

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra **K S D** Školní rok: **1992**

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro **Michaelu Macháčkovou**

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

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 172/1990 Sb. o vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Kinematika řídících náprav**

Zásady pro vypracování:

1. Pro řídící nápravy používané u vysoko zdvižných vozíků a.s. Desto navrhnete vhodné výpočtové modely pro stanovení kinematických veličin a velikosti působících sil.
2. Stanovte vliv konstrukčních, výrobních a pevnostních parametrů na geometrii náprav.
3. Na základě zjištěných skutečností formulujte závěry a doporučení.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
OŠETŘENÍ
STUDENTSKÁ
LIBEREC

1-3/92

136/02

Rozsah grafických prací: dle textu
Rozsah průvodní zprávy: 45 - 50 stran
Seznam odborné literatury:

1. Červinka, O. aj.: Stroje a zařízení pro průmyslovou dopravu. Skriptum VŠST, Liberec 1986.
2. Charvát, J.: Teorie kloubových mechanismů. ÚPV, Praha 1972.
3. Výkresová a technická dokumentace Desto, a.s.

Vedoucí diplomové práce: Ing.Ladislav Bartoniček,CSc.
Konzultant: Doc.Ing.Vítězslav Fliegel,CSc.

Zadání diplomové práce: 31.10.1991
Termín odevzdání diplomové práce: 29.05.1992

L.S.

Vedoucí katedry
Doc.Ing.Stanislav Beroun,CSc.

Děkan
Prof.Ing.Jaroslav Exner,CSc.

V Liberci

dne 31.10.1992

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

Fakulta strojní

Obor 23-20-8

stroje a zařízení pro průmyslovou výrobu

Zaměření

stroje a zařízení pro průmyslovou dopravu

Katedra strojů průmyslové dopravy

KINEMATIKA ŘÍDÍCÍCH NÁPRAV

KSD 243

Michaela Macháčková

Rozsah práce a příloh :

Počet stran : 47

Počet tabulek : 20

Počet obrázků : 22

Počet diagramů : 17

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



3146076528

29. 5. 1992

Místopřisežné prohlášení

"Místopřisežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci
vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci 29. 5. 1992

.....*Macklová Michaela*.....

Poděkování

Děkuji Ing. Bartoníčkovi a Doc. Ing. Fliegelovi
za cenné připomínky a náměty pro moji
diplomovou práci.

OBSAH

1.	Uvod	5
1.1	Hlavní směry rozvoje VZV	7
1.2	Řízení	8
1.3	Návrh systému mechanismu řízení	9
2.	Řešení kinematiky mechanismu	
2.1	Teorie kinematiky řídícího mechanismu	14
2.2	Popis kinematiky řídícího mechanismu VZV typu LX	18
2.3	Popis kinematiky řídícího mechanismu VZV typu DV A, B	19
2.4	Řešení kinematiky řídícího mechanismu	21
2.5	Řešení kinematiky mechanismu typu LX	24
2.6	Řešení kinematiky mechanismu typu DV A, B	26
3.	Silové poměry mezi vozovkou a řídící nápravou	
3.1	Silové účinky působící na vlečené a brzděné kolo	27
3.2	Použité pneumatiky	29
3.3	Výpočet silových účinků působících na kola nápravy	30
3.4	Výpočet silových účinků na hydromotor a systém řízení pro typovou řadu LX	35
3.5	Výpočet silových účinků na hydromotor a systém řízení pro typovou řadu DV A, B	39
4.	Zhodnocení stávajících řešení	
4.1	Zhodnocení stávajícího řešení řídící nápravy VZV typu LX	41
4.2	Zhodnocení stávajícího řešení řídící nápravy VZV typu DV A, B	42
4.3	Optimalizace rozměrů řídící nápravy DV A, B	43
5.	Závěr	47
6.	Seznam použité literatury	

1. ÚVOD

Vysokozdvížné vozíky jsou v současné době nedílnou součástí vnitropodnikové dopravy. Mají universální použití ve všech sférách našeho hospodářství.

Spolu s růstem paletizace a kontejnerizace se jejich význam neustále zvyšuje. Díky různým druhům pohonných jednotek mají čelní vysokozdvížné vozíky širokou škálu uplatnění; od přepravy břemen, stohování, nakládání až po skládání různého materiálu, převážně na paletách.

Celá řada vozíků produkovaných v DESTA a.s. DĚČÍN je rozdělena dle svého určení, ale také podle terénu, ve kterém se bude pohybovat.

Tyto čelní vozíky se mohou pohybovat na dobře udržovaných vozovkách, v uzavřených prostorách a krytých železničních vagonech, kamionech, kontejnerech, ale i na rozměklém podloží.

Jsou vybavovány pohonnými jednotkami v podobě elektromotorů, ale i klasickými spalovacími motory.

Z valné části se pro pohon čelních vysokozdvížných vozíků vyráběných v DESTA a.s. DĚČÍN používá unifikovaný naftový motor ZETOR, tím je zúžen celkový sortiment potřebných náhradních dílů a je také podstatně zjednodušena údržba. Dalším příslušenstvím motoru je alternátor a kompresor.

Převodovky používané u čelních vysokozdvížných vozíků mají do nosnosti 2 t jeden stupeň jak pro jízdu vpřed tak i vzad; u nosnosti do 2.5 t jsou to dva stupně pro jízdu vpřed i vzad.

Razení rychlosti je umístěno pod volantem. Hnací náprava s diferenciálem je vybavena uzávěrkou. Do nosnosti 2 t je jednoduchá montáž kol, u vyšších nosností je dvojité montáž

kol. Provozní kapalinová brzda působí na hnací nápravě, ruční mechanická brzda je umístěna na výstupním hřídeli převodovky.

Tlakový olej pro pracovní a pomocné obvody dodávají dva zubové hydrogenerátory.

Rám vozíku je svařen z ocelových plechů a profilů; pevností vyhovuje i v nejtěžších podmínkách provozu. Bočnice rámu jsou duté a slouží jako nádrž paliva a hydraulického oleje.

Krytování tvoří jednoduchá, účelně řešená karoserie, umožňující přístup ke všem důležitým celkům. Přední část krytování tvoří přístrojová skříň, ve které je umístěna většina ovládacích a kontrolních prvků. Ovládací prvky jsou vhodně rozmístěny tak, aby nedocházelo k nadměrné únavě řidiče.

Sedačka je odpružena a poskytuje řidiči maximální pohodlí. Odpružení sedačky lze seřídít v závislosti na hmotnosti řidiče. Kontrolní přístroje umožňují za jízdy sledovat údaje o funkci jednotlivých agregátů. Nesprávná manipulace řidiče je blokována.

Nosné vidlice jsou nasunuty na zdvihací desku, jejíž rozměr odpovídá ČSN 26 8920 a ISO. Tyto vidlice tvoří základní vybavení vozíku. Lze je stranově přestavovat a v nastavené poloze zajistit.

Po dohodě mohou být vozíky vybaveny zdvihacími zařízeními s odlišnou výškou zdvihu. Podle druhu přepravovaného materiálu lze k vozíkům místo nosných vidlic použít různá přídatná zařízení. Řízení je vybaveno hydrostatickým řízením ORSTA, což umožňuje ovládat volant pomocí rukojeti pouze jednou rukou.

1.1 HLAVNÍ SMĚRY ROZVOJE VYSOKOZDVIŽNÝCH VOZÍKŮ

Pro vysokozdvížné vozíky jsou kromě tendence zvyšování pojezdových a zdvihových rychlostí příznačné tyto směry rozvoje:

- rozšíření rozsahu použitelnosti, opatřováním především klasických druhů vozíků širokým sortimentem přídatných a doplňkových zařízení /zejména pro uchopení břemene/,
- zlepšování pracoviště řidiče /ovládacího místa/,
- plná nebo částečná automatizace cyklu dopravy, či přemístění,
- zvyšování univerzálnosti, tj. vytváření zařízení s hlavní a vedlejší /doplňkovou/ funkcí,
- zmenšování potřebného operačního prostoru a snižování vlastní hmotnosti vozíku.

V posledním uváděném směru je také obsažena modernizace řídicí nápravy.

1.3 NÁVRH SYSTÉMU MECHANISMU ŘÍZENÍ

DRUHY SYSTÉMŮ ŘÍZENÍ VYSOKOZDVIŽNÝCH VOZÍKŮ

Ve vývoji vysokozdvížných vozíků se pro mechanismus řízení používaly tři systémy:

- a/ mechanický,
- b/ mechanický s posilovačem,
- c/ hydrostatický.

Mechanický systém je nejstarším typem řízení používaným pro vysokozdvížné vozíky. Nosnost těchto vozíků oproti vozíkům dnešní doby s hydrostatickým servořízením byla několikrát menší. Pro ovládání vozíku s mechanickým systémem řízení bylo nutno vynaložit velkou sílu a to v podstatné míře zapříčinilo nemožnost používání tohoto systému pro vozíky s vyšší nosností. Mechanický systém svým konstrukčním uspořádáním nesplňoval požadavky z hlediska:

- a/ velké prostorové náročnosti,
- b/ vyvození malé síly při zatáčení,
- c/ nesnadné montáže a demontáže jednotlivých prvků řízení,
- d/ relativně špatné možnosti seřízení geometrie a celého systému řízení.

Uvedené činitele rovněž ovlivnily v určité míře i ekonomické ukazatele.

Výhodou mechanického systému byla a je jeho výrobní nenákladnost proti dnes používaným hydrostatickým systémům, které jsou výrobně podstatně nákladnější.

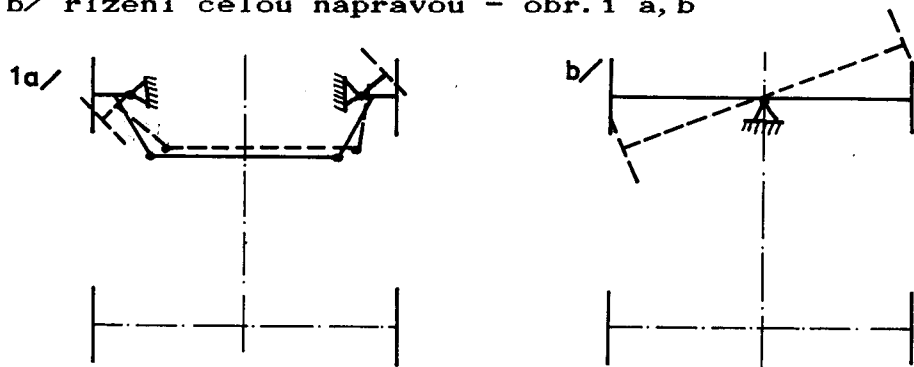
V současné době se mechanické řízení používá pro tříkolové vozíky, u kterých je řídící kolo ovládáno řetězem nebo ozubenými koly. Toto řízení je velice jednoduché a účelné, ale lze je použít pouze do určité nosnosti, vzhledem k ovládání vozíku a jeho stabilitě.

Některé mechanické systémy pro tříkolové vozíky jsou schematicky vyobrazeny na obr. 2 a, b.

1.2 ŘÍZENÍ

Řízení slouží k udržování nebo změně směru jízdy vozidla. Podle konstrukce se řízení dělí na:

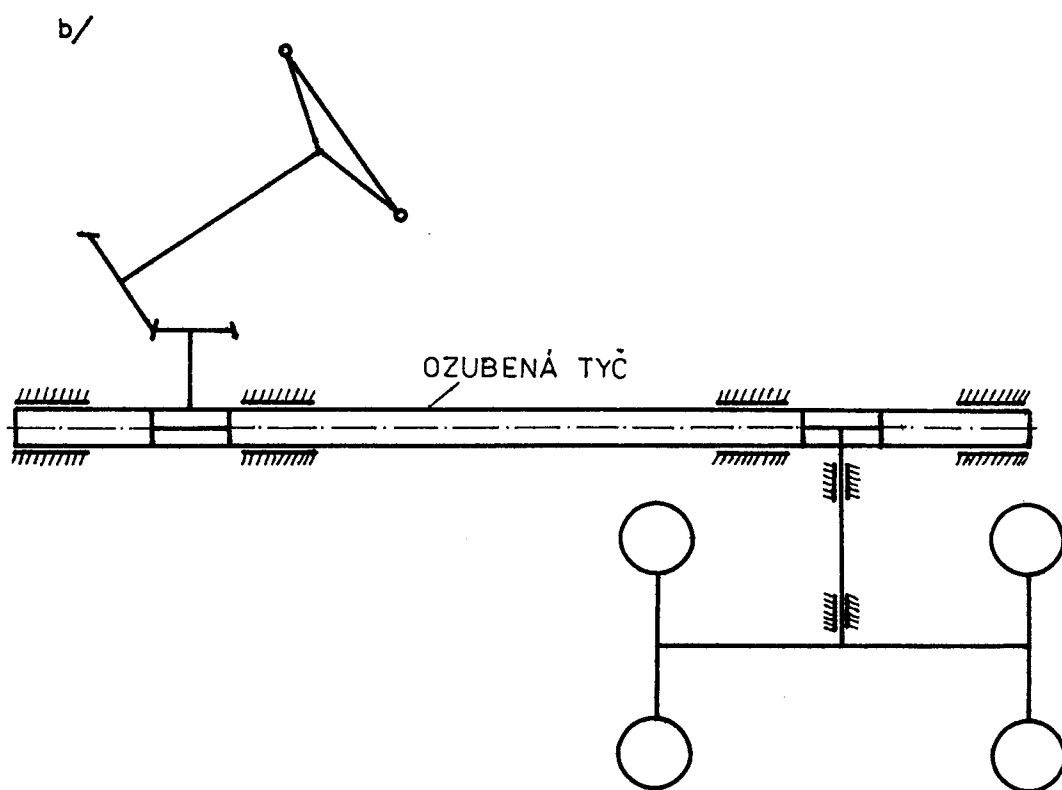
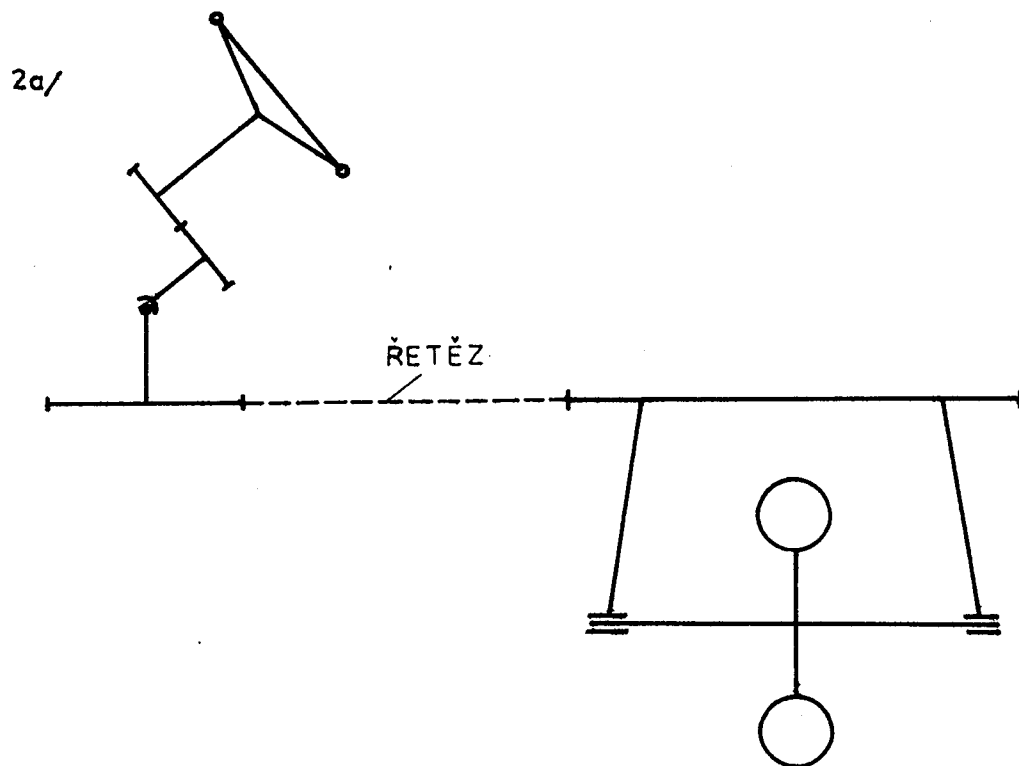
- a/ řízení jednotlivými koly
- b/ řízení celou nápravou - obr. 1 a, b



Řízení celou nápravou se používá běžně jen u nákladních přívěsů. Motorová vozidla jsou obvykle řízena natáčením předních kol kolem rejdového čepu "osy řízení"; u nákladních automobilu se dvěma předními nápravami se natáčí kola obou náprav. Řízení zadních kol se používá u některých pracovních pojízdných strojů, dlouhých návěsů a u některých kloubových autobusů. Do této skupiny patří také vysoko zdvižné vozíky. V poslední době se u osobních automobilů začalo používat řízení všemi koly.

Podle způsobu ovládání rozlišujeme:

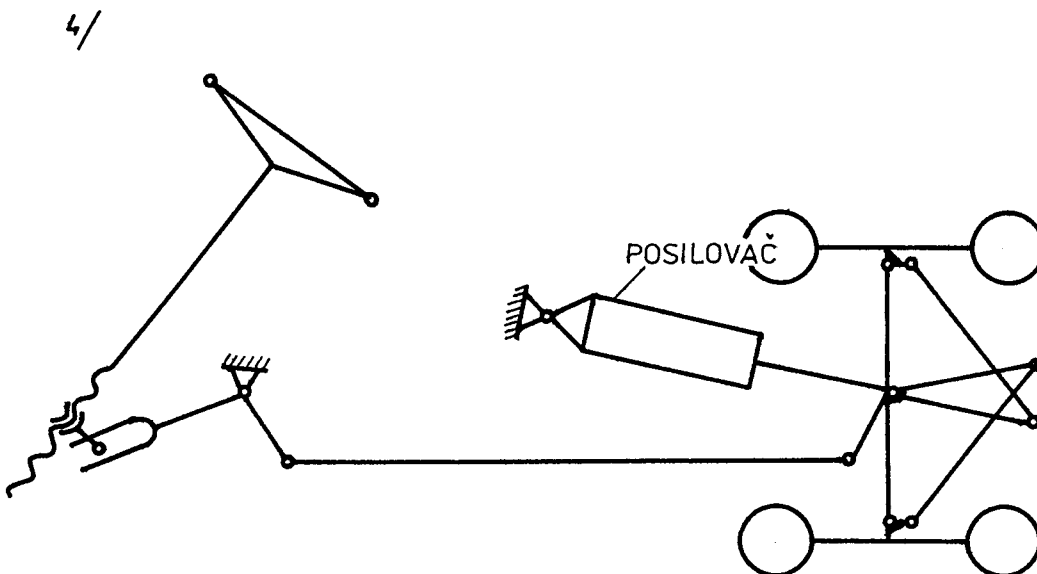
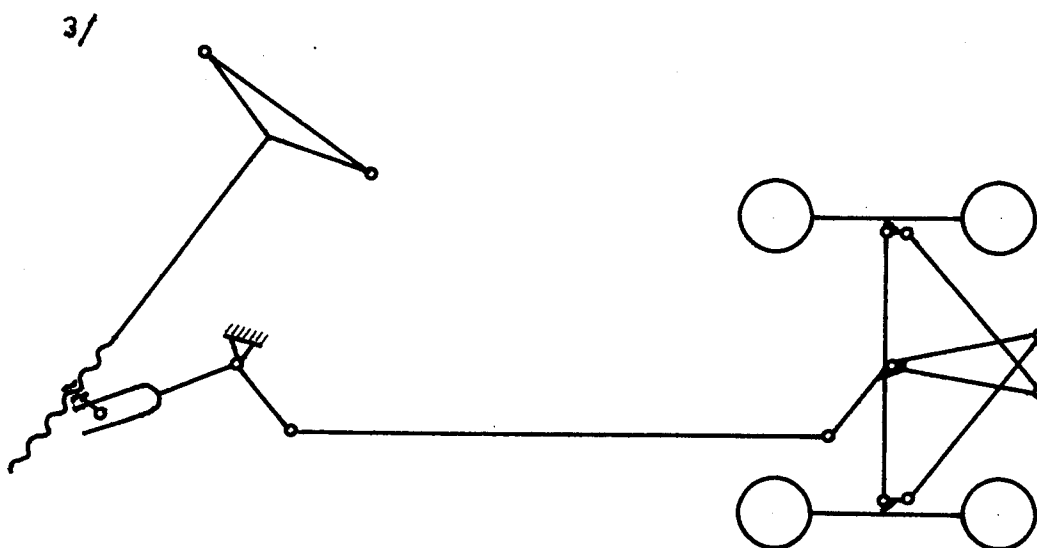
- řízení přímé, ovládané pouze silou řidiče
- řízení s posilovacím zařízením /servořízení/, kdy pohybem volantu je ovládán posilovač, který pak řídí příslušná kola.



Mechanický systém ovládání řízení čtyřkolového vozíku je schematicky uveden na obr. 3.

Postupným vývojem , ve snaze zajistit ovládání vysokozdvížných vozíků /dále pouze VZV / vyšších nosností, se začínají pro VZV o nosnosti nad 3.5 t zařazovat do mechanického systému posilovače. Tyto posilovače měly vyvinout dostatečnou sílu působící v mechanismu řízení a tak překonávat velké silové účinky, vznikající ze strany vozovky při manipulaci s VZV.

Mechanismus řízení s použitím posilovače je schematicky uveden na obr. 4.



POSILOVAČE

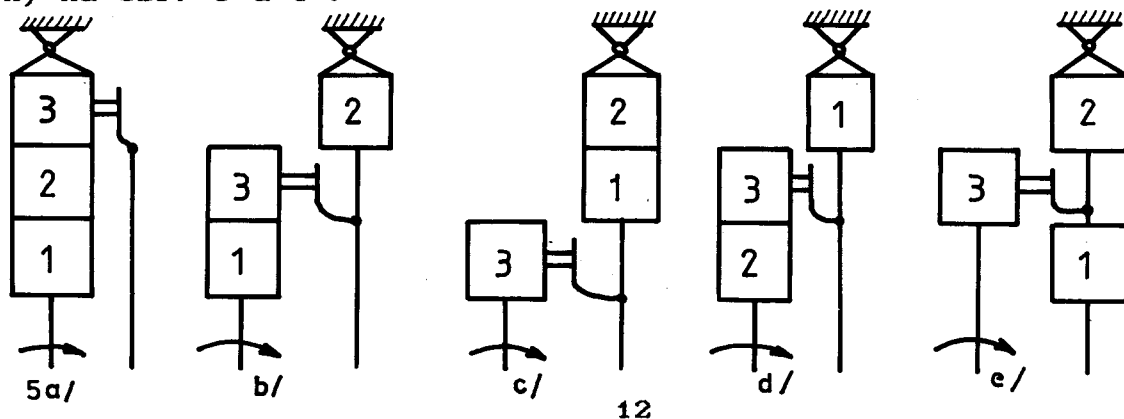
V současné době, podle vyhlášky 20 vyhlášky FMD č. 41/84 Sb. o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích, musí mít motorová vozidla s velkým zatížením přední nápravy /3.5 t/ posilovačem řízení /hydraulické servořízení/; při selhání tohoto zařízení musí být možno řídit vozidlo svalovou silou řidiče max. 600 N.

Druhy uspořádání servořízení:

- a/ ovládací ventil a pracovní válec tvoří společný blok s převodovkou řízení / monoblokové řízení /,
 - b/ ovládací ventil tvoří společný blok s převodovkou řízení a pracovní válec je samostatný,
 - c/ ovládací ventil tvoří společný blok s pracovním válcem, odděleným od převodovky řízení,
 - d/ pracovní válec tvoří společný blok s převodovkou řízení, ovládací ventil je samostatný,
 - e/ ovládací ventil, pracovní válec i převodovka řízení jsou samostatné.
- 1 - ovládací ventil / rozvaděč / řídí přívod a odvod pracovní látky / olej, vzduch / k pracovnímu válci
 - 2 - pracovní / posilovací / válec je spojen s mechanismem řízení, přenáší přídatné síly
 - 3 - převodovka řízení

Pro toto zařízení je nutný zdroj a zásobník energie / hydraulické zubové čerpadlo, kompresor + tlakový akumulátor /.

Druhy uspořádání servořízení jsou schematicky vyobrazeny na obr. 5 a-e .



Později se u VZV začaly uplatňovat v ovládání mechanismu řízení různé hydraulické systémy, které pomocí zařazení hydraulických prvků, umožňovaly s minimálním počtem mechanických prvků ovládat řízení a překonávat značné síly ze strany vozovky. Proto bylo také možné zavedení výroby VZV značných nosností. Příkladem toho jsou VZV pro kontejnerovou přepravu, které mají nosnost až 50 tun. Tyto vozíky vyrábí firma LANGER BOSS. U nás TRANSPORTA CHRUDIM má ve výrobě VZV o nosnosti 12.5 tuny v bočním i čelním provedení.

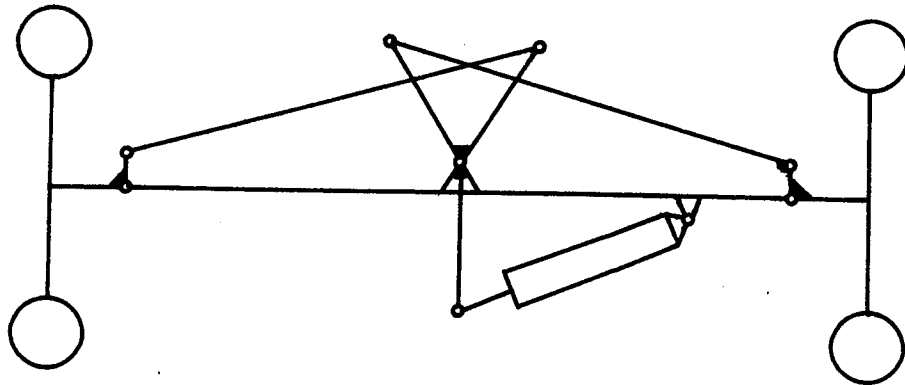
Řídící nápravy, ovládané pomocí hydrostatických systémů, mohou být založeny na různých principech hydraulického systému s mechanickými prvky řídicího ústrojí.

Spojení bývá nejčastěji provedeno:

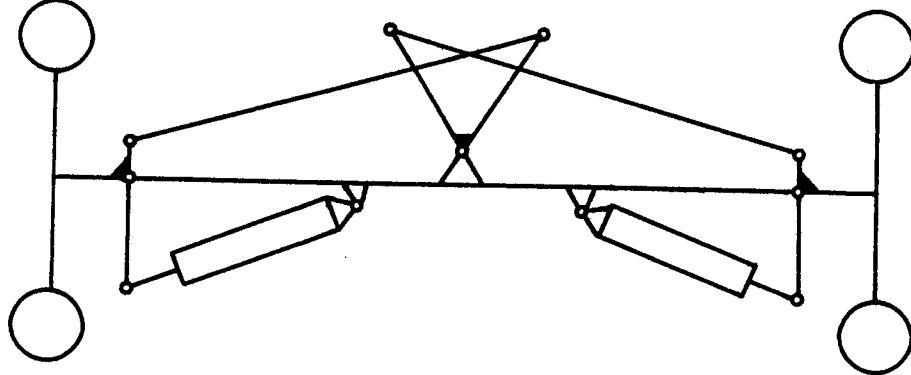
- a/ pomocí jednoho hydromotoru s jednostrannou pístnicí,
- b/ pomocí dvou hydromotorů s jednostrannou pístnicí,
- c/ pomocí dvojčinného hydromotoru s oboustrannou pístnicí.

Tyto spojení jsou schematicky zobrazena na obr.6 a, b, c.

