohybuje deska bez vysouvání vnitřního rámu, který se začne pohybovat až po opření nosiče kladek o horní příčník vnitřního rámu.



U vysokozdvižných vozíků typu BVHM 1321 N se nejdříve pohybuje zvedací deska až do opření o horní příčník vnitřního rámu, jenž se v poslední fázi odblokuje od rámu vnějšího. Potom se zvedá dále již deska společně s vnitřním rámem. Toto uspořádání zvedacího zařízení se vyznačuje nízkou konstrukční výškou obou rámů, avšak obsahuje větší počet kladek článkového řetězu.



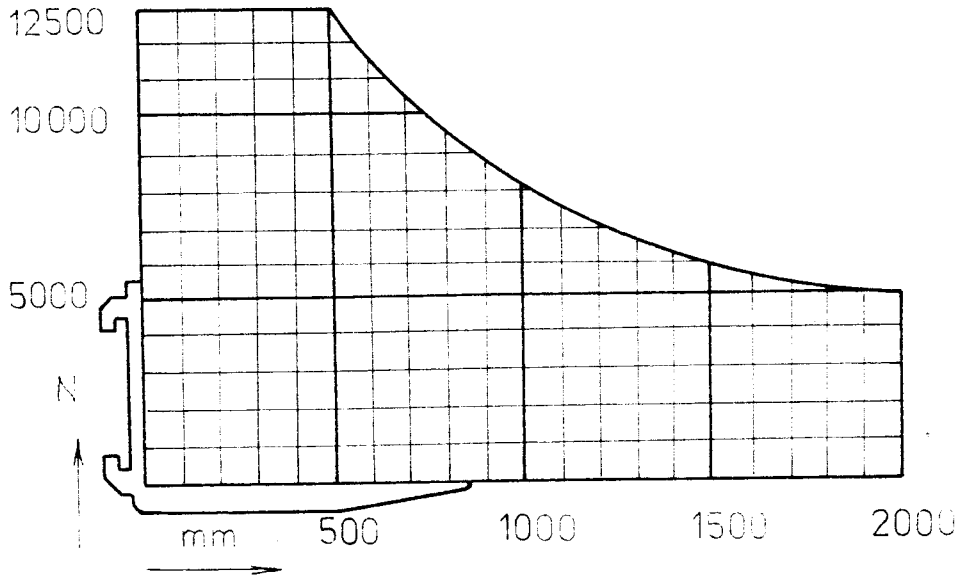
Na zvedací desku jsou nasunuty přestavitelné nosné vidlice. V jednotlivých polohách se vidlice zajišťují zapodnutím pojistek do zářezů zvedací desky. Nosné vidlice jsou od sebe vzdáleny podle rozměrů a povahy zvedaného břemena. Bývají většinou umístěny souměrně na zvedací desce. Pouze při přepravě břemen, která svým tvarem nevyžadují umístění na obou nosných vidlicích, bývá využívána pouze jedna vidlice. Druhá vidlice je nezatížená.

Nosné vidlice lze nahradit přídavným zařízením (např. svěracími čelistmi, otočnými chapadly, jeřábem apod.), které bývá zpravidla připevněno uprostřed zvedací desky.

Rozbor zatížení zvedacího zařízení.

Zvedací zařízení je konstruováno tak, aby umožňovalo bezpečně zvedat břemena do potřebných výšek. Závislost nosnosti zvedacího zařízení na poloze břemena na nosných vidlicích je stanovena pro každý typ vysokozdvižného vozíku graficky.

Pro názornost je uveden zvedací diagram vysokozdvižného vozíku BVHM 1321 N.



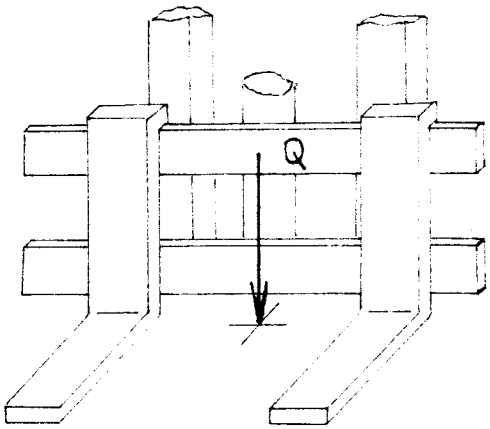
obr. 3

Z diagramu je patrno, že s rostoucí vzdáleností působiště tíhy břemena od zvedací desky se nosnost zvedacího zařízení (tím i zároveň vysokozdvižného vozíku) snižuje. Tyto závislosti jsou vztaženy k dosažení jmenovité výšky zvedacího zařízení.

Pozn.: Výrobce n.p. Desta montuje na vysokozdvižné vozíky několik typů zvedacího zařízení stejné konstrukce,

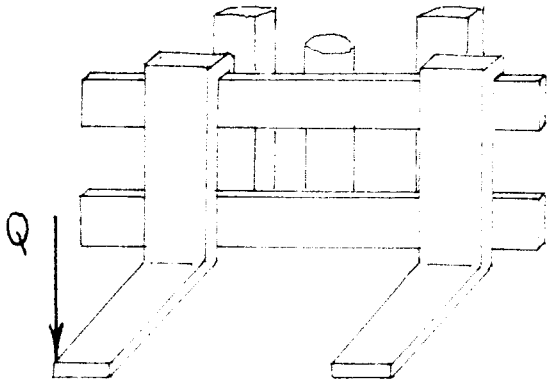
ale různé výšky rámů tak, aby rozšířil možnosti dosahovaných výšek zvedání břemen.

Nejpříznivější případ zatížení zvedací desky a tím i celého zvedacího zařízení je tehdy, jestliže působiště zatěžující síly se nachází v rovině procházející středem zvedacího zařízení a v co nejmenší vzdálenosti od kladek zvedací desky. Prakticky se jedná o vnitřní okraj přestavitelných nosných vidlic.



obr.4

Nejméně příznivé je zatížení, kdy působiště zatěžující síly od břemena je v maximální vzdálenosti od roviny procházející středem zvedacího zařízení a v maximální vzdálenosti od zvedací desky.



obr.5

volnosti. Šestý stupeň volnosti (pohyb ve svislém směru)

Zvedací deska je uložena ve vnitřním zvedacím rámu prostřednictvím osmi kladek. Kladky jsou rozděleny do dvou soustav po čtyřech kladkách vodících a čtyřech kladkách aretačních, jenž celkově odebírají zvedací desce 5° volnosti. Šestý stupeň volnosti (pohyb ve svislém směru) je zachycen dvěma článkovými řetězy, které přenášejí zatížení od břemena na pístnici hydraulického přímočarého motoru.

Rozbor zatížení zvedacího zařízení je rozdělen do tří částí.

V 1. části je proveden teoretický rozklad statického zatížení zvedací desky a obecný výpočet pasivních odporů v jejím uložení.

V 2. části je proveden konkrétní výpočet pasivních odporů zvedací desky vysokozdvižného vozíku typu BVHM 1321 N.

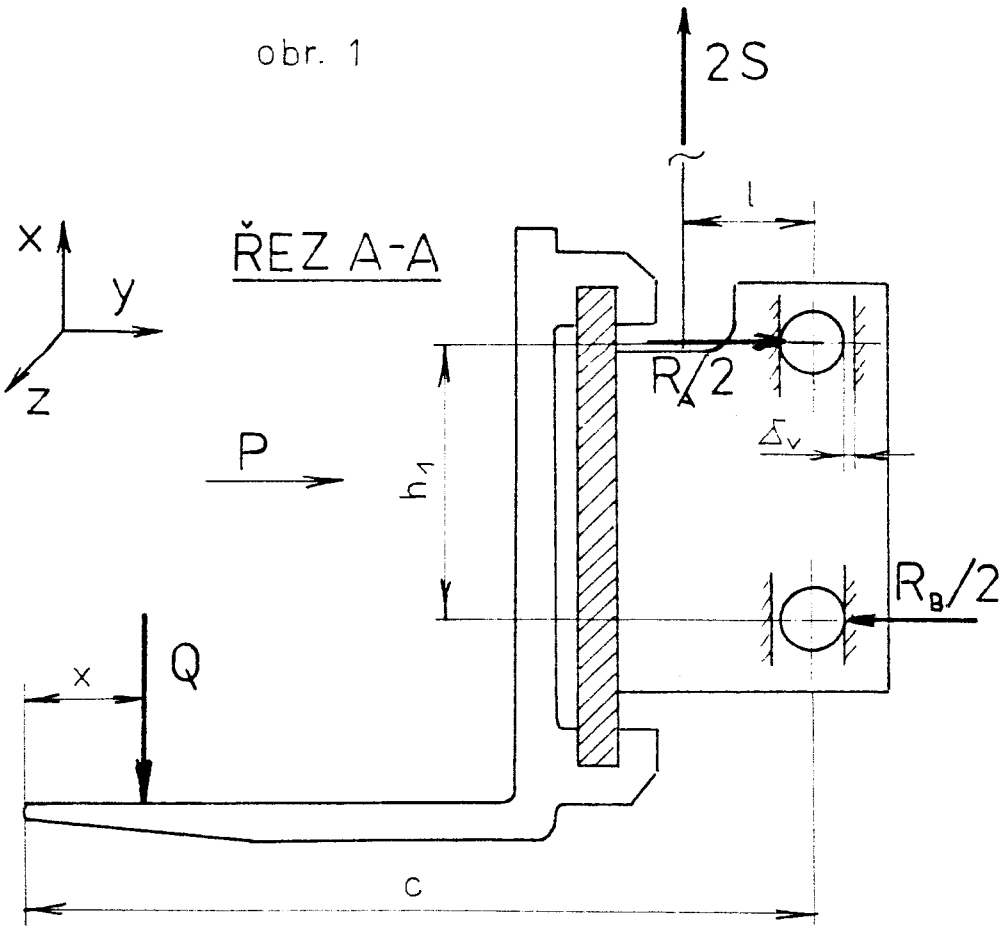
V 3. části jsou shrnuty další výpočty a úvahy o ztrátách ve vedení zvedacích článkových řetězů vozíků BVHM 1321 N a vozíků DVHM 2522 N.

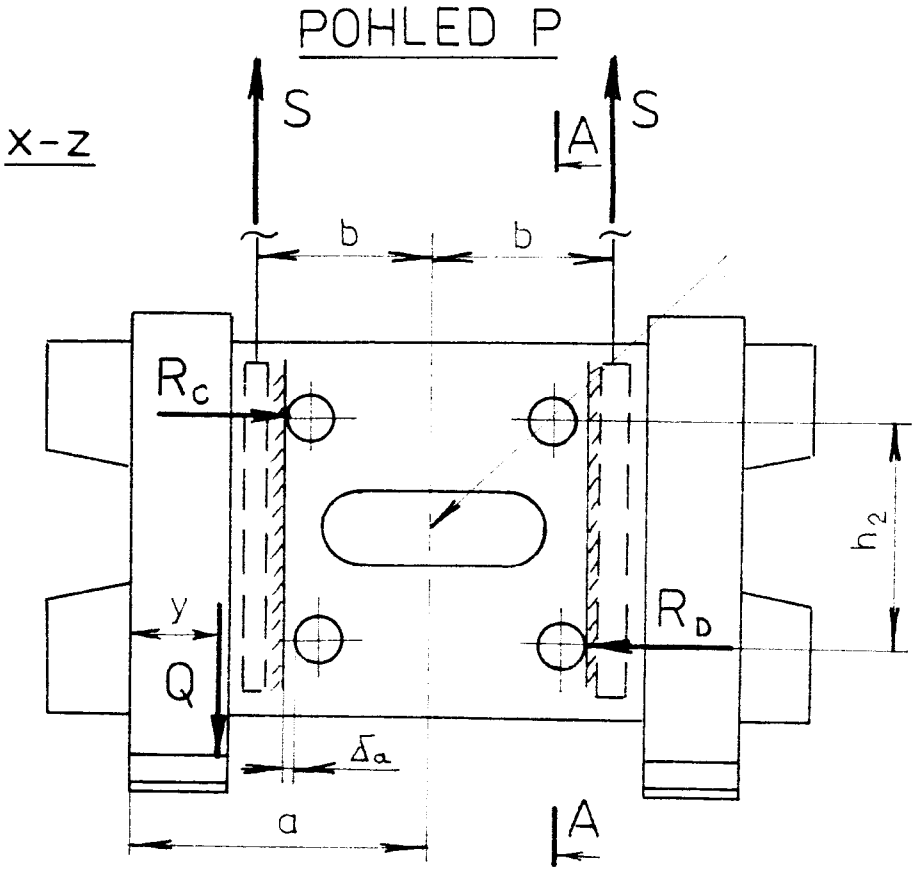
3.3.1 Teoretický rozklad zatěžujících sil a výpočet pasivních odporů kladek zvedací desky.

Pro rozklad zatěžujících sil zvedací desky je uvažován extrémní případ nesouměrného zatížení nosných vidlic

Toto nejnepříznivější zatížení způsobí i největší reakce v uložení zvedací desky. Průběh zatěžujících sil a rozložení reakcí jsou znázorněny na obr.1

obr. 1


2S
l
x
y
z
ŘEZ A-A
$R_A/2$
Δ_v
P
h_1
$R_B/2$
Q
x
c


POHLED P
x-z
S
A
S
b
b
R_C
h_2
y
R_D
Q
Δ_a
a
A

Pro stanovení velikosti zatěžujících sil zvedací desky vycházíme z obr. 1 za předpokladu existence vůle Δ_v (dáno konstrukcí) a vzniku vůle Δ_a (pružnými deformacemi, opotřebením) ve vedení zvedací desky.

Z rovnic statické rovnováhy bez tření v řezu A-A

ve směru x	$2S - Q = 0$
ve směru y	$R_A - R_B = 0$
k bodu A	$Q.(c - x) - 2S.l - R_B . h_1 = 0$

dostaneme velikost reakcí ve dvojicích vodících kladek

$$R_A = R_B = \frac{Q\,[(c - x) - l]}{h_1}$$

a z rovnic statické rovnováhy bez tření v pohledu P

ve směru x	$2S - Q = 0$
ve směru z	$R_C - R_D = 0$
k bodu B	$Q.(a - y) - R_C.h_2/2 - R_D.h_2/2 - Sb+Sb = 0$

dostaneme velikost reakcí ve dvou aretačních kladkách (zbylé dvě jsou odlehčeny)

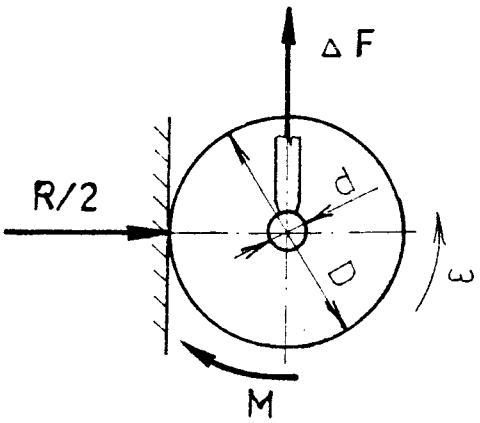
$$R_C = R_D = \frac{Q.(a - y)}{h_2}$$

a velikost síly přenášenou jedním článkovým řetězem bez tření

$$S = \frac{Q}{2}$$

Pasivní odpory uložení zvedací desky jsou způsobeny třením ve valivých ložiskách kladek a valivým třením mezi kladkami a vodícími plochami v rámu zvedacího zařízení. Velikost tření je závislá především na materiálu dotykových ploch pohybujících se částí, na vzájemných rychlostech a na vlastnostech maziva. Vlastnosti maziva jsou úměrné teplotě a také pravidelnosti a kvalitě prováděné údržby vysokozdvižného vozíku.

Výpočet tření ve valivých ložiskách kladek zvedací desky.



obr. 6

Pro stanovení pasivních odporů valivých ložisek vodících a aretačních kladek vycházíme z rovnováhy sil na jedné kladce k bodu odvalování.

$$M - \Delta F.D/2 = 0$$

$$\text{kde } M = \mu R/2.d/2$$

Z rovnováhy určíme sílu na překonání třecího odporu valivého ložiska

$$F = 2 \mu R. \frac{d}{D}$$

výsledná síla pro překonání třecího momentu čtyř vodících kladek po dvou ložiskách

$$F_v = 4 \quad \mu_v R_A \frac{d_v}{D_v}$$

Pro stanovení síly na překonání třecího momentu ložisek aretačních kladek se provádí výpočet obdobně. Předpokládá se však, že vlivem vůle Δ_a jsou zatíženy vždy jen dvě aretační kladky. Výsledná síla na překonání třecího momentu ložisek aretačních kladek

$$F_a = 2 \quad \mu_a R_C \frac{d_a}{D_a}$$

Výpočet velikosti valivého tření mezi kladkami a vedením.

Odporovou sílu valivého tření kladek po vedení ve vnitřním rámu stanovíme ze vztahu

$$T = R \frac{e}{D/2}$$

výsledná odporová síla valení čtyř vodících kladek

$$T_v = 2 \; R_A \frac{e}{D_v}$$

a výsledná odporová síla valení dvou aretačních kladek

$$T_a = 2 \; R_C \frac{e}{D_a}$$

Celková síla přenášená dvěma článkovými řetězy s uvažovaním ztrát pasivními odpory

$$2\,S_c = 2\,S + F_v + F_a + T_v + T_a =$$

$$= Q\,\left\{1 + 2\,.\left[\frac{(c - x) - 1}{h_1 . D_v}\,(2\,\mu_v\,d_v + e) + \right.\right.$$

$$\left.\left. + \frac{(a - y)}{h_2 . D_a}\,(2\,\mu_a\,d_a + e)\right]\right\}$$

výraz $2\,.\left[\frac{(c - x) - 1}{h_1 . D_v}\,(2\,\mu_v\,d_v + e) + \frac{(a - y)}{h_2 . D_a}\,.\right.$

$$\left.. \,(2\mu_a\,d_a + e)\right] = k_1$$

potom $2\,S_c = Q\,(1 + k_1)$ (1)

kde k_1 vyjadřuje ztráty pasivními odpory v uložení zvedací desky.

Účinnost uložení zvedací desky.

$$\eta_1 = (1 - k_1).100 \quad [\%] \qquad (2)$$

3.3.2 Výpočet pasivních odporů v uložení zvedací desky vysokozdvižného vozíku BVHM 1321 N.

Výpočet je proveden pro dva případy uložení břemena na nosných vidlicích.

a) Působiště zatěžující síly od břemena je uprostřed

potom platí :

$x = m$

$y = a$

$Q = 12\ 500\ N$

Po dosazení hodnot rozměrů zvedací desky přibližně odečtených z poskytnuté výkresové dokumentace vysokozdvižného vozíku BVHM 1321 N

$c = 0,98$	$m = 0,8$
$l = 0,07$	$a = 0,525$
$h_1 = 0,37$	$h_2 = 0,25$
$d_v = 0,03$	$d_a = 0,018$
$D_v = 0,074$	$D_a = 0,032$

a podle konstrukčního provedení určených a dosazených hodnot

$\mu_a = 0,003$ $\mu_v = 0,0025$ $e = 0,0002$

do rovnice (1) získáme

$$k_{11} = 0,003$$

což představuje 0,3% ztrát pasivními odpory v uložení zvedací desky zvedacího zařízení.

b) Působiště zatěžující síly od břemena je na okraji nosných vidlic

potom platí : $x = 0$

$y = 0$

$Q = 9\ 500$ N

Po dosazení hodnot rozměrů zvedací desky jako v případě a) do rovnice (1)

$$k_{12} = 0{,}0574$$

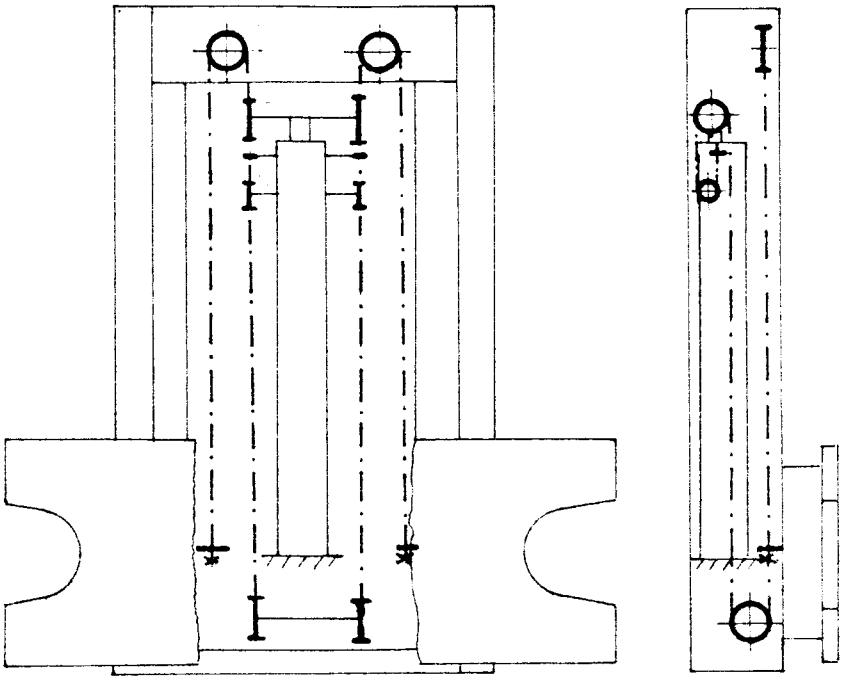
což odpovídá 5,7% ztrát pasivními odpory v uložení zvedací desky.

Nejmenší účinnost uložení zvedací desky vysokozdvižného vozíku typu BVHM 1321 N, kdy je zatěžována největší dovolenou silou pro dosažení max. zdvihu působící na okraji nosných vidlic, je podle (2) 94,3%.

Protože konstrukce uložení zvedací desky vysokozdvižných vozíků řady DVHM 1622 N ÷ 3222 N je podobná konstrukci typu BVHM 1321 N, lze předpokládat i přibližně stejně velkou jejich účinnost uložení.

3.3.3 Určení pasivních odporů ve vedení válečkových řetězů vysokozdvižného vozíku BVHM 1321 N a vozíku DVHM 2522 N.

Zvedací zařízení vysokozdvižného vozíku BVHM 1321 N se konstrukčně odlišuje od odstatních typů vysokozdvižných vozíků Desta. Použití více zvedacích kladek způsobí i větší pasivní odpory ve vedení článkového řetězu. Uspořádání zvedacích kladek je znázorněno na obr. 2

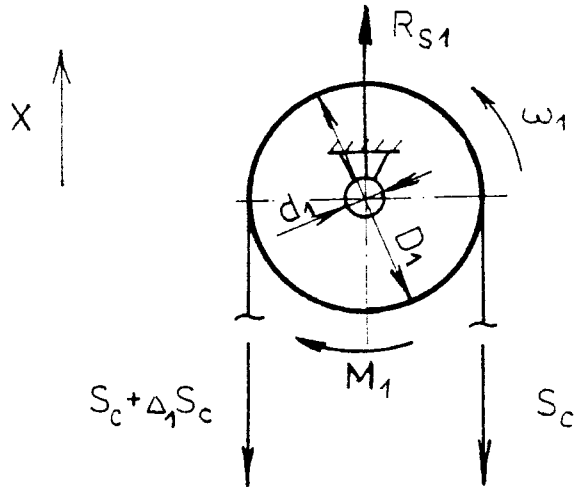


obr. 2

Každý z obou článkových řetězů je veden čtyřmi kladkami vloženými v jehlových ložiskách.

Výsledný pasivní odpor vedení řetězů lze přesně stanovit jen experimentálně, neboť se skládá z odporu valivých ložisek zvedacích kladek a z odporu při odvalování článkového řetězu po řetězovém kole.

Výpočtem lze teoreticky stanovit pasivní odpor valivých ložisek zvedacích kladek.



obr. 7

Ze statické rovnováhy sil na první kladce bez tření

ve směru x $\quad - S_c - S_c + R_{S1} = 0$

k bodu otáčení $\quad S_c . D_1/2 - S_c . D_1/2 = 0$

Určíme reakci v ložisku

$$R_{S1} = 2\ S_c$$

Z rovnováhy sil se třením k bodu otáčení

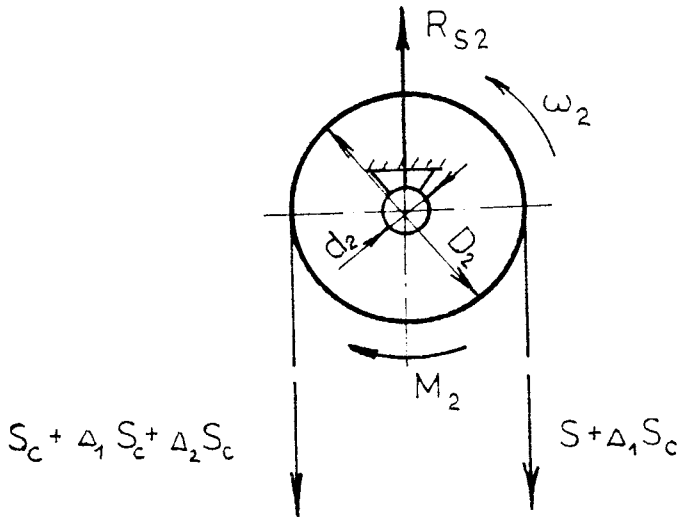
$$(S_c + \Delta_1 S_c) . D_1/2 - M_1 - S_c . D_1/2 = 0$$

kde $\quad M_1 = \mu_1 R_{S1} . d_1/2$

určíme sílu na překonání pasivního odporu valivého ložiska první zvedací kladky

$$\Delta_1 S_c = 2\ \mu_1\ S_c\ \frac{d_1}{D_1}$$

Ze statické rovnováhy sil bez tření na druhé kladce



obr. 8

$$S_c + \Delta_1 S_c + S_c + \Delta_1 S_c - R_{S2} = 0$$

$$R_{S2} = 2\,(S_c + \Delta_1 S_c)$$

Z rovnováhy sil se třením k bodu otáčení

$$(S_c + \Delta_1 S_c).D_2/2 + M_2 - (S_c + \Delta_1 S_c + \Delta_2 S_c).D_2/2 = 0$$

kde $\quad M_2 = \mu_2 R_{S2}.d_2/2$

určíme sílu na překonání pasivního odporu valivého ložiska druhé zvedací kladky

$$\Delta_2 S_c = 2.\,\mu_2 (S_c + \Delta_1 S_c).\frac{d_2}{D_2}$$

třetí zvedací kladky

$$\Delta_3 S_c = 2.\,\mu_3 (S_c + \Delta_2 S_c).\frac{d_3}{D_3}$$

čtvrté zvedací kladky

$$\Delta_4 S_c = 2.\,\mu_4 (S_c + \Delta_3 S_c).\frac{d_4}{D_4}$$

Výsledný pasivní odpor valivých ložisek čtyř zvedacích kladek článkového řetězu

$$\Delta S_c = \sum_{i=1}^{4} \Delta_i S_c$$

$$S_c = 2\,\mu_1 S_c \frac{d_1}{D_1} + 2.\,\mu_2 S_c \frac{d_2}{D_2}\left(1 + 2.\mu_1 \frac{d_1}{D_1}\right) +$$

$$+ 2.\,\mu_3 S_c \frac{d_3}{D_3} + 4.\mu_2 \mu_3 \frac{d_2}{D_2} \cdot \frac{d_3}{D_3} \cdot S_c \cdot$$

$$\cdot \left(1 + 2\,\mu_1 \frac{d_1}{D_1}\right) + 2.\,\mu_4 S_c \frac{d_4}{D_4} + 4.\mu_3 \mu_4 \frac{d_3}{D_3} \cdot$$

$$\cdot \frac{d_4}{D_4} + 6\mu_2 \mu_3 \mu_4 S_c \frac{d_2}{D_2} \cdot \frac{d_3}{D_3} \cdot \frac{d_4}{D_4} +$$

$$+ 8\mu_1 \mu_2 \mu_3 \mu_4 S_c \cdot \frac{d_1}{D_1} \cdot \frac{d_2}{D_2} \cdot \frac{d_3}{D_3} \cdot \frac{d_4}{D_4} =$$

$$S_c = S_c \cdot k_2 \qquad (3)$$

kde k_2 vyjadřuje ztrátu pasivními odpory ve vedení článkového řetězu.

Účinnost zvedacích kladek obou článkových řetezů

$$\eta_2 = (1 - 2.k_2).100 \quad [\%]$$

Po dosazení hodnot rozměrů zvedacích kladek opět přibližně odečtených z poskytnuté výkresové dokumentace vysokozdvižného vozíku BVHM 1321 N

$$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4 = 0{,}0025$$

$d_1 = 0{,}04$ $\quad$ $D_1 = 0{,}09$

$d_2 = 0{,}018$ $\quad$ $D_2 = 0{,}05$

$d_3 = 0{,}04$ $\quad$ $D_3 = 0{,}09$

$d_4 = 0{,}018$ $\quad$ $D_4 = 0{,}045$

do rovnice (3) získáme

$$k_2 = 0{,}0114$$

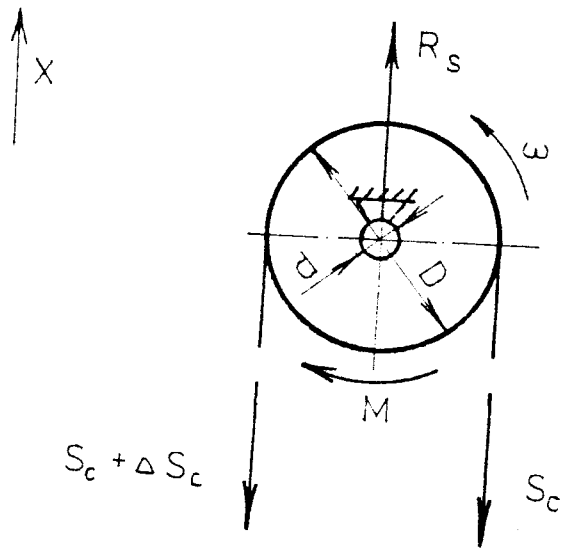
což představuje 1,14% ztrát pasivními odpory ve valivých ložiskách čtyř zvedacích kladek jednoho článkového řetězu.

Celkové ztráty pasivními odpory obou řetězů jsou rovny dvojnásobku t.j. 2,28%.