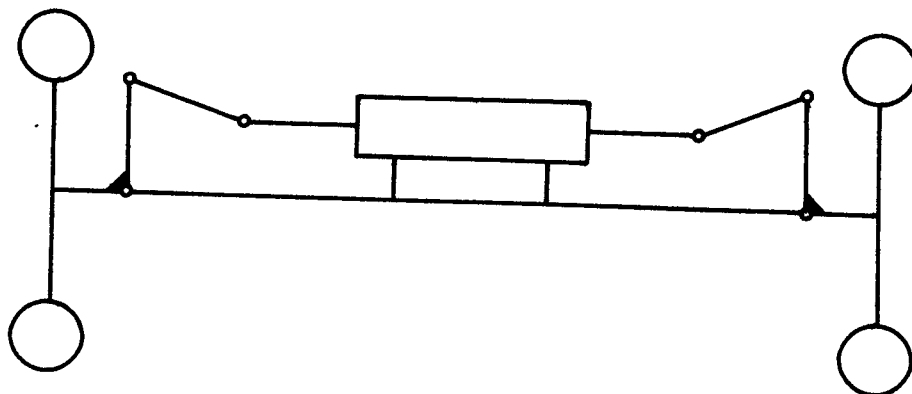
6a/



6b/



6c/



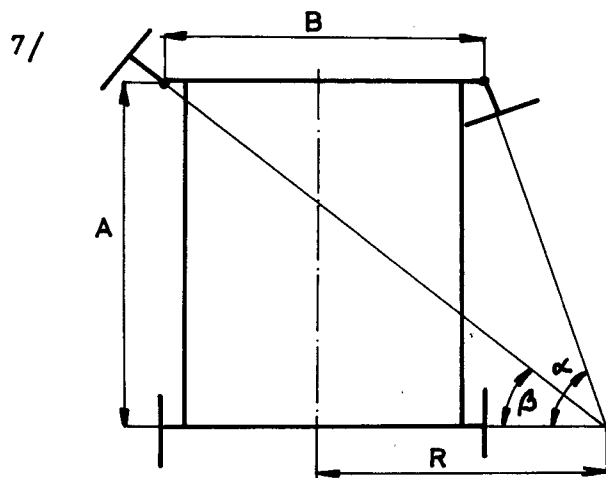
2. ŘEŠENÍ KINEMATIKY MECHANISMU

2.1 TEORIE KINEMATIKY ŘÍDÍCÍHO MECHANISMU

Při řešení kloubového mechanismu řízení je používáno následující označení:

- α - úhel natočení vnitřního kola,
- β - úhel natočení vnějšího kola, stanovený z geometrických rozměrů kloubového mechanismu,
- β_A - úhel natočení vnějšího kola, stanovený z Ackermannových podmínek,
- A - rozvor VZV,
- B - rozchod svislých čepů řízení VZV.

Pro zvolené uspořádání řídicího mechanismu je nutné stanovit geometrické rozměry jednotlivých členů mechanismu tak, aby byly splněny podmínky bezprokluzového odvalování. Tyto podmínky se nazývají Ackermannovými podmínkami [1] a jejich matematické a grafické vyjádření je na obr. 7.



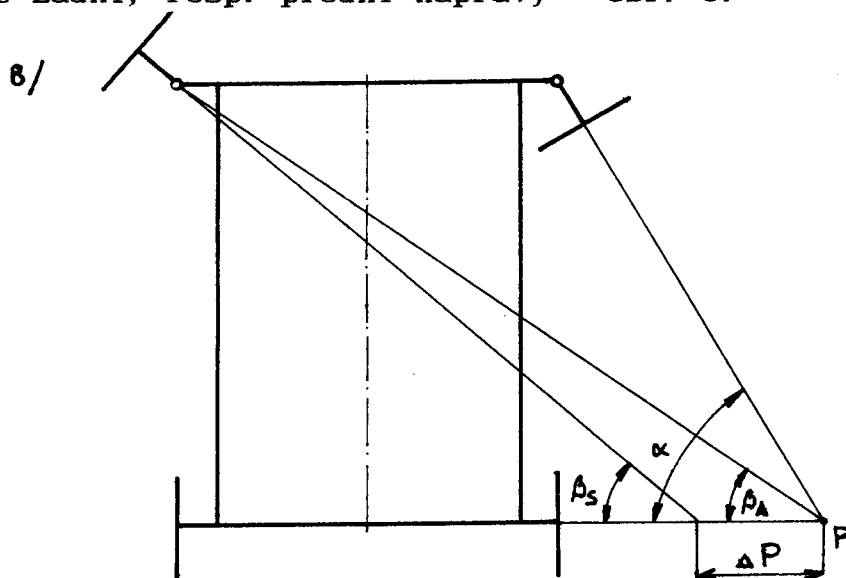
$$\beta_A = \operatorname{arccotg} [(B / A) + \cotg \alpha] \quad [1]$$

Pro splnění Ackermannových podmínek se předpokládají zcela tuhá kola, vozidlo se řiditelnou nápravou a nestočenými koly zadní, resp. přední nápravy. Pak pól P / obr. 7 / musí být okamžitým středem kruhových trajektorií kol a musí

ležet na prodloužené ose zadní, resp. přední nápravy ve vzdálenosti R od podélné osy vozidla. Pro splnění podmínky ideálního odvalování předních, resp. zadních kol /podle umístění řídící nápravy / musí platit vztah [1].

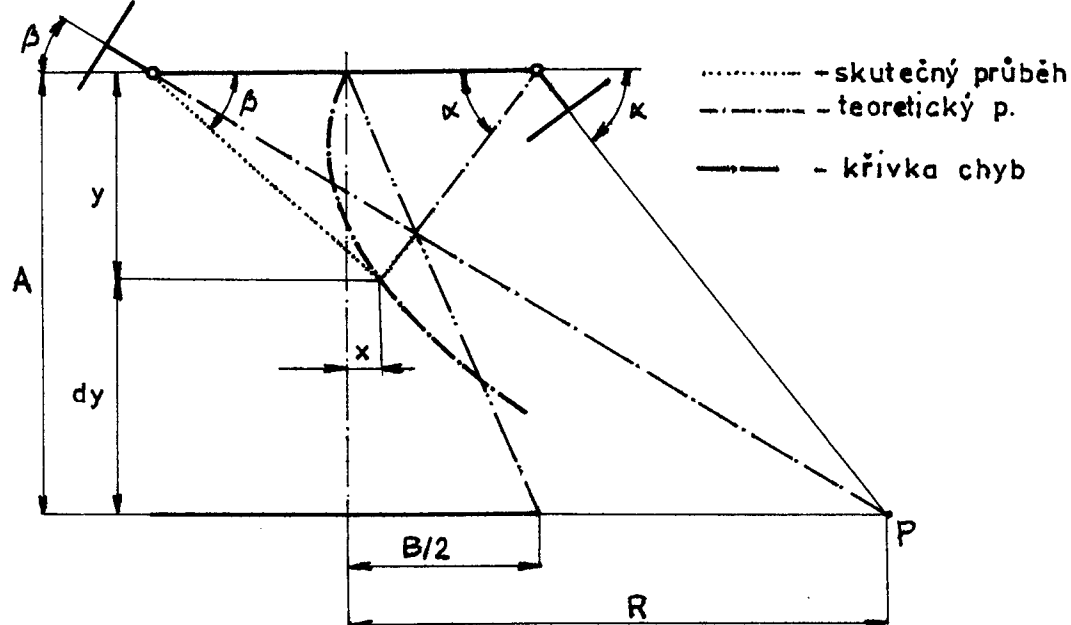
Je nutno dodat, že ve skutečnosti navržený kloubový mechanismus není zcela schopen dodržet v celém rozsahu volného úhlu natočení závislost $\beta_A - f(\alpha)$ danou Ackermannovými podmínkami a tak dochází k určitým odchylkám, pro které platí $\Delta\beta = \beta - \beta_A$.

Odchylky $\Delta\beta$ mají za následek, že okamžité středy otáčení nejsou totožné s pólem P a způsobují určitou odchylku P na ose zadní, resp. přední nápravy - obr. 8.



Odchylka $\Delta\beta$ se mění v závislosti na změně úhlu natočení má přímý vliv na opotřebení / skluz / pneumatiky.

Dalším možným způsobem pro vyjádření neschopnosti navrženého kloubového mechanismu dodržet Ackermannovu podmínku bezskluzového odvalování [1] je vyjádření tzv. křivky chyb, zobrazené na obr. 9.



$$\cotg \alpha = [(R + B / 2) / A] \quad [2]$$

$$\cotg \beta = [(R + B / 2) / A] \quad [3]$$

$$\cotg \beta - \cotg \alpha = B / A \quad [4]$$

$$\cotg \alpha = [(B / 2 - y) / x] \quad [5]$$

$$\cotg \beta = [(B / 2 + y) / x] \quad [6]$$

$$\cotg \beta - \cotg \alpha = 2 * y / x = B / A \quad [7]$$

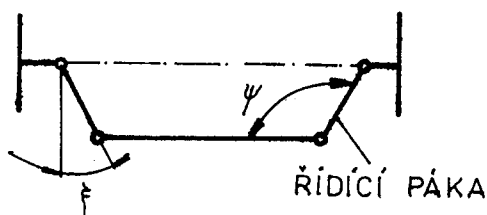
$$y = [(B / 2 * A) * x] \quad [8]$$

Podmínka [4] je splněna tehdy, jestliže přímky vedené ze středů rejdových čepů pod úhly se protínají na přímce, která je vedena ze středu přední, resp. zadní nápravy do bodu na zadní, resp. přední nápravě ve vzdálenosti $B/2$ od podélné osy vozidla.

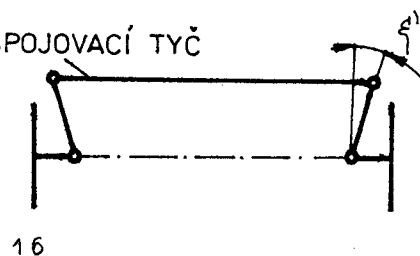
Vztah [8] je rovnicí přímky, vedené ze středu přední, resp. zadní nápravy do bodu na ose zadní, resp. přední nápravy ve vzdálenosti $B/2$ od podélné osy vozidla.

Pro splnění teoretické podmínky [4], resp. [8] se používá tzv. lichoběžník řízení, tzn. řídící páky spolu se spojovací tyčí mají tvar lichoběžníku, který je schematicky uveden na obr. 10.

10/



SPOJOVACÍ TYČ



Úhel ξ (ξ') se určuje zpravidla graficky / odhadem /, dříve se používala tzv. Causantova metoda.

Tupý úhel ψ , který svírá řídící páka pravého kola spojovací tyče nemá přesáhnout při maximálním natočení levého kola hodnotu 160° , jinak se mohou páky vzpříčit a kola potom nelze natočit zpět.

Vzhledem ke složitosti řídící nápravy a mechanismu kola nelze dosáhnout ideální přímky a vzniká tzv. křivka chyb. Konstrukce naznačená na obrázku platí pouze pro závislé zavěšení kol / tuhou nápravu /. Pro nezávislé zavěšení kol je potřeba uvažovat pohyby jednotlivých pák a tyčí řízení.

Za těchto předpokladů je nutné při návrhu geometrických rozměrů kloubového mechanismu řídící nápravy, která realizuje funkci natočení $\beta = f(\alpha)$, eliminovat odchylku nejlépe při větších úhlech natočení kol řídící nápravy.

Skutečná geometrie řízení bývá provedena podle některé z těchto možností :

- a/ stejné úhly směrových úchylek na vnitřním i vnějším kole / zmenšení opotřebení pneumatik /,
 - b/ použití rovnoběžníku místo lichoběžníku, tzn. úhly rejdu vnitřního a vnějšího kola jsou stejné / zvýšení opotřebení pneumatik /,
 - c/ součin boční síly a boční rychlosti /výkon boční síly/ je stejný pro vnitřní a vnější kolo / minimální opotřebení pneumatik /,
 - d/ stejný poměr boční síly a svislého zatížení /stejná boční využívaná přilnavost/ nezmenšuje opotřebení pneumatik.
- Mechanismus řízení tedy má tyto úlohy:

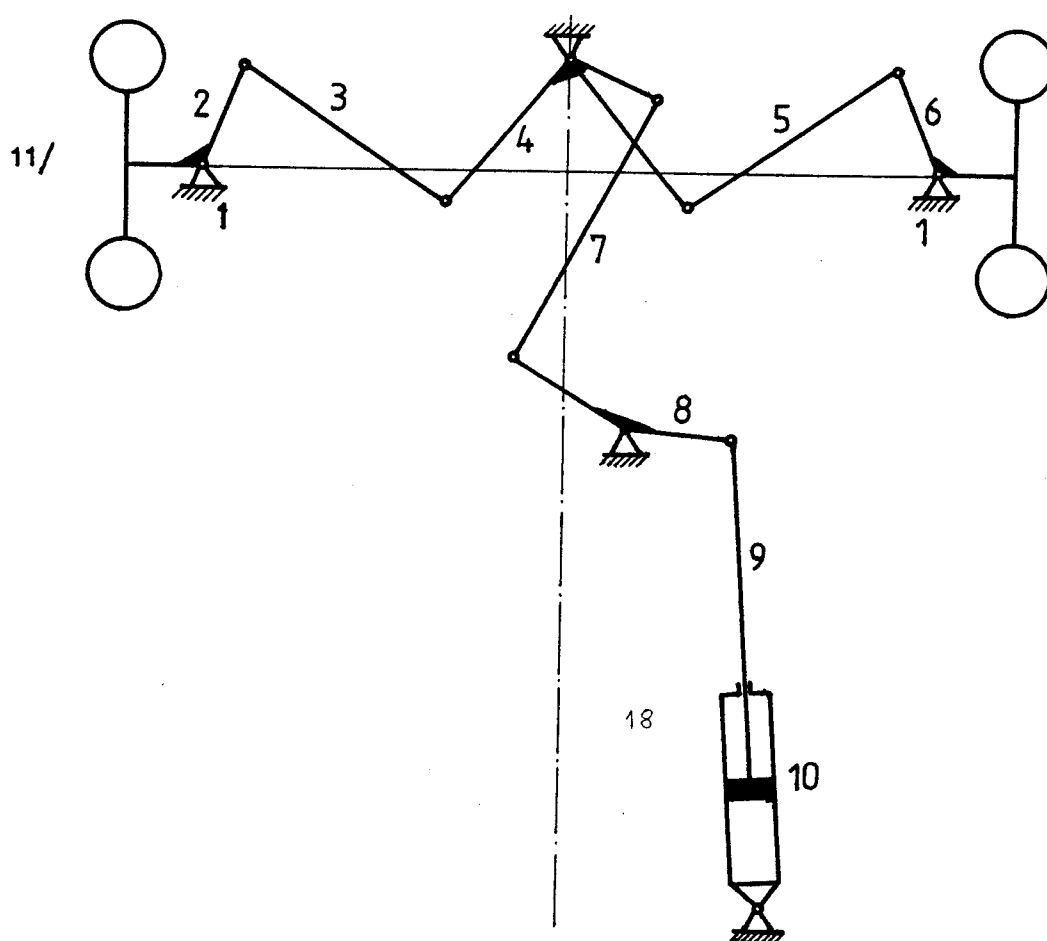
- 1/ přenos řídícího pohybu z převodovky řízení na řízená kola,
- 2/ zajišťuje rozdílné natáčení vnitřního a vnějšího kola při zatáčení,
- 3/ udržuje kola řídící nápravy ve vzájemně nastavené poloze.

2.2 POPIS KINEMATIKY MECHANISMU VZV TYPOVE ŘADY LX

Z této typové řady vychází konstrukce novější, tj. typová řada DV A, B.

Kloubový mechanismus řídící nápravy typu LX, jehož kinematické schéma je na obr. 11, je složen z deseti pohyblivých členů, vázaných s mostem nápravy a hydraulickým válcem. Pohyblivé členy vytvářejí dva kloubové mechanismy, jeden spojuje rejdové čepy natáčených kol a druhým se uskutečňuje přenos síly od hydraulického válce. Oba mechanismy jsou spojeny v jeden celek tzv. spojovacím členem /vidlicí/, který je uchycen na mostu nápravy.

- 1 - těleso mostu nápravy
- 2, 6 - klika řízení
- 3, 5 - spojovací táhlo
- 4 - vidlice
- 7 - spojovací tyč
- 8 - páka
- 9 - pístnice hydromotoru
- 10 - kyvný hydromotor s jednostrannou pístnicí



2.3 POPIS KINEMATIKY VZV TYPOVÉ ŘADY DV A, B

Typová řada DV A vychází ze starší vývojové řady LX VZV, u které byly provedeny tyto hlavní změny:

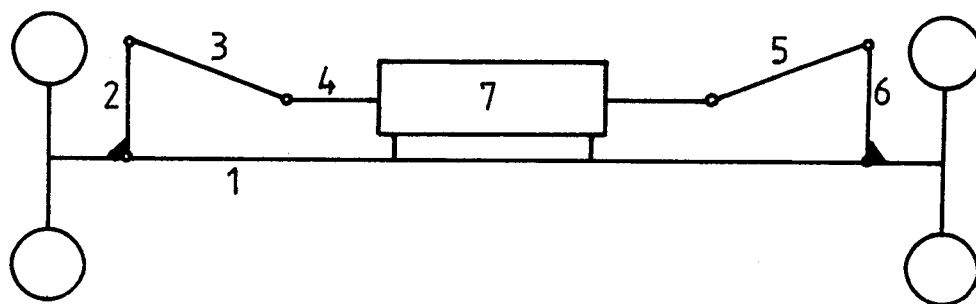
- a/ použití řídicí nápravy nové konstrukce,
- b/ zlepšení ovládacích zařízení /pedály, sklopný volant/,
- c/ automatická parkovací brzda,
- d/ elektrické zhášení motoru,
- e/ nová konstrukce rámu / ochranná stříška /.

Typová řada DV B je modernizací řady DV A a byly u ní provedeny tyto hlavní změny:

- a/ použit motor ZETOR nové generace / 5.5 modernizace /,
- b/ nový desing / úprava prostoru uvnitř kabiny /,
- c/ u vyšších nosností / od 2.5 t / použití pneumatik obdélníkového průřezu / zrušení dvojmontáže /,
- d/ snížení výšky vozíku / cca do 2.1 m /,
- e/ zdvihací zařízení s malým volným zdvihem / do 300 mm nad nulovou úroveň nedochází k vysunutí vnitřního rámu/
- f/ zdvihací zařízení s velkým volným zdvihem.

Řídicí náprava je pro typ DV A i pro DV B stejná.

Kloubový mechanismus řídicí nápravy VZV typových řad DV A, B, jehož kinematické schema je uvedeno na obr. 12, je složen z pěti pohyblivých členů, které jsou vázány s mostem nápravy a hydraulickým válcem. Pohyblivé členy vytvářejí dva jednoduché klikové mechanismy, spojené v jeden celek tzv. spojovacím členem / pístnicí /, který je součástí hydromotoru.



- 1 - těleso mostu nápravy
- 2, 6 - klika řízení
- 3, 5 - spojovací táhlo
- 4 - pístnice hydromotoru
- 7 - hydromotor s oboustrannou pístnicí

2.4 ŘEŠENÍ KINEMATIKY ŘÍDÍCÍHO MECHANISMU

Řešení geometrických rozměrů řídícího mechanismu je možno provést několika způsoby:

- a/ grafickou metodou,
- b/ pomocí metod pro řešení kloubového mechanismu,
- c/ pomocí počítače.

ad a/ Grafická metoda

Zvolíme geometrické rozměry mechanismu a zakreslíme vychýlení ramen pravého a levého kola ve vhodném měřítku od nulové polohy až do požadovaného vychýlení. Poté hledáme polohu okamžitého pólu P nebo kontrolujeme dle grafické konstrukce natočení vnějšího kola (1).

Podle výsledků konstrukce stanovíme vhodnost geometrických rozměrů mechanismu. Pokud rozměry neodpovídají daným požadavkům, je nutno postup opakovat, ale se změněnými parametry.

Metoda grafické konstrukce je značně zdlouhavá a pracná a dosahované výsledky nejsou uspokojivé. Z těchto důvodů je k řešení nutno používat progresivnějších metod.

ad b/ Metoda pro řešení kloubových mechanismů

Při řešení geometrických rozměrů kloubových mechanismů je možno získat velmi uspokojivé výsledky použitím algebraických metod. Především se jedná o kolokační metodu a Čebiševo-Levického metodu (2).

Výpočet pomocí kolokační metody je založen na znalosti několika poloh hnacího a hnaného členu. Při této metodě je uplatněna tzv. superpoziční metoda pro řešení soustavy nelineárních algebraických rovnic.

Výpočet pomocí Čebiševo-Levického metody je založen na takové aproximaci vzájemného pohybu hnacího a hnaného členu, aby na celém úseku aproximace byla odchylka zadaného a skutečného pohybu minimální. Východiskem této metody je možnost vyjádřit pohybovou funkci teoretickou a skutečnou.

ad c/ Výpočet pomocí počítače

Řešení na počítači předpokládá vypracování programu. Pro jeho vytvoření a stanovení podmínek, o které se bude program opírat, je nutno vycházet z vlastností, teorie a určení pohybu vysokozdvizného vozíku.

Vozík je především určen pro práci ve skladech a uvnitř závodu. Lze tedy předpokládat, že se bude pohybovat po tvrdé podložce / asfalt, beton /. Jeho činnost bude provázena častým zatáčením a brzděním. Rychlost pojezdu je určena horní hranicí 35 km/hod. a to pro jízdu vpřed i vzad. Teorie kinematiky bezskluzového odvalování byla již uvedena v kapitole 2.1 .

Pro stanovení programu je třeba vycházet z následujících skutečností:

- a/ vysokozdvizné vozíky se pohybují nejčastěji po kruhových drahách s malými poloměry,
- b/ žádný kloubový mechanismus řízení není schopen dodržet funkci $\beta_A = f(\alpha)$,
- c/ při natáčení kol dochází k určité odchylce $\Delta\beta = \beta_S - \beta_A$, kterou je třeba co nejvíce eliminovat.

Řešení kinematiky řídících mechanismů v podstatě provádíme proto, aby docházelo k minimálnímu skluzu kol po vozovce a tedy k co nejmenšímu opotřebení dezénu pneumatik. Odchylka $\Delta\beta$ je zcela negativním činitelem a je třeba ji co nejvíce potlačit.

Zcela odstranit ji u kloubových mechanismů není možné - viz kapitola 2.1 .

Podmínky pro sestavení programu

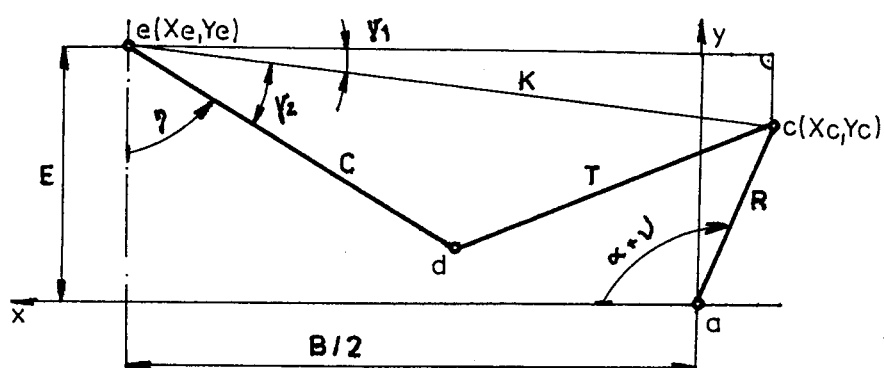
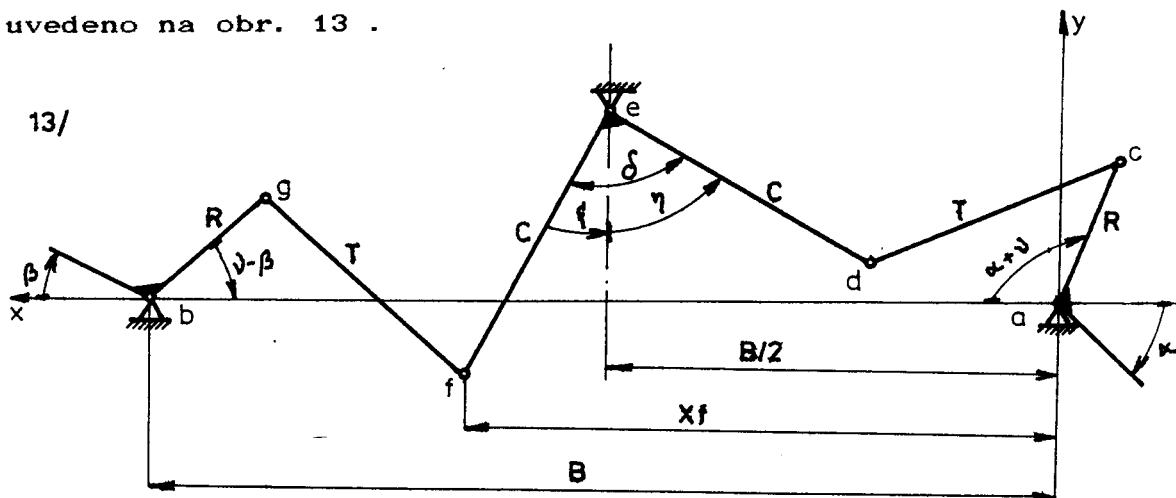
- A/ součet všech odchylek $\Delta\beta$ v celém sledovaném intervalu úhlu natočení $\alpha \in \langle 0^\circ - 70^\circ \rangle$ je nutno limitovat k nule
- B/ součet všech odchylek $\Delta\beta$ v sledovaném intervalu úhlu natočení $\alpha \in \langle 30^\circ - 70^\circ \rangle$ je nutno limitovat k nule
- C/ odchylka $\Delta\beta$ nesmí být větší než $ABS(1.8)$
- D/ odchylka $\Delta\beta$ v poloze $\alpha = 0^\circ$ nesmí být větší, než hodnota v intervalu $\Delta\beta \in \langle 0 - 0.8 \rangle$

Pokud jde o podmínky C, D, jsou stanoveny po konfrontaci kinematického řešení a výsledků jiných prací řešených pomocí algebraických metod.

2.5 ŘEŠENÍ KINEMATIKY VZV TYPU LX

Kinematické schema vysokozdvížného vozíku typové řady LX je uvedeno na obr. 13.

13/



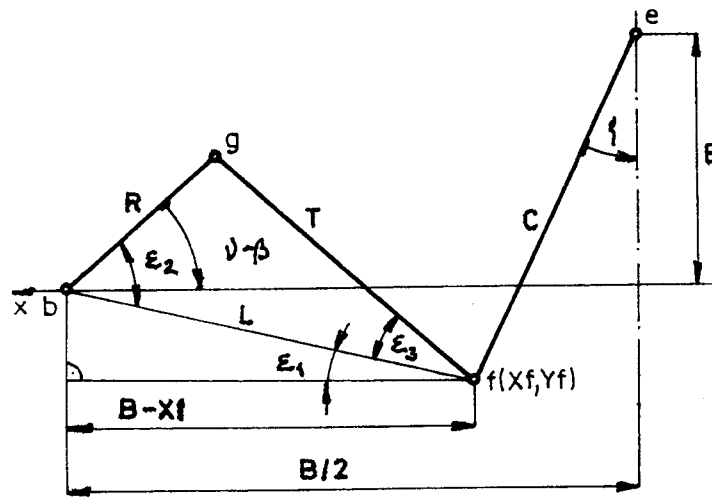
$$K = \sqrt{[B/2 - R \cdot \cos(\alpha + \nu + \Omega)]^2 + [E - R \cdot \sin(\alpha + \nu + \Omega)]^2} \quad [9]$$

$$\begin{aligned} \cos \gamma_1 &= (X_e - X_c) / K \\ \gamma &= \arccos [B/2 - R * \cos (\alpha + \nu + \Omega)] / K \end{aligned} \quad [10]$$

$$\gamma_1 = \arccos (C^2 + K^2 - T^2) / (2 * C * K) \quad [11]$$

$$\eta = \pi/2 - \gamma_1 - \gamma_2 \quad [12]$$

$$\xi = \delta - \pi/2 + \gamma_1 + \gamma_2 \quad [13]$$



$$L = \sqrt{(X_b - X_f)^2 + Y_f^2}$$

$$L = \sqrt{[B/2 - C * \sin \xi]^2 + [C * \cos \xi - E]^2} \quad [14]$$

$$\tan \varepsilon_1 = Y_f / (X_b - X_f)$$

$$\varepsilon_1 = \arctan (C * \cos \xi - E) / (B/2 - C * \sin \xi) \quad [15]$$

$$\varepsilon_2 = \arctan (R^2 + L^2 - T^2) / (2 * R * L) \quad [16]$$

$$\beta_s = \nu - \varepsilon_2 + \varepsilon_1 - \Omega \quad [17]$$

$$\beta_A = \operatorname{arccotg} (B/A + \cot \alpha) \quad [18]$$

$$\Delta \beta = \beta_s - \beta_A \quad [19]$$

$$x = B/2 * (\tan \alpha - \tan \beta_s) / (\tan \beta_s + \tan \alpha) \quad [20]$$

$$y = B/2 * \tan \alpha - x * \tan \alpha \quad [21]$$

$$\Delta y = A - y \quad [22]$$

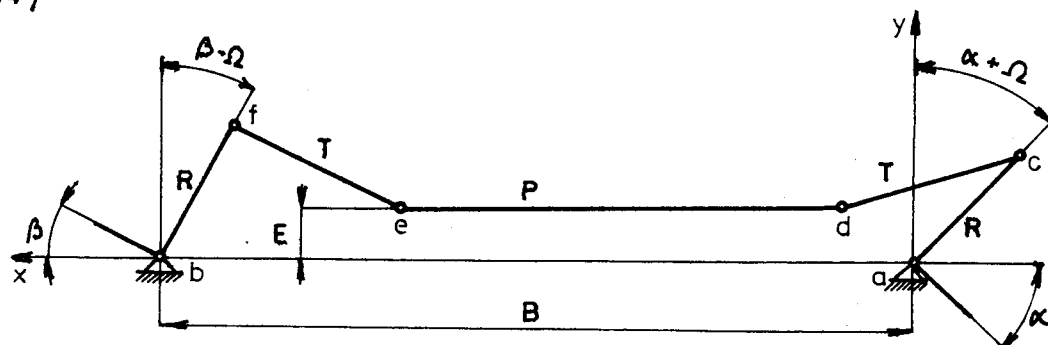
ROZMĚRY MECHANISMU:

$$\begin{aligned} A &= 1445 \pm 20 \\ B &= 770 \pm 0,2 \\ C &= 248 \\ E &= 135 \\ R &= 131,5 \pm 0,1 \\ T &= 271 \pm 0,2 \\ \delta &= 72^\circ \pm 0,5^\circ \\ \nu &= 70^\circ \\ \Omega &= 0^\circ \end{aligned}$$

2.6 ŘEŠENÍ KINEMATIKY VZV TYPU DV A, B

Kinematické schema vysokozdvížného vozíku typové řady DV A, B je uvedeno na obr. 14 .