Celková účinnost zvedacích kladek obou řetězů zvedacího zařízení vysokozdvižného vozíku BVHM 1321 N

$$\eta_2 = 97{,}72\%$$

Uspořádání zvedacích kladek vysokozdvižného vozíku DVHM 2522 N je shodné s ostatními vozíky řady DVHN 1622 N + 3222 N. Každý z obou článkových řetězů je veden přes jednu zvedací kladku umístěnou na pístnici zvedacího hydraulického válce. Už z tohoto hlediska počtu kladek je zřejmé, že účinnost zvedacích kladek vysokozdvižných vozíků řady DVHM bude vyšší než u vozíku typu BVHM 1321 N.



obr. 9

Ze statické rovnováhy sil na jedné kladce bez tření

ve směru x $\quad - S_c - S_c + R_S = 0$

k bodu otáčení $\quad S_c . D/2 - S_c . D/2 = 0$

určíme reakci v ložisku

$$R_S = 2\ S_c$$

Z rovnováhy sil se třením k bodu otáčení

$$(S_c + \Delta S_c).D/2 - M - S_c.D/2 = 0$$

kde $\quad M = \mu\ R_S.d/2$

určíme sílu na překonání valivého odporu jedné zvedací kladky

$$\Delta S_c = 2\ \mu\ S_c \frac{d}{D}$$

výraz $\quad 2\ \mu \frac{d}{D} = k_3 \qquad (4)$

$$\Delta S_c = S_c . k_3$$

kde k_3 vyjadřuje ztráty třením ve valivém ložisku jedné zvedací kladky.

Účinnost zvedacích kladek obou článkových řetězů

$$\eta = (1 - 2\,k_3).100 \qquad [\%]$$

Po dosazení hodnot rozměrů zvedacích kladek přibližně odečtených z výkresové dokumentace vysokozdvižného vozíku DVHM 2522 N

$$\mu = 2.0{,}0015$$

$$d_1 = 0{,}05$$

$$D_1 = 0{,}14$$

do rovnice (4) získáme

$$k_3 = 0{,}0021$$

což představuje 0,21% ztrát pasivními odpory ve valivém ložisku zvedací kladky jednoho článkového řetězu.

Celkové ztráty pasivními odpory obou řetězů jsou rovny dvojnásobku, t.j. 0,42%.

Celková účinnost zvedacích kladek obou řetězů zvedacího zařízení vysokozdvižného vozíku DVHM 2522 N

$$\eta = 99{,}58\%$$

Z teoretického výpočtu pasivních odporů ve zvedacích kladkách článkových řetězů zvedacího zařízení je zřejmé, že pasivní odpory valivých ložisek obou typů vysokozdvižných vozíků jsou malé. Tento teoretický výpočet však neuvažuje pasivní odpory při odvalování článkového řetězu po řetězovém kole, které mohou dosáhnout při nepravidelné nebo špatné údržbě hodnoty pasivních odporů zvedacích kladek.

3.4 Návrh řešení a konstrukčních úprav vysokozdvižných vozíků pro vážení břemen.

Návrh řešení vážení břemen uložených na nosných vidlicích vysokozdvižného vozíku vychází z nestandartnosti tohoto způsobu určování hmotnosti. Zvláštnostmi vážení jsou ukládání břemen na vetknutý nosník, který charakterisuje tvar nosných vidlic, libovolná poloha těžiště břemena v rovině ohraničené vnějšími okraji nosných vidlic, přestavitelnost nosných vidlic na zvedací desce, možnost zatížení jen jedné vidlice, pohyb vidlic se zvedací deskou svislým směrem, naklápění celého zvedacího zařízení a pohyb celého vysokozdvižného vozíku po libovolné dráze. Protože vysokozdvižný vozík je vystaven během své pracovní činnosti širokému okruhu nepříznivých vlivů, jakými jsou otřesy, nárazy, vibrace, špatná obsluha a údržba apod., vyplývá z toho většina provozně technických podmínek, které budou kladeny na vážící zařízení.

V kapitole 3.3 je proveden předběžný rozbor zatížení a účinností jednotlivých částí mechanizmu zvedacího zařízení vysokozdvižného vozíku. Z uvedených výsledků vyplývá, že nejvhodnějším místem pro snímání údaje o váze břemena jsou nosné vidlice. Nejméně příznivé místo pro snímání je na počátku pohonového mechanizmu - z hydraulického pracovního obvodu. V tomto případě je nutno cejchovat změny účinnosti pohybového řetězce a tedy i počátek stupnice k hodnocení hmotnosti. Tento způsob získávání údaje o váze břemena z hydraulického obvodu pracovního válce je však po realizační stránce velmi jednoduchý. Hlavní konstrukční úprava spočívá v zabudování snímače tlaku do hydraulického obvodu.

Získávání údaje o váze břemena z části zvedacího zařízení, kde se neprojevují tak výrazně pasivní odpory je možné několika způsoby. Všechny však vyžadují zabudování

silových smínačů a tím i provedení značných zásahů do konstrukce zvedacího zařízení.
Z uvedeného rozboru jsou navrženy dva způsoby snímání údaje o váze břemena:

elektrohydraulický způsob vážení
elektromechanický způsob vážení

3.4.1 Elektrohydraulický způsob vážení.

Tento způsob je založen na snímání tlaku ve zvedacím válci tenzometrickým tlakoměrem. Výstupní elektrický signál je veden stíněným kabelem do vyhodnocovacího zařízení. Tenzometrický tlakoměr je zbudován ve zvláštní odbočce tvaru T (výkres 4-KOM-OS-007/01-01) umístěné mezi přívodní trubku hydraulického válce a hydraulickou tlakovou hadici, která vede od rozvaděče. Odbočka svým tvarem dovoluje montáž do spojů vysokotlakých hadic Js 16 s koncovkami PNT, které jsou unifikovanou součástí všech vysokozdvižných vozíků z n.p. Desta. Napojení snímače na hydraulický obvod je zřejmé z výkresu 2-KOM-OS-007/01.
Provozní tlak hydraulického obvodu se liší podle typu vysokozdvižného vozíku. Pohybuje se v rozmezí 7 MPa ÷ ÷ 14 MPa. Tenzometrické tlakoměry vyrábí n.p. ZPA Jinonice pro různé tlaky od 1 MPa až do 32 MPa z dvojím rozměrem připojovacího závitu. Pro tlaky do 10 MPa lze použít tenzometrický tlakoměr TT 100, pro tlaky do 16 MPa lze použít tlakoměr TT 160 (BVHM 1321 N a DVHM 3222 N).
Tenzometrický tlakoměr je napájen 10 ÷ 12 V ss, st a jednotlivé jeho odpory tvoří Wheastonův můstek. Elektrické napětí, které vznikne v uzlových bodech rozvážení můstku, je přímo úměrné snímacímu tlaku a musí být dále zpracováno ve vyhodnocovací aparatuře na příslušný údaj o váze břemena v kg.

Tento způsob získávání údaje o váze břemena je realizačně jednoduchý, ale předpokládá se malá přesnost měření hmotnosti, která bude způsobena pasivními odpory zvedacího mechanizmu a ztrátami v hydraulickém pracovním válci a potrubí.

3.4.2 Elektromechanický způsob vážení.

Elektromechanický způsob vážení využívá tenzometrických polovodičových snímačů sil z RUKOVa Rumburk. tyto snímače sil tvoří kompaktní celek se stanovenými připevňovacími rozměry. Snímač sil lze umístit jako kotevní článek článkového řetězu (výkres O-KOM-OS-007/02) nebo jako zvláštní měřící člen navrhovaného čtyřkloubového mechanizmu váhy (výkres O-KOM-OS-007/03).

V prvném případě jsou použity dva tenzometrické polovodičové snímače tahových sil řady PS, umístěné mezi zvedací desku a článkové řetězy (v jejich ose), neboť velikost prostoru na straně ukotvení článkkových řetězů k rámu vysokozdvižného vozíku Desta je nedovoluje zabudovat v tomto místě. Tímto umístěním se však vyloučí pasivní odpory vznikající ve zvedacích kladkách článkového řetězu. Nevýhodou tohoto uspořádání je pohyb snímače sil se zvedací deskou. Proto je nutné použít přídavné zařízení pro pohyb elektrického kabelu do vyhodnocovací aparatury umístěné mimo pohyblivé zvedací zařízení.
Konkrétně je navržen z ůsob vážení na vozíku typu DVHM 1321 N s použitím dvou tahových snímačů PS 10 - snímač měří zatížení do 10 kN. Použitím dvou prodlužovacích šroubů (výkres 3-KOM-OS-007/02-01), dvou redukčních vložek (výkres 4-KOM-OS-007/02-02) a běžného spojovacího materiálu se dosáhne zachování původní konstrukce zvedací desky. Jedinou úpravou je prodloužení dosedací plochy zvedací desky na vnitřní rám a podobné prodloužení odblokovacího nosu vnitřního rámu vzpěrami. Délky vzpěr

odpovídají délce mezičlánků se snímačem tahové síly a dosahují 420 mm. Tím se sníží maximální výška zvedání o tuto délku, což představuje snížení maximálního zdvihu o 17%.
Pro umístění tahových snímačů sil ve stejném místě u řady vysokozdvižných vozíků DVHM je zapotřebí zhotovit podobné prodlužovací články, které opět vysunou snímače nad zvedací desku do volného prostoru. U těchto typů vozíků jsou vedeny řetězy v menší vzdálenosti od stěny hydraulického válce než je poloměr průřezu snímače. Potom musí být snímač sil tímto mezičlánkem oddálen od stěny válce směrem dopředu, čímž dojde i k odchýlení článkového řetězu ze svislého směru. Pro vozíky řady DVHM je nutné použít snímače tahových sil řady PS podle přenášené síly v jednom řetězu. Tuto sílu stanovíme z maximální nosností vysokozdvižného vozíku, ze ztrát pasivními odpory ve vedení zvedací desky a z hmotnosti zvedací desky s nosnými vidlicemi.

Následující tabulka podává přehled o osazení vážících zařízení vysokozdvižných vozíků tahovými siloměry řady PS.

Typ vozíku	Typ snímače	zatížení kN
BVHM 1321 N	PS 10	10
DVHM 1622 N	PS 10	10
DVHM 2022 N	PS 20	20
DVHM 2522 N	PS 20	20
DVHM 3222 N	PS 20	20

Napájecí napětí těchto snímačů je 15 V ss $^{+30}_{-10}$ %. Tuhost snímače dosahuje hodnoty větší než 400 MN/m. Sloučená chyba snímače je menší než ± 0,1% z jmenovitého výstupního signálu 100 mV. Kompenzovaný teplotní rozsah je v pásmu - 10 až + 60°C.

Druhý případ měření hmotnosti využívá dvou tenzometrických snímačů tlakových sil řady M 20, umístěných mezi těhlicí a rámem čtyřkloubového mechanizmu. Rám tvoří standartní zvedací deska zvedacího zařízení. Těhlice je pouze část zvedací desky, na které jsou připevněny nosné vidlice. Těhlice s rámem je spojena na každé straně dvojicí ramen uložených ve valivých ložiskách. Nosiče čepů ložisek s těhlicí nebo se zvedací deskou jsou navrženy jako svařenec. Zvedací deska má dvě patky pro umístění ložisek se snímači. Na opačnou stranu snímačů působí prostřednictvím další dvojice patek těhlice s nosnými vidlicemi a břemenem. Ve středu své délky je těhlice a zvedací deska propojena šroubem s několika maticemi a pružinou, který umožňuje odlehčení snímačů při nepoužívání váhy nebo jejich úplné odstranění. Zároveň umožňuje i dosáhnout libovolného přepjetí pro zatížení snímačů. Uspořádání váhy podle výkresů O-KOM-OS-007/03 je navrženo pro vysokozdvižný vozík BVHM 1321 N a DVHM 1622 N se snímači tlakových sil typu M 20 - 1 o jmenovité zatěžovací síle 10 kN.

Následující tabulka podává opět přehled o osazení vážícího mechanizmu tlakovými siloměry řady M 20 pro vysokozdvižné vozíky.

Typ vozíku	Typ snímače	zatížení kN
BVHM 1321 N	M 20 - 2	10
DVHM 1622 N	M 20 - 2	10
DVHM 2022 N	M 20 - 2	15
DVHM 2522 N	M 20 - 2	15
DVHM 3222 N	M 20 - 3	22

Napájecí napětí těchto snímačů tlakových sil je 15 V ss ± 10%. Maximální deformace ve směru zatěžování je menší než 0,1 mm. Sloučenou chybu výrobce udává menší

než 0,15% z jmenovitého výstupního signálu 150 mV. Snímač je rovněž teplotně vykompenzovaný v rozsahu - 20°C až + 50°C. Jednotlivé jeho odpory jsou uspořádány do Wheastonova můstku.

Nevýhodou tohoto uspořádání vážícího mechanizmu je oddálení nosných vidlic od sloupu zvedacího zařízení, čímž dojde ke zhoršení naklápivosti zvedacího zařízení a k oddálení nosných vidlic od původní hodnoty o 80 mm. Tím klesne jmenovitá nosnost přibližně o 6,5% původní nosnosti. Celkově však nosnost vozíku klesne ještě o vlastní hmotnost vážícího mechanizmu, která činí zhruba 130 kg. Pro vozík BVHM 1321 N to činí celkové snížení nosnosti o 17%.

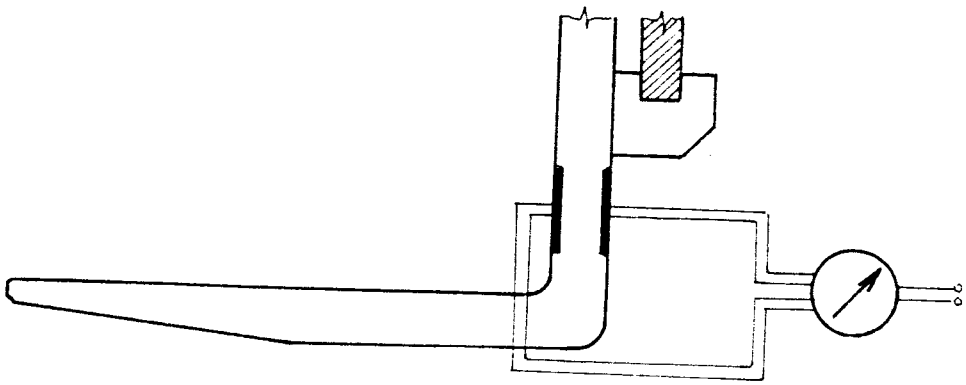
Další nevýhodou tohoto uspořádání je i zvýšení maximální šířky vozíku o 100 mm, způsobené bočním uložením ramen čtyřkloubového mechanizmu a jejich krytování. Tuto nevýhodu by šlo podle individuálních potřeb částečně nebo úplně odstranit, ovšem zvýšila by se tím složitost mechanizmu.

Rovněž i zde je zapotřebí umožnit pohyb elektrickému kabelu od pohybujících se snímačů k pevně umístěné vyhodnocovací aparatuře.