14 /



ROZMĚRY MECHANISMU :

A = 1445 (DVA) , 1440 (DVB) ± 20
 B = 714 $\pm 0,2$
 E = 42

P = 508,4
 R = 80 $\pm 0,1$
 T = 109,5 $\pm 0,2$
 $\Omega = 0$

$$X = \sqrt{T^2 - [R \cdot \cos(\alpha + \Omega) - E]^2} - R \cdot \sin(\alpha + \Omega) \quad [23]$$

$$C = \sqrt{E^2 + (B - X - P)^2} \quad [24]$$

$$\gamma_1 = \arctan E / (B - X - P) \quad [25]$$

$$\gamma_2 = \arccos (R^2 + C^2 - T^2) / (2 \cdot C \cdot R) \quad [26]$$

$$\beta_s = \pi/2 - \gamma_1 - \gamma_2 + \Omega \quad [27]$$

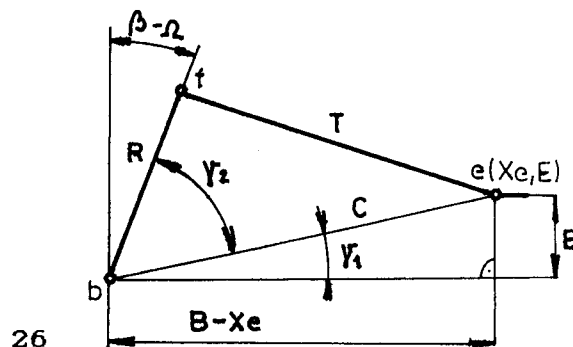
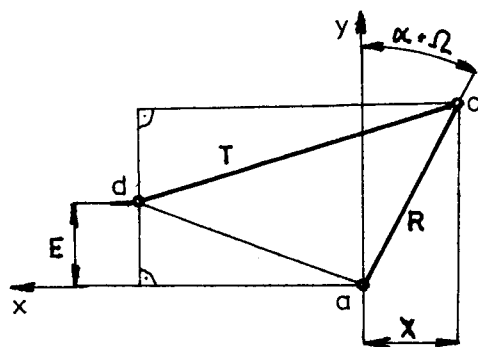
$$\beta_A = \text{arccotg} (B/A + \text{cotg} \alpha)$$

$$\Delta\beta = \beta_s - \beta_A \quad [28]$$

$$x = B/2 \cdot (\tan \alpha - \tan \beta_s) / (\tan \beta_s + \tan \alpha) \quad [29]$$

$$y = B/2 \cdot \tan \alpha - x \cdot \tan \alpha \quad [30]$$

$$\Delta y = A - y \quad [31]$$



3. SILOVÉ POMĚRY MEZI VOZOVKOU A ŘÍDÍCÍ NÁPRAVOU

3.1 SILOVÉ ÚČINKY PŮSOBÍCÍ NA VLEČENÉ A BRZDĚNÉ KOLO

Použité označení

F_{rA}	- síla působící na kolo v radiálním směru	/N/
$F_{\xi A}$	- síla, kterou působí vozidlo na kolo ve vodorovném směru	/N/
F_{oA}	- výslednice sil F_{rA} , $F_{\xi A}$	/N/
F_{zA}	- reakce působící z vozovky na kolo v rad. směru	/N/
F_{xA}	- obvodová reakce působící na kolo z vozovky	/N/
F_A	- výslednice sil F_{zA} , F_{xA}	/N/
M_{kA}	- brzdny moment, pro který platí: $M_{kA} = F_{bA} * r_A$	/Nm/
r_A	- poloměr kola	/m/
ω_A	- úhlová rychlost kola	/rad.s ⁻¹ /
M_{xA}	- klopny moment kolem osy X	/Nm/
F_{bA}	- boční zatěžující síla působící ze strany vozidla	/N/
F_{yA}	- reakce na boční zatěžující sílu ze strany vozovky	/N/
y_A	- boční deformace pneumatiky	

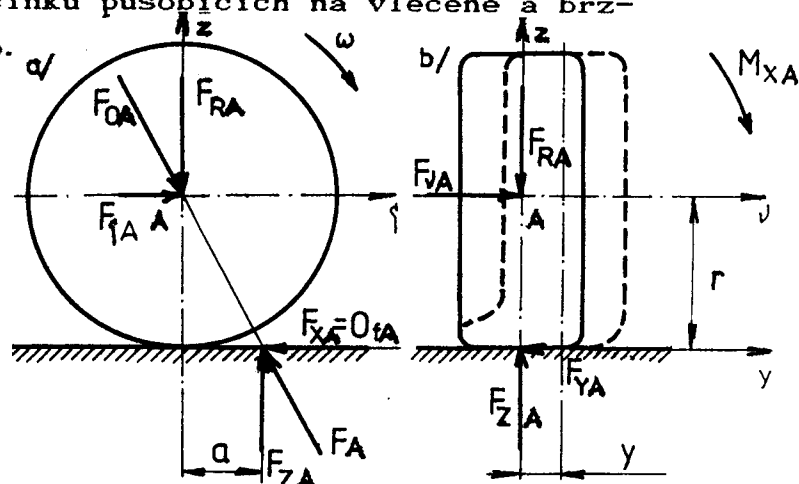
Vozíky s čelním ložením mají řídící nápravu nebrzděnou, vozíky s bočním ložením mají řídící nápravu brzděnou. Proto jsou zde uvedeny silové poměry na obou typech náprav.

Kola jsou velice důležitou součástí vozidla a vytvářejí styk vozidla s vozovkou. Funkci kol je možno rozdělit do těchto bodů:

- přenáší hmotnost vozidla na podložku,
- jsou jedním z prvků pérování,
- jsou transformátorem rotačního pohybu na posuvný,
- jsou prvkem řídícího ústrojí.

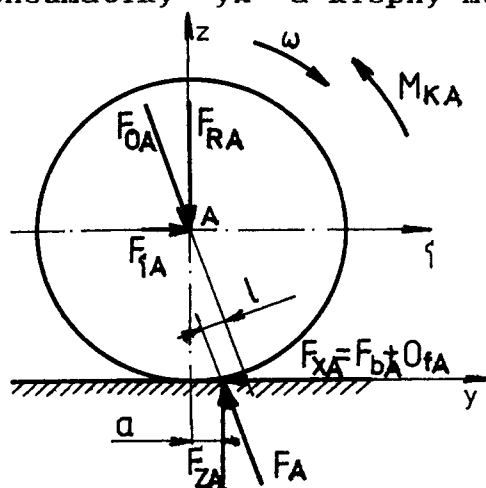
Znázornění silových účinků působících na vlečené a brzděné kolo je na obr. 15 a, b.

15/



Silové účinky uvedené na obr. 15 a, b nejsou úplné, protože při jízdě po nakloněné rovině do zatáček a při působení bočního větru vzniká tzv. boční reakce F_{yA} , která má za následek boční deformaci pneumatiky y_A a klopný moment M_{xA} okolo osy X - vizobr. 16 .

16/



Podle obr. 15 a, b a obr. 16 platí následující vztahy:

$$F_{yA} = F_{zA} \cdot \mu_s \quad [32]$$

$$0_{fA} = F_{zA} \cdot f \quad [33]$$

$$F_{bA} = F_{zA} \cdot \mu_v \quad [34]$$

$$F_{xA} = F_{zA} \cdot (f + \mu_v) \quad [35]$$

U vozidel s vyšší pojezdovou rychlostí vzniká při působení boční síly ve styku kola s vozovkou tzv. směrová odchylka.

Směrová odchylka je úhel mezi směrem okamžité rychlosti

vozidla a podélnou osou nedeformovaného běhounu. Tato odchylka je příčinou vzniku momentu M_z působícího na řídicí ústrojí.

Při řešení řídicí nápravy vysokozdvizného vozíku však nenabývá tento úhel takového významu jako u vozidel s vyššími jezdovými rychlostmi. Z tohoto důvodu působení úhlu směrové odchylky a s ním spojené silové účinky je možno zanedbat.

3.2 POUŽITÉ PNEUMATIKY

Použité pneumatiky pro vozíky o nosnosti 1,6 tuny je určena výrobcem.

Pneumatika 6,00 - 9 Industrial 10 PR

jmenovitý průměr - 540 mm $\pm$ 1 %

šířka pneumatiky - 160 mm

statický poloměr - 245 mm $\pm$ 1 %

huštění 850 kPa

nosnost

duše 6,00 - 9

ráfek 4,00E - 9

Pro diagonální pneumatiku platí, že dynamický poloměr

$$r_{dyn} = 0,93 \cdot D = 0,93 \cdot 270 = 256,5 \text{ mm.}$$

3.3 VÝPOČET SILOVÝCH ÚČINKŮ PŮSOBÍCÍCH NA KOLA NÁPRAVY

Použité označení

e	- teoretická délka stopy pneumatiky	/mm/
b	- šířka stopy pneumatiky	/mm/
r _s	- statický poloměr kola	/mm/
r _o	- jmenovitý poloměr kola	/mm/
r _k	- vzdálenost osy čepu od povrchu podložky	/mm/
r _{dyn}	- dynamický poloměr kola	/mm/
e _e	- skutečná délka stopy pneumatiky	/mm/
b _e	- skutečná šířka stopy pneumatiky	/mm/
μ _s	- smykový součinitel soudržnosti	/ 1/
μ _v	- součinitel soudržnosti pro brzdící kolo	/ 1/
f	- součinitel odporu valení	/ 1/
g	- gravitační zrychlení	/ms ⁻² /
G	- zatížení působící na nápravu	/kg/
G _A	- zatížení podložky jedním kolem	/kg/

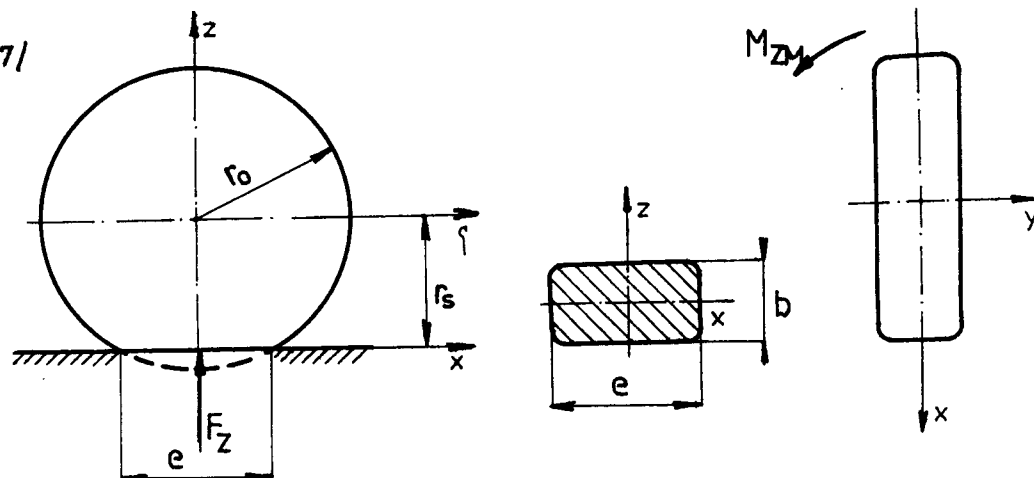
Při řešení silových poměrů na kolech je nutno se postupně zabývat těmito stavy kol:

- a/ stojící kolo bočně nezatížené,
- b/ rotující kolo bočně nezatížené a brzdící,
- c/ rotující kola bočně zatížená a brzdící.

Ad a/ Stanovení mezního momentu M_{zam} při parkovacích manévrech vozidla

Řešení tohoto stavu předpokládá znalost rozměru otisku pneumatiky, statického poloměru a zatěžující síly F_{za} -viz obr. 17.

17/

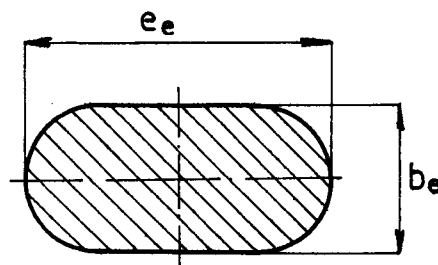


Protože zatížení působící na podložku jedním kolem je $G_A = 1500$ kg, shoduje se statický poloměr kola s poloměrem uváděným v parametrech pneumatiky. Hodnotu "e" vyjádříme vztahem:

$$e = \sqrt{r_0^2 - r_s^2} = 113,47 \text{ mm}$$

Protože jde o diagonální pneumatiku, která se vyznačuje eliptickým tvarem stopy - viz obr. 18, je třeba pro další výpočet stanovit skutečné hodnoty parametrů otisku pneumatiky.

18/



Skutečné hodnoty parametrů stopy lze stanovit podle přepočtových vztahů:

$$b_s = 0,75 * b = 120 \text{ mm}$$

$$e_s = 0,8 * e = 90,774 \text{ mm}$$

Zatěžující sílu F_{ZA} určíme ze vztahu:

$$F_{ZA} = G_A * g = 15205,5 \text{ N}$$

[36]

K určení mezního momentu M_{ZM} je třeba určit třecí součinitel soudržnosti μ_s . Přesnou hodnotu tohoto součinitele je obtížné určit z hlediska mnoha faktorů, které na jeho změnu mají vliv. Je-li uvažován suchý beton nebo asfalt

a rychlost do $35 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$, je jeho hodnota přibližně $\mu_s = 0,8$. (4)

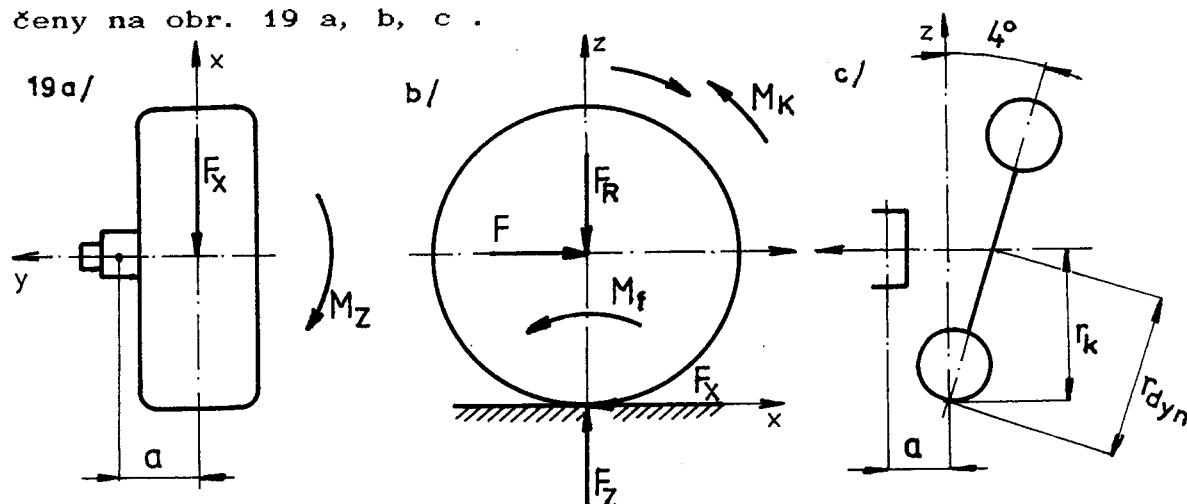
Mezní moment M_{ZAM} (4) působící proti otáčení pneumatiky pro stojící vozidlo je určen podle vztahu:

$$M_{ZAM} = 0,25 * \mu_s * F_{ZA} * (1,5 * e_s + 0,5 * b_s) \quad [37]$$

$$M_{ZAM} = 596 \, 545,27 \text{ Nmm}$$

Ad b/ Výpočet vratného momentu M_{ZA} pro rotující kolo při současném brzdění

Silové účinky při výpočtu vratného momentu jsou naznačeny na obr. 19 a, b, c.



Řešení tohoto stavu předpokládá znalost hodnot " f , μ_v , a ". Součinitel odporu valení a součinitel soudržnosti pro brzdící kolo opět závisí na mnoha faktorech. Jejich velikost je možno volit pro suchý asfaltový povrch, malé rychlosti a diagonální pneumatiky následovně: $f = 0,0095$; $\mu_v = 0,88$ (4) Hodnotu " a " lze určit dle obr. 20, z něhož vyplývá vztah:

$$a = 0,5 * (2 * l - B) = 116,75 \text{ mm}$$

Pak platí:

dle rovnice [33] :

$$O_f A = F_{ZA} * f = 144,45 \text{ N}$$

dle rovnice [34] :

$$F_b A = F_{ZA} * \mu_v = 13 \, 380,84 \text{ N}$$

dle rovnice [35] :

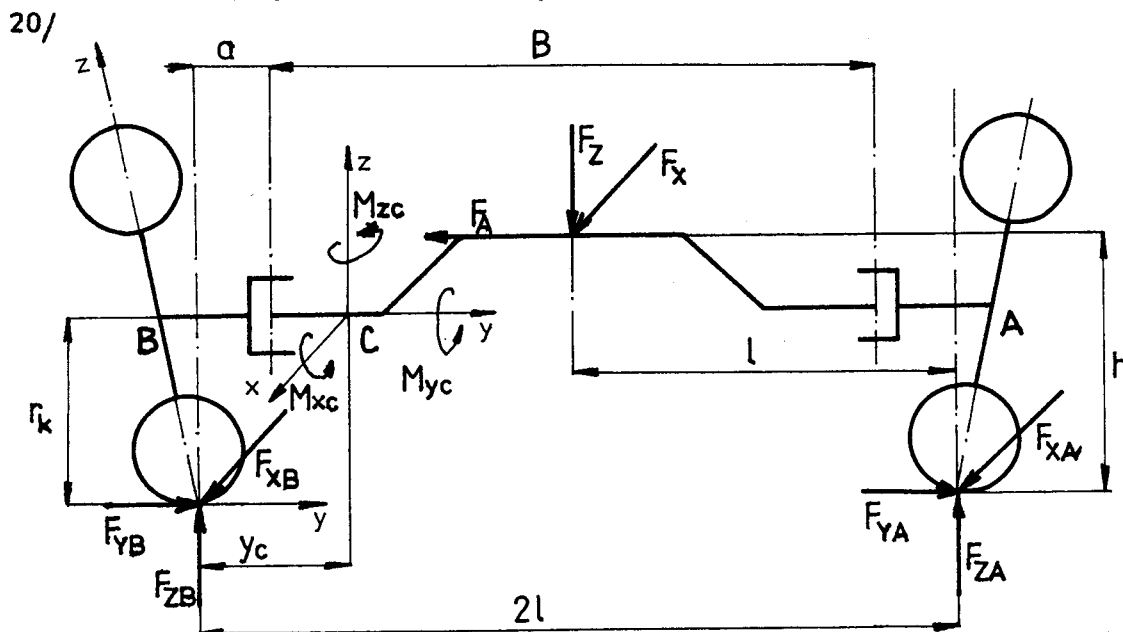
$$F_{xA} = F_{bA} + O_{fA} = 13\,525,29 \text{ N}$$

$$M_{ZA} = F_{xA} * a = 1\,579\,077,608 \text{ Nmm}$$

Jelikož moment $M_{ZA} > M_{ZAM}$, je nutné při pevnostních výpočtech řídicího ústrojí a navrhování hydromotoru vycházet z hodnoty momentu M_{ZA} .

Ad c/ Stanovení silových účinků pro rotující, brzdící, a bočně zatížená kola

Silové účinky jsou znázorněny na obr. 20 .



Určení silových účinků provedeme pomocí statických podmínek rovnováhy. Uvažované geometrické rozměry jsou získány z výkresové dokumentace:

$$G = 3\,100 \text{ kg}$$

$$h = 300 \text{ mm}$$

$$l = 947,5 \text{ mm}$$

$$F_z = G * g = 30\,411 \text{ N}$$

$$F_a = F_z * \mu_s = 24\,328,8 \text{ N}$$

Řešení je provedeno pro vnější a vnitřní kolo řídící nápravy.

1. Na vnějším kole - obr. 20, pozice A platí:

$$F_{ZA} * 2 * l - F_a * h - F_z * l = 0 \quad [38]$$

po úpravě a použití vztahu [32] je:

$$F_{ZA} = 0,5 * F_z * [1 + (\mu_s * h / l)] \quad [39]$$

$$F_{ZA} = 3\,751,225 \text{ N}$$

dle rovnice [32] :

$$F_{YA} = F_{ZA} * \mu_s = 3\,000,98 \text{ N}$$

dle rovnice [35] :

$$F_{XA} = F_{ZA} * (\mu_v + f) = 3\,336,7 \text{ N}$$

2. Na vnitřním kole - obr. 20, pozice B platí:

$$F_{ZB} * 2 * l + F_a * h - F_z * l = 0 \quad [40]$$

po úpravě a použití rovnice [32] je:

$$F_{ZB} = 0,5 * F_z * [1 - (\mu_s * h / l)] \quad [41]$$

$$F_{ZB} = 11\,454,275 \text{ N}$$

dle rovnice [32] :

$$F_{YB} = F_{ZB} * \mu_s = 9\,163,42 \text{ N}$$

dle rovnice [35] :

$$F_{XB} = F_{ZB} * (\mu_v + f) = 10\,188,58 \text{ N}$$

Vyjádření momentů v obecném bodě "C" dle rozložení sil na obr. 20 :

$$M_{xc} = F_{YA} * r_k - F_{ZA} * y_c$$

po úpravě a použití vztahu [32] je:

$$M_{xc} = F_{ZA} * (\mu_s * r_k - y_c) \quad [42]$$

$$M_{yc} = F_{XA} * r_k$$

dle rovnice [35] :

$$M_{yc} = F_{ZA} * (f + \mu_v) * r_k \quad [43]$$

$$M_{zc} = F_{XA} * y_c$$

dle rovnice [35] :

$$M_{zc} = F_{ZA} * (f + \mu_v) * y_c \quad [44]$$

Pro hodnotu "r_k" dle obr. 19 c platí:

$$r_k = r_{dyn} * \cos 4 = 255,87 \text{ mm}$$

3.4 VÝPOČET SILOVÝCH ÚČINKŮ NA HYDROMOTOR A SYSTÉM ŘÍZENÍ PRO TYPOVOU ŘADU VZV LX

Použité označení:

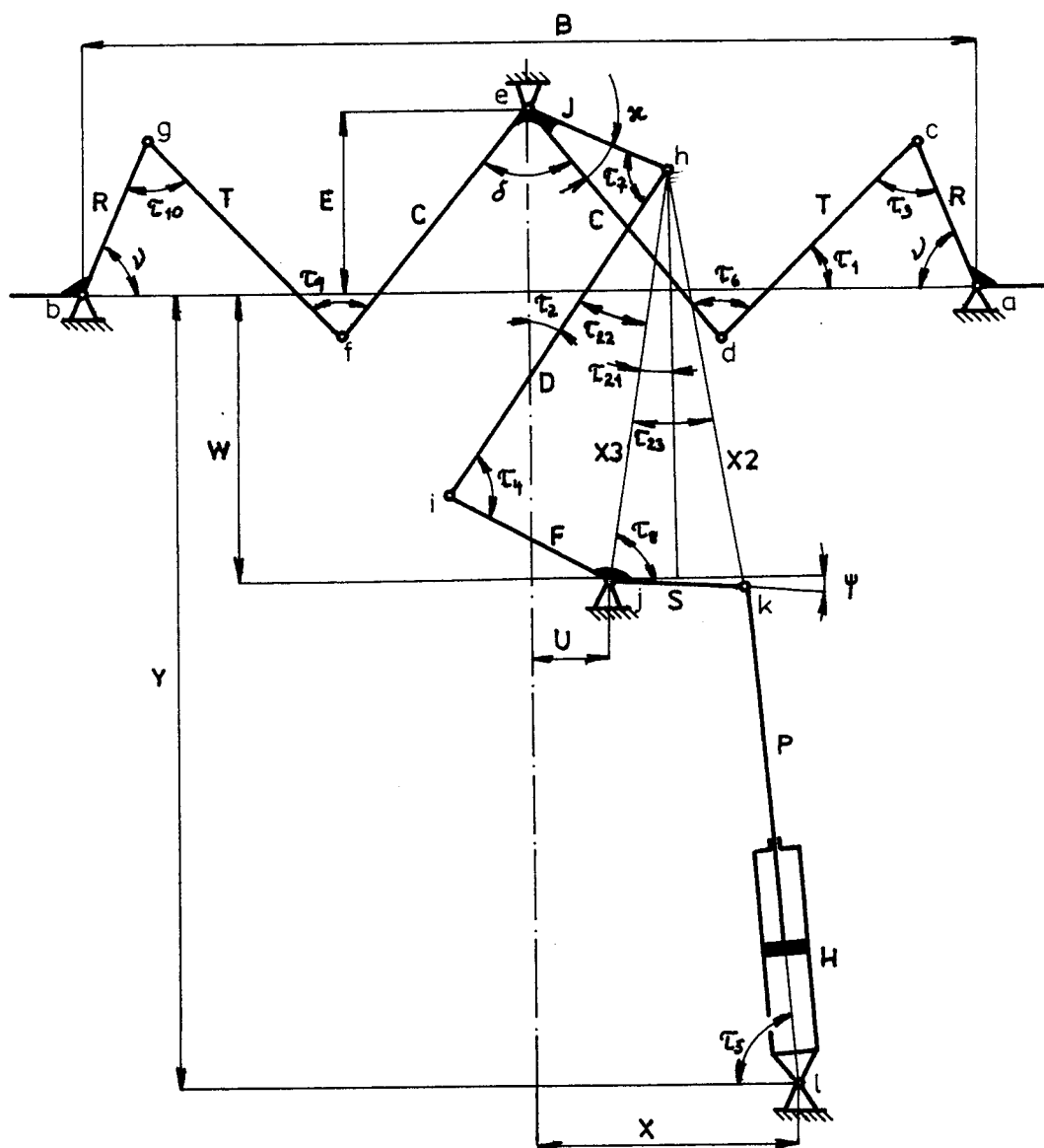
F_P	- síla působící v ose pístnice	/ N /
F_1	- síla působící v ose ramene páky "S"	/ N /
F_2	- síla působící kolmo na osu páky ramene "S"	/ N /
F_3	- síla působící kolmo na osu páky ramene "F"	/ N /
F_4	- výslednice sil F_3 , F_5	/ N /
F_5	- síla působící v ose ramene páky "F"	/ N /
F_6	- síla působící kolmo na rameno vidlice "J"	/ N /
F_7	- síla působící v ose ramene vidlice "J"	/ N /
F_8	- síla působící kolmo na rameno vidlice "C"	/ N /
F_9	- síla působící v ose táhla	/ N /
F_{10}	- síla působící v ose ramene vidlice "C"	/ N /
F_{11}	- síla působící kolmo na osu kliky	/ N /
F_{12}	- síla působící v ose kliky	/ N /
F_{13}	- síla působící v ose ramene vidlice "C"	/ N /
F_{14}	- síla působící v ose táhla	/ N /
F_{15}	- síla působící v ose kliky	/ N /
F_{16}	- síla působící kolmo na osu kliky	/ N /
$M_{OP_{1,2}}$	- ohybový moment působící na pístnici	/ Nm /
Mz_{AM}	= M_{zm} - viz kapitola 3	/ N /
Z	- délka vysunutí pístnice	/ mm /
η	- úhel svírající vidlice s podélnou osou	/ ° /
ψ	- úhel ramena páky "S" s osou rejd. čepů	/ ° /
τ_1	- úhel svírající táhlo s osou rejd. čepů	/ ° /
τ_2	- úhel svírající tyč s podélnou osou VZV	/ ° /
τ_3	- úhel svírající tyč s vidlicí	/ ° /
τ_4	- úhel svírající tyč s pákou	/ ° /
τ_5	- úhel svírající pístní tyč s rovnoběžkou osy rejdových čepů	/ ° /
τ_6	- úhel svírající vidlice s táhlem	/ ° /
τ_7	- úhel svírající táhlo s klikou řízení	/ ° /
τ_8	- úhel svírající "X3" s ramenem páky "S"	/ ° /

τ_9	- úhel svírající táhlo s vidlicí	/ ° /
τ_{10}	- úhel svírající táhlo s klikou řízení	/ ° /

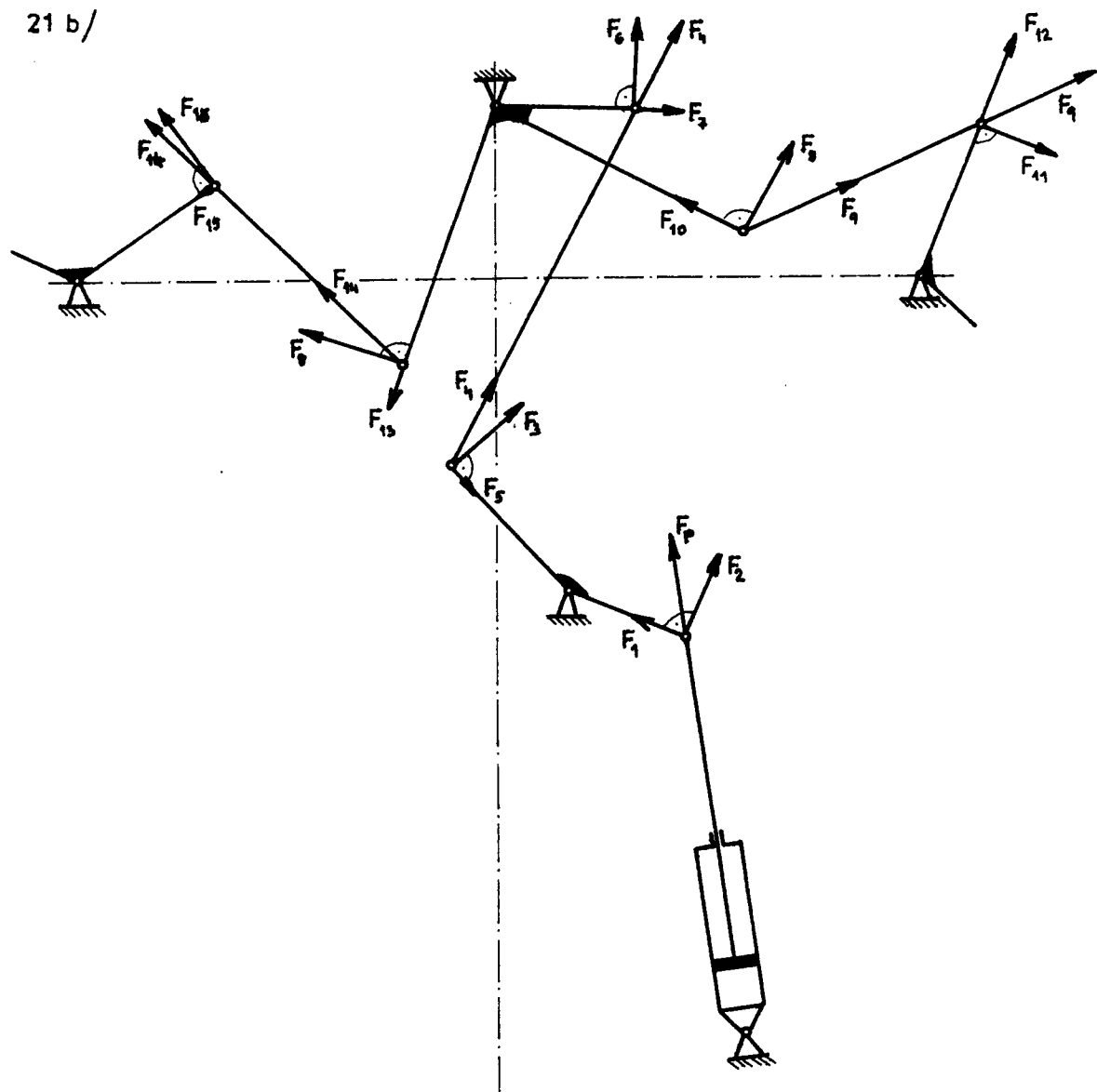
Při vyjadřování vztahů pro výpočet je nutno vycházet z rozložení sil v systému řízení, znázorněném na obr. 21 a, b.

B	= 770 ± 0,2	[mm]
C	= 248	[mm]
D	= 400	[mm]
E	= 135	[mm]
F	= 180	[mm]
H	= 409,5	[mm]
J	= 129	[mm]
P	= 443	[mm]
R	= 131,5 ± 0,1	[mm]
S	= 145	[mm]
T	= 271 ± 0,2	[mm]
U	= 87,5	[mm]
W	= 349	[mm]
X	= 285	[mm]
Y	= 916,5	[mm]
σ	= 72 ± 0,5	[°]
α	= 31	[°]
γ	= 70	[°]
Ω	= 0	[°]

21 a/



21 b/



Předpoklad: B, C, D, E, F, H, J, K, P, R, S, T, U, W, X, Y,
 $\beta_s, \delta, \eta, \kappa, \nu$.

$$X_1 = B/2 - C * \sin \eta - R * \cos (\alpha + \nu) \quad [45]$$

$$X_3 = \sqrt{[U - J * \sin (\eta + \kappa)]^2 + [W + E - J * \cos (\eta + \kappa)]^2} \quad [46]$$

$$\tau_1 = \arccos X_1 / T \quad [47]$$

$$\tau_{21} = \arcsin [J * \sin (\eta + \kappa) - U] / X_3 \quad [48]$$

$$\tau_{22} = \arccos (D^2 + X_3^2 - F^2) / (2 * D * X_3) \quad [49]$$

$$\tau_2 = \tau_{21} + \tau_{22} \quad [50]$$

$$\tau_3 = 180 - \tau_1 - \alpha - \nu \quad [51]$$

$$\tau_4 = \arccos (D^2 + F^2 - X_3^2) / (2 * D * F) \quad [52]$$

$$\tau_7 = 180 - \tau_4 - \eta - \kappa \quad [53]$$

$$X_2 = \sqrt{X_3^2 - S^2} \quad [54]$$

$$\tau_{23} = \arccos (X_2^2 + X_3^2 - S^2) / (2 * X_2 * X_3) \quad [55]$$

$$\tau_8 = \arcsin (X_3^2 + S^2 - X_2^2) / (2 * X_3 * S) \quad [56]$$

$$\psi = \tau_8 - 90 + \alpha \quad [57]$$

$$\tau_5 = (Y - W - S * \sin \psi) / (X - U - S * \cos \psi) \quad [58]$$

$$\tau_6 = \arccos (C^2 + T^2 - K^2) / (2 * C * T) \quad [59]$$

$$\tau_8 = \arcsin (X_3^2 + S^2 - X_2^2) / (2 * X_3 * S) \quad [60]$$

$$\tau_9 = 90 + \xi - \varepsilon_1 - \varepsilon_3 \quad [61]$$

$$\tau_{10} = \arccos (R^2 + T^2 - L^2) / (2 * R * T) \quad [62]$$

s použitím vztahů [51], [52], [53], [58], [59]

$$F_P = \frac{M_{ZM}}{R} \frac{1}{\sin \tau_3} \frac{1}{\cos(90 - \tau_6)} \frac{C}{J} \frac{1}{\cos(90 - \tau_7)} \frac{1}{\cos(\tau_4 - 90)} \frac{F}{S} \frac{1}{\sin \tau_5} \quad [63]$$

$F_P = \dots$

s použitím vztahů [58], [63]

$$F_1 = F_P * \cos \tau_5 \quad [64]$$

$$F_2 = F_P * \sin \tau_5 \quad [65]$$

s použitím vztahu [65]

$$F_3 = F_2 * S/F \quad [66]$$

s použitím vztahů [52], [66]

$$F_4 = F_3 * \cos(\tau_4 - 90) \quad [67]$$

$$F_5 = F_3 * \sin(\tau_4 - 90) \quad [68]$$

s použitím vztahů [53], [67]

$$F_6 = F_4 * \cos(90 - \tau_7) \quad [69]$$

$$F_7 = F_4 * \sin(90 - \tau_7) \quad [70]$$

s použitím vztahu [69]

$$F_8 = F_6 * J/C \quad [71]$$

s použitím vztahů [59], [69]

$$F_9 = F_8 * \cos(90 - \tau_6) \quad [72]$$

$$F_{10} = F_8 * \sin(90 - \tau_6) \quad [73]$$

s použitím vztahů [51], [72]

$$F_{11} = F_9 * \sin \tau_3 \quad [74]$$

$$F_{12} = F_9 * \cos \tau_3 \quad [75]$$

s použitím vztahů [60], [71]

$$F_{13} = F_8 * \sin(90 - \tau_9) \quad [76]$$

$$F_{14} = F_8 * \cos(90 - \tau_9) \quad [77]$$

s použitím vztahů [62], [77]

$$F_{15} = F_{14} * \sin(90 - \tau_{10}) \quad [78]$$

$$F_{16} = F_{14} * \cos(90 - \tau_{10}) \quad [79]$$

s použitím vztahů [57], [58]

$$Z = [Y - W - S * \sin \psi - H * \sin \tau_5] / \sin \tau_5 \quad [80]$$

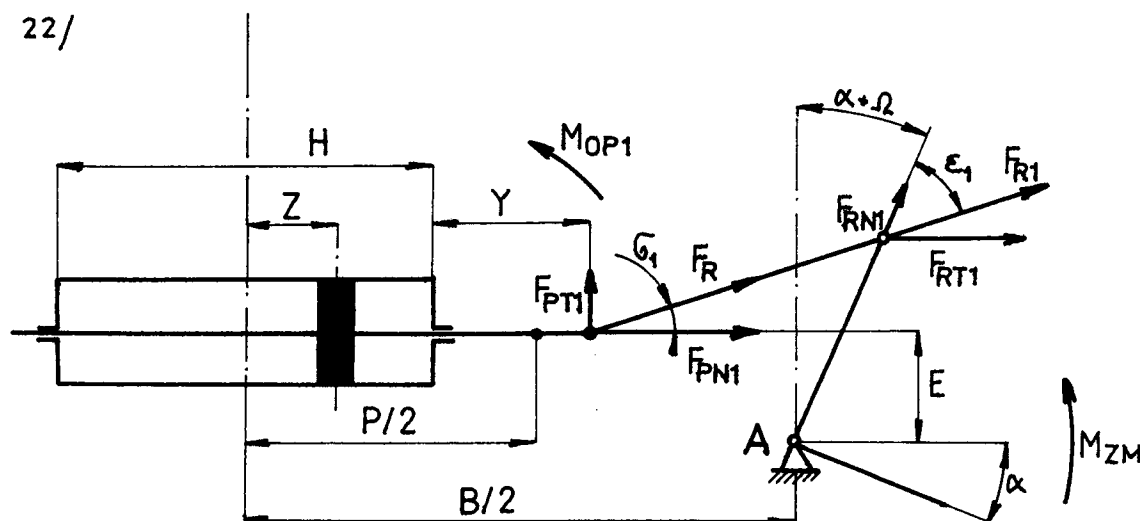
3.5 VÝPOČET SILOVÝCH ÚČINKŮ NA HYDROMOTOR A SYSTÉM ŘÍZENÍ PRO TYPOVOU ŘADU VZV DVA, B

Použité označení

$\delta_{1,2}$	- úhel svírající táhlo s osou pístnice	/	/
$\varepsilon_{1,2}$	- úhel svírající rameno kliky s táhlem	/	/
Z	- posunutí pístnice ze střední polohy	/	mm /
Y	- velikost vysunutí ramene pístnice z hydroválce	/	mm /
$F_{PN_{1,2}}$	- síla působící v ose pístnice	/	N /
$F_{PT_{1,2}}$	- síla působící kolmo na osu pístnice	/	N /
$F_{P_{1,2}}$	- výslednice sil $F_{PN_{1,2}}$, $F_{PT_{1,2}}$ působící v ose táhla	/	N /
$F_{RN_{1,2}}$	- síla působící v ose ramene kliky	/	N /
$F_{RT_{1,2}}$	- síla působící kolmo na osu kliky	/	N /
$F_{R_{1,2}}$	- výslednice sil $F_{RN_{1,2}}$, $F_{RT_{1,2}}$	/	N /
$M_{ZAM} = M_{ZM}$ - viz kapitola 3			
$M_{OP_{1,2}}$	- ohybový moment působící na pístnici	/	Nmm /
a	- délka hydraulického válce	/	mm /
B, P, E, R, T, Ω , β_s , α - viz kapitola 2			

Při odvozování vztahů pro výpočet je třeba vycházet z rozložení sil v systému řízení, znázorněném na obr. 22.

22/



předpoklad: B, E, P, R, T, β s, Ω

$$\delta_{1,2} = \arcsin [R * \cos (\alpha + \Omega) - E] / T \quad [81]$$

s použitím vztahu [81] .

$$\varepsilon_{1,2} = 90 - \delta_{1,2} - \alpha - \Omega \quad [82]$$

s použitím vztahu [81]

$$Z = B/2 + R * \sin (\alpha + \Omega) - P/2 - T * \cos \delta_{1,2} \quad [83]$$

s použitím vztahů [81] , [82]

$$F_{PN_{1,2}} = MZA/R * 1/\sin \varepsilon_{1,2} * \cos \delta_{1,2} \quad [84]$$

s použitím vztahů [81] , [84]

$$F_{PT_{1,2}} = F_{PN_{1,2}} * \tan \delta_{1,2} \quad [85]$$

s použitím vztahů [81] , [85]

$$F_{P_{1,2}} = F_{PN_{1,2}} * \cos \delta_{1,2} \quad [86]$$

s použitím vztahů [81] , [86]

$$F_{RN_{1,2}} = F_{P_{1,2}} * \cos \varepsilon_{1,2} \quad [87]$$

s použitím vztahů [82] , [86]

$$F_{RT_{1,2}} = F_{P_{1,2}} * \sin \varepsilon_{1,2} \quad [88]$$

$$Y1 = \sqrt{ T^2 - [R * \cos(\alpha + \Omega) - R * \sin (\alpha + \Omega)]^2 }$$

$$Y = B/2 - H/2 - Y1 \quad [89]$$

$$M_{OP_{1,2}} = F_{PT_{1,2}} * Y \quad [90]$$

$$B = 714 \pm 0,2 \text{ [mm]}$$

$$E = 42 \text{ [mm]}$$

$$P = 508,4 \text{ [mm]}$$

$$R = 80 \pm 0,1 \text{ [mm]}$$

$$T = 109,5 \pm 0,1 \text{ [mm]}$$

$$\Omega = 0 \text{ [}^\circ \text{]}$$

4 ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍCH ŘEŠENÍ

4.1 ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO ŘEŠENÍ ŘÍDÍCÍ NÁPRAVY VZV TYPU LX

Stávající řešení nápravy již nevyhovuje a to jak z konstrukčního hlediska tak i z hlediska silové transformace.

Moment, který je zapotřebí na natočení kol řídící nápravy je nedostatečný. V provozu se také neosvědčil odklon kol, protože při natačení kol dochází k nadzvedávání celé zadní části vozíku a část lineární síly od hydromotoru je spotřebována právě na toto nadzvedávání.

Dalším nedostatkem je malá celková tuhost tohoto mechanismu, což je zřetelně vidět při jízdě po nerovné podložce, kdy kola řídící nápravy "kmitají", tzn. nejsou schopny udržet konstantní úhel natočení.

Poměrně velkou nevýhodou je také konstrukční složitost nápravy a její nároky na údržbu v provozu.

Nevýhodná je též kinematika stávajícího řešení, která má podstatný vliv na opotřebení pneumatik.

Tyto nedostatky měl odstranit nový návrh řídící nápravy, nová typová řada vysokozdvížných vozíků DV.

4.2 ZHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO ŘEŠENÍ ŘÍDÍCÍ NÁPRAVY VZV TYPU DV A, B

Výhodou této řídící nápravy je její poměrně malá konstrukční složitost a její nároky na údržbu. Tuhost stávajícího řešení se podstatně zlepšila, což je dáno především uchycením válce hydromotoru přímo na mostu nápravy a tím zredukováním počtu členů přenášejících zatížení od hydromotoru ke kolům řídící nápravy.

Kinematika stávajícího řešení není ani zde uspokojivě vyřešena, dochází k nežádoucímu opotřebení pneumatik, které je nutno snížit na minimum.

Tento nedostatek by měla odstranit optimalizace rozměrů stávajícího řešení řídící nápravy.

4.3 OPTIMALIZACE ROZMĚRŮ ŘÍDÍCÍ NÁPRAVY TYPU DV A, B

Pro stávající řídící nápravu typu DV byla provedena optimalizace rozměrů jednotlivých členů mechanismu pomocí programu č. 2.

VÝSLEDKY OPTIMALIZACE

Výsledky optimalizace jsou uvedeny v tabulkách 18, 19, 20 a zpracovány v diagramech 11, 12, 13, 14.

Navržené hodnoty

č.	Ω [°]	R [mm]	T [mm]
1	0	81	110
2	0	82	110.3
3	0	82.5	110.5
4	0	82.5	111.2
5	0	83	110.7
6	-0.5	80	109.6
7	-0.5	79	109.9
8	-0.5	81.5	110.5
9	-0.5	82	111

Tabulka výsledků optimalizace

TAB.18

α	β_1	$\Delta\beta_1$	β_2	$\Delta\beta_2$	β_3	$\Delta\beta_3$
0	-0.077	-0.077	0.012	0.012	-0.015	-0.015
5	4.765	-0.028	4.847	0.054	4.82	0.026
10	9.308	0.095	9.337	0.164	9.344	0.132
15	13.581	0.269	13.633	0.32	13.592	0.279
20	17.615	0.471	17.644	0.499	17.592	0.448
25	21.437	0.681	21.439	0.684	21.375	0.619
30	25.076	0.886	25.047	0.858	24.967	0.777
35	28.557	1.073	28.495	1.011	28.397	0.913
40	31.908	1.233	31.809	1.134	31.691	1.017
45	35.157	1.363	35.019	1.224	34.878	1.084
50	38.334	1.462	38.15	1.277	37.986	1.113
55	41.471	1.532	41.237	1.298	41.045	1.106
60	44.606	1.581	44.315	1.291	44.092	1.068
65	47.784	1.627	47.429	1.273	47.169	1.013
70	51.067	1.7	50.635	1.268	50.33	0.963
75	54.548	1.858	54.017	1.327	53.655	0.964
75.5	54.912	1.882	54.369	1.339	54.0	0.97

TAB. 19

α	β_4	$\Delta\beta_4$	β_5	$\Delta\beta_5$	β_6	$\Delta\beta_6$
0	-1.063	-1.063	-0.038	-0.038	-0.504	-0.504
5	3.803	-0.991	4.795	0.001	4.834	0.04
10	8.351	-0.862	9.315	0.102	9.394	0.181
15	12.613	-0.7	13.554	0.242	13.683	0.371
20	16.621	-0.523	17.544	0.399	17.74	0.595
25	20.405	-0.351	21.313	0.557	21.588	0.832
30	23.992	-0.197	24.89	0.701	25.259	1.069
35	27.411	-0.074	28.303	0.818	28.776	1.292
40	30.687	0.012	31.578	0.903	32.169	1.494
45	33.847	0.053	34.743	0.949	35.464	1.67
50	36.92	0.048	37.826	0.951	38.693	1.821
55	39.935	-0.004	40.859	0.92	41.89	1.951
60	42.924	-0.1	43.875	0.81	45.093	2.069
65	45.924	-0.233	46.917	0.76	48.354	2.197
70	48.983	-0.385	50.035	0.667	51.74	2.373
75	52.164	-0.526	53.304	0.614	55.36	2.668
75.5	52.492	-0.538	53.643	0.613	55.74	2.709

TAB. 20

α	β_7	$\Delta\beta_7$	β_8	$\Delta\beta_8$	β_9	$\Delta\beta_9$
0	-1.501	-1.501	-1.065	-1.065	-1.546	-1.546
5	3.871	-0.922	4.248	-0.509	3.818	-0.976
10	8.462	-0.751	8.389	-0.373	8.378	-0.835
15	12.78	-0.532	13.111	-0.202	12.648	-0.664
20	16.863	-0.281	17.137	-0.008	16.667	-0.478
25	20.738	-0.018	20.946	0.19	20.463	-0.293
30	24.432	0.242	24.566	0.376	24.066	-0.124
35	27.97	0.486	28.023	0.539	27.501	0.017
40	31.381	0.706	31.346	0.671	30.796	0.121
45	34.691	0.897	34.56	0.766	33.987	0.184
50	37.931	1.059	37.696	0.823	37.074	0.202
55	41.134	1.193	40.783	0.844	40.114	0.175
60	44.332	1.308	43.857	0.833	43.132	0.108
65	47.579	1.442	46.959	0.803	46.166	0.009
70	50.935	1.567	50.146	0.778	49.264	-0.103
75	54.495	1.805	53.494	0.804	52.495	-0.195
75.5	54.867	1.837	53.842	0.812	52.829	-0.201

5. ZÁVĚR

Ve své práci jsem postupovala v souladu se zadáním diplomové práce. Povedla jsem rozbor kinematiky řídících náprav vysokozdvizných vozíků vyráběných v současné době v akciové společnosti DESTA DĚČÍN a sestavila programy na výpočet kinematických rozměrů řídícího mechanismu a sil působících v systému řízení.

Výsledky kinematických veličin typu LX jsou zpracovány v tabulkách 1, 2, 3 a diagramech 1, 2.

Výsledky kinematických veličin typu DV A, B jsou zpracovány v tabulkách 4, 5 a diagramech 3, 4, 5.

Výsledky silového působení v systému řízení typu LX jsou uvedeny v tabulkách 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 a v diagramech 6, 7, 8, 9.

Výsledky silového působení v systému řízení typu DV A, B jsou uvedeny v tabulkách 13, 14, 15, 16, 17 a na diagramu 10.

Stanovila jsem vliv výrobních úchylek a tolerancí na kinematické veličiny řídící nápravy $\beta, \Delta\beta, dy$ a tyto výsledky zpracovala do diagramů 15, 16, 17. Na těchto diagramech je vidět vliv výrobních tolerancí na odchylku dy , $\Delta\beta$, a úhel β .

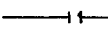
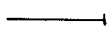
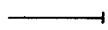
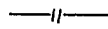
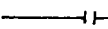
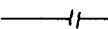
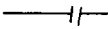
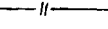
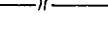
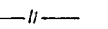
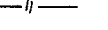
Pomocí programu č. 2 jsem provedla optimalizaci rozměrů řídící nápravy vysokozdvizného vozíku typové řady DV A, B - viz tabulky 18, 19, 20 a diagramy 11, 12, 13, 14.

Z této optimalizace se jeví jako nejvýhodnější varianta
č. 3 - $\Omega = 0$, $R = 82.5$, $T = 110.5$ a
č. 5 - $\Omega = 0$, $R = 83$, $T = 110.7$.

6. SEZNAM POUZITE LITERATURY

1. Apetaur M. - Stejskal V.: Motorová vozidla I.
Skripta CVUT, Praha,
2. Charvát J.: Teorie kloubových mechanismů -1.vydání
Praha, UPV 1972
3. Kolektiv autorů: Matematické, fyzikální, chemické
tabulky -6.vydání, Praha, SPN 1970
4. Apetaur M. - Salamoun C.: Motorová vozidla II.
Skripta CVUT, Praha, 1979

SEZNAM PŘÍLOH

PROGRAM	č.1	kinematika řízení LX	1
PROGRAM	č.2	 DV	3
PROGRAM	č.3	výpočet sil LX	5
PROGRAM	č.4	 DV	7
TABULKA	1	LX: pro jmen. rozměr - tolerance „min“	8
TABULKA	2	"  " 0	10
TABULKA	3	"  +  „max“	12
TABULKA	4	DVA: pro „min“, 0, „max“	14
TABULKA	5	DVB:  "	17
TABULKA	6	LX: $F_p = \text{konst.}$	20
TABULKA	7	 "	20
TABULKA	8	 "	20
TABULKA	9	 "	21
TABULKA	10	 "	21
TABULKA	11	 "	21
TABULKA	12	LX $M_z = \text{konst.}$	22
TABULKA	13	DV $F_{pN} = \text{konst.}$ úhel α	24
TABULKA	14	"  " β_s	25
TABULKA	15	DV $M_z = \text{konst.}$ úhel α	26
TABULKA	16	"  " β_s	27
TABULKA	17	"  " β_s	27
DIAGRAM	1	LX	28
DIAGRAM	2	LX	29
DIAGRAM	3	DVA	30
DIAGRAM	4	DVB	31
DIAGRAM	5	DVA	32
DIAGRAM	6	LX $F_p = \text{konst.}$	33
DIAGRAM	7	"  "	34
DIAGRAM	8	"  "	35
DIAGRAM	9	"  "	36
DIAGRAM	10	DV $F_{pN} = \text{konst.}$	37
DIAGRAM	11	DV OPTIM.	38
DIAGRAM	12	"  "	39
DIAGRAM	13	"  "	40
DIAGRAM	14	"  "	41
DIAGRAM	15		42
DIAGRAM	16		43
DIAGRAM	17		44