Výhody tohoto uspořádání by měly prokázat v prvé řadě ověřovací zkoušky. Předpokládá se však snížení pracovních odporů a jejich větší stálost oproti měření hmotnosti s tahovými siloměry PS. Pasivní odpory jsou tvořeny uložením mechanizmu na osmi valivých dvouřadých soudečkových ložiskách, které nekonají žádný pohyb. Tato ložiska při stejných zatíženích jako jehlová v kladkách vykazují nižší ztráty třením za klidu i za pohybu.

Zvláštním řešením snímání údaje o váze břemena uloženého na nosných vidlicích vysokozvižného vozíku je použití nalepovacích tenzometrických snímačů sil. Tyto snímače jsou velmi malé a lze je snadno umístit i tam, kde

by ostatní siloměry nenašly uplatnění pro svoje velké rozměry. Takovým místem jsou některé části nosných přestavitelných vidlic, které přenášejí zatížení od břemena bezprostředně beze ztrát. Jejich přitmelením do vhodně opracovaných ploch nosných vidlic v místě, kde se koncentruje největší napětí, lze předpokládat dosáhnutí velmi dobrých výsledků v snímání údaje o váze břemena. Jestliže by se tyto tenzometry umístili např. podle obr. 10



obr. 10

jejich kombinací na obou vidlicích by se vyloučil proměnlivý pohybový moment, způsobený libovolným uložením břemena na nosných vidlicích a zároveň by se tak dosáhlo i teplotní kompenzace. V tomto případě je však zapotřebí zaručit odolnost proti mechanickému poškození tenzometru např. přepravovaným břemenem a rovněž je třeba zaručit odolnost elektrického vedení signálu ze snímačů a z přestavitelných nosných vidlic.
Vyhodnocování údaje je obdobné jako u předcházejících tenzometrických snímačů tahových sil.

Všechny popsané způsoby vážení jsou založeny na tenzometrickém snímání zatížení vysokozdvižného vozíku. Pro napájení těchto snímačů i pro jejich vyhodnocovací,

popř. další aparatury je zapotřebí elektrické energie. Zdrojová souprava vysokozdvižného vozíku je většinou tvořena dnes alternátorem popř. dynamem ve spojení s regulátory napětí a akumulátorem. Napětí v elektrické síti se pohybuje v rozsahu od 12 do 14 V. Protože napájecí napětí snímačů vyžaduje odlišné napětí o určité stabilitě, je zapotřebí pro jejich napájení použít stavilizovaný zdroj napětí s odpovídajícími vstupními i výstupními parametry.

3.5 Zpracování informací o vážení.

Z tenzometrických snímačů je získáván elektrický signál stejnosměrného napětí velikosti řádově mV, který je přímo úměrný váze břemena. Elektrický signál ze snímače nebo z obou snímačů je veden několikažílovým kabelem do vyhodnocovacího zařízení. Tento kabel vede i vstupní stejnosměrné napětí od stabilizovaného zdroje pro snímače.

Elektrický kabel pro přenos signálu a napájení snímačů pro elektromechanický způsob měření musí vykonávat pohyb spolu se snímači umístěnými u zvedací desky. Nesmí proto omezovat dostupnost maximální zvedací výšky a rozsah naklápění. Přitom však nesmí dojít k jeho poškození od pohybujících se částí zvedacího zařízení. Pohyb kabelu může umožnit zvláštní pružinový navíják ve spojení s vhodně volenými vodítky a chrániči pro kabel na zvedacím zařízení.

Ve vyhodnocovacím zařízení se signál zpracovává na:

a) údaj pro analogový ukazatel
b) údaj pro číslicový ukazatel
c) údaj pro přídavné zařízení dlouhodobé registrace a dalšího zpracování dat
d) údaj pro dálkový přenos dat

Komerční vyhodnocovací aparatury pro použité tenzometrické snímače nevyhovují použití na vysokozdvižných vozících. Nevyhovují zejména velikostí napájecího napětí (220 V st), klimatickými podmínkami okolí (0 ÷ 25°C), vysokým příkonem elektrické energie (250 W), nesnesitelností otřesů a vibrací a v neposlední řadě nevyhovují ani svými nadměrnými rozměry. Z těchto důvodů se předpokládá vybudování zvláštní vyhodnocovací aparatury s analogovým ukazatelem nebo s analogonumerickým převodníkem a s číslicovým ukazatelem. Předpokládá se vybavení vyhodnocovací aparatury ručním tárovacím zařízením, popř. nulováním.

Nejjednušší vyhodnocovací aparatura je milivoltmetr s velkou výchylkou ručky a s ocejchovanou stupnicí v kg, jenž svým rozsahem odpovídá rozsahu výstupního napětí použitých tenzometrických snímačů.

4. REALIZACE PROTOTYPU A VÝSLEDKY PROVEDENÝCH ZKOUŠEK.

4.1 Příprava a postup při provozním měření prototypu.

Pro realizaci prototypu a provedení prvních měření byl vybrán elektrohydraulický způsob vážení na vysokozdvižném vozíku BVHM 1321 N. Tento způsob nevyžaduje žádný zásah do konstrukce vysokozdvižného vozíku. Tlakový snímač je umístěn podle výkresů 4-KOM-OS-007/01. Z tlakového snímače je veden elektrický signál kabelem do vyhodnocovacího zařízení.

Měření bylo provedeno ve skladovacích prostorách n.p. Ferona Liberec, který vyčlenil pro tento úkol vysokozdvižný vozík s obsluhou. Postup měření byl komplikován vzdáleností zdroje napájecí elektrické energie (220 V, st) a kontrolní stacionární váhou. Závaží potřebné hmotnosti tvořily přepravní palety se zbožím, jejichž skutečná hmotnost se ověřovala na stacionární váze. Vyhodnocovací zařízení bylo laboratorního charakteru a proto také umístěno mimo vysokozdvižný vozík.

Přístroje použité pro měření:

tenzometrický tlakoměr TT 100
univerzální měřící můstek UM 131
milivoltmetr Tesla

Celkem byla provedena dvě nezávislá měření se řadou zatížení v rozmezí 35 ÷ 1093 kg.
První měření se uskutečnilo 9. března 1981 na vysokozdvižném vozíku BVHM 1321 N ve stavu před jeho pravidelnou údržbou. Teplota vzduchu 8°C.

Druhé měření bylo provedeno dne 29. dubna 1981 na jiném vysokozdvižném vozíku typu BVHM 1321 N ve stavu bezprostředně po pravidelné údržbě. Teplota vzduchu 10°C, polojasno.

Měření byla provedena pro umístění břemena:

- uprostřed nosných vidlic
- u sloupu zvedacího zařízení
- na konci nosných vidlic

Zvedací zařízení bylo v poloze:

- předklopené
- svislé
- zaklopené

Vyhodnocovací aparatura pracovala s rozsahy:

- 0,1
- 0,3
- 1,0

Při odlehčování vidlice nedosedávaly až na zem pouze v případech označených "vidlice nedosedají".
V případech, kdy při odlehčení ukazatel vykazoval nulové hodnoty, bylo provedeno tárování, a také měření maximálního rozsahu výstupní veličiny snímače pro dané zatížení.

4.2 Výsledky provedených měření na prototypu vážícího zařízení vysokozdvižného vozíku.

První měření.

zatížení: Q = 35 kg
poloha zvedacího zařízení: svislá
umístění břemena: uprostřed nosných vidlic
rozsah můstku: 0,3

Pořadové číslo	Odlehčení dílky	Zatížení dílky	Rozdíl dílky
1.	70	81	11
2.	70	78	8
3.	53	80	27
4.	76	82	6
5.	60	81	21
Aritmetický průměr dílky	$X_o = 65,8$	$X_z = 80,4$	$X = 14,6$
Standartní odchylka dílky	$\sigma_o = 9,18$	$\sigma_z = 1,52$	$\sigma = 9,02$

Pravděpodobná chyba měření zatížení.

$$v = \pm \frac{2}{3} \frac{(X - X_i)^2}{n - 1} = \pm \frac{2}{3}$$

$$v = \pm \frac{2}{3} \cdot 1,52 = \pm 1,01$$

Hodnota dílků.

$$d = \frac{Q}{X}$$

$$d = \frac{35}{14,6} = 2,40 \qquad \text{kg/dílek}$$

Chyba vážení.

$$N = \frac{\ldots \cdot d}{Q} \cdot 100 \qquad [\%]$$

$$N = \frac{1,01 \cdot 2,4}{35} \cdot 100 = 6,93\ \%$$

zatížení: Q = 50 kg
poloha zvedacího zařízení: svislá
umístění břemena: uprostřed nosných vidlic
rozsah můstku: 0,3

Pořadové číslo	Odlehčení dílky	Zatížení dílky	Rozdíl dílky
1.	70	95	25
2.	88	95	7
3.	86	93	7
4.	86	95	9
5.	75	94	19
6.	88	95	7
7.	80	96	16
8.	70	95	25
Aritmetický průměr dílky	80,36	94,75	14,38
Standartní odchylka dílky	7,78	0,88	7,95

$\vartheta = \pm 0,59$
d = 3,48 kg/dílek
N = 4,11%

zatížení: Q = 80 kg
poloha zvedacího zařízení: svislá
umístění břemena: uprostřed nosných vidlic
rozsah můstku: 0,3

Pořadové číslo	Odlehčení dílky	Zatížení dílky	Rozdíl dílky
1.	70	102	32
2.	91	101	10
3.	90	105	15
4.	80	105	25
5.	90	105	15
6.	88	102	14
7.	91	104	13
8.	89	102	13
9.	91	103	12
10.	90	103	13
Aritmetický průměr dílky	88	103,1	16,1
Standartní odchylka dílky	6,39	1,37	6,87

$\vartheta = \pm 0,91$
d = 4,96 kg/dílek
N = 5,65%

zatížení: Q = 83 kg
poloha zvedacého zařízení: uprostřed
umístění břemena: u sloupu zvedacího zařízení
rozsah můstku: 0,1

Pořadové číslo	Odlehčení /dílky/	Zatížení /dílky/	Rozdíl /dílky/
1.	70	87	27
2.	43	89	46
3.	53	95	36
4.	55	95	40
5.	66	78	22
6.	53	97	44
7.	48	87	39
8.	37	100	63
9.	43	92	49
10.	46	97	51
Aritmetický průměr /dílky/	52	91,7	41,7
Standartní odchylka /dílky/	10,64	6,55	11,85

$\vartheta = \pm 4,37$
d = 1,99 kg/dílek
N = 10,48%

zatížení: Q = 83 kg
poloha zvedacího zařízení: svislá
umístěné břemena: na konci nosných vidlic
rozsah můstku: 0,1

Pořadové číslo	Odlehčení /dílky/	Zatížení /dílky/	Rozdíl /dílky/
1.	36	85	49
2.	36	85	49
3.	39	85	46
4.	49	96	47
5.	43	91	48
6.	39	104	65
7.	38	93	55
8.	37	91	44
9.	39	81	42
10.	71	88	17
Aritmetický průměr /dílky/	42,7	89,9	46,2
Standartní odchylka /dílky/	10,68	6,70	12,14

$\sigma = \pm 4,46$
d = 1,72 kg/dílek
N = 9,65%

zatížení: Q= 83 kg
poloha zvedacího zařízení: předklopené
umístění břemena: na konci nosných vidlic
rozsah můstku: 0,1

Pořadové číslo	Odlehčení /dílky/	Zatížení /dílky/	Rozdíl /dílky/
1.	57	101	44
2.	57	101	44
3.	50	101	31
4.	50	85	35
5.	55	100	45
6.	62	92	30
7.	52	103	51
8.	62	100	38
9.	48	108	60
10.	60	103	53
Aritmetický průměr /dílky/	55,3	99,4	43,1
Standartní odchylka /dílky/	5,14	6,42	9,78

$\vartheta = \pm 4,28$
d = 1,93 kg/dílek
N = 9,93%

zatížení: Q = 83 kg

poloha zvedacího zařízení: předklopená

umístění břemena: u sloupu zvedacího zařízení

rozsah zatížení: 0,1

Pořadové číslo	Odlehčení /dílky/	Zatížení /dílky/	Rozdíl /dílky/
1.	70	87	17
2.	49	90	41
3.	49	103	54
4.	52	104	52
5.	54	100	46
6.	57	98	41
7.	51	100	49
8.	65	92	27
9.	51	103	52
10.	52	88	36
Aritmetický průměr /dílky/	55	96,5	41,5
Standartní odchylka /dílky/	7,09	6,60	12,0

$\vartheta = \pm 4,40$

d = 2,0 kg/dílek

N = 10,6%

zatížení: Q = 83 kg
poloha zvedacího zařízení: předklopené
umístění břemena: u sloupu zvedacího zařízení
rozsah můstku: 0,3

Pořadové číslo	Odlehčení /dílky/	Zatížení /dílky/	Rozdíl /dílky/
1.	70	84	14
2.	70	86	16
3.	71	84	13
4.	70	86	16
5.	73	84	11
6.	72	85	13
7.	70	87	17
8.	70	84	14
9.	77	84	7
10.	72	86	14
Aritmetický průměr /dílky/	71,5	85,5	13,55
Standartní odchylka /dílky/	2,22	1,16	2,87

$\vartheta = \pm 0,77$
d = 6,12 kg/dílek
N = 5,6%

zatížení: Q = 318 kg
poloha zvedacího zařízení: svislé
umístění břemena: uprostřed
rozsah můstku: 1,0

Pořadové číslo	Odlehčení /dílky/	Zatížení /dílky/	Rozdíl /dílky/
1.	70	91	21
2.	71	90,5	19,5
3.	71	91	20
4.	70,5	89	18,5
5.	71	90	19
6.	70,5	90	19,5
7.	70,5	91	20,5
8.	70,5	91	20,5
9.	71	90,5	20,5
10.	70	91	21
Aritmetický průměr /dílky/	70,6	90,5	20
Standartní odchylka /dílky/	0,39	0,66	0,84

$\vartheta = \pm 0,44$
d = 15,9 kg/dílek
N = 2,2%

zatížení: Q = 775 kg
poloha zvedacího zařízení: svislé
umístění břemena: uprostřed
rozsah můstku: 1,0

Pořadové číslo	Odlehčení /dílky/	Zatížení /dílky/	Rozdíl /dílky/
1.	70	119	49
2.	69	118	49
3.	69	118,5	50,5
4.	69	118	49
5.	67	116	49
6.	68	117	49
7.	68	119	51
8.	68	119	51
9.	68,5	119	50,5
10.	67	116,5	49,5
Aritmetický průměr /dílky/	68,4	118	49,75
Standartní odchylka /dílky/	0,97	1,13	0,89

$v = \pm 0,75$
d = 15,58 kg/dílek
N = 1,51%

zatížení: Q = 1093 kg

poloha zvaedacího zařízení: svislé

umístění břemena: uprostřed

rozsah můstku: 1,0

Pořadové číslo	Odlehčení /dílky/	Zatížení /dílky	Rozdíl /dílky/
1.	70	141	71
2.	68	143	75
3.	60	138	78
4.	70	144	74
5.	62	150	88
6.	71	143	72
7.	61	150	89
8.	71	150	79
9.	61	143	82
Aritmetický průměr /dílky/	66	144,66	78,66
Standartní odchylka /dílky/	4,85	4,36	6,56

$\vartheta = \pm 2,91$

d = 13,90 kg/dílek

N = 3,7%

Druhé měření.

zatížení: Q =317 kg
poloha zvedacího zařízení: svislá
umístění břemena: uprostřed
rozsah můstku: 1,0
"vidlice nedosedají"