PROGRAM č.1 - kinematika řízení LX

```

5 PI=3.141592654#
10 DIM AL(20):DIM DB1(20):DIM BA1(20):DIM GA2(20):DIM EP1(20):DIM EP2(20):DIM KS
I(20):DIM K(20):DIM L(20):DIM X(20):DIM Y(20):DIM GAM(20):DIM EP(20):DIM BS(20):
DIM DY(20)
20 INPUT"zadej rozvor,rozchod cepu,delku tahla,uhel vidlice";A,B,T,DEL
30 INPUT"reseni kinematiky rizeni-1-,vyjadreni odchylek db,dy-0-";M:CLS
40 FOR I=1 TO 15:READ AL(I):AL(I)=AL(I)*PI/180:NEXT I
50 IF M>0 THEN GOTO 80
60 INPUT"zadej hodnoty r,c,e,ny,o";R,C,E,NY,O:CLS
70 D=3:GOTO 250
80 INPUT"zadej spodni hodnoty sled.intervalu r1,c1,e1,ny1,o1,w1,z1";R1,C1,E1,NY1
,O1,W1,Z1
90 INPUT"zadej horni hodnoty sled.intervalu r2,c2,e2,ny2,o2,w2,z2";R2,C2,E2,NY2,
O2,W2,Z2:CLS
100 R=R1:C=C1:E=E1:NY=NY1:O=O1:W=W1:Z=Z1:DB4=999:DB2=999:D=0
110 IF DB1>DB2 THEN GOTO 150
120 IF DB2>DB4 THEN GOTO 150
130 DB2=DB1:DB4=DB2:R3=R:C3=C:E3=E:NY3=NY:O3=O:W3=W:Z3=Z
140 PRINT "db2=";DB2;"db4=";DB4
150 PRINT "r=";R;"c=";C;"e=";E;"ny=";NY;"o=";O;"w=";W;"z=";Z
160 R=R+1:IF R<=R2 THEN GOTO 250
170 R=R1:C=C+1:IF C<=C2 THEN GOTO 250
180 C=C1:E=E+1:IF E<=E2 THEN GOTO 250
190 E=E1:NY=NY+1:IF NY<=NY2 THEN GOTO 250
195 NY=NY1:O=O+1:IF O<=O2 THEN GOTO 250
200 O=O1:W=W+.1:IF W<=W2 THEN GOTO 250
210 W=W1:Z=Z+.1:IF Z<=Z2 THEN GOTO 250
220 D=3:R=R3:C=C3:E=E3:NY=NY3:O=O3:CLS
230 PRINT "al,bs,ba,db"
240 PRINT "r=";R;"c=";C;"e=";E;"ny=";NY;"o=";O
250 O=O*PI/180:NY=NY*PI/180:DEL=DEL*PI/180
255 DB1=O:DB3=O:FOR I=1 TO 15
260 K=SQR(((B/2-(R*COS(AL(I)+NY+O)))^2)+(E-(R*SIN(AL(I)+NY+O)))^2)
265 M=(B/2-(R*COS(AL(I)+NY+O)))/K:GA1=ATN(SQR(ABS(1-M*M))/M)
270 N=(C*C+K*K-T*T)/(2*C*K):GA2=ATN(SQR(ABS(1-N*N))/N)
275 KSI=DEL+GA1+GA2-PI/2
280 L=SQR(((B/2-(C*SIN(KSI)))^2+((C*COS(KSI))-E)^2))
285 Q=(R*R+L*L-T*T)/(2*R*L):EP2=ATN(SQR(ABS(1-Q*Q))/Q)
290 EP1=ATN(((C*COS(KSI))-E)/(B/2-(C*SIN(KSI)))):EP=EP2-EP1:GAM=GA1+GA2
295 BA=ATN(A*TAN(AL(I))/(A+B*TAN(AL(I)))):BS=NY-EP-O
300 X=(B/2*(TAN(AL(I))-TAN(BS))/(TAN(AL(I))+TAN(BS)))
305 Y=(B/2*TAN(AL(I))-X*TAN(AL(I)))
310 DY=A-Y
320 IF D<3 THEN GOTO 370
330 BS=BS*180/PI:BA=BA*180/PI:AL(I)=AL(I)*180/PI:GAM=GAM*180/PI:EP=EP*180/PI:KSI
=KSI*180/PI:GA1=GA1*180/PI:GA2=GA2*180/PI:EP1=EP1*180/PI:EP2=EP2*180/PI
340 DB=BS-BA
350 DB1(I)=DB*30:GA1(I)=GA1:GA2(I)=GA2:KSI(I)=KSI:K(I)=K:L(I)=L:X(I)=X:Y(I)=Y:EP
1(I)=EP1:EP2(I)=EP2:GAM(I)=GAM:EP(I)=EP:BS(I)=BS:DY(I)=DY
360 PRINT AL(I);"bs=";BS;"ba=";BA;"db=";DB
370 GOTO 460
380 DB=ABS(BS-BA)
390 IF I<7 THEN GOTO 410
400 DB1=DB1+DB
410 DB3=DB3+DB
420 IF I>1 THEN GOTO 440
430 IF DB>W THEN GOTO 450
440 IF DB<=Z THEN GOTO 460

```

```

450 I=15:DB1=9999:DB3=9999
460 NEXT I:IF D=0 THEN GOTO 110
470 LINE INPUT MISAØ:CLS
480 PRINT "r=";R;"c=";C;"e=";E;"ny=";NY;"o=";O
490 FOR I=1 TO 15
500 PRINT AL(I);"bs=";BS(I);"x=";X(I);"y=";Y(I);"dy=";DY(I):NEXT I
510 LINE INPUT MISAØ:CLS
520 FOR I=1 TO 15
530 PRINT "a1=";AL(I);"ksi=";KSI(I);"gam=";GAM(I);"ep=";EP(I):NEXT I
540 LINE INPUT MISAØ:CLS
550 FOR I=1 TO 15
560 PRINT "a1=";AL(I);"k=";K(I);"l=";L(I):NEXT I
570 LINE INPUT MISAØ:CLS
599 DATA 0,5,10,15,20,25,30,35,40,45,50,55,60,65,70
600 END

```


PROGRAM č.2 - kinematika řízení DV

```

5 DIM AL(20): DIM DB1(20): DIM GA1(20): DIM GA2(20): DIM C(20): DIM X1(20): DIM X
(20): DIM Y(20): DIM BS(20): DIM DY(20)
8 PI=3.141592654#
10 INPUT "ZADEJ ROZVOR, ROZCHOD CEPY, DELKU TAHLA": A, B, T
20 INPUT "RESENI KINEMATIKY RIZENI-1-, VYJADRENI ODCHYLEK DB, DY-O-": M: CLS
30 FOR I = 1 TO 17: READ AL(I): AL(I) = AL(I) * PI/180: NEXT I
40 IF M > 0 THEN GOTO 70
50 INPUT "Zadej hodnoty P,E,O,R": P, E, O, R: CLS
60 D = 3: GOTO 240
70 INPUT "ZADEJ SPODNI HODNOTY SLED. INTERVALU P1,E1,O1,R1,W1,Z1": P1, E1, O1, R1, W1, Z1
1, W1, Z1
80 INPUT "ZADEJ HORNI HODNOTY SLED. INTERVALU P2,E2,O2,R2,W2,Z2": P2, E2, O2, R2
, W2, Z2: CLS
90 P = P1: E = E1: O = O1: R = R1: W = W1: Z = Z1: DB4 = 999: DB2 = 999: D = 0
100 IF DB1 > DB2 THEN GOTO 140
110 IF DB3 > DB4 THEN GOTO 140
120 DB2 = DB1: DB4 = DB3: P3 = P: E3 = E: O3 = O: R3 = R: W3 = W: Z3 = Z
129 PRINT "DB2 DB4";
130 PRINT USING "#####.###": DB2, DB4
140 PRINT "P,E,O,R,W,Z";
141 PRINT USING "#####.###": P, E, O, R, W, Z
150 P = P + 1: IF P <= P2 THEN GOTO 240
160 P = P1: E = E + 1: IF E <= E2 THEN GOTO 240
170 E = E1: O = O + 1: IF O <= O2 THEN GOTO 240
180 O = O1: R = R + 1: IF R <= R2 THEN GOTO 240
190 R = R1: W = W + .1: IF W <= W2 THEN GOTO 240
200 W = W1: Z = Z + .1: IF Z <= Z2 THEN GOTO 240
210 D = 3: P = P3: E = E3: O = O3: R = R3: CLS
219 PRINT "AL,BS,BA,DB";
220 PRINT USING "#####.###": AL, BS, BA, DB
229 PRINT "P,E,O,R";
230 PRINT USING "#####.###": P, E, O, R
240 DB1 = 0: DB3 = 0: FOR I = 1 TO 17
245 O=O*PI/180
250 X1=(SQR(ABS(T^2-((R*COS(AL(I)+O))-E)^2))-R*SIN(AL(I)+O))
260 C=SQR(ABS(E^2+(B-X1-P)^2))
270 GA1=ATN(E/(B-X1-P))
280 Q=(R^2+C^2-T^2)/(2*R*C): GA2=ATN((SQR(ABS(1-Q^2)))/Q)
290 BS=PI/2-GA1-GA2
300 BA = ATN(A * TAN(AL(I)) / (A + B * TAN(AL(I))))
301 X=(B/2*(TAN(AL(I))-TAN(BS))/(TAN(AL(I))+TAN(BS)))
302 Y=(B/2*TAN(AL(I)))-(X*TAN(AL(I)))
303 DY=A-Y
310 IF D < 3 THEN GOTO 360
320 BS=BS*180/PI: BA=BA*180/PI: AL(I)=AL(I)*180/PI: GA1=GA1*180/PI: GA2=GA2*180/PI
330 DB = BS - BA
340 DB1(I) = DB * 30: GA1(I) = GA1: GA2(I) = GA2: X1(I) = X1: C(I) = C: X(I)=X: Y(I)=Y: BS(I)=BS: DY(I)=DY
349 PRINT "AL,BS,BA,DB";
350 PRINT USING "#####.###": AL(I), BS, BA, DB
360 GOTO 450
370 DB = ABS(BS - BA)
380 IF I < 7 THEN GOTO 400
390 DB1 = DB1 + DB
400 DB3 = DB3 + DB

```

```

410 IF I > 1 THEN GOTO 430
420 IF DB > Y THEN GOTO 440
430 IF DB <= Z THEN GOTO 450
440 I = 17: DB1 = 9999: DB3 = 9999
450 NEXT I: IF D = 0 THEN GOTO 100
460 LINE INPUT MISA$:CLS
470 PRINT "P,E,D,R":
471 PRINT USING "#####.###";P,E,D,R
480 FOR I=1 TO 17
489 PRINT"AL,BS,X,Y,DY":
490 PRINT USING "#####.###": AL(I),BS(I),X(I),Y(I),DY(I):NEXT I
500 LINE INPUT MISA$:CLS
510 FOR I=1 TO 17
519 PRINT "AL,C,X1,GA1,GA2":
520 PRINT USING "#####.###":AL(I),C(I),X1(I),GA1(I),GA2(I):NEXT I
530 LINE INPUT MISA$:CLS
590 END
600 DATA 0,5,10,15,20,25,30,35,40,45,50,55,60,65,70,75,75.5

```

PROGRAM č.3 - výpočet sil LX

```

5  PI=3.141592654
10 DIM AL(20),TA1(20),TA2(20),TA3(20),TA4(20),TA5(20)
    TA6(20),TA7(20),TA8(20),TA9(20),TA10(20),TA21(20)
    TA22(20),TA23(20),T1(20),T2(20),T3(20),T4(20),T5(20)
    T6(20),ETA(20),PSI(20)
15 DIM FP(20),F1(20),F2(20),F3(20),F4(20),F5(20),F6(20)
    F7(20),F8(20),F9(20),F10(20),F11(20),F12(20),F13(20)
    F14(20),F15(20),F16(20),MO(20)
16 DIM X1(20),X2(20),X3(20),X4(20),Z(20),BS(20),K(20),L(20)
    GA1(20),GA2(20),EP1(20),EP2(20),EP3(20),N1(20),N2(20)
    Q(20),V(20),KSI(20)
20 INPUT "ZADEJ B,C,D,E,F,H,J,P,R,S,T,U,W,X,Y,DEL,KAP,NY,O
    MZ,FP";B,C,D,E,F,H,J,P,R,S,T,U,W,X,Y,DEL,KAP,NY,O,MZ,FP
30 CLS
65 DEL=DEL*PI/180:KAP=KAP*PI/180:NY=NY*PI/180:O=O*PI/180
40 FOR I=1 TO 15:READ AL(I):AL(I)=AL(I)*PI/180:NEXT I
50 INPUT "VYPOCET SIL PRO UHEL AL-1-,BS-0-";M:CLS
60 FOR I=1 TO 15
70 K(I)=SQR(((B/2-(R*COS(AL(I)+NY+O)))^2+
    +(E-(R*SIN(AL(I)+NY+O)))^2))
75 N1(I)=(B/2-(R*COS(AL(I)+NY+O)))/K(I):
    GA1(I)=ATN(SQR(ABS(1-N1(I)*N1(I)))/N1(I))
80 N2(I)=(C*C+K(I)*K(I)-T*T)/(2*C*K(I)):
    GA2(I)=ATN(SQR(ABS(1-N2(I)*N2(I)))/N2(I))
85 KSI(I)=DEL+GA1(I)+GA2(I)-PI/2:ETA(I)=PI/2-GA1(I)-GA2(I)
90 L(I)=SQR(((B/2-(C*SIN(KSI(I))))^2+((C*COS(KSI(I)))-E^2)))
91 V(I)=(T*T+L(I)*L(I)-R*R)/(2*T*L(I)):
    EP3(I)=ATN(SQR(ABS(1-V(I)*V(I)))/V(I))
95 Q(I)=(R*R+L(I)*L(I)-T*T)/(2*R*L(I)):
    EP2(I)=ATN(SQR(ABS(1-Q(I)*Q(I)))/Q(I))
100 EP1(I)=ATN(((C*COS(KSI(I)))-E)/((B/2)-(C*SIN(KSI(I)))))
105 BS(I)=NY-EP2(I)+EP1(I)-O
115 NEXT I
120 IF M<>0 THEN GOTO 140
125 FOR I=1 TO 15
130 AL(I)=-BS(I)
135 NEXT I
140 FOR I=1 TO 15
145 AL(I)=AL(I)*180/PI:PRINT USING "#####.###"; AL(I)
146 AL(I)=AL(I)*PI/180
150 X1(I)=B/2-(C*SIN(ETA(I)))-(R*COS(AL(I)+NY+O)):
    TA1(I)=ATN(SQR(ABS(1-(X1(I)/T)*(X1(I)/T)))/(X1(I)/T))
155 X3(I)=SQR(((J*BIN(ETA(I)+KAP))-U)^2+
    +(W+E-(J*COS(ETA(I)+KAP)))^2)
160 T1(I)=(J*SIN(ETA(I)+KAP)-U)/X3(I):
    TA21(I)=ATN(T1(I)/SQR(ABS(1-T1(I)*T1(I))))
165 T2(I)=(D*D+X3(I)*X3(I)-F*F)/(2*X3(I)*D):
    TA22(I)=ATN(SQR(ABS(1-T2(I)*T2(I)))/T2(I)):
    TA2(I)=TA21(I)+TA22(I)
170 T4(I)=(D*D+F*F-X3(I)*X3(I))/(2*D*F):
    TA4(I)=ATN(SQR(ABS(1-T4(I)*T4(I)))/T4(I))
175 X2(I)=SQR(ABS(X3(I)*X3(I)-S*S)):
    T3(I)=(X3(I)*X3(I)+X2(I)*X2(I)-S*S)/(2*X2(I)*X3(I))
180 TA23(I)=ATN(SQR(ABS(1-T3(I)*T3(I)))/T3(I)):
    T5(I)=(X3(I)*X3(I)+S*S-X2(I)*X2(I))/(2*X3(I)*S)
185 TA8(I)=ATN(SQR(ABS(1-T5(I)*T5(I)))/T5(I)):
    PSI(I)=TA8(I)-PI/2+TA21(I)

```

```

190 TA5(I)=ATN((Y-W-(S*SIN(PSI(I))))/(X-U-(S*COS(PSI(I))))):
    TA3(I)=PI-TA1(I)-AL(I)-NY-O
195 T6(I)=(C*C+T*T-K(I)*K(I))/(2*C*T):
    TA6(I)=ATN(SQR(ABS(1-T6(I)*T6(I)))/T6(I)):
    TA7(I)=PI-TA2(I)-ETA(I)-KAP
196 TA9(I)=PI/2+KSI(I)-EP1(I)-EP3(I):
    TA10(I)=PI-EP2(I)-EP3(I)
200 FP(I)=(MZ/R)*(1/SIN(TA3(I)))*(1/COS(PI/2-TA6(I)))*
    *(C/J)*(1/COS(PI/2-TA7(I)))*(1/COS(TA4(I)-PI/2))*
    *(F/S)*(1/SIN(TA5(I)))
201 F1(I)=FP*COS(TA5(I)):F2(I)=FP*SIN(TA5(I)):
    F3(I)=F2(I)*(S/F):F4(I)=F3(I)*COS(TA4(I)-PI/2)
202 F5(I)=F3(I)*SIN(TA4(I)-PI/2):F6(I)=F4(I)*
    *COS(PI/2-TA7(I)):F7(I)=F4(I)*SIN(PI/2-TA7(I)):
    F8(I)=F6(I)*(J/C)
203 F9(I)=F8(I)*COS(PI/2-TA6(I)):F10(I)=F8(I)*
    *SIN(PI/2-TA6(I)):F11(I)=F9(I)*SIN(TA3(I)):
    F12(I)=F9(I)*COS(TA3(I))
204 Z(I)=(Y-W-(S*SIN(PSI(I)))-(H*SIN(TA5(I))))/SIN(TA5(I))
205 MO(I)=F1(I)*Z(I)*COS(PSI(I))
206 F13(I)=F8(I)*SIN(PI/2-TA9(I)):F14(I)=F8(I)*
    *COS(PI/2-TA9(I)):F15(I)=F14(I)*COS(TA10(I)):
    F16(I)=F14(I)*SIN(TA10(I))
210 DATA 0,5,10,15,20,25,30,35,40,45,50,55,60,65,70
220 NEXT I:CLS
    PRINT "TA1(I),TA2(I),TA5(I)"
224 FOR I=1 TO 15
225 AL(I)=AL(I)*180/PI:TA1(I)=TA1(I)*180/PI:
    TA2(I)=TA2(I)*180/PI:TA5(I)=TA5(I)*180/PI:
    PSI(I)=PSI(I)*180/PI
240 PRINT USING "#####.###";TA1(I),TA2(I),TA5(I):NEXT I
245 LINE INPUT MISA$:CLS
    PRINT "FP(I),MO(I),Z(I)"
250 FOR I=1 TO 15
255 PRINT USING "#####.###";FP(I),MO(I),Z(I):NEXT I
260 LINE INPUT MISA$:CLS
    PRINT "F1(I),F2(I),F3(I),F4(I)"
265 FOR I=1 TO 15
270 PRINT USING "#####.###";F1(I),F2(I),F3(I),F4(I):
    NEXT I
275 LINE INPUT MISA$:CLS
    PRINT "F5(I),F6(I),F7(I),F8(I)"
280 FOR I=1 TO 15
285 PRINT USING "#####.###";F5(I),F6(I),F7(I),F8(I):
    NEXT I
290 LINE INPUT MISA$:CLS
    PRINT "F9(I),F10(I),F11(I),F12(I)"
295 FOR I=1 TO 15
300 PRINT USING "#####.###";F9(I),F10(I),F11(I),F12(I):
    NEXT I
305 LINE INPUT MISA$:CLS
    PRINT "F13(I),F14(I),F15(I),F16(I)"
310 FOR I=1 TO 15
315 PRINT USING "#####.###";F13(I),F14(I),F15(I),F16(I):
    NEXT I
320 LINE INPUT MISA$:CLS
400 END

```

PROGRAM č.4-výpočet sil DV

```

5 PI=3.141592654
10 DIM SIG(20):DIM EPS(20):DIM FPN(20):DIM FPT(20):
    DIM FP(20):DIM FRN(20):DIM Y(20):DIM MO(20):DIM AL(20):
    DIM Z(20):DIM BS(20)
20 INPUT"ZADEJ P,E,O,R,T,DELKU HYDROMOTORU,MEZNI MOMENT,B";
    P,E,O,R,T,H,MZ,B
30 CLS
40 FOR I=1 TO 17:READ AL(I):AL(I)=AL(I)*PI/180:NEXT I
50 INPUT"VYPOCET SIL PRO UHEL AL-1-,BS-0-";M:CLS
60 FOR I=1 TO 17
65 O=O*PI/180
70 X=(SQR(ABS(T^2-((R*COS(AL(I)+O))-E)^2)))-(R*SIN(AL(I)+O))
80 C=SQR(ABS(E^2+(B-X-P)^2))
90 GA1=ATN(E/(B-X-P))
100 Q=(R^2+C^2-T^2)/(2*R*C):GA2=ATN((SQR(ABS(1-Q^2)))/Q)
110 BS(I)=PI/2-GA1-GA2
115 NEXT I
120 IF M>0 THEN GOTO 140
125 FOR I =1 TO 17
130 AL(I)=-BS(I)
135 NEXT I
140 FOR I=1 TO 17
145 AL(I)=AL(I)*180/PI:PRINT USING "#####.###"; AL(I)
148 AL(I)=AL(I)*PI/180
150 L=R*COS(AL(I)+O)-E:L1=R*SIN(AL(I)+O)
160 SIG=ATN(L/SQR(ABS(T^2-L^2))):EPS=PI/2-SIG-AL(I)-O
170 FPN=(MZ*COS(SIG))/(R*SIN(EPS)):FPT=FPN*TAN(SIG)
180 FP=FPN/COS(SIG):FRN=FP*COS(EPS):
    Y=B/2-H/2-SQR(ABS(T^2-L^2))-L1
185 Z=B/2+(R*SIN(AL(I)+O))-P/2-(T*COS(SIG))
190 MO=FPT*Y:SIG(I)=SIG:EPS(I)=EPS:FPN(I)=FPN
200 FPT(I)=FPT:FP(I)=FP:FRN(I)=FRN:Y(I)=Y:MO(I)=MO:Z(I)=Z
210 DATA 0,5,10,15,20,25,30,35,40,45,50,55,60,65,70,75,75.5
220 NEXT I
221 LINE INPUT MISA$:CLS
224 FOR I=1 TO 17
225 AL(I)=AL(I)*180/PI:EPS(I)=EPS(I)*180/PI:
    SIG(I)=SIG(I)*180/PI
226 NEXT I
230 PRINT "FP,FPN,FPT,FRN"
231 FOR I=1 TO 17
240 PRINT USING "#####.###";FP(I),FPN(I),FPT(I),FRN(I)
250 NEXT I:LINE INPUT MISA$:CLS
259 PRINT "MO,Z,EPS,SIG"
260 FOR I=1 TO 17
270 PRINT USING "#####.###";MO(I),Z(I),EPS(I),SIG(I)
280 NEXT I:LINE INPUT MISA$:CLS
400 END

```

TABULKA 1a /

α [°]	β_a [°]	β_d [°]	β_p [°]
0.000	1.264	0.000	1.264
5.000	6.016	4.775	1.241
10.000	10.411	9.146	1.266
15.000	14.501	13.174	1.327
20.000	18.331	16.918	1.413
25.000	21.944	20.429	1.516
30.000	25.364	23.754	1.634
35.000	28.607	26.932	1.764
40.000	31.911	30.001	1.910
45.000	35.070	32.994	2.075
50.000	38.217	35.942	2.275
55.000	41.403	38.875	2.528
60.000	44.694	41.822	2.872
65.000	48.183	44.814	3.370
70.000	52.019	47.881	4.138

1 b/

α [°]	β_a [°]	x [mm]	y [mm]	dy [mm]
0.000	1.264	-384.900	0.000	1425.000
5.000	6.016	-35.722	36.800	1388.200
10.000	10.411	-7.924	69.266	1355.735
15.000	14.501	6.813	101.308	1323.692
20.000	18.331	18.080	133.511	1291.489
25.000	21.944	28.070	166.393	1258.607
30.000	25.364	37.602	200.512	1224.488
35.000	28.607	47.140	236.502	1188.498
40.000	31.911	56.978	275.161	1149.839
45.000	35.070	67.386	317.514	1107.486
50.000	38.217	78.639	364.988	1060.012
55.000	41.403	91.055	419.655	1005.345
60.000	44.694	105.038	484.736	940.264
65.000	48.183	121.136	565.643	859.357
70.000	52.019	140.138	672.477	752.523

1 c/

α [°]	ξ [°]	γ [°]	ε [°]
0.000	35.440	53.940	68.736
5.000	33.050	51.550	63.984
10.000	30.762	49.262	59.589
15.000	28.569	47.069	55.499
20.000	26.467	44.967	51.669
25.000	24.449	42.949	48.055
30.000	22.504	41.004	44.612
35.000	20.623	39.123	41.303
40.000	18.796	37.296	38.089
45.000	17.012	35.512	34.930
50.000	15.257	33.757	31.783
55.000	13.515	32.015	28.597
60.000	11.769	30.269	25.306
65.000	9.993	28.493	21.817
70.000	8.152	26.652	17.981

1 d/

α [°]	K [mm]	L [mm]
0.000	340.154	250.248
5.000	350.984	260.064
10.000	362.126	269.618
15.000	373.470	278.878
20.000	384.917	287.835
25.000	396.373	296.492
30.000	407.756	304.871
35.000	418.987	312.994
40.000	429.996	320.898
45.000	440.719	328.621
50.000	451.099	336.215
55.000	461.081	343.737
60.000	470.617	351.264
65.000	479.664	358.895
70.000	488.181	366.775

TABULKA 2a/

α [°]	β_s [°]	β_A [°]	$\Delta\beta$ [°]
0.000	0.162	0.000	0.162
5.000	4.956	4.778	0.178
10.000	9.385	9.156	0.229
15.000	13.500	13.196	0.304
20.000	17.349	16.954	0.396
25.000	20.979	20.481	0.499
30.000	24.430	23.822	0.608
35.000	27.741	27.019	0.722
40.000	30.952	30.107	0.845
45.000	34.101	33.119	0.982
50.000	37.232	36.087	1.144
55.000	40.393	39.041	1.352
60.000	43.649	42.010	1.639
65.000	47.086	45.024	2.063
70.000	50.844	48.113	2.731

2 b/

α [°]	β_s [°]	x [mm]	y [mm]	dy [mm]
0.000	0.162	-385.000	0.000	1445.000
5.000	4.956	1.713	33.533	1411.467
10.000	9.385	12.452	65.690	1379.310
15.000	13.500	21.123	97.501	1347.499
20.000	17.349	29.349	129.447	1315.554
25.000	20.979	37.542	162.023	1282.977
30.000	24.430	45.942	195.755	1249.245
35.000	27.741	54.723	231.262	1213.738
40.000	30.952	64.055	269.304	1175.696
45.000	34.101	74.131	310.869	1134.132
50.000	37.232	85.187	357.304	1087.697
55.000	40.393	97.522	410.561	1034.439
60.000	43.649	111.537	473.652	971.348
65.000	47.086	127.798	551.571	893.429
70.000	50.844	147.146	653.498	791.502

2 c/

α [°]	ξ [°]	γ [°]	ε [°]
0.000	35.960	53.960	69.838
5.000	33.569	51.569	65.044
10.000	31.278	49.278	60.615
15.000	29.085	47.085	56.500
20.000	26.982	44.982	52.651
25.000	24.961	42.961	49.021
30.000	23.015	41.015	45.570
35.000	21.133	39.133	42.259
40.000	19.306	37.306	39.048
45.000	17.520	35.520	35.899
50.000	15.764	33.764	32.768
55.000	14.022	32.022	29.607
60.000	12.275	30.275	26.351
65.000	10.498	28.498	22.914
70.000	8.656	26.656	19.156

2 d/

α [°]	K [mm]	L [mm]
0.000	340.216	248.231
5.000	351.056	258.015
10.000	362.207	267.546
15.000	373.560	276.788
20.000	385.016	285.733
25.000	396.481	294.386
30.000	407.872	302.761
35.000	419.111	310.884
40.000	430.128	318.789
45.000	440.858	326.517
50.000	451.244	334.116
55.000	461.233	341.645
60.000	470.775	349.181
65.000	479.828	356.822
70.000	488.350	364.713

TABULKA 3a/

α [°]	β_s [°]	β_A [°]	$\Delta\beta$ [°]
0.000	-0.948	0.000	-0.948
5.000	3.889	4.781	-0.892
10.000	8.352	9.167	-0.815
15.000	12.496	13.217	-0.722
20.000	16.366	16.988	-0.622
25.000	20.011	20.531	-0.519
30.000	23.471	23.889	-0.418
35.000	26.786	27.103	-0.317
40.000	29.996	30.210	-0.214
45.000	33.138	33.242	-0.104
50.000	36.254	36.230	0.025
55.000	39.394	39.204	0.190
60.000	42.617	42.194	0.423
65.000	46.008	45.229	0.779
70.000	49.697	48.340	1.356

3b/

α [°]	β_s [°]	x [mm]	y [mm]	dy [mm]
0.000	-0.948	-385.100	0.000	1465.000
5.000	3.889	48.338	29.463	1435.537
10.000	8.352	35.174	61.701	1403.299
15.000	12.496	36.449	93.421	1371.579
20.000	16.366	41.160	125.184	1339.816
25.000	20.011	47.348	157.496	1307.504
30.000	23.471	54.494	190.875	1274.125
35.000	26.786	62.436	225.932	1239.068
40.000	29.996	71.196	263.397	1201.603
45.000	33.138	80.887	304.213	1160.787
50.000	36.254	91.700	349.661	1115.340
55.000	39.394	103.905	401.588	1063.412
60.000	42.617	117.897	462.810	1002.190
65.000	46.008	134.247	537.955	927.045
70.000	49.697	153.830	635.409	829.591

3 c /

α [°]	ξ [°]	γ [°]	ε [°]
0.000	36.481	53.981	70.948
5.000	34.088	51.588	66.111
10.000	31.795	49.295	61.648
15.000	29.600	47.100	57.504
20.000	27.495	44.995	53.634
25.000	25.473	42.973	49.989
30.000	23.526	41.026	46.529
35.000	21.644	39.144	43.214
40.000	19.815	37.315	40.004
45.000	18.028	35.528	36.862
50.000	16.271	33.771	33.746
55.000	14.528	32.028	30.606
60.000	12.781	30.281	27.383
65.000	11.003	28.503	23.992
70.000	9.161	26.661	20.303