Pořadové číslo	Odlehčení /dílky/	Zatížení /dílky/	Rozdíl /dílky/
1.	70	94	24
2.	71	94	23
3.	70	95	25
4.	71	94	23
5.	70	94	24
6.	71	94	23
7.	71	94	23
8.	71	94	23
9.	71	94	23
10.	71	94	23
Aritmetický průměr /dílky/	70,7	94,1	23,4
Standartní odchylka /dílky/	0,48	0,32	0,70

$\vartheta = \pm 0,21$
d = 13,54 kg/dílek
N = 0,9%

zatížení: Q = 317 kg
poloha zvedacího zařízení: svislá
umístění břemena: uprostřed
rozsah můstku: 1,0

Pořadové číslo	Odlehčení /dílky/	Zatížení /dílky/	Rozdíl /dílky/
1.	59	94	35
2.	59	94	35
3.	59	94	35
4.	59	93	34
5.	59	94	35
6.	59	94	35
7.	59	93	34
8.	59	94	35
9.	59	94	35
10.	59	94	35
Aritmetický průměr /dílky/	59	93,8	34,8
Standartní odchylka /dílky/	0	0,42	0,42

$\vartheta = \pm 0,12$
d = 9,1 kg/dílek
N = 0,3%

zatížení: Q = 317 kg
poloha zvedacího zařízení: zaklopené
umístění břemena: uprostřed
rozsah můstku: 1,0

Pořadové číslo	Odlehčení /dílky/	Zatížení /dílky/	Rozdíl /dílky/
1.	59	94	35
2.	59	94	35
3.	59	94	35
4.	59	94	35
5.	59	95	36
6.	59	95	36
7.	59	94	35
8.	59	94	35
9.	59	94	35
10.	59	94	35
Aritemtický průměr /dílky/	59	94,2	35,2
Standartní odchylka /dílky/	0	0,42	0,42

$\vartheta = \pm 0,28$
d = 9,01 kg/dílke
N = 0,8%

Zatížení: L = 317 kg
poloha zvedacího zařízení: svislá
umístění břemene: uprostřed
rozsah nástroje: 0,5

Pořadové číslo	Odlehčení /dílky/	Zatížení /dílky/
1.	0	1[illegible]
2.	0	2[illegible],6
3.	0	2[illegible],5
4.	0	2[illegible],[illegible]
5.	0	2[illegible],1
6.	0	2[illegible],7
7.	0	2[illegible]
8.	0	25,1
9.	0	2[illegible],[illegible]
10.	0	2[illegible],8
Aritmetický průměr /dílky/	0	2[illegible],07
Standartní odchylka /dílky/	0	0,0[illegible]

$\sigma = \pm 0,42$

$d = 11,25$ kg/dílek

$N = 1,70$ %

zatížení: L = 317 kg

poloha zvedacího zařízení: zaklopená nebo svislá

umístění břemene: uprostřed

rozsah můstku: 0,5

Pořadové číslo	Odlehčení /dílky/	Zatížení /dílky/ zaklopená	Zatížení /dílky/ svislá
1.	0	24,[illegible]	25,5
2.	0	23,2	27,7
3.	0	24,2	26,3
4.	0	25	27
5.	0	24,8	26,8
Aritmetický průměr /dílky/	0	24,[illegible]	27,40
Standartní odchylka /dílky/	0	0,46	1,25

$v_z = \pm 0,31$ $\qquad$ $v_s = \pm 0,85$

$d_z = 12,84$ kg/dílek $\qquad$ $d_s = 11,54$ kg/dílek

$N_z = 1,26\%$ $\qquad$ $N_s = 3,0\%$

zatížení: Q = 195 kg
poloha zvedacího zařízení: svislá
umístění břemena: uprostřed
rozsah můstku: 1,0
"vidlice nedosedají"

Pořadové číslo	Odlehčení /dílky/	Zatížení /dílky/	Rozdíl /dílky/
1.	68	82	14
2.	68	82	14
3.	68	82	14
4.	68	82	14
5.	68	82,5	14,5
6.	68	82,5	14,5
7.	68	82	14
8.	67	82,5	14,5
9.	68	82,5	14,5
10.	68	82,5	14,5
Aritmetický průměr /dílky/	67,9	82,25	14,25
Standartní odchylka /dílky/	0,32	0,26	0,26

$\vartheta = \pm 0,17$
d = 13,68 kg/dílek
N = 1,2%

zatížení: Q = 195 kg
poloha zvedacího zařízení: svislá
umístění břemena: uprostřed
rozsah můstku: 1,0

Pořadové číslo	Odlehčení /dílky/	Zatížení /dílky/	Rozdíl /dílky/
1.	58	81	23
2.	58	81	23
3.	58	81	23
4.	58	81	23
5.	58	82	24
6.	58	81	23
7.	58	81	23
8.	58	82	24
9.	58	82	24
10.	58	82	24
Aritmetický průměr /dílky/	58	81,4	23,4
Standartní odchylka /dílky/	0	0,52	0,52

$v = \pm 0,35$
d = 8,33 kg/dílek
N = 1,5%

zatížení: Q = 150 kg
polohe vedacího zařízení: ovislá
umístění břemene: uprostřed
rozsah nástěku: 0,5

Pořadové číslo	Odlehčení /dílky/	Zatížení /dílky/
1.	0	17,5
2.	0	17,5
3.	0	17,5
4.	0	17,5
5.	0	18,5
6.	0	17,5
7.	0	17,5
8.	0	17
9.	0	17,5
10.	0	17,5
Aritmetický průměr /dílky/	0	17,51
Standardní odchylka /dílky/	0	0,54

$\sigma = \pm 0,16$

$d = 11,26$ kg/dílky

$h = 0,9\%$

zatížení: Q = 195 kg

poloha zvedacího zařízení: zaklopená nebo svislá

umístění břemene: uprostřed

rozsah můstku: 0,5

Pořadové číslo	Odlehčení /dílky/	Zatížení /dílky/ zaklopená	Zatížení /dílky/ svislá
1.	0	17,7	19,5
2.	0	19,5	19,0
3.	0	18,8	20,5
4.	0	17,6	19,8
5.	0	17,5	19,5
6.	0	18,2	19,7
7.	0	17,4	19,2
8.	0	17,7	20
9.	0	18	20,2
Aritmeticky průměr /dílky/	0	18,02	19,8
Standartní odchylka /dílky/	0	0,72	0,42

$v_z = \pm 0,48$ $\qquad$ $v_s = \pm 0,28$

d_z = 18,02 kg/dílek $\qquad$ d_s = 9,89 kg/dílek

N_z = 2,66% $\qquad$ N_s = 1,4%

zatížení: Q = 152 kg
poloha zvedacího zařízení: svislá
umístění břemena: uprostřed
rozsah můstku: 1,0

Pořadové číslo	Odlehčení /dílky/	Zatížení /dílky/	Rozdíl /dílky/
1.	58	77	19
2.	58	77	19
3.	58	77	19
4.	58	77	19
5.	57	78	21
6.	58	78	20
7.	58	78	20
8.	58	78	20
9.	58	78	20
10.	58	78	20
Aritmetický průměr /dílky/	57,9	77,5	19,7
Standartní odchylka /dílky/	0,32	0,71	0,67

$\vartheta = \pm 0,47$
d = 7,71 kg/dílek
N = 2,4%

zatížení Q = 111 kg
poloha zvedacího zařízení: svislá
umístění břemena: uprostřed
rozsah můstku: 1,0
"vidlice ne dosedají na zem"

Pořadové číslo	Odlehčení /dílky/	Zatížení /dílky/	Rozdíl /dílky/
1.	58	74	16
2.	58	75	17
3.	58	75	17
4.	58	75	17
5.	58	75	17
6.	58	75	17
7.	58	75	17
8.	58	75	17
9.	58	75	17
10.	58	75	17
Aritemtický průměr /dílky/	58	74,9	16,9
Standartní odchylka /dílky/	0	0,32	0,32

$\vartheta = \pm 0,2133$
d = 6,57 kg/dílek
N = 1,24%

zatížení: Q = 69 kg
poloha zvedacího zařízení: svislá
umístění břemena: uprostřed
rozsah můstku: 1,0

Pořadové číslo	Odlehčení /dílky/	Zatížení /dílky/	Rozdíl /dílky/
1.	58	71	13
2.	58	72	14
3.	58	72	14
4.	58	72	14
5.	58	72	14
6.	60	72	12
7.	58	72	14
8.	58	72	14
9.	58	72	14
10.	64	72	8
Aritmetický průměr /dílky/	58,8	71,9	13,1
Standartní odchylka /dílky/	1,93	0,32	1,91

$\vartheta = \pm 0,21$
d = 5,26 kg/dílke
N = 1,6%

Měření časové závislosti.

Měřené časové závislosti údaje o váze břemena uloženého na nosných vidlicích vysokozdvižného vozíku byly provedeny pro tři různé hmotnosti břemena. Zvedací zařízení bylo v poloze svislé. Umístění břemena bylo uprostřed.

čas /s/	Q = 1093 kg	Q = 317 kg	Q = 317 kg
0	143	96	26
10	138	95	25
20	136	94	24
30	134	93	23,2
40	133	92	23
50	132,5	91	22,8
60	131,5	90	22,5
70	131	90	22,5
80	130,5	90	22,4
90	130	90	22,3
100	130	89	22,2
110	130	89	22,1
120	130	89	22,1
130	129,5	89	22
140	129,5	89	22
150	129,5	88	22
160	129,5	88	22
170		88	21,9
180		88	21,9
190			

4.3 Zhodnocení výsledků měření a návrh dalších opatření pro zlepšení těchto výsledků.

Dílčí výsledky jednotlivých měření jsou uvedeny u každé tabulky naměřených a vypočtených hodnot. Závislost chyby vážení na vážené hmotnosti břemena uloženého na nosných vidlicích vysokozdvižného vozíku je zpracována graficky v příloze 6.
Tato závislost ukazuje rozdílnost chyb vážení způsobenou technickým stavem vysokozdvižných vozíků. Nižší chyby vážení byly naměřeny na vysokozdvižném vozíku bezprostředně po jeho údržbě.
Rozdílnost chyb vážení při zatížení hmotností 83 kg je způsobena různými polohami břemena na nosných vidlicích.

Při zatížení do 100 kg se výrazně projevuje proměnlivost pasivních odporů uložení zvedací desky a vedení článkového řetězu zvedacími kladkami. Při zatížení od 100 kg do 800 kg se pasivní odpory a tím i chyba vážení ustálily na minimální hodnotě, která se pohybuje od 1,5% do 2,5%. Při vzrůstajícím zatížení nad 800 kg až ke jmenovité nosnosti vysokozdvižného vozíku BVHM 1321 N, která je 1250 kg, chyba měření vzrůstá až na 3,7%. Tento vzrůst je způsoben již značným tlakem v hydraulickém válci, kdy dochází ke snížení jeho účinnosti vlivem prosakování hydraulické kapaliny nad píst (může být způsobeno i opotřebením) a také se již projevující-mi vyššími pružnými deformacemi celého mechanizmu zvedacího zařízení. Toto napružování mechanizmu při velkém zatížení má vliv na ustálení hodnoty vážení (soustava kmitá). Kromě kmitání se při vážení značně projevuje časová závislost údaje o váze. Časové závislosti jsou zobrazeny v příloze 7. Doba ustálení údaje je pro různá zatížení přibližně stejná a má velikost 1 minuta. Rychlost poklesu do 1 minuty je několikanásobně větší než rychlost

poklesu údaje o váze po 1 minutě, která již po 2 minutách zůstává téměř konstantní. Proto hodnoty poklesu po 1 minutě od počátku měření nebudou případně ovlivňovat rychlost snímání a vyhodnocování vážního údaje.

Při měření zatížení se zvedací deska s nosnými vidlicemi a břemenem zvedala do konstantní výšky pro všechna zatížení. Tímto opatřením se vyloučily další vlivy na přesnost měření, zejména se ustálily pasivní odpory mechanizmu zvedacího zařízení a ustálilo se i množství hydraulické kapaliny v pracovním válci a potrubí. Konstantní výška zvedání se určovala vyrovnáním dvou rysek provedených na pevném rámu zvedacího zařízení a na pohyblivé zvedací desce s přesností cca ± 50 mm.

Při druhém měření se zjišťoval i vliv nedosedání nosných vidlic na zem na rozdílnost měřeného údaje při odlehčení zvedací desky. V těchto případech již zatěžující břemeno spočívalo svojí tíhou na zemi, ovšem nosné vidlice se zvedací deskou se při odlehčení země nedotýkaly. Při nedosedání vidlic na zem mají hodnoty odlehčení menší rozptyl.

Z výsledků obou měření na prototypu vážícího zařízení s elektrohydraulickým způsobem vážení vyplývají některé poznatky o vlastnostech a chování tohoto systému. Základním poznatkem je zjištění chování soustavy a přesnosti odečítaného údaje o váze při různě velkém zatížení. Výsledkem je velký rozptyl odečítaných hodnot při zatížení do 100 kg, což způsobuje již značnou chybu měření (10,6%). Při měření na vysokozdvižném vozíku po jeho údržbě, byla však chyba měření při zatížení pod hranici 100 kg 1,6% (měřeno pro Q = 69 kg).

Vyloučení chyby měření z prvních měření, kdy se projevují velké pasivní odpory způsobené technickým stavem vysokozdvižného vozíku, je možné dvojím způsobem:

a) potlačením snímaného údaje do hodnoty odpovídající 100 kg - dolní mez váživosti
b) zatížením zvedací desky s nosnými vidlicemi přídavným pevným závažím o hmotnosti 100 kg, kterým by se vymezily pasivní odpory na přibližně konstantní hodnotu. Tímto opatřením by se však maximální nostnost vozíku snížila o 12,5% (na 1150 kg).

Rozsah vážení by po těchto opatřeních byl od 100 kg (dolní mez váživosti) do 1250 kg, který je horní mezí váživosti i maximální nosností vysokozdvižného vozíku BVHM 1321 N. Při použití tohoto způsobu vážení na ostatních typech vysokozdvižných vozíků Desta je horní mez váživosti rovna jejich maximální nosnosti.
Chyba na dolní mezi váživosti je 5,6% pro vysokozdvižný vozík před jeho údržbou a 1,2% pro vysokozdvižný vozík po jeho údržbě. Chyba na horní mezi váživosti je stanovena jen pro vysokozdvižný vozík před údržbou a dosahuje hodnoty 3,3%.

Dalším poznatkem měření je časová závislost údaje o váze břemena. Pro vyloučení této závislosti se navrhuje vybavení vážícího zařízení elektrickým časovým spínačem, který by umožnil provést vážení pouze v určitém časovém úseku. Zároveň je nutné provést i další omezení, které se týká výšky zvedání břemena pro vážení ; např. prostřednictvím polohového spínače, který umožní vážení pouze v určité výšce pro snímání údaje nejvýhodnější. Výška zvedání břemena pro vážení nesmí být příliš vysoká, neboť zvedáním by se prodlužoval čas operace, ale nesmí být ani příliš nízká, protože by se zamezilo nakládání materiálů ve svitcích, které se napichují na jednotlivé nosné vidlice.

Tyto výsledky a předpoklady je vhodné ověřit prostřednictvím vážení s úředně ověřenými závažími podle

lit. (4) a pomocí analogového ukazatele s větší výchylkou ručky, který by i zvýšil přesnost odečítání vážního údaje a tím i citlivost váhy.

5. ZHODNOCENÍ TECHNICKOHOSPODÁŘSKÉKO PŘÍNOSU.

5.1 Rozbor nákladů na realizaci nového způsobu vážení.

Rozbor nákladů je rozdělen podle konstrukčního uspořádání návrhu nového způsobu vážení a týká se pouze vysokozdvižného vozíku BVHM 1321 N.
Každé řešení tohoto nového způsobu vážení předpokládá použití snímačů vážního údaje, vyhodnocovací aparatury a napájecího zdroje, které budou zvlášť pro tento účel zhotoveny, popř. sloučeny v jedno zařízení. Při jejich realizaci se předpokládá jejich universální využití pro různé způsoby snímání údaje o váze a pro využití na všech typech vysokozdvižných vozíků Desta.

Elektrohydraulický způsob vážení využívá jednoho tenzometrického tlakoměru TT 100 v ceně 2 600 Kčs a vyhodnocovací zařízení v předběžné ceně cca 10 000 Kčs. Dále lze předpokládat náklady na zabudování celého systému na vysokozdvižný vozík, v hodnotě do 1 000 Kčs.

Elektromechanický způsob vážení má dvě řešení. První řešení využívá tenzometrických snímačů tahových sil zavěšených mezi zvedací desku a článkové řetězy. Zde jsou použity dva tenzometrické siloměry PS 10 v hodnodě 15 000 Kčs, vyhodnocovací aparatura, jejíž náklady na vybudování si vyžádají cca 10 000 Kčs. Náklady na zabudování celého systému včetně zařízení pro ovládání elektrického kabelu by neměly přesáhnout částku 5 000 Kčs. Druhé řešení s tenzometrickými siloměry vyžaduje provedení rozsáhlejších konstrukčních úprav. Princip tohoto řešení je založen na využití dvou tenzometrických snímačů tlakových sil řady M 20 v ceně 20 000 Kčs a vyhodnocovací aparatury vlastní výroby v ceně 10 000 Kčs. Náklady na konstrukční úpravy a zhotovení čtyřkloubového mechanizmu váhy jsou předpokládány v hodnotě asi 7 000 Kčs. Cena zabudování systému včetně zařízení na vedení elektrického kabelu bude představovat 5 000 Kčs.

Při použití čtyř přitmelených tenzometrů v hodnotě cca 1 000 Kčs a vyhodnocovací aparatury, jejíž vybudování si vyžádá náklady 12 000 Kčs, je zapotřebí provést některé konstrukční úpravy nosných vidlic a zvedacího zařízení. Náklady na tyto úpravy a na zabudování celého vážícího systému na vysokozdvižný vozík si vyžádají náklady předběžně 5 000 Kčs.

Celkové náklady na vážící zařízení.

Elektrohydraulický způsob vážení	13 600 Kčs
Elektromechanický způsob vážení se snímači řady PS	30 000 Kčs
Elektromechanický způsob vážení se snímači řady M 20	42 000 Kčs
Elektromechanický způsob vážení s nalepovacími tenzometry	18 000 Kčs

5.2 Předběžný výpočet efektivnosti investic.

Řešení nového způsobu vážení v n.p. Ferona, které je založeno na přímém vážení břemen naložených na nosných vidlicích vysokozdvižných vozíků, má za úkol nahradit vážení břemen, s kterými manipulují vysokozdvižné vozíky při skládání, nakládání a převažování na stacionární váze. Základním přínosem by se měla stát úspora práce a výkonu vysokozdvižného vozíku při vykládání nebo nakládání zboží na veřejné nákladní prostředky, kdy vysokozdvižný vozík nebude muset zajíždět s břemenem na stacionární váhu. Zároveň se tímto uspořádáním zjednoduší operace vážení a evidence přepravovaného zboží. U některých druhů zásilek, které se vykládají z železničních vagonů nelze provádět kontrolu množství dodávky, neboť by se překročil časový limit pro vykládku těchto vagonů. Jestliže by se zboží při přepravě vysokozdvižnými vozíky na nich přímo zvážilo, snížilo by se mankové riziko na minimum. Vážení na vysokozdvižných vozících lze použít i pro převažování hmotností jednotlivých skladových položek při kontrole stavu zboží ve skladě (inventura). Tím opět odpadne přeprava jednotlivých položek z místa uložení na stacionární váhu a přeprava zpět.

Všechny tyto přínosy zrychlí manipulaci se zbožím, zkvalitní práci při evidenci jednotlivých skladových položek, zjednoduší organizaci řízení provozu skladu a zároveň mohou snížit i počet pracovních sil ve skladu. Tyto výsledky lze blíže určit pouze po podrobné analyze pracovních podmínek vysokozdvižných vozíků v provozu a po rozboru pracovních operací a úkonů vážení zboží při výdeji, kontrole nebo přejímce.

Efektivnost investic pro vážící zařízení umístěné na vysokozdvižném vozíku je stanovena pro práci vozíků

o dvou různých nosnostech (1250 kg a 2500 kg). Dále je řešena efektivnost (doba úhrady investic) pro dva různé případy úspory práce vysokozdvižných vozíků zkrácením jejich pracovní dráhy při manipulaci se zbožím.

Pro vykládky krytých železničních vagonů se používá vysokozdvižného vozíku typu BVHM 1321 N, jehož pořizovací hodnota činí 76 000 Kčs. Z ročních odpisů 17%, z hodinové mzdy obsluhy vozíku 12 Kčs/hod. a z režie na provoz vysokozdvižného vozíku cca 150% lze stanovit přibližně náklady na 1 hodinu provozu vysokozdvižného vozíku, což je 38 Kčs/hod..

Při zkrácení dráhy vysokozdvižného vozíku, kdy nebude muset zajíždět s nákladem na stacionární váhu:

a) o 30% získáme úsporu 12 Kčs/hod.

b) o 60% získáme úsporu 24 Kčs/hod.

Uvažujeme-li s 60%ní vytížení pracovní doby vysokozdvižného vozíku v jednosměnném provozu, potom bude doba návratnosti investic na jednotlivá vážící zařízení:

	a)	b)
elektrohydraulický způsob vážení	1 rok 1 měsíc	6,4 měsíce
elektromechanický způsob se snímači řady PS	2 roky 4 měsíce	1 rok 2 měsíce
elektromechanický způsob se snímači řady M 20	3 roky 3 měsíce	1 rok 8 měsíců
elektromechanický způsob s nalepovacími tenzometry	1 rok 5 měsíců	8,4 měsíce

Pro nakládání, přepravu a skládání většiny zboží se používá ve skladech vysokozdvižných vozíků řady DVHM, jejichž vyšší nosnost oproti typu BVHM 1321 N umožňuje vyšší přepravní výkon i po méně kvalitních

komunikacích.
Za představitele vysokozdvižných vozíků řady DVHM je vzat typ DVHM 2522 N, jehož pořizovací cena je 120 000 Kčs. Opět z ročních odpisů 17%, z hodinové mzdy obsluhy vozíku 12 Kčs/hod. a z režie na provoz vozíku cca 150%, lze stanovit náklady na 1 hodinu provozu vysokozdvižného vozíku, což je 43 Kčs/hod..
Při zkrácení dráhy vysokozdvižného vozíku:
a) o 30% získáme úsporu 13 Kčs
b) o 60% získáme úsporu 26 Kčs
Při stejných pracovních podmínkách jako u předcházejícího typu vysokozdvižného vozíku bude doba návratnosti investic na vážící zařízení instalované na vysokozdvižný vozík typu DVHM 2522 N:

	a)	b)
elektrohydraulický způsob vážení	1 rok	6 měsíců
elektromechanický způsob se snímači řady PS	2 roky 2 měsíce	1 rok 1 měsíc
elektromechanický způsob se snímači řady M 20	2 roky 10 měsíců	1 rok 5 měsíců
elektromechanický způsob s nalepovacími tenzometry	1 rok 4 měsíce	8 měsíců

K těmto předběžným výpočtům doby návratnosti nákladů investovaných do vážícího zařízení instalovaného na vysokozdvižném vozíku lze přičíst ještě nepřímé úspory např. zlepšením organizace práce, zjenodušením evidence vydaného nebo převzatého materiálu apod. , které se předem bez konkrétních pdokladů o provozu skladu velmi těžko určují.

6. ZÁVĚR.

Cílem studie bylo prozkoumat možnosti okamžitého vážení břemen uložených na nosných vidlicích vysokozdvižného vozíku.

Návrh nového uspořádání vážení vychází ze současného stavu měření hmotnosti, z materiálně technických možností pro řešení daného úkolu a ze starších sporých informací o řešení podobných úkolů v zahraničí. Celkem jsou navrženy čtyři způsoby snímání údaje o váze břemena. Nejméně náročný na konstrukci je způsob elektrohydraulický, u něhož se však počítá s nejmenší přesností snímání vážního údaje. Získané výsledky o přesnosti z obou měření nelze počítat za konečné, avšak mají posloužit k posouzení správnosti zvolené cesty řešení úkolu vážení břemen na nosných vidlicích vysokozdvižného vozíku. Rozdílnost přesnosti vážení v prvním a druhém měření nemusí být způsobena pouze provedením údržby mechanizmů vysokozdvižného vozíku, ale může být ovlivněna např. poškozením (trvalými deformacemi) některých částí zvedacího mechanizmu vysokozdvižného vozíku, na němž bylo provedeno první měření. Objektivnější výsledky pro posouzení tohoto způsobu vážení by poskytlo rozsáhlejší měření v lepších podmínkách zkoušek než při kterých se prováděla tato měření.

Elektromechanický způsob vážení nebyl možný ověřit v žádné variantě, neboť nebyly k dispozici tenzometrické snímače sil. Přesto však byly zhotoveny potřebné díly elektromechanického způsobu vážení s tahovými snímači sil řady PS, aby bylo možné tento způsob ověřit zkouškami neprodleně po dodání objednaných tenzometrických snímačů sil z RUKOVa Rumburk. Při předběžném ověřování tohoto způsobu vážení se počítá s podobným postupem jako u již provedeného měření elektrohydraulického způsobu vážení.

Všechny navrhované způsoby vážení jsou zatím posouzeny pouze z hlediska efektivnosti investic. Jejich přesnější posouzení lze provést až po ověření jejich chování a stanovení potřebných parametrů. Přiložená výkresová dokumentace poskytuje předběžně přehled o řešení vážení a o rozsahu konstrukčních úprav.

V pohledu do budoucnosti vážení na vysokozdvižných vozících je zřejmé, že na této racionalizační myšlence je vhodné pracovat dále a podle dosahovaných výsledků ověřovacích technických i ekonomických měření se specializovat na některý ze způsobů snímání údaje o váze břemena. Tato specializace by měla způsobit rychlejší zavedení vážícího zařízení na vysokozdvižném vozíku do praxe a tím dosáhnout hlavního cíle v racionalizace vážení.

Použitá literatura:

(1) Páca, V. a Donek, M.: Technickoekonomická studie o vážení v hutních provezech, Technickoekonomický výzkumný ústva hutního průmyslu, Praha, 1970

(2) Tybor, J.: Váhy automatické a speciální, SNTL, Praha 1974

(3) Pokorný, P. a kolektiv: Studie pro vývoj pomocného zařízení pro vysokozdvižné vozíky umožňující vážení a registraci vážních údajů, VŠST Liberec, 1980

(4) Vyhláška ÚNM č. 61/63 Sb. a č. 102/67 Sb.

(5) Fröhlich, J. a kolektiv: Valivá ložiska, SNTL, Praha 1980

(6) N.p. Desta: Hlavní katalog DVHM 1622 N - 2022 N - - 2522 N - 3222 N, 1978

(7) ČSN 17 7011 - Názvosloví pákových vah

(8) ČSN 17 7012 - Pákové váhy běžné, společná ustanovení

(9) ČSN 17 7050 - Váživost a citlivost vah

(10) ČSN 17 7805 - Závaří přesná a běžná

Seznam příloh.

Příloha 1 - Technická data vysokozdvižného vozíku BVHM 1321 N

Příloha 2 - Technická data vysokozdvižného vozíku DVHM 1622 N

Příloha 3 - Technická data vysokozdvižného vozíku DVHM 2022 N

Příloha 4 - Technická data vysokozdvižného vozíku DVHM 2522 N

Příloha 5 - Technická data vysokozdvižného vozíku DVHM 3222 N

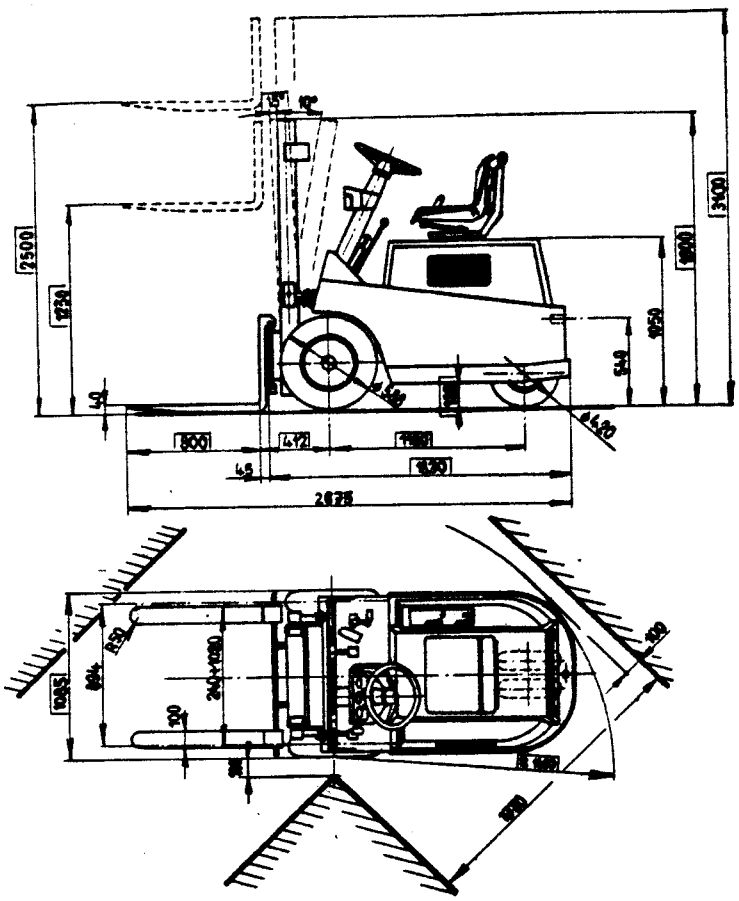
Příloha 6 - Závislost chyb vážení na zatížení břemenem

Příloha 7 - Časová závislost údaje o váze břemena

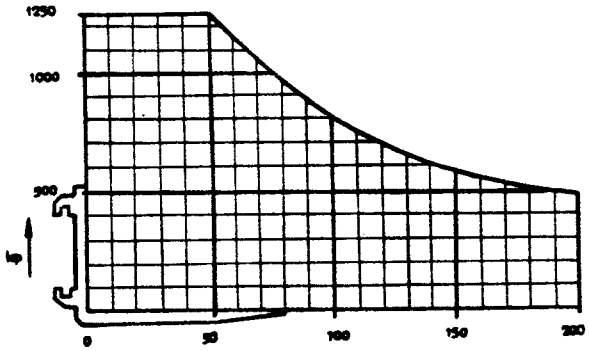
Příloha 8 - Fotografie zvedacích zařízení

Příloha 9 - Umístění elektrohydraulického snímače

Závěrem bych chtěl poděkovat svému vedoucímu diplomové práce ing. Přemyslovi Pokornému za odborné a pedagogické vedení při řešení úkolu diplomové práce, ing. J. Zavřelové za pomoc při poskytování informací z n.p. Desta Děčín, s. Šimerkovi a ostatním pracovníkům n.p. Ferona Liberec za spolupráci při měření na prototypu vážícího zařízení.