3 d /

α [°]	K [mm]	L [mm]
0.000	340.279	246.224
5.000	351.128	255.974
10.000	362.288	265.478
15.000	373.651	274.705
20.000	385.115	283.637
25.000	396.589	292.283
30.000	407.988	300.652
35.000	419.235	308.775
40.000	430.259	316.682
45.000	440.997	324.413
50.000	451.390	332.017
55.000	461.385	339.552
60.000	470.934	347.096
65.000	479.992	354.746
70.000	488.519	362.648

TABULKA 4a1/

α [°]	β_s [°]	β_A [°]	$\Delta\beta$ [°]
0.000	0.260	0.000	0.260
5.000	5.097	4.791	0.306
10.000	9.645	9.203	0.442
15.000	13.932	13.292	0.640
20.000	17.988	17.111	0.878
25.000	21.840	20.707	1.133
30.000	25.514	24.125	1.390
35.000	29.039	27.402	1.637
40.000	32.440	30.574	1.866
45.000	35.747	33.674	2.073
50.000	38.991	36.733	2.258
55.000	42.206	39.779	2.427
60.000	45.434	42.843	2.590
65.000	48.726	45.955	2.772
70.000	52.157	49.144	3.013
75.000	55.839	52.445	3.395
75.500	56.228	52.782	3.446

4a2/

α [°]	β_s [°]	x [mm]	y [mm]	dy [mm]
0.000	0.260	-358.900	0.000	1425.000
5.000	5.097	-3.440	31.526	1393.474
10.000	9.645	6.586	61.770	1363.230
15.000	13.932	13.747	91.947	1333.053
20.000	17.988	20.355	122.492	1302.508
25.000	21.840	26.971	153.848	1271.152
30.000	25.514	33.864	186.505	1238.495
35.000	29.039	41.228	221.036	1203.964
40.000	32.440	49.251	258.148	1166.852
45.000	35.747	58.144	298.756	1126.244
50.000	38.991	68.166	344.100	1080.900
55.000	42.206	79.663	395.935	1029.065
60.000	45.434	93.118	456.883	968.117
65.000	48.726	109.247	531.094	893.906
70.000	52.157	129.176	625.668	799.332
75.000	55.839	154.836	754.112	670.888
75.500	56.228	157.836	769.725	655.276

4a3 /

α [°]	C [mm]	X1 [mm]	γ_1 [°]	γ_2 [°]
0.000	111.124	102.519	22.207	67.533
5.000	117.496	95.667	20.944	63.959
10.000	123.666	89.085	19.854	60.501
15.000	129.590	82.805	18.911	57.157
20.000	135.241	76.846	18.093	53.919
25.000	140.604	71.216	17.380	50.780
30.000	145.673	65.913	16.757	47.728
35.000	150.455	60.926	16.210	44.752
40.000	154.960	56.240	15.726	41.834
45.000	159.204	51.836	15.296	38.957
50.000	163.205	47.692	14.913	36.097
55.000	166.986	43.783	14.567	33.227
60.000	170.567	40.085	14.255	30.311
65.000	173.970	36.576	13.970	27.303
70.000	177.220	33.229	13.709	24.134
75.000	180.336	30.023	13.468	20.693
75.500	180.641	29.709	13.445	20.327

TABULKA 4b1/

α [°]	β_s [°]	β_A [°]	$\Delta\beta$ [°]
0.000	0.150	0.000	0.150
5.000	4.990	4.794	0.196
10.000	9.539	9.213	0.326
15.000	13.827	13.313	0.515
20.000	17.882	17.144	0.738
25.000	21.732	20.756	0.976
30.000	25.403	24.190	1.213
35.000	28.923	27.484	1.439
40.000	32.319	30.675	1.644
45.000	35.619	33.794	1.825
50.000	38.855	36.872	1.982
55.000	42.059	39.939	2.120
60.000	45.273	43.024	2.249
65.000	48.548	46.156	2.392
70.000	51.955	49.368	2.587
75.000	55.603	52.690	2.913
75.500	55.987	53.030	2.957

4 b2 /

α [°]	β_s [°]	x [mm]	y [mm]	d y [mm]
0.000	0.150	-357.000	0.000	1445.000
5.000	4.990	0.353	31.203	1413.797
10.000	9.539	8.585	61.435	1383.565
15.000	13.827	15.156	91.597	1353.403
20.000	17.882	21.486	122.117	1322.883
25.000	21.732	27.951	153.438	1291.562
30.000	25.403	34.758	186.046	1258.954
35.000	28.923	42.077	220.512	1224.489
40.000	32.319	50.082	257.535	1187.465
45.000	35.619	58.977	298.023	1146.978
50.000	38.855	69.021	343.200	1101.800
55.000	42.059	80.559	394.799	1050.201
60.000	45.273	94.075	455.400	989.600
65.000	48.548	110.289	529.074	915.927
70.000	51.955	130.337	622.751	822.249
75.000	55.603	156.163	749.533	695.467
75.500	55.987	159.183	764.902	680.098

4 b3/

α [°]	C [mm]	X1 [mm]	γ_1 [°]	γ_2 [°]
0.000	111.146	102.695	22.202	67.647
5.000	117.526	95.835	20.939	64.071
10.000	123.704	89.245	19.848	60.613
15.000	129.635	82.957	18.904	57.269
20.000	135.293	76.992	18.086	54.032
25.000	140.661	71.356	17.373	50.895
30.000	145.736	66.047	16.750	47.847
35.000	150.523	61.055	16.202	44.875
40.000	155.032	56.366	15.719	41.963
45.000	159.279	51.958	15.289	39.092
50.000	163.284	47.810	14.905	36.240
55.000	167.067	43.899	14.560	33.381
60.000	170.650	40.200	14.248	30.479
65.000	174.055	36.689	13.963	27.488
70.000	177.305	33.342	13.703	24.343
75.000	180.421	30.135	13.461	20.936
75.500	180.726	29.822	13.438	20.575

TABULKA 4c1/

α [°]	β_s [°]	β_A [°]	$\Delta\beta$ [°]
0.000	0.041	0.000	0.041
5.000	4.884	4.796	0.087
10.000	9.434	9.223	0.212
15.000	13.722	13.333	0.390
20.000	17.776	17.177	0.599
25.000	21.624	20.804	0.820
30.000	25.292	24.253	1.039
35.000	28.808	27.565	1.243
40.000	32.199	30.774	1.425
45.000	35.492	33.912	1.581
50.000	38.719	37.009	1.710
55.000	41.913	40.096	1.818
60.000	45.114	43.201	1.913
65.000	48.372	46.354	2.018
70.000	51.755	49.586	2.169
75.000	55.369	52.931	2.439
75.500	55.749	53.272	2.477

4c2/

α [°]	β_s [°]	x [mm]	y [mm]	dy [mm]
0.000	0.041	-357.100	0.000	1465.000
5.000	4.884	4.222	30.873	1434.127
10.000	9.434	10.599	61.098	1403.903
15.000	13.722	16.571	91.245	1373.755
20.000	17.776	22.619	121.741	1343.259
25.000	21.624	28.932	153.027	1311.973
30.000	25.292	35.652	185.588	1279.412
35.000	28.808	42.925	219.988	1245.012
40.000	32.199	50.910	256.924	1208.076
45.000	35.492	59.808	297.292	1167.708
50.000	38.719	69.873	342.304	1122.696
55.000	41.913	81.449	393.671	1071.329
60.000	45.114	95.024	453.929	1011.071
65.000	48.372	111.321	527.075	937.925
70.000	51.755	131.483	619.878	845.122
75.000	55.369	157.466	745.046	719.954
75.500	55.749	160.504	760.182	704.818

4c3/

α [°]	C [mm]	X1 [mm]	γ_1 [°]	γ_2 [°]
0.000	111.168	102.871	22.198	67.761
5.000	117.556	96.002	20.933	64.183
10.000	123.741	89.405	19.841	60.724
15.000	129.680	83.110	18.897	57.380
20.000	135.344	77.138	18.079	54.145
25.000	140.719	71.495	17.366	51.010
30.000	145.799	66.181	16.742	47.966
35.000	150.591	61.185	16.195	44.997
40.000	155.104	56.491	15.711	42.090
45.000	159.355	52.080	15.282	39.226
50.000	163.363	47.929	14.898	36.383
55.000	167.148	44.015	14.553	33.534
60.000	170.733	40.314	14.241	30.645
65.000	174.139	36.802	13.957	27.671
70.000	177.390	33.454	13.696	24.549
75.000	180.506	30.248	13.455	21.176
75.500	180.812	29.934	13.432	20.819

TABULKA 5a1 /

α [°]	β_s [°]	β_A [°]	$\Delta\beta$ [°]
0.000	0.260	0.000	0.260
5.000	5.097	4.790	0.306
10.000	9.645	9.200	0.444
15.000	13.932	13.287	0.646
20.000	17.988	17.102	0.886
25.000	21.840	20.695	1.145
30.000	25.514	24.108	1.407
35.000	29.039	27.380	1.658
40.000	32.440	30.548	1.892
45.000	35.747	33.643	2.104
50.000	38.991	36.696	2.294
55.000	42.206	39.738	2.468
60.000	45.434	42.797	2.637
65.000	48.726	45.902	2.824
70.000	52.157	49.086	3.070
75.000	55.839	52.381	3.458
75.500	56.228	52.718	3.510

5a2 /

α [°]	β_s [°]	x [mm]	y [mm]	dy [mm]
0.000	0.260	-356.900	0.000	1420.000
5.000	5.097	-3.440	31.526	1388.474
10.000	9.645	6.586	61.770	1358.230
15.000	13.932	13.747	91.947	1328.053
20.000	17.988	20.355	122.492	1297.508
25.000	21.840	26.971	153.848	1266.152
30.000	25.514	33.864	186.505	1233.495
35.000	29.039	41.228	221.036	1198.964
40.000	32.440	49.251	258.148	1161.852
45.000	35.747	58.144	298.756	1121.244
50.000	38.991	68.166	344.100	1075.900
55.000	42.206	79.663	395.935	1024.065
60.000	45.434	93.118	456.883	963.117
65.000	48.726	109.247	531.094	888.906
70.000	52.157	129.176	625.668	794.332
75.000	55.839	154.836	754.112	665.888
75.500	56.228	157.836	769.725	650.276

5a3/

α [°]	C [mm]	X1 [mm]	γ_1 [°]	γ_2 [°]
0.000	111.124	102.519	22.207	67.533
5.000	117.496	95.667	20.944	63.959
10.000	123.666	89.085	19.854	60.501
15.000	129.590	82.805	18.911	57.157
20.000	135.241	76.846	18.093	53.919
25.000	140.604	71.216	17.380	50.780
30.000	145.673	65.913	16.757	47.728
35.000	150.455	60.926	16.210	44.752
40.000	154.960	56.240	15.726	41.834
45.000	159.204	51.836	15.296	38.957
50.000	163.205	47.692	14.913	36.097
55.000	166.986	43.783	14.567	33.227
60.000	170.567	40.085	14.255	30.311
65.000	173.970	36.576	13.970	27.303
70.000	177.220	33.229	13.709	24.134
75.000	180.336	30.023	13.468	20.693
75.500	180.641	29.709	13.445	20.327

TABULKA 5b1/

α [°]	β_s [°]	β_A [°]	$\Delta\beta$ [°]
0.000	0.150	0.000	0.150
5.000	4.990	4.793	0.197
10.000	9.539	9.210	0.329
15.000	13.827	13.307	0.520
20.000	17.882	17.136	0.746
25.000	21.732	20.744	0.988
30.000	25.403	24.173	1.230
35.000	28.923	27.463	1.460
40.000	32.319	30.649	1.670
45.000	35.619	33.764	1.856
50.000	38.855	36.837	2.018
55.000	42.059	39.899	2.160
60.000	45.273	42.978	2.295
65.000	48.548	46.105	2.443
70.000	51.955	49.311	2.644
75.000	55.603	52.628	2.975
75.500	55.987	52.967	3.020

5b2/

α [°]	β_s [°]	x [mm]	y [mm]	d y [mm]
0.000	0.150	-357.000	0.000	1440.000
5.000	4.990	0.353	31.203	1408.797
10.000	9.539	8.585	61.435	1378.565
15.000	13.827	15.156	91.597	1348.403
20.000	17.882	21.486	122.117	1317.883
25.000	21.732	27.951	153.438	1286.562
30.000	25.403	34.758	186.046	1253.954
35.000	28.923	42.077	220.512	1219.489
40.000	32.319	50.082	257.535	1182.465
45.000	35.619	58.977	298.023	1141.978
50.000	38.855	69.021	343.200	1096.800
55.000	42.059	80.559	394.799	1045.201
60.000	45.273	94.075	455.400	984.600
65.000	48.548	110.289	529.074	910.927
70.000	51.955	130.337	622.751	817.249
75.000	55.603	156.163	749.533	690.467
75.500	55.987	159.183	764.902	675.098

5b3/

α [°]	C [mm]	X1 [mm]	γ_1 [°]	γ_2 [°]
0.000	111.146	102.695	22.202	67.647
5.000	117.526	95.835	20.939	64.071
10.000	123.704	89.245	19.848	60.613
15.000	129.635	82.957	18.904	57.269
20.000	135.293	76.992	18.086	54.032
25.000	140.661	71.356	17.373	50.895
30.000	145.736	66.047	16.750	47.847
35.000	150.523	61.055	16.202	44.875
40.000	155.032	56.366	15.719	41.963
45.000	159.279	51.958	15.289	39.092
50.000	163.284	47.810	14.905	36.240
55.000	167.067	43.899	14.560	33.381
60.000	170.650	40.200	14.248	30.479
65.000	174.055	36.689	13.963	27.488
70.000	177.305	33.342	13.703	24.343
75.000	180.421	30.135	13.461	20.936
75.500	180.726	29.822	13.438	20.575

TABULKA 5c1/

α [°]	β_s [°]	β_A [°]	$\Delta\beta$ [°]
0.000	0.041	0.000	0.041
5.000	4.884	4.796	0.088
10.000	9.434	9.220	0.214
15.000	13.722	13.328	0.395
20.000	17.776	17.169	0.607
25.000	21.624	20.792	0.832
30.000	25.292	24.237	1.055
35.000	28.808	27.545	1.263
40.000	32.199	30.749	1.450
45.000	35.492	33.882	1.610
50.000	38.719	36.974	1.745
55.000	41.913	40.056	1.857
60.000	45.114	43.156	1.958
65.000	48.372	46.304	2.068
70.000	51.755	49.531	2.224
75.000	55.369	52.870	2.499
75.500	55.749	53.211	2.538

5c2/

α [°]	β_s [°]	x [mm]	y [mm]	dy [mm]
0.000	0.041	-357.100	0.000	1460.000
5.000	4.884	4.222	30.873	1429.127
10.000	9.434	10.599	61.098	1398.903
15.000	13.722	16.571	91.245	1368.755
20.000	17.776	22.619	121.741	1338.259
25.000	21.624	28.932	153.027	1306.973
30.000	25.292	35.652	185.588	1274.412
35.000	28.808	42.925	219.988	1240.012
40.000	32.199	50.910	256.924	1203.076
45.000	35.492	59.808	297.292	1162.708
50.000	38.719	69.873	342.304	1117.696
55.000	41.913	81.449	393.671	1066.329
60.000	45.114	95.024	453.929	1006.071
65.000	48.372	111.321	527.075	932.925
70.000	51.755	131.483	619.878	840.122
75.000	55.369	157.466	745.046	714.954
75.500	55.749	160.504	760.182	699.818

5c3/

α [°]	c [mm]	X1 [mm]	γ_1 [°]	γ_2 [°]
0.000	111.168	102.871	22.198	67.761
5.000	117.556	96.002	20.933	64.183
10.000	123.741	89.405	19.841	60.724
15.000	129.680	83.110	18.897	57.380
20.000	135.344	77.138	18.079	54.145
25.000	140.719	71.495	17.366	51.010
30.000	145.799	66.181	16.742	47.966
35.000	150.591	61.185	16.195	44.997
40.000	155.104	56.491	15.711	42.090
45.000	159.355	52.080	15.282	39.226
50.000	163.363	47.929	14.898	36.383
55.000	167.148	44.015	14.553	33.534
60.000	170.733	40.314	14.241	30.645
65.000	174.139	36.802	13.957	27.671
70.000	177.390	33.454	13.696	24.549
75.000	180.506	30.248	13.455	21.176
75.500	180.812	29.934	13.432	20.819

TABULKA 6

α [°]	τ_1 [°]	τ_2 [°]	τ_3 [°]
0.000	44.251	28.573	84.562
5.000	43.427	28.488	84.580
10.000	42.321	28.356	84.596
15.000	40.953	28.183	84.609
20.000	39.344	27.974	84.620
25.000	37.510	27.736	84.629
30.000	35.470	27.471	84.637
35.000	33.238	27.183	84.644
40.000	30.827	26.873	84.650
45.000	28.249	26.542	84.655
50.000	25.511	26.190	84.659
55.000	22.617	25.814	84.663
60.000	19.568	25.412	84.666
65.000	16.355	24.976	84.669
70.000	12.963	24.497	84.671

TABULKA 7

α [°]	F_P [N]	M_0 [Nmm]	Z [mm]
0.000	32845.000	597678.563	199.134
5.000	32845.000	593608.750	198.015
10.000	32845.000	590048.125	197.024
15.000	32845.000	586937.563	196.151
20.000	32845.000	584222.063	195.381
25.000	32845.000	581853.250	194.704
30.000	32845.000	579785.375	194.109
35.000	32845.000	577981.500	193.587
40.000	32845.000	576406.375	193.128
45.000	32845.000	575031.938	192.726
50.000	32845.000	573834.188	192.374
55.000	32845.000	572792.625	192.067
60.000	32845.000	571890.375	191.800
65.000	32845.000	571115.250	191.570
70.000	32845.000	570460.125	191.375

TABULKA 8

α [°]	F_1 [N]	F_2 [N]	F_3 [N]	F_4 [N]
0.000	3112.484	32697.193	26339.406	-26332.299
5.000	3102.190	32698.172	26340.193	-26339.359
10.000	3093.459	32699.000	26340.861	-26321.270
15.000	3086.045	32699.699	26341.424	-26279.541
20.000	3079.741	32700.293	26341.902	-26215.725
25.000	3074.374	32700.799	26342.311	-26131.316
30.000	3069.789	32701.230	26342.658	-26027.537
35.000	3065.871	32701.598	26342.953	-25905.316
40.000	3062.511	32701.912	26343.207	-25765.170
45.000	3059.626	32702.182	26343.424	-25607.121
50.000	3057.151	32702.414	26343.611	-25430.553
55.000	3055.026	32702.611	26343.770	-25234.006
60.000	3053.205	32702.781	26343.906	-25014.836
65.000	3051.658	32702.926	26344.023	-24768.557
70.000	3050.363	32703.047	26344.121	-24487.576

TABULKA 9

α [°]	F ₅ [N]	F ₆ [N]	F ₇ [N]	F ₈ [N]
0.000	-611.833	-26206.033	-2575.604	-13631.364
5.000	-209.531	-26088.154	-3629.053	-13570.048
10.000	-1015.755	-25915.189	-4605.670	-13480.078
15.000	-1804.526	-25695.908	-5507.682	-13366.017
20.000	-2575.185	-25437.760	-6339.129	-13231.738
25.000	-3327.404	-25147.113	-7104.114	-13080.555
30.000	-4062.389	-24828.822	-7807.834	-12914.992
35.000	-4781.812	-24486.584	-8455.329	-12736.973
40.000	-5488.221	-24122.824	-9051.703	-12547.760
45.000	-6184.770	-23738.795	-9601.785	-12348.002
50.000	-6875.526	-23334.439	-10110.240	-12137.672
55.000	-7565.656	-22908.258	-10581.437	-11915.989
60.000	-8261.926	-22456.887	-11019.538	-11681.203
65.000	-8973.639	-21974.313	-11428.516	-11430.187
70.000	-9714.490	-21450.205	-11812.286	-11157.566

TABULKA 10

α [°]	F ₉ [N]	F ₁₀ [N]	F ₁₁ [N]	F ₁₂ [N]
0.000	13491.617	-1946.882	12301.050	5541.472
5.000	13518.502	-1181.652	11888.555	6435.229
10.000	13474.828	-376.183	11387.166	7204.404
15.000	13358.180	-457.653	10813.447	7842.852
20.000	13166.883	-1308.471	10182.719	8347.397
25.000	12900.065	-2165.462	9509.414	8716.808
30.000	12557.328	-3018.366	8806.297	8951.851
35.000	12138.796	-3857.475	8084.968	9054.483
40.000	11644.922	-4673.551	7355.666	9027.646
45.000	11076.384	-5457.736	6627.459	8874.855
50.000	10433.848	-6201.443	5908.202	8599.903
55.000	9717.708	-6896.155	5204.577	8206.475
60.000	8927.601	-7533.157	4522.025	7697.619
65.000	8061.640	-8103.032	3864.556	7074.973
70.000	7114.950	-8594.694	3234.261	6337.355

TABULKA 11

α [°]	F ₁₃ [N]	F ₁₄ [N]	F ₁₅ [N]	F ₁₆ [N]
0.000	-1596.326	-13537.571	-9774.354	-9366.314
5.000	-2522.672	-13333.504	-8850.916	-9972.142
10.000	-3287.522	-13073.053	-7903.295	-10413.579
15.000	-3916.318	-12779.392	-6958.689	-10718.651
20.000	-4430.926	-12467.790	-6033.409	-10910.718
25.000	-4849.260	-12148.480	-5137.494	-11008.712
30.000	-5186.604	-11827.771	-4275.384	-11028.021
35.000	-5455.366	-11509.538	-3448.576	-10980.746
40.000	-5665.718	-11195.799	-2656.127	-10876.162
45.000	-5825.769	-10887.313	-1895.611	-10721.019
50.000	-5941.875	-10583.817	-1163.328	-10519.689
55.000	-6018.772	-10284.220	-454.466	-10274.173
60.000	-6059.585	-9986.588	236.995	-9983.775
65.000	-6065.674	-9687.970	918.791	-9644.303
70.000	-6036.054	-9383.888	1601.521	-9246.214

TABULKA 12 a/

α [°]	τ_1 [°]	τ_2 [°]	τ_5 [°]
0.000	44.251	28.573	84.562
5.000	43.427	28.488	84.580
10.000	42.321	28.356	84.596
15.000	40.953	28.183	84.609
20.000	39.344	27.974	84.620
25.000	37.510	27.736	84.629
30.000	35.470	27.471	84.637
35.000	33.238	27.183	84.644
40.000	30.827	26.873	84.650
45.000	28.249	26.542	84.655
50.000	25.511	26.190	84.659
55.000	22.617	25.814	84.663
60.000	19.568	25.412	84.666
65.000	16.355	24.976	84.669
70.000	12.963	24.497	84.671

12 b/

α [°]	F_P [N]	M_0 [Nmm]	Z [mm]
0.000	32063.047	583449.375	199.134
5.000	33175.531	599582.500	198.015
10.000	34636.289	622228.000	197.024
15.000	36473.953	651786.625	196.151
20.000	38733.184	688956.688	195.381
25.000	41475.656	734746.375	194.704
30.000	44787.180	790590.750	194.109
35.000	48783.020	858446.750	193.587
40.000	53619.781	940989.000	193.128
45.000	59511.363	1041891.750	192.726
50.000	66756.211	1166296.125	192.374
55.000	75781.219	1321568.875	192.067
60.000	87219.570	1518649.125	191.800
65.000	102058.070	1774605.625	191.570
70.000	121947.234	2118010.000	191.375

12 c/

α [°]	F_1 [N]	F_2 [N]	F_3 [N]	F_4 [N]
0.000	3038.384	31918.760	25712.334	-25705.396
5.000	3133.409	33027.227	26605.266	-26604.424
10.000	3262.169	34482.324	27777.428	-27756.768
15.000	3427.013	36312.598	29251.814	-29183.096
20.000	3631.852	38562.535	31064.264	-30915.467
25.000	3882.224	41293.563	33264.258	-32997.820
30.000	4185.940	44591.137	35920.637	-35490.938
35.000	4553.584	48570.031	39125.859	-38475.859
40.000	4999.579	53386.188	43005.539	-42061.887
45.000	5543.691	59252.594	47731.258	-46397.160
50.000	6213.542	66466.406	53542.383	-51686.625
55.000	7048.671	75452.695	60781.336	-58220.848
60.000	8107.756	86841.914	69955.984	-66426.648
65.000	9482.305	101616.609	81857.828	-76962.438
70.000	11325.419	121420.188	97810.703	-90917.703

12 d /

α [°]	F ₅ [N]	F ₆ [N]	F ₇ [N]	F ₈ [N]
0.000	-597.267	-25582.139	-2514.286	-13306.838
5.000	-211.639	-26350.691	-3665.574	-13706.609
10.000	-1071.152	-27328.541	-4856.853	-14215.249
15.000	-2003.903	-28534.979	-6116.210	-14842.791
20.000	-3036.843	-29998.035	-7475.557	-15603.816
25.000	-4201.744	-31754.998	-8970.855	-16517.721
30.000	-5539.441	-33856.379	-10646.699	-17610.777
35.000	-7102.184	-36368.688	-12558.273	-18917.584
40.000	-8959.573	-39380.742	-14776.991	-20484.338
45.000	-11206.092	-43011.969	-17397.330	-22373.162
50.000	-13974.245	-47426.355	-20548.678	-24669.354
55.000	-17455.766	-52854.793	-24413.887	-27493.018
60.000	-21939.463	-59634.043	-29262.275	-31019.320
65.000	-27883.463	-68279.984	-35511.410	-35516.605
70.000	-36068.055	-79640.523	-43856.766	-41425.918

12 e /

α [°]	F ₉ [N]	F ₁₀ [N]	F ₁₁ [N]	F ₁₂ [N]
0.000	13170.418	1900.532	12008.194	5409.544
5.000	13654.545	1193.543	12008.194	6499.990
10.000	14209.713	396.699	12008.195	7597.315
15.000	14834.088	-508.217	12008.194	8709.387
20.000	15527.334	-1543.042	12008.193	9843.851
25.000	16289.805	-2734.478	12008.194	11007.316
30.000	17123.070	-4115.819	12008.194	12206.671
35.000	18029.143	-5729.313	12008.195	13448.168
40.000	19010.445	-7629.617	12008.193	14737.718
45.000	20069.135	-9888.790	12008.195	16080.218
50.000	21206.396	-12604.195	12008.194	17478.975
55.000	22421.061	-15911.067	12008.194	18934.287
60.000	23707.156	-20004.225	12008.194	20440.951
65.000	25049.643	-25178.258	12008.195	21983.809
70.000	26416.453	-31910.463	12008.194	23529.393

12 f /

α [°]	F ₁₃ [N]	F ₁₄ [N]	F ₁₅ [N]	F ₁₆ [N]
0.000	-1558.322	-13215.277	-9541.652	-9143.327
5.000	-2548.059	-13467.685	-8939.986	-10072.496
10.000	-3466.816	-13786.025	-8334.321	-10981.511
15.000	-4349.021	-14191.352	-7727.536	-11902.926
20.000	-5225.266	-14702.914	-7115.029	-12866.703
25.000	-6123.497	-15340.727	-6487.469	-13901.462
30.000	-7072.411	-16128.251	-5829.879	-15037.719
35.000	-8102.580	-17094.537	-5121.997	-16309.149
40.000	-9249.340	-18277.248	-4336.153	-17755.438
45.000	-10555.624	-19726.561	-3434.629	-19425.254
50.000	-12076.635	-21511.203	-2364.419	-21380.865
55.000	-13886.738	-23728.139	-1048.561	-23704.959
60.000	-16091.169	-26519.285	629.337	-26511.816
65.000	-18847.648	-30103.080	2854.927	-29967.396
70.000	-22410.719	-34840.586	5946.143	-34329.430

TABULKA 13 a /

α [°]	FP1 [N]	FPT1 [N]	FRN1 [N]
0.000	52256.406	18134.645	18134.643
5.000	52199.410	17969.742	22172.766
10.000	52032.668	17479.469	25724.211
15.000	51768.473	16676.572	28792.752
20.000	51425.883	15580.591	31402.977
25.000	51028.941	14215.694	33595.828
30.000	50604.680	12608.205	35423.449
35.000	50181.340	10784.251	36944.258
40.000	49786.949	8767.757	38218.770
45.000	49448.449	6578.920	39306.488
50.000	49191.324	4233.153	40263.969
55.000	49039.738	1740.401	41143.949
60.000	49017.020	-895.289	41995.258
65.000	49146.523	-3676.133	42863.496
70.000	49452.730	-6611.034	43792.141
75.000	49962.711	-9716.252	44824.156
75.500	50026.078	-10037.014	44934.730