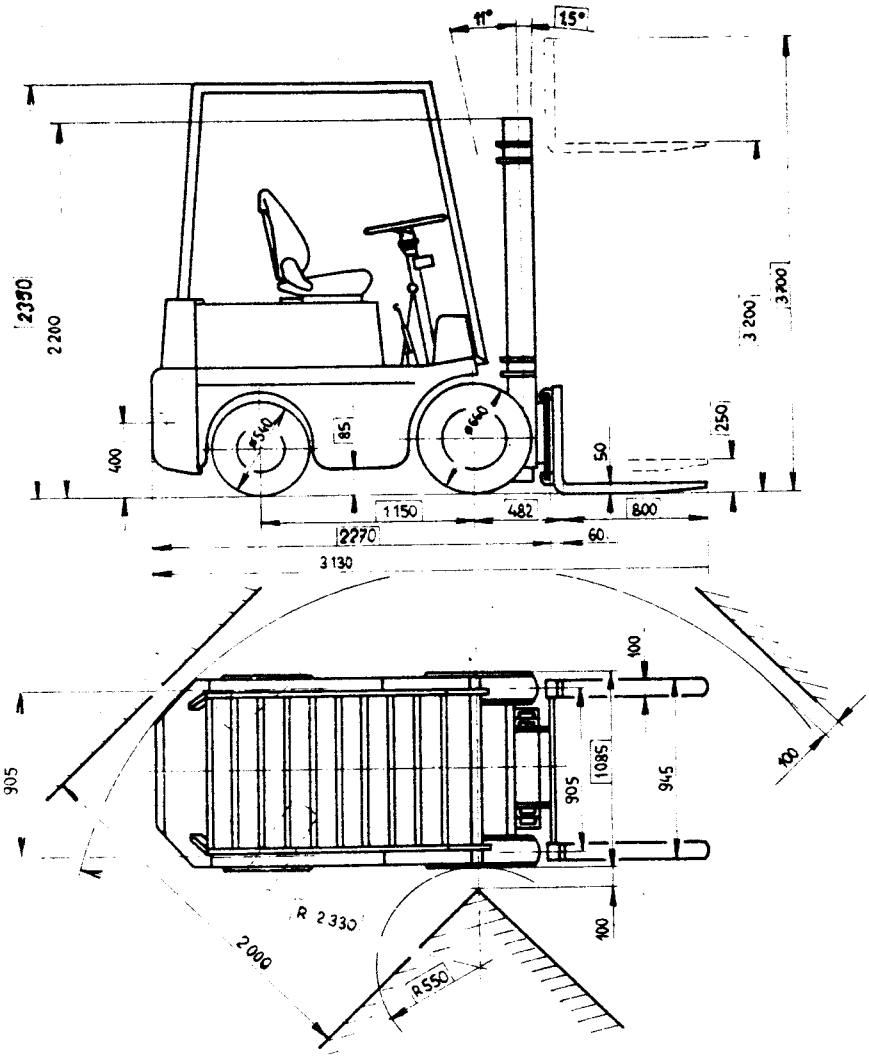


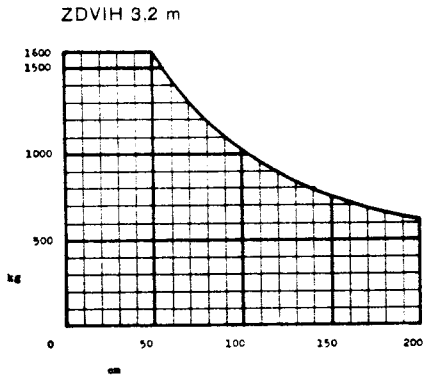
ZDVIH 2,5 m



• TECHNICKÁ DATA

Nosnost	kg	1250
Vyložení břemene	mm	500
Pohon		benzín
Obutí		pneumatiky
Vlastní hmotnost pohotovostní	kg	2600
Stabilita		odpovídá ČSN 268806
Rychlost pojezdu s/bez Q	km/hod	19/20
Rychlost zdvihu s/bez Q	m/vt	0,25 - 0,35/0,35 - 0,50
Rychlost spouštění s/bez Q	m/vt	0,20 - 0,35/0,20 - 0,30
Stoupavost nejvýše s/bez Q	%	15/15
Kola: počet vpředu/vzadu		2/2
Pneumatiky: rozměr vpředu	inch	6,50 - 10,10 Ply Rat
rozměr vzadu	inch	4,00 - 8/6 Ply Rat
Provozní brzda: druh		kapalinová čelisťová
Parkovací brzda: druh		mechanická čelisťová
Motor: výrobce		TAZ Trnava
typ		Š 981 - 15
Výkon	kW	31
Spotřeba paliva	l/hod	1 - 3
Spojka: druh		mechanická kotoučová
Řazení rychlostí: druh		mechanické přímé
Počet rychlostí: vpřed/vzad		2/2
Provozní tlak pro přídavné zařízení	kp/cm²	115

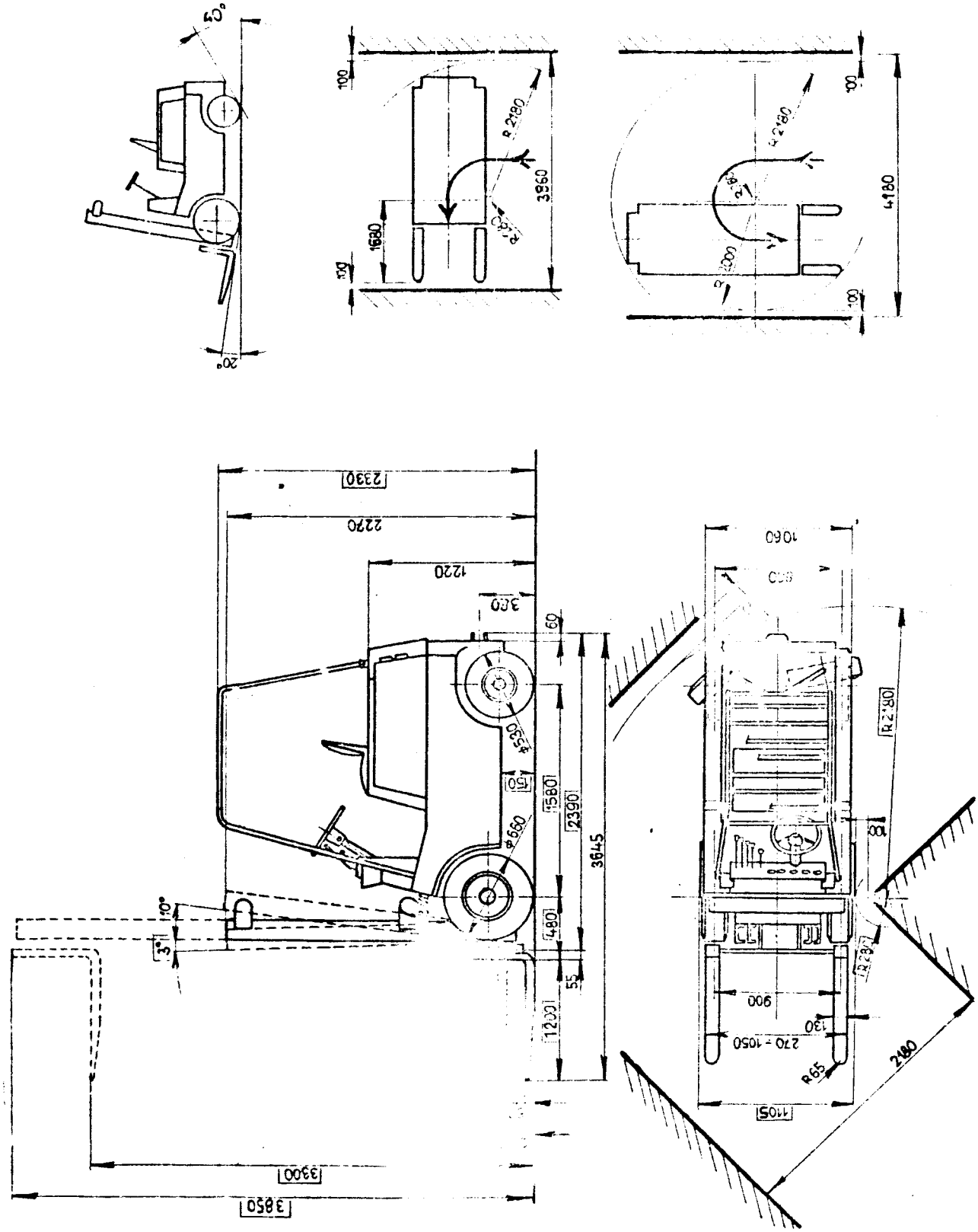




TECHNICKÁ DATA

Jmenovitá nosnost	kg	1600
Vyložení břemene	mm	500
Pohon		diesel
Obuti		pneumatiky
Vlastní hmotnost pohotovostní	kg	2950
Stabilita		odpovídá ČSN 26 8806
Rychlost pojezdu s/bez Q	km/hod.	14/15
Rychlost zdvihu s/bez Q	m/sec	0,32 – 0,4/0,37 – 0,45
Rychlost spouštění s bez Q	m/sec	0,32 – 0,45/0,22 – 0,28
Stoupavost nejvýše s/bez Q	%	15/15
Kola: počet vpředu/vzadu		2/2
Pneumatiky: rozměr vpředu		7,00 – 12/12 Ply Rat
rozměr vzadu		6,00 – 9/9 – Ply Rat
Provozní brzda: druh		kapalinová čelisťová
Parkovací brzda: druh		mechanická čelisťová
Motor: výrobce		Zbrojovka Brno
typ		Zetor 2001
výkon	kW	18,7
spotřeba paliva	dm³/hod.	1,5 – 3,5
Spojka: druh		mechanická kotoučová
Řazení rychlostí: druh		mechanické přímé
Počet rychlostí: vpřed/vzad		3/2
Provozní tlak pro přídavné zařízení	MPa	7,85

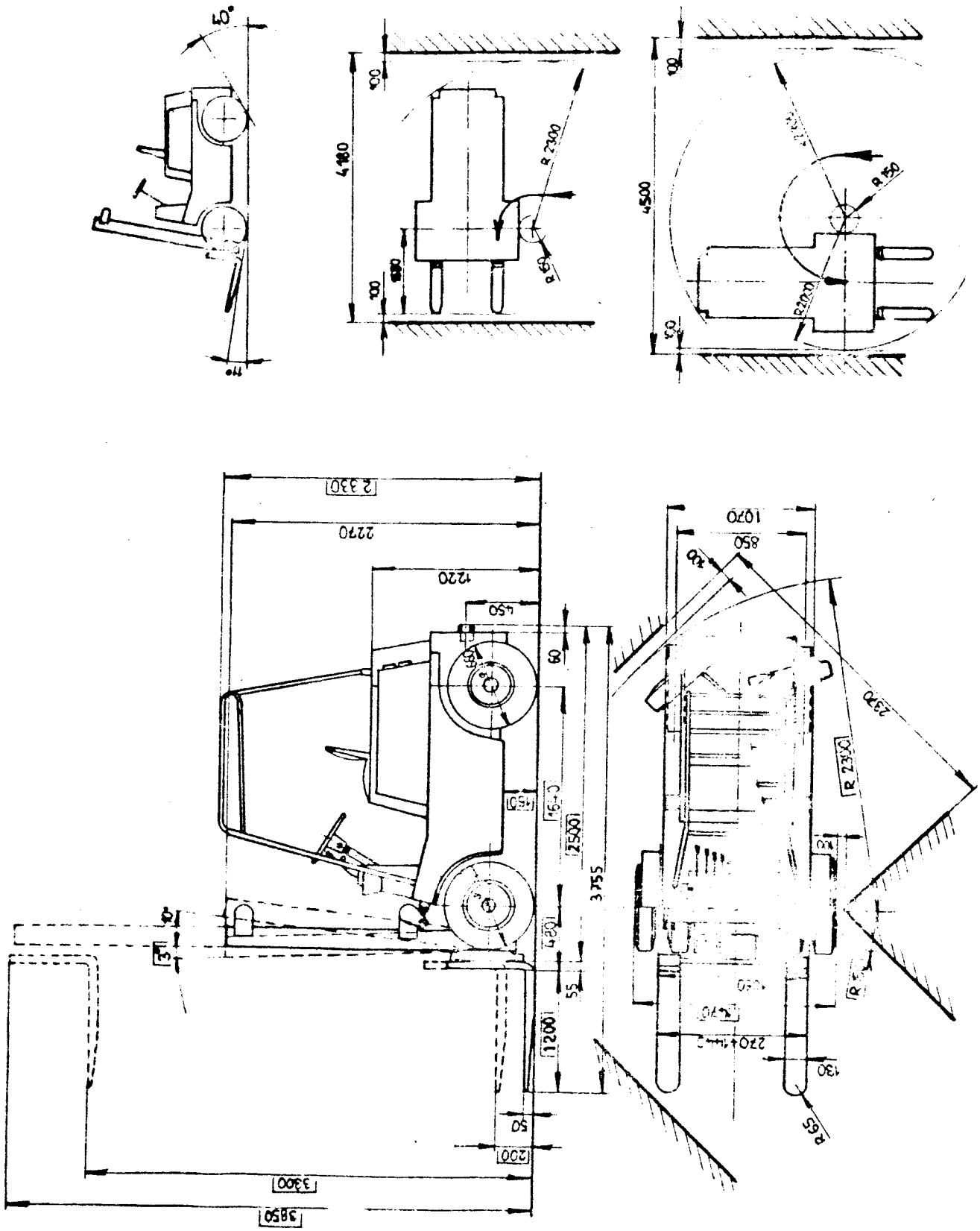
Příloha 2.