13 b /

α [°]	M01 [Nmm]	Z1 [mm]	ϵ_1 [°]	ϕ_1 [°]
0.000	2072881.625	0.105	69.694	20.306
5.000	1926724.250	6.965	64.864	20.136
10.000	1747450.875	13.555	60.371	19.629
15.000	1544777.750	19.843	56.208	18.792
20.000	1328789.625	25.808	52.364	17.636
25.000	1109184.500	31.444	48.824	16.176
30.000	894591.438	36.753	45.573	14.427
35.000	692050.938	41.745	42.590	12.410
40.000	506674.031	46.434	39.857	10.143
45.000	341478.375	50.842	37.354	7.646
50.000	197360.813	54.990	35.063	4.937
55.000	73160.914	58.901	32.966	2.034
60.000	-34232.469	62.600	31.047	-1.047
65.000	-129775.336	66.111	29.290	-4.290
70.000	-220196.766	69.458	27.683	-7.683
75.000	-313994.875	72.665	26.214	-11.214
75.500	-323942.281	72.978	26.074	-11.574

TABULKA 14a/

β_s [°]	F_{P2} [N]	F_{PT2} [N]	F_{RN2} [N]
0.150	52256.355	18134.494	18005.764
4.990	52199.633	17970.391	13639.265
9.539	52052.352	17537.979	9173.584
13.827	51838.285	16892.041	4689.780
17.882	51579.117	16079.135	253.742
21.732	51293.227	15136.980	-4084.946
25.403	50995.375	14094.735	-8292.063
28.923	50696.957	12973.608	-12346.958
32.319	50406.504	11787.666	-16240.114
35.619	50130.359	10544.480	-19970.947
38.855	49873.309	9245.551	-23545.674
42.059	49639.285	7886.185	-26975.813
45.273	49432.063	6454.606	-30277.168
48.548	49256.152	4929.675	-33469.461
51.955	49118.191	3275.689	-36576.973
55.603	49029.711	1430.270	-39631.152
55.987	49024.309	1231.355	-39935.219

14 b/

β_6 [°]	M_{02} [Nmm]	Z_2 [mm]	ε_2 [°]	δ_2 [°]
0.150	2076671.500	-0.105	69.845	20.306
4.990	2177151.000	-6.965	74.853	20.137
9.539	2230134.750	-13.555	79.849	19.690
13.827	2239819.500	-19.843	84.809	19.018
17.882	2211223.500	-25.808	89.718	18.164
21.732	2149415.000	-31.444	94.568	17.164
25.403	2059019.625	-36.753	99.358	16.045
28.923	1943925.250	-41.745	104.096	14.827
32.319	1807128.750	-46.434	108.795	13.524
35.619	1650648.625	-50.842	113.477	12.142
38.855	1475458.000	-54.990	118.171	10.683
42.059	1281367.375	-58.901	122.918	9.141
45.273	1066787.000	-62.600	127.771	7.503
48.548	828239.375	-66.111	132.804	5.744
51.955	559310.313	-69.458	138.131	3.824
55.603	248234.500	-72.665	143.931	1.672
55.987	214068.078	-72.978	144.548	1.439

TABULKA 15a/

α [°]	F_{P1} [N]	F_{PN1} [N]	F_{PT1} [N]	F_{RN1} [N]
0.000	21046.438	19738.471	7303.787	7303.787
5.000	21803.209	20470.539	7505.795	9261.358
10.000	22707.666	21388.033	7628.245	11226.347
15.000	23750.963	22484.867	7651.079	13209.886
20.000	24925.326	23753.824	7551.670	15220.534
25.000	26223.691	25185.566	7305.423	17264.842
30.000	27639.516	26767.895	6886.413	19347.756
35.000	29166.662	28485.178	6268.079	21472.936
40.000	30799.313	30317.959	5423.929	23642.979
45.000	32531.861	32242.648	4328.235	25859.520
50.000	34358.770	34231.313	2956.740	28123.262
55.000	36274.371	36251.520	1287.363	30433.908
60.000	38272.547	38266.164	-699.043	32789.949
65.000	40346.348	40233.320	-3017.885	35188.359
70.000	42487.430	42106.063	-5679.885	37624.121
75.000	44685.328	43832.215	-8689.959	40089.543
75.500	44907.754	43994.598	-9010.097	40337.316

15 b/

α [°]	M_{01} [Nmm]	Z_1 [mm]	ε_1 [°]	ζ_1 [°]
0.000	834859.750	0.105	69.694	20.306
5.000	804774.875	6.965	64.864	20.136
10.000	762608.063	13.555	60.371	19.629
15.000	708731.688	19.843	56.208	18.792
20.000	644043.688	25.808	52.364	17.636
25.000	570008.125	31.444	48.824	16.176
30.000	488612.438	36.753	45.573	14.427
35.000	402237.500	41.745	42.590	12.410
40.000	313439.813	46.434	39.857	10.143
45.000	224656.734	50.842	37.354	7.646
50.000	137851.016	54.990	35.063	4.937
55.000	54116.648	58.901	32.966	2.034
60.000	-26728.756	62.600	31.047	-1.047
65.000	-106537.766	66.111	29.290	-4.290
70.000	-189182.563	69.458	27.683	-7.683
75.000	-280828.719	72.665	26.214	-11.214
75.500	-290798.781	72.978	26.074	-11.574

TABULKA 16

β_s [°]	F_{P2} [N]	F_{PN2} [N]	F_{PT2} [N]	F_{RN2} [N]
0.150	21026.063	19719.381	7296.663	7244.866
4.990	20448.859	19198.889	7039.781	5343.091
9.539	20052.336	18879.873	6756.226	3533.977
13.827	19819.746	18737.943	6458.470	1793.081
17.882	19738.709	18755.096	6153.292	97.104
21.732	19801.365	18919.496	5843.518	-1576.963
25.403	20004.705	19225.420	5529.149	-3252.849
28.923	20351.252	19673.594	5207.989	-4956.433
32.319	20850.260	20272.127	4875.876	-6717.597
35.619	21519.879	21038.438	4526.518	-8573.096
38.855	22390.902	22002.795	4150.842	-10570.962
42.059	23513.570	23214.938	3735.597	-12778.139
45.273	24970.545	24756.758	3260.537	-15294.474
48.548	26903.479	26768.400	2692.565	-18280.863
51.955	29573.846	29508.008	1972.278	-22022.832
55.603	33525.574	33511.305	977.991	-27099.020
55.987	34030.516	34019.781	854.753	-27721.271

TABULKA 17

β_s [°]	M_{02} [Nmm]	Z_2 [mm]	ϵ_2 [°]	ϕ_2 [°]
0.150	835577.250	-0.105	69.845	20.306
4.990	852884.500	-6.965	74.853	20.137
9.539	859123.750	-13.555	79.849	19.690
13.827	856368.188	-19.843	84.809	19.018
17.882	846208.625	-25.808	89.718	18.164
21.732	829765.500	-31.444	94.568	17.164
25.403	807721.938	-36.753	99.358	16.045
28.923	780348.875	-41.745	104.096	14.827
32.319	747504.688	-46.434	108.795	13.524
35.619	708587.813	-50.842	113.477	12.142
38.855	662415.125	-54.990	118.171	10.683
42.059	606969.313	-58.901	122.918	9.141
45.273	538886.188	-62.600	127.771	7.503
48.548	452380.438	-66.111	132.804	5.744
51.955	336758.250	-69.458	138.131	3.824
55.603	169737.969	-72.665	143.931	1.672
55.987	148596.625	-72.978	144.548	1.439