40°
20°
100
1680
R2180
3960
R2180
R2000
4180
2330
2220
1220
360
60
R550
150
1580
2390
3645
Ø660
480
55
1200
10°
3°
3300
3850
1060
950
R2180
180
R280
900
130
270 - 1050
R65
2480
1105

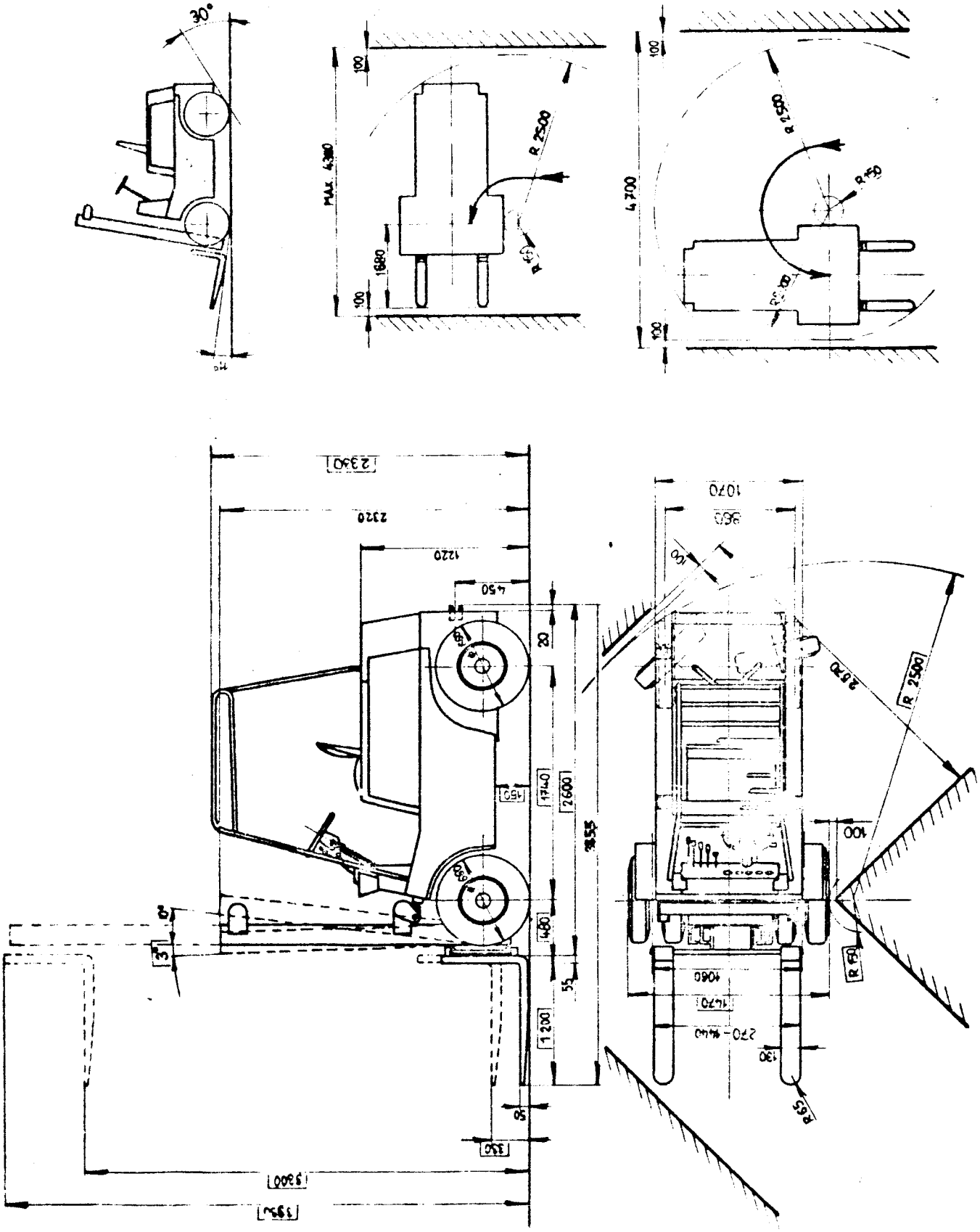
Příloha 3.

DVHM 2522 N

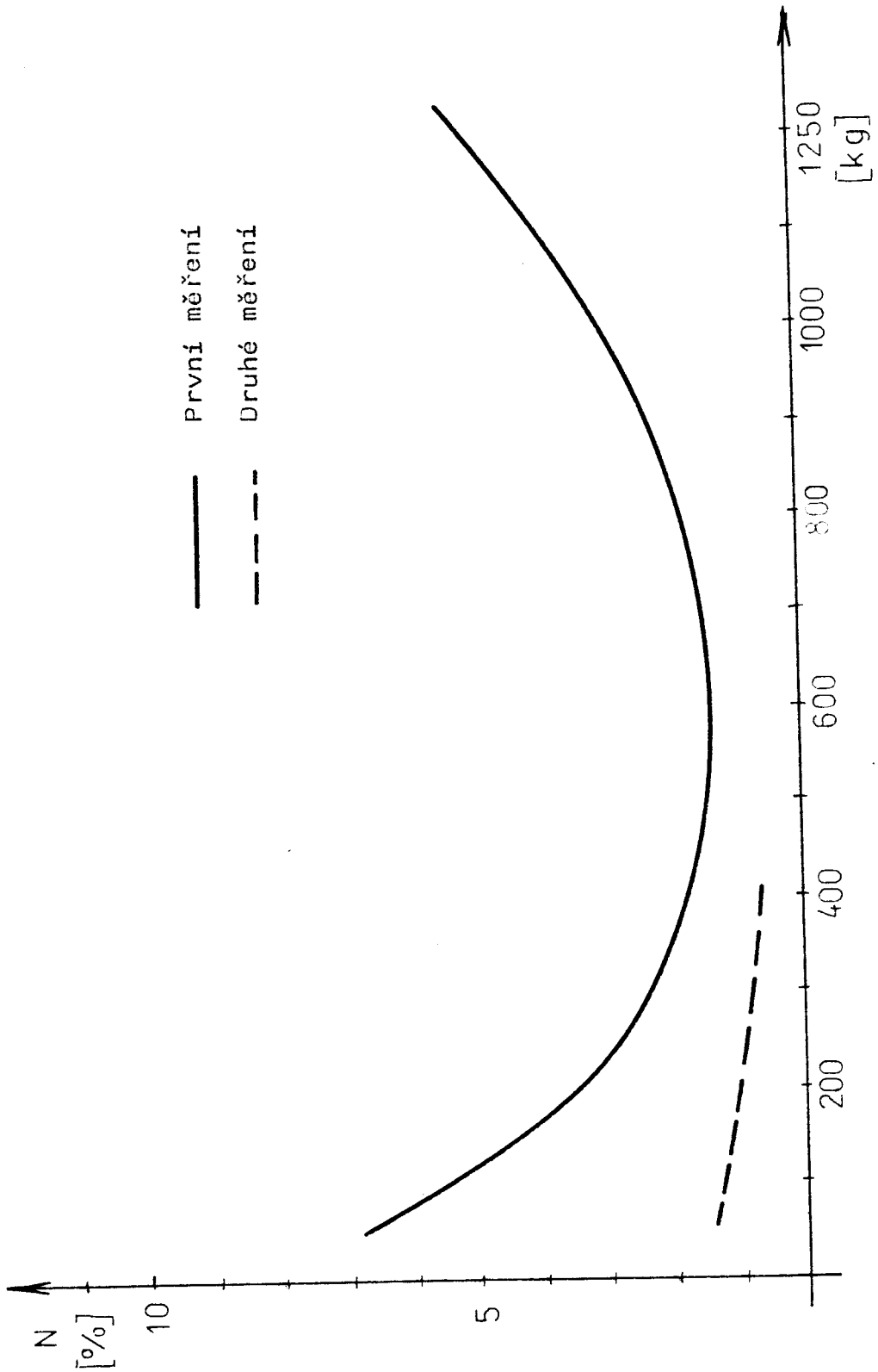
V



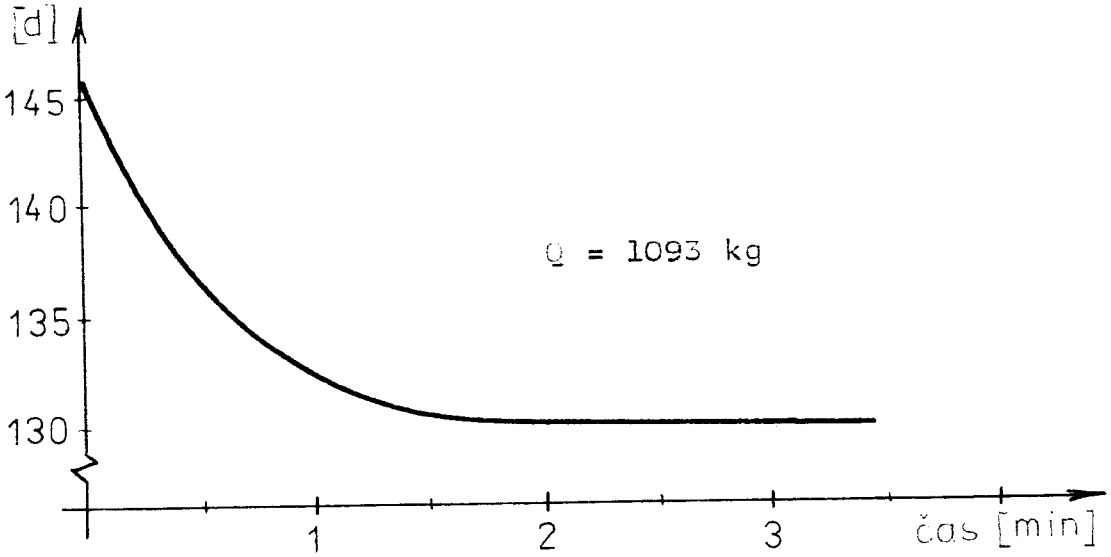
Příloha 4.

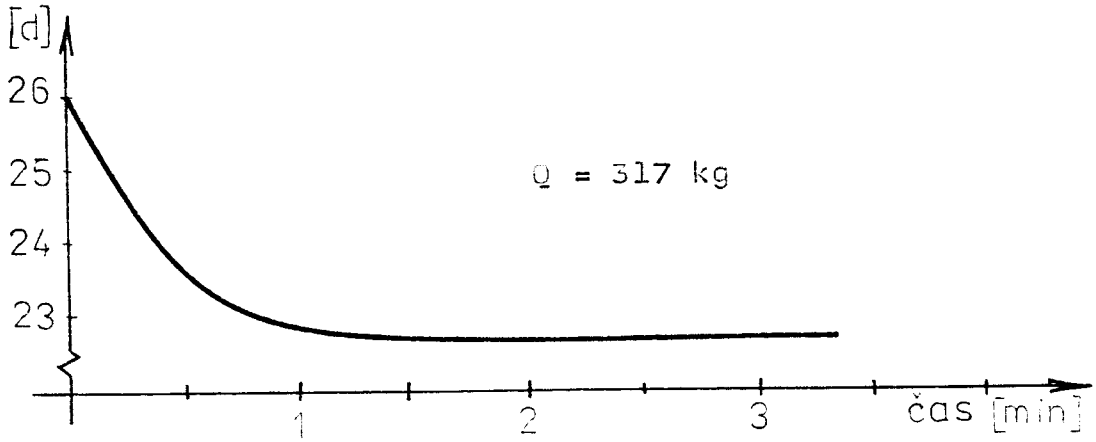

30°
MAX. 4300
1680
100
R 2500
R 50
4700
R 2500
R 50
2340
2320
1220
450
1070
960
20
1740
2600
1450
1400
1200
55
3°
95
330
9300
9900
R 2500
20°
100
R 50
1060
1470
270 - 440
130
R 65

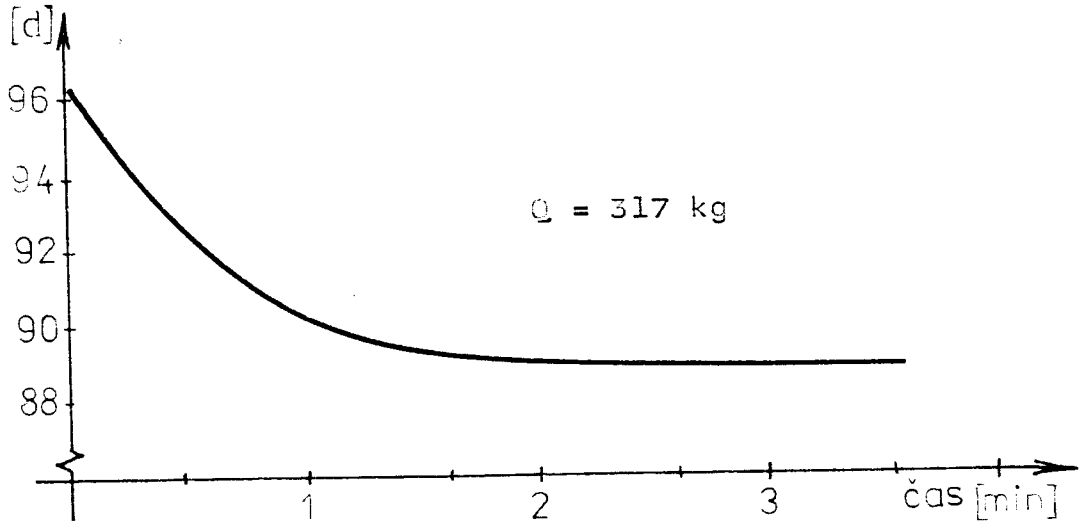
Příloha 5.



Příloha 6.

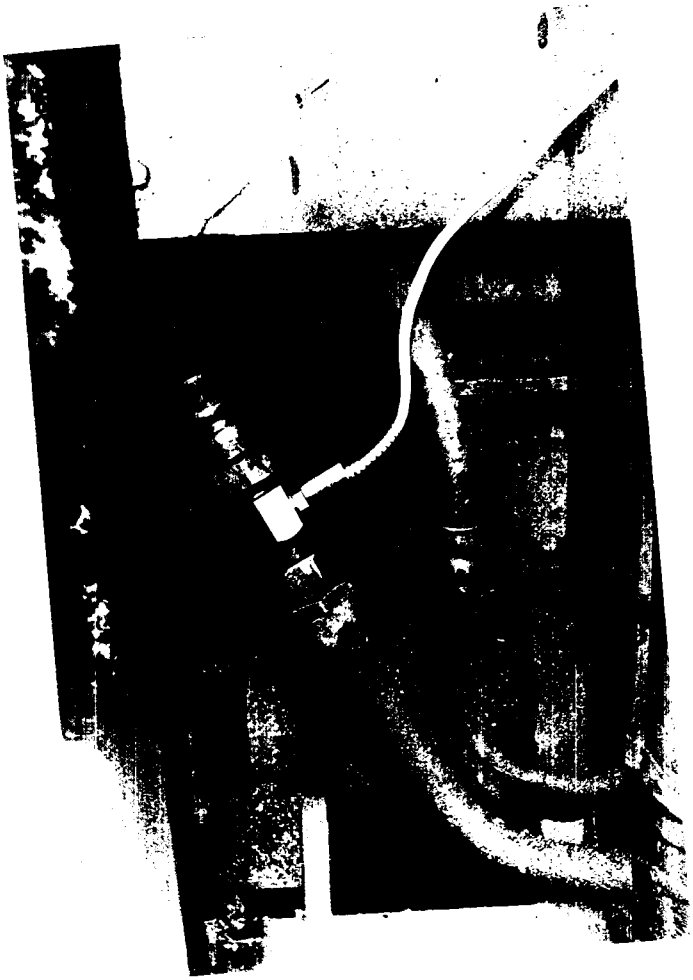

[d]
145
140
135
130
Q = 1093 kg
1
2
3
čas [min]


[d]
26
25
24
23
Q = 317 kg
1
2
3
čas [min]


[d]
96
94
92
90
88
Q = 317 kg
1
2
3
čas [min]

Příloha 7.

Příloha 8.



Příloha 9.