DIAGRAM 1

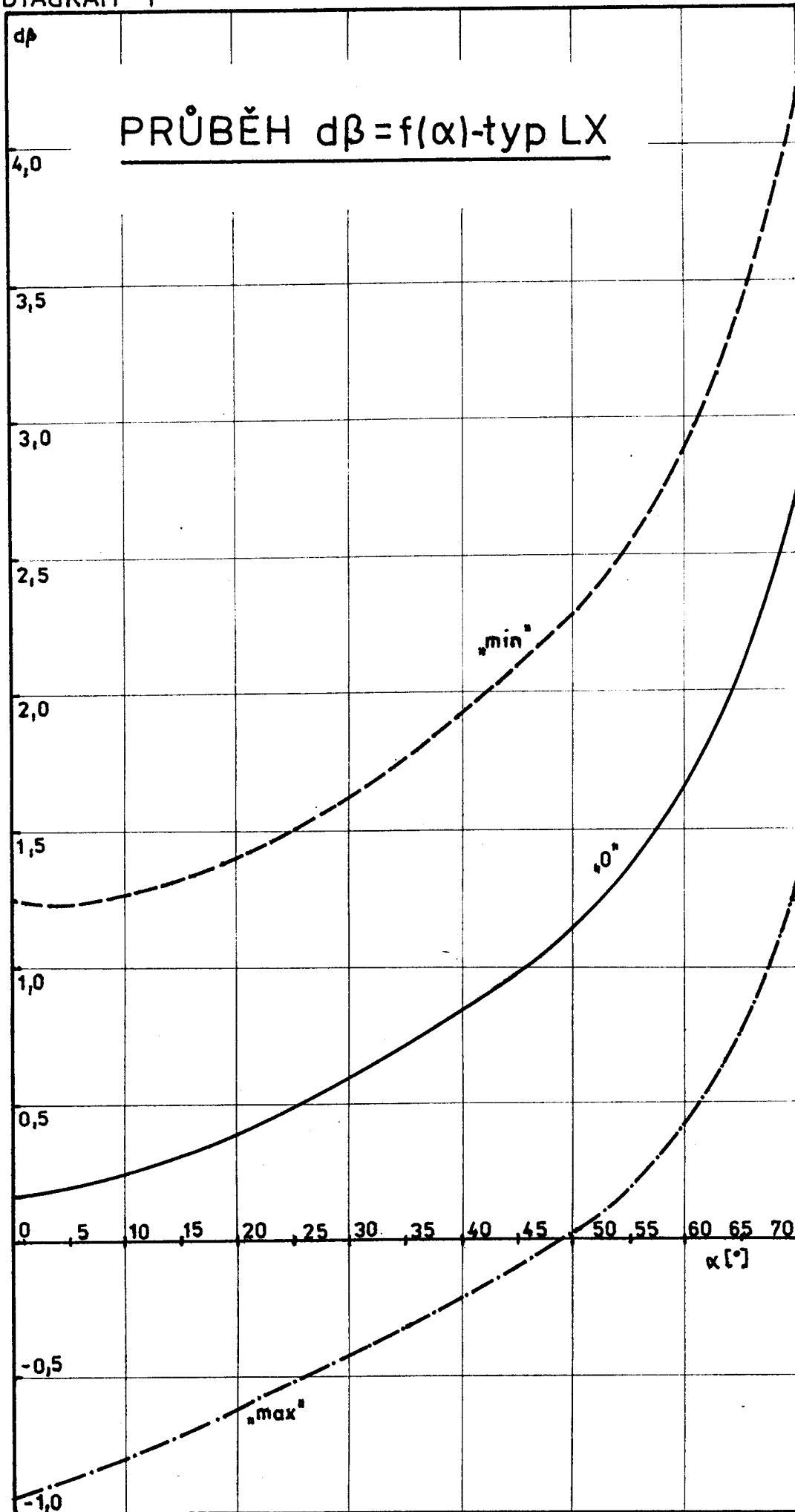


DIAGRAM 2

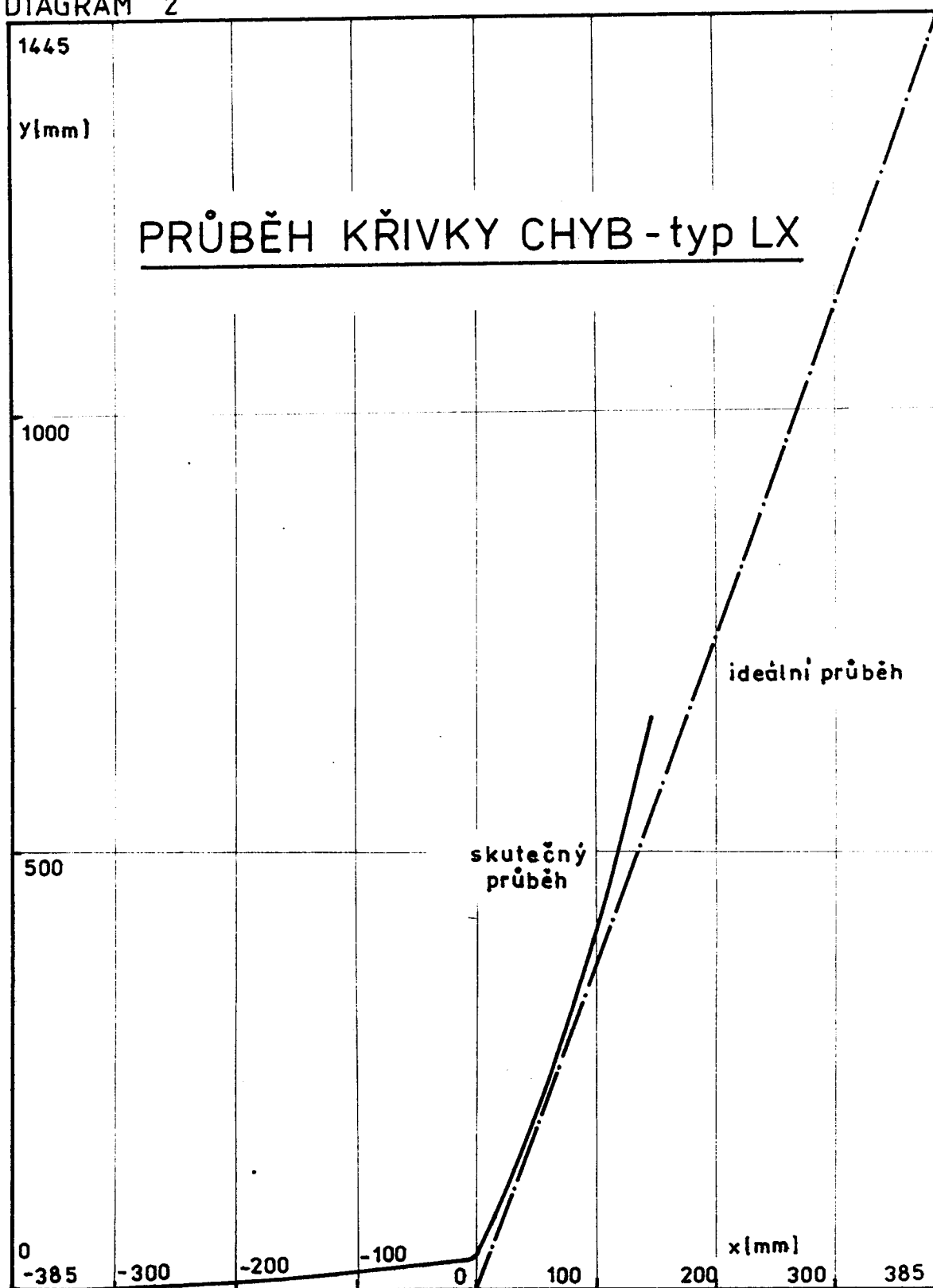


DIAGRAM 3

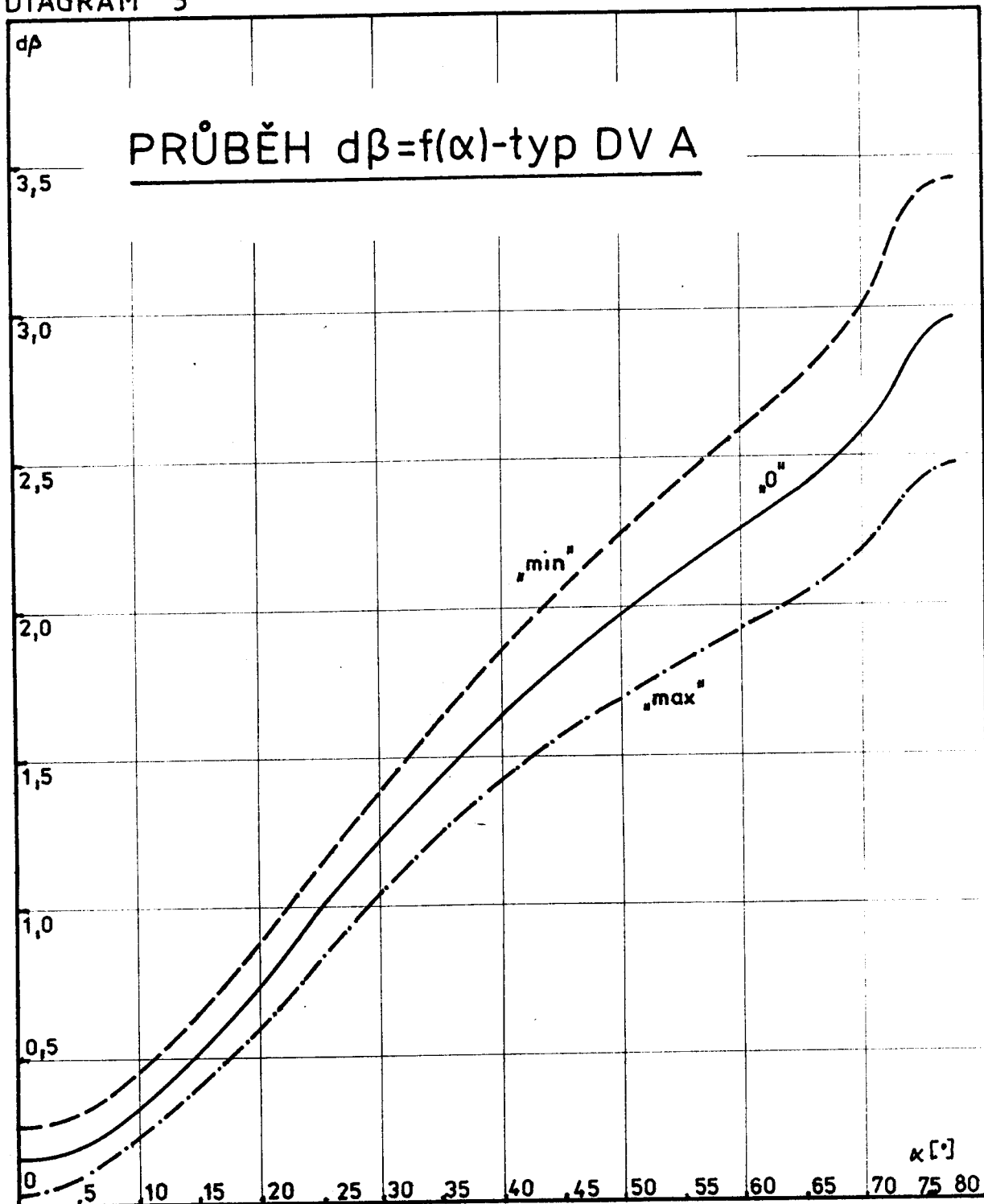


DIAGRAM 4

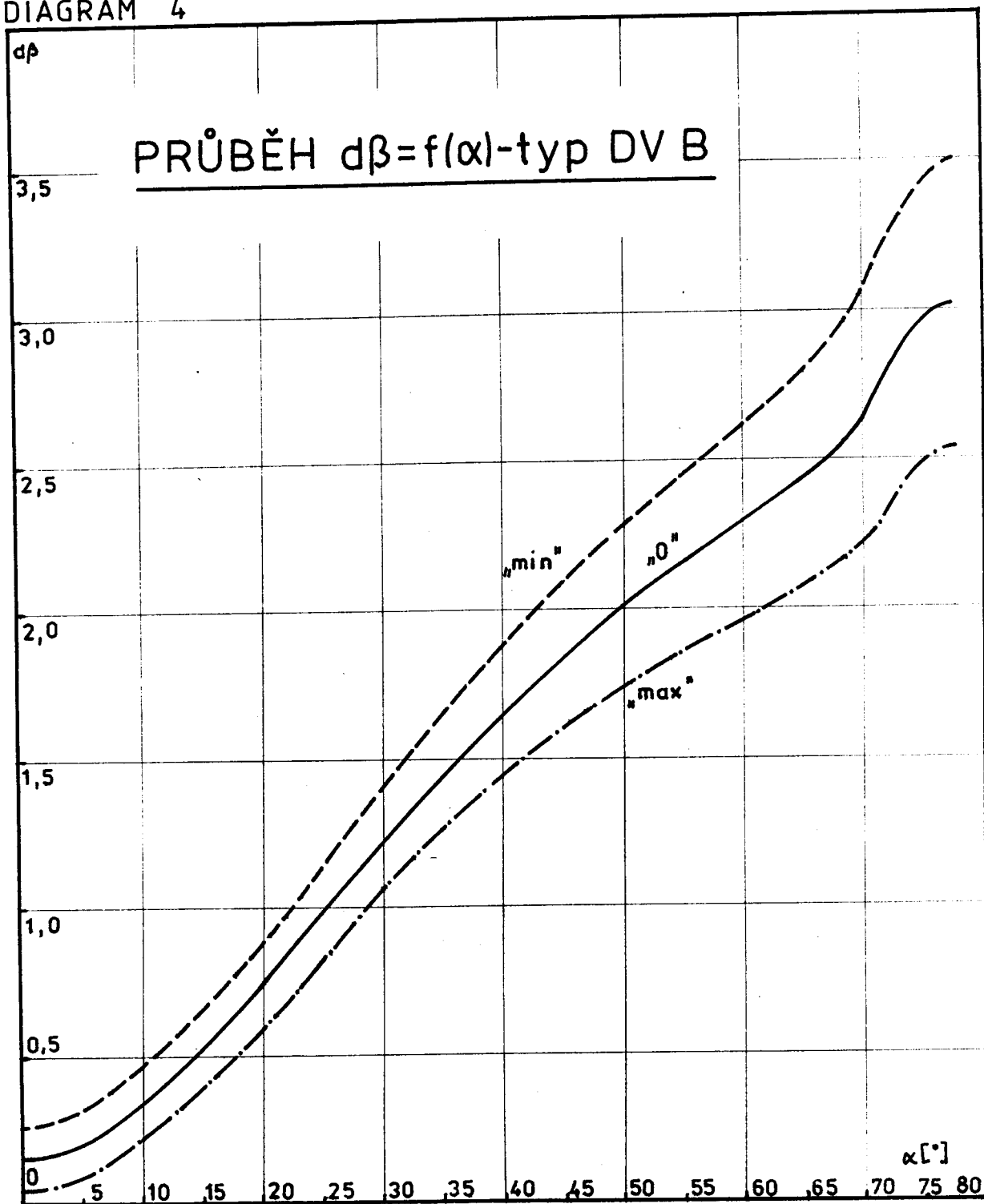


DIAGRAM 5

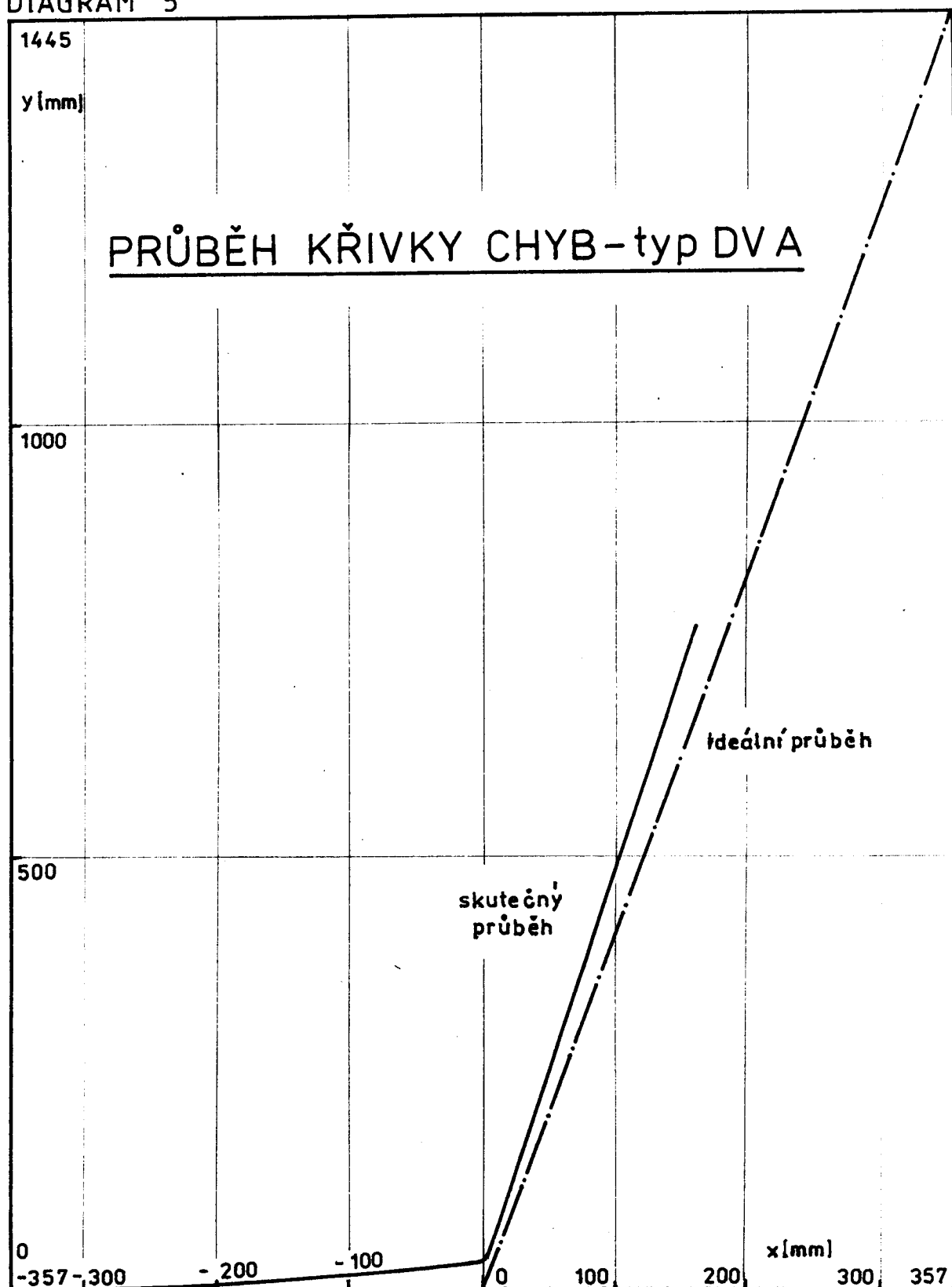


DIAGRAM 6

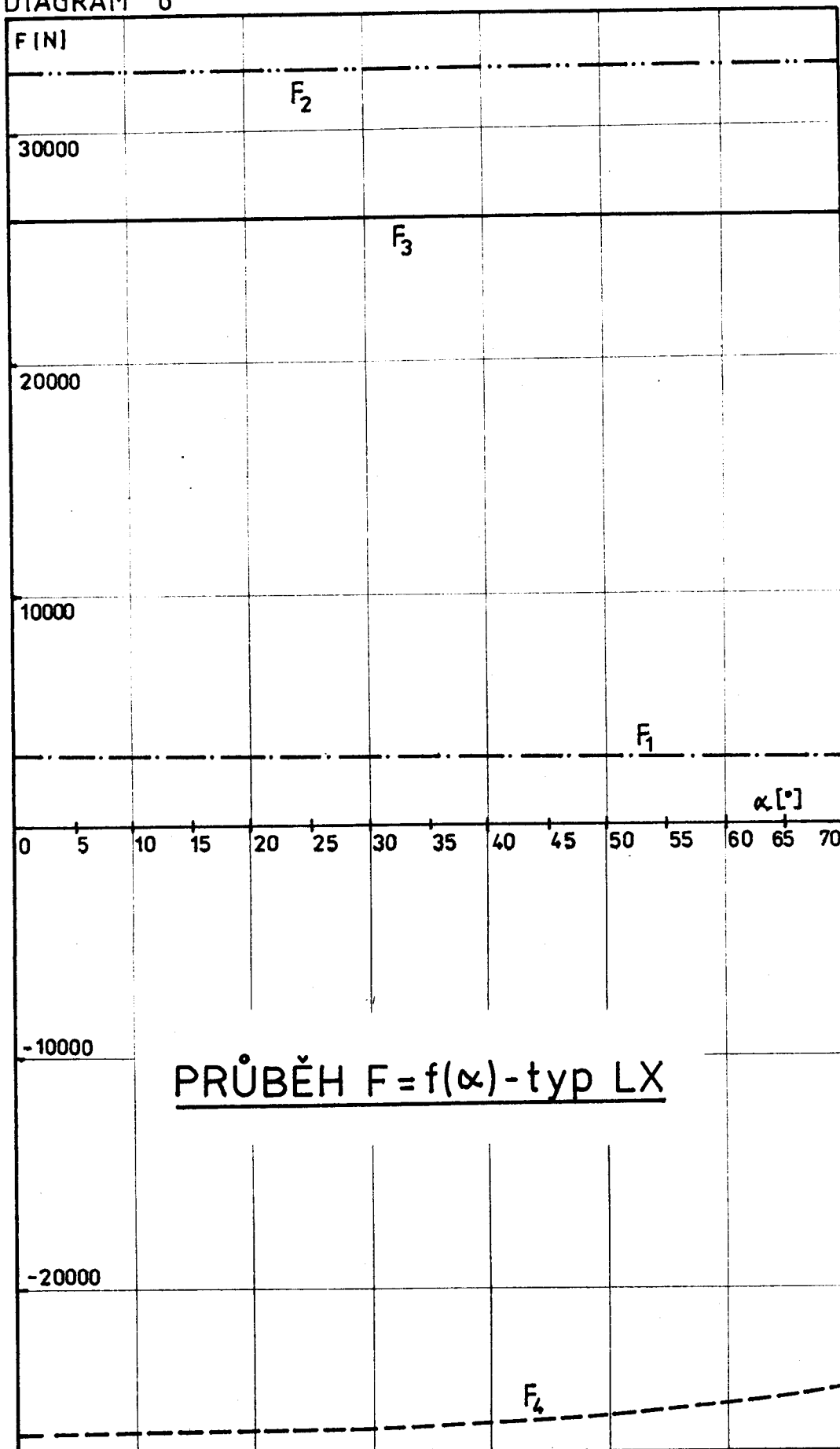


DIAGRAM 7

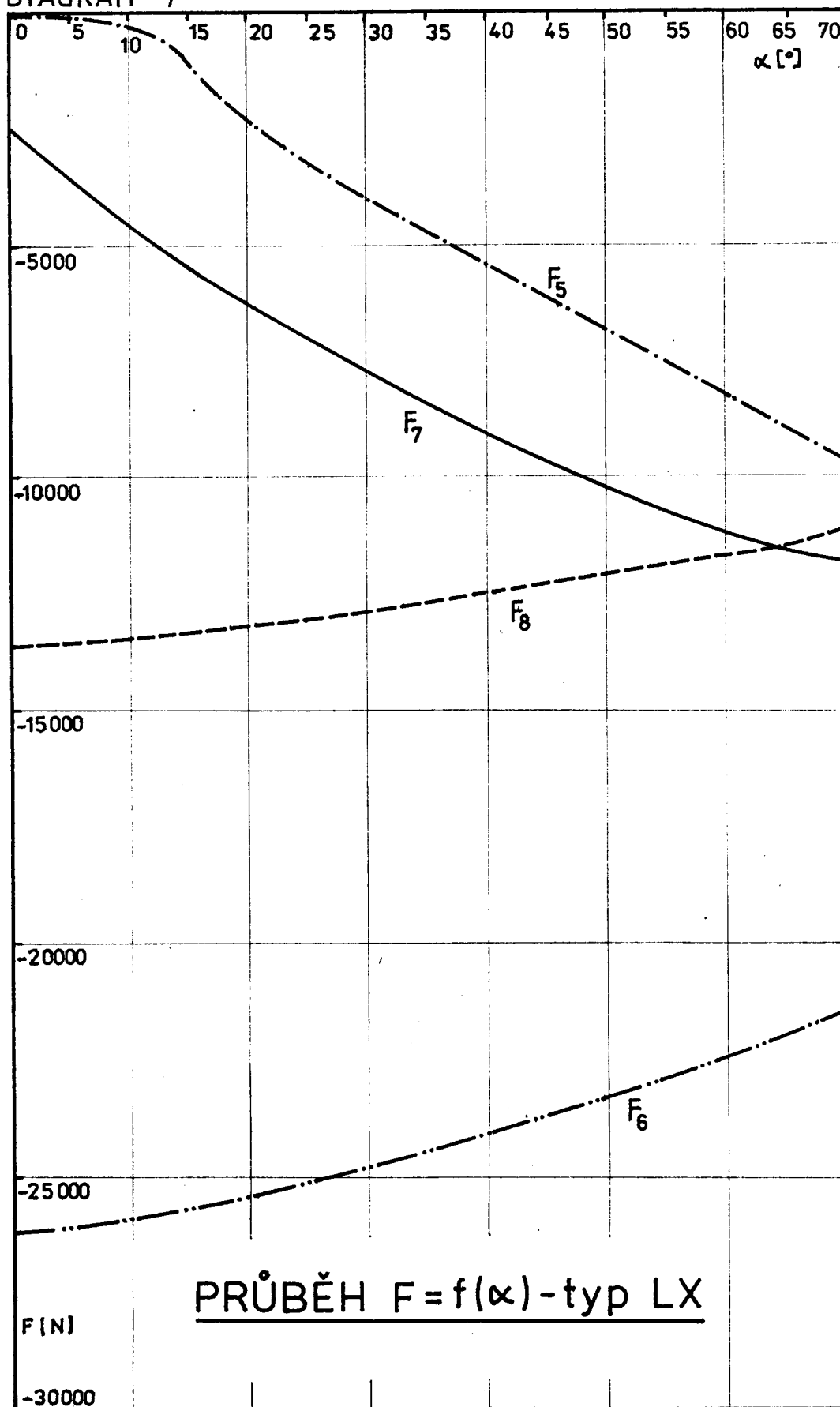


DIAGRAM 8

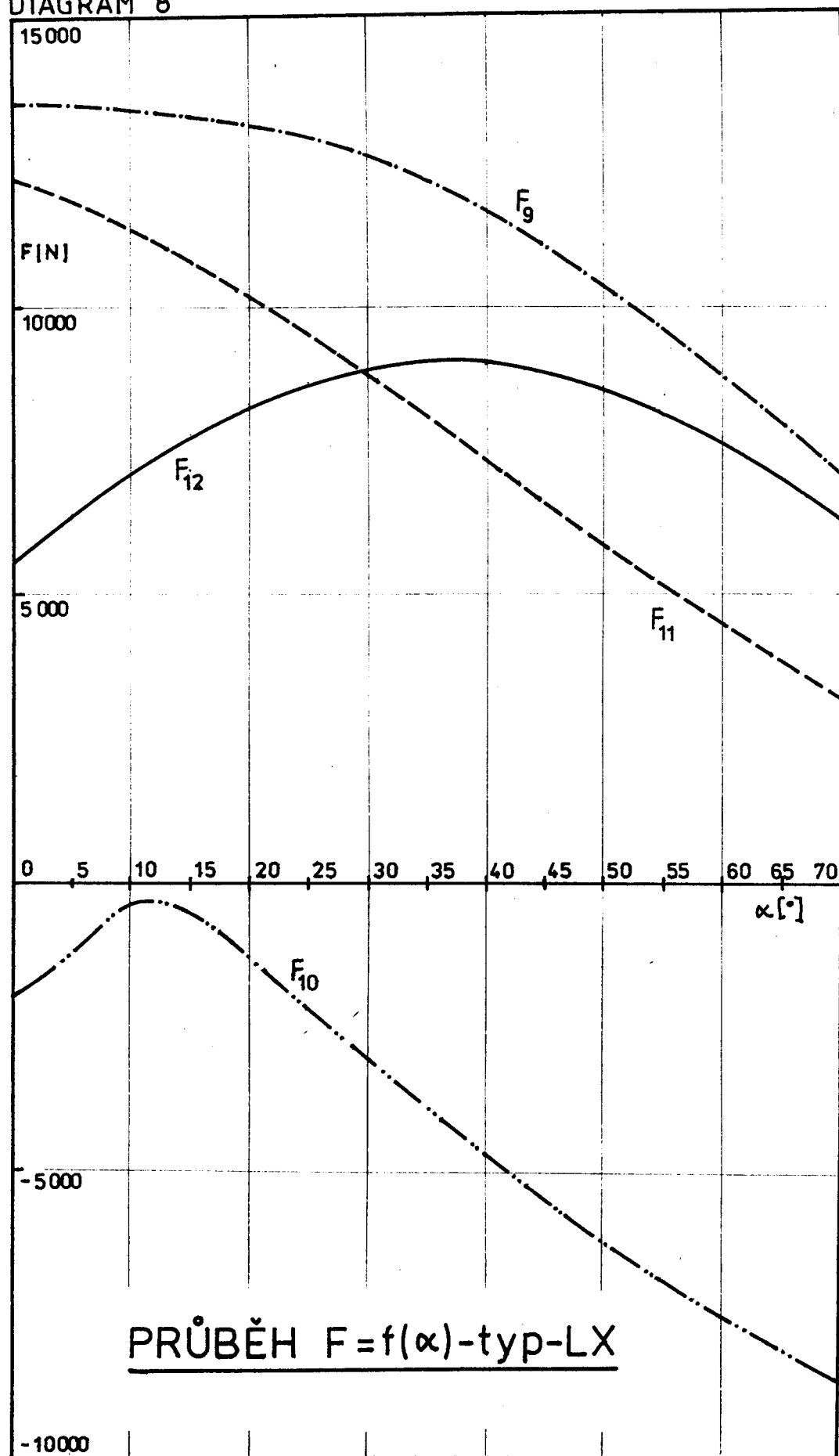


DIAGRAM 9

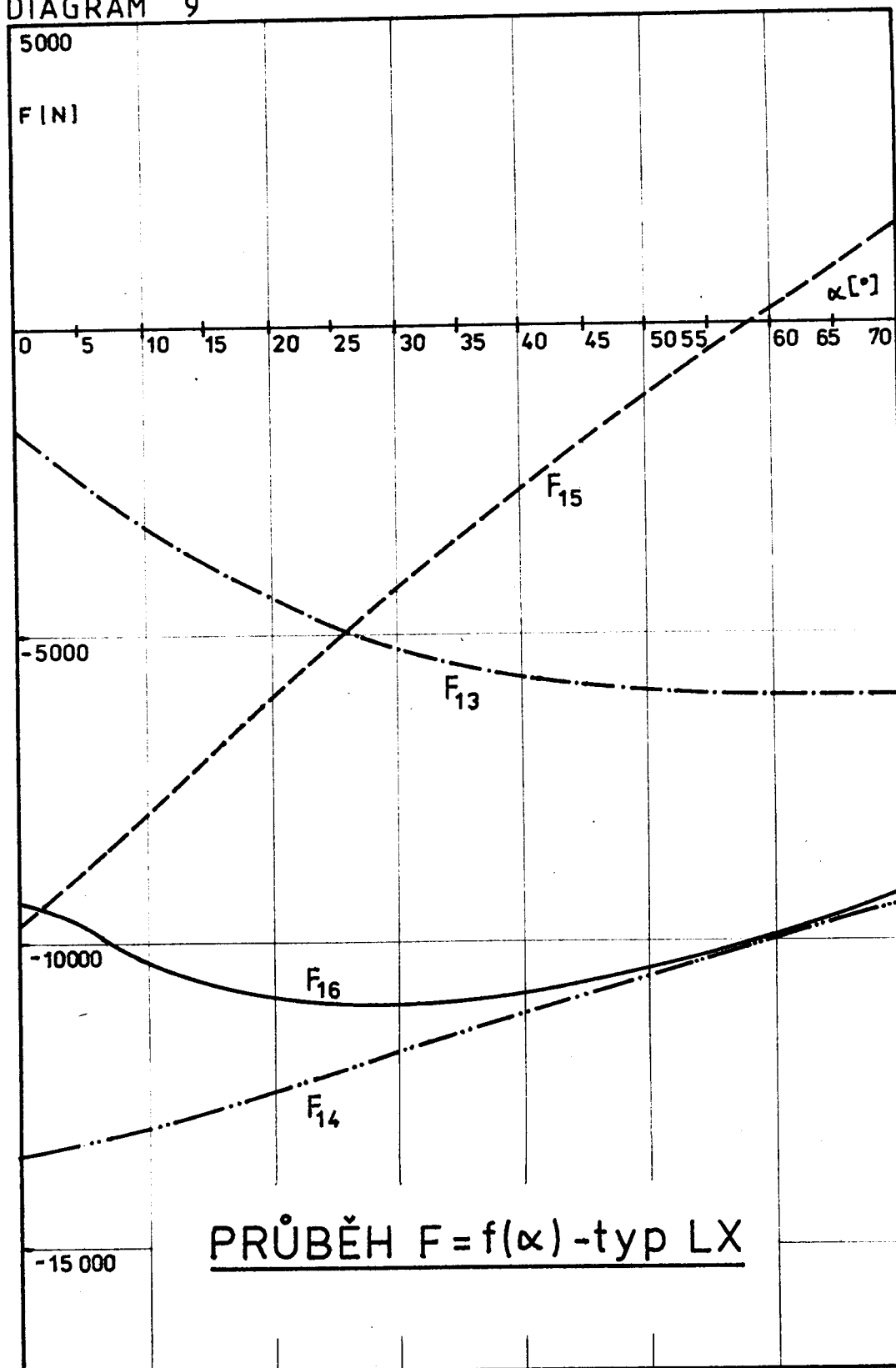


DIAGRAM 10

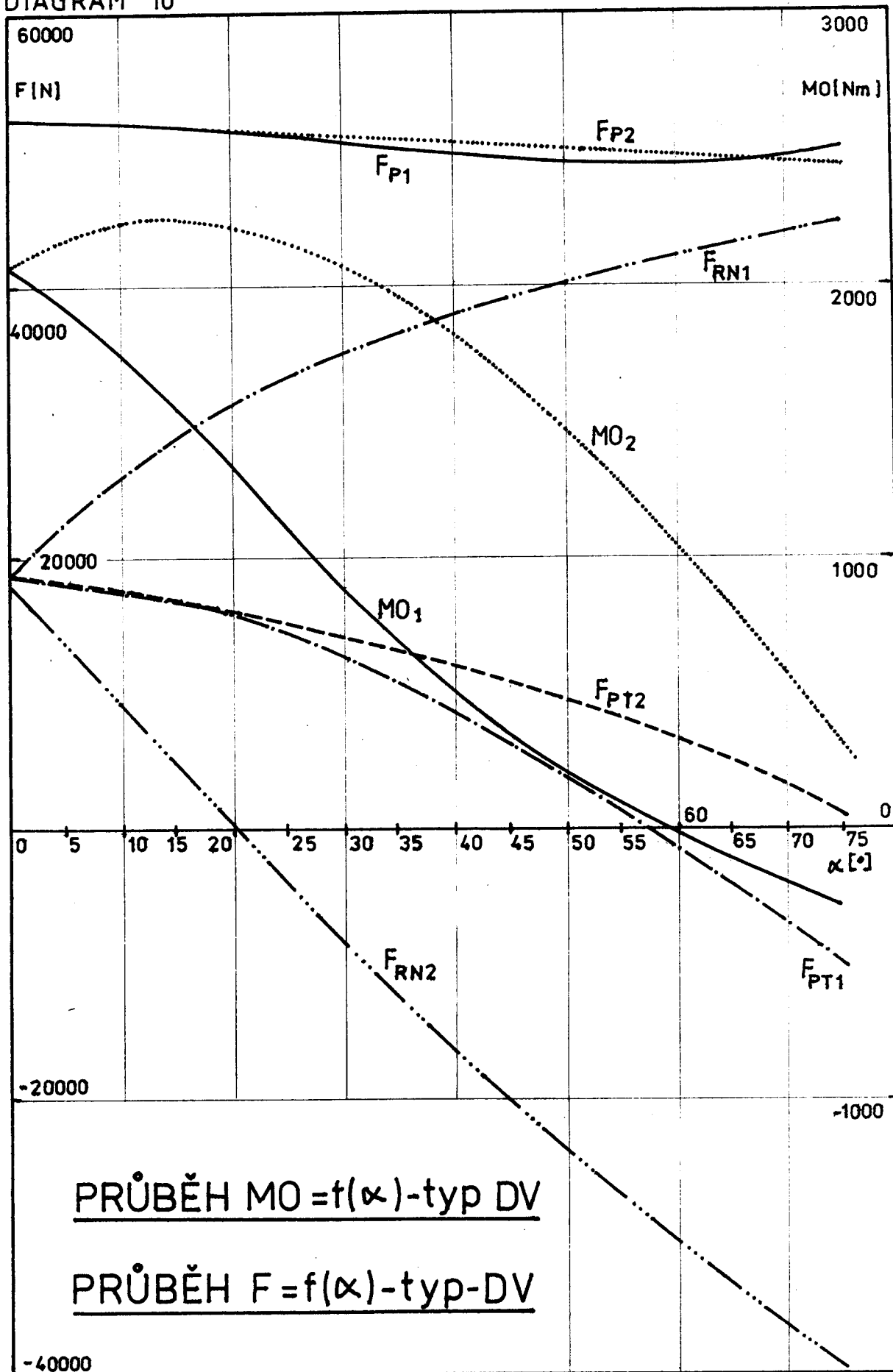


DIAGRAM 11

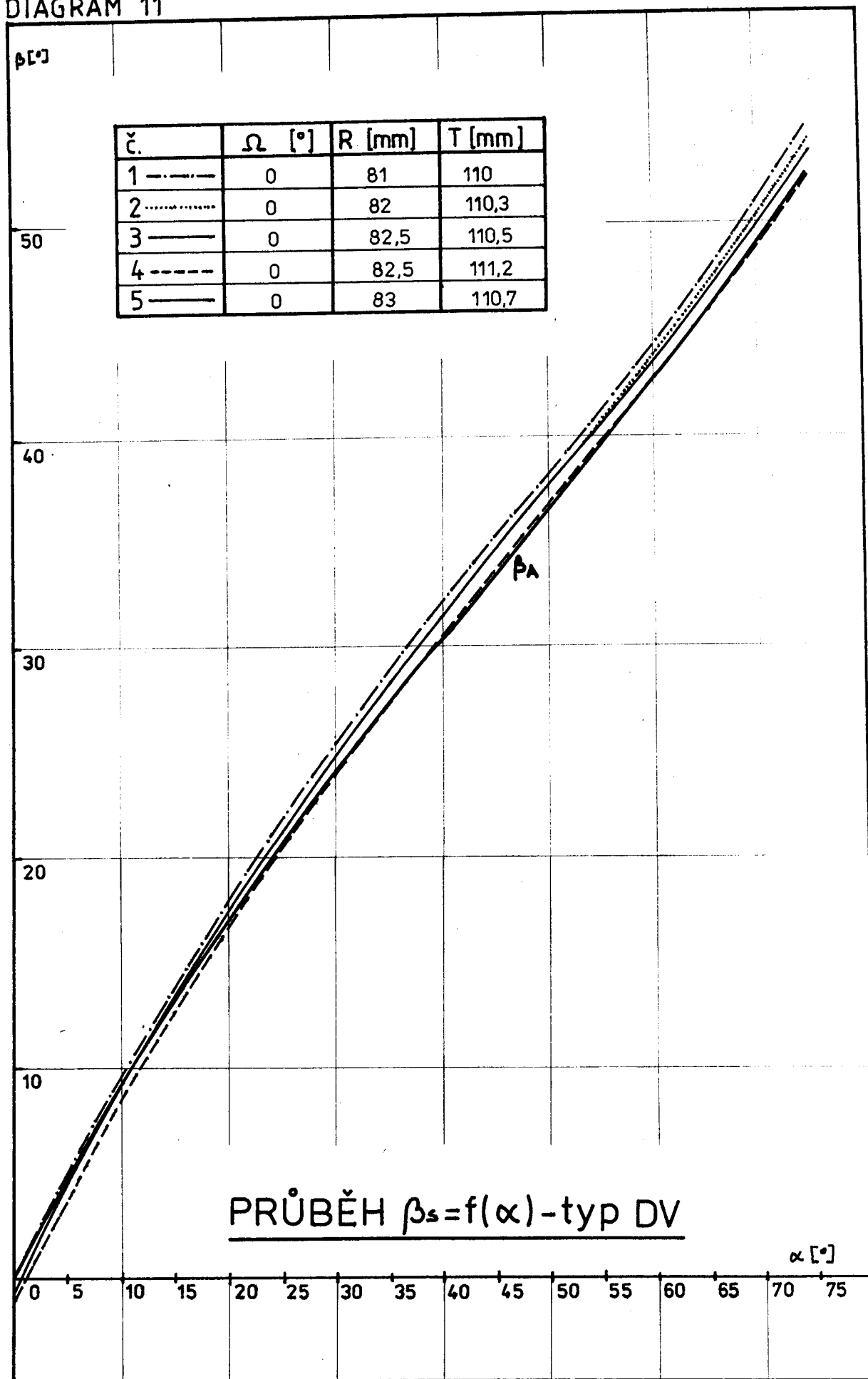


DIAGRAM 12

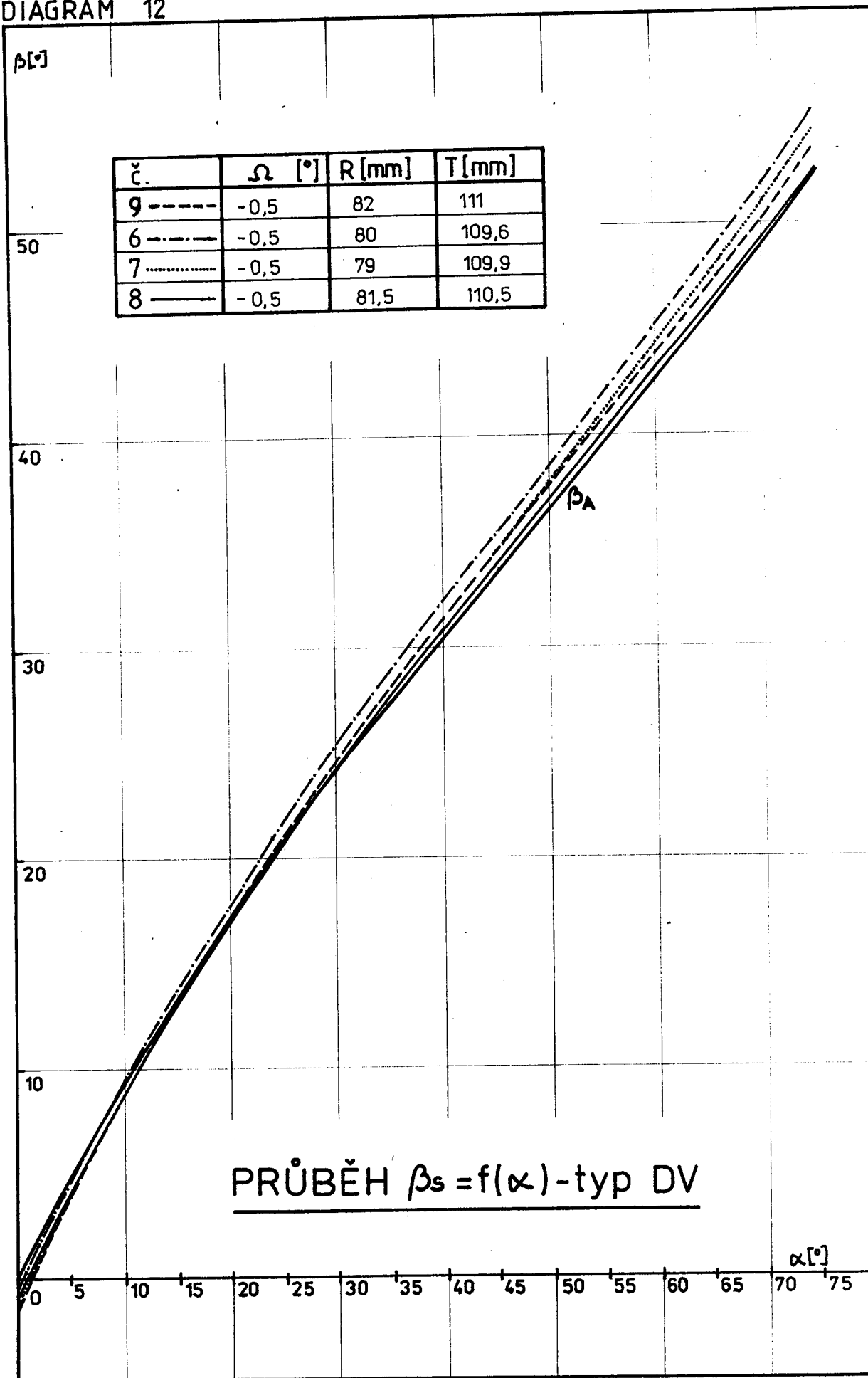


DIAGRAM 13

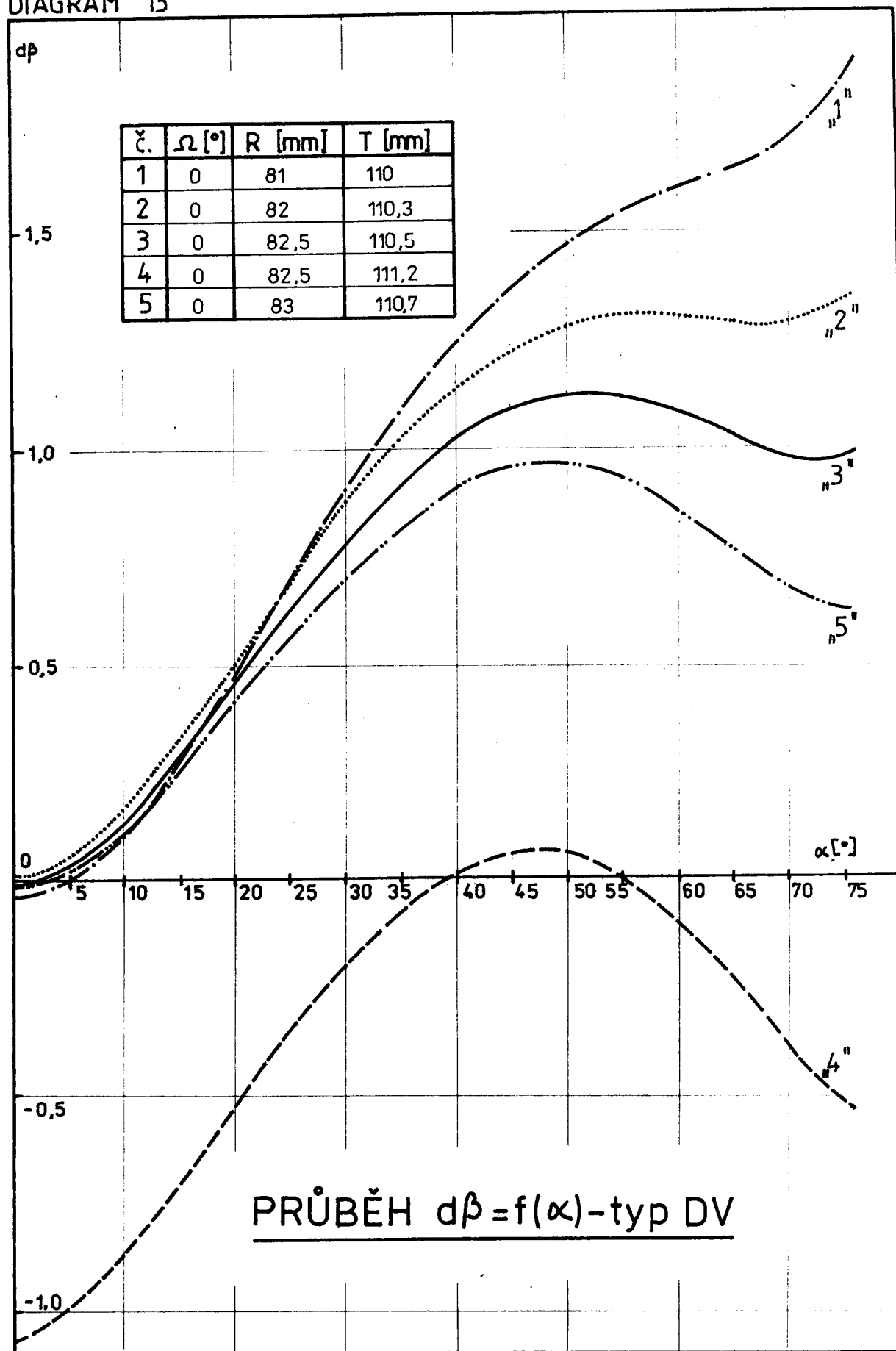


DIAGRAM 14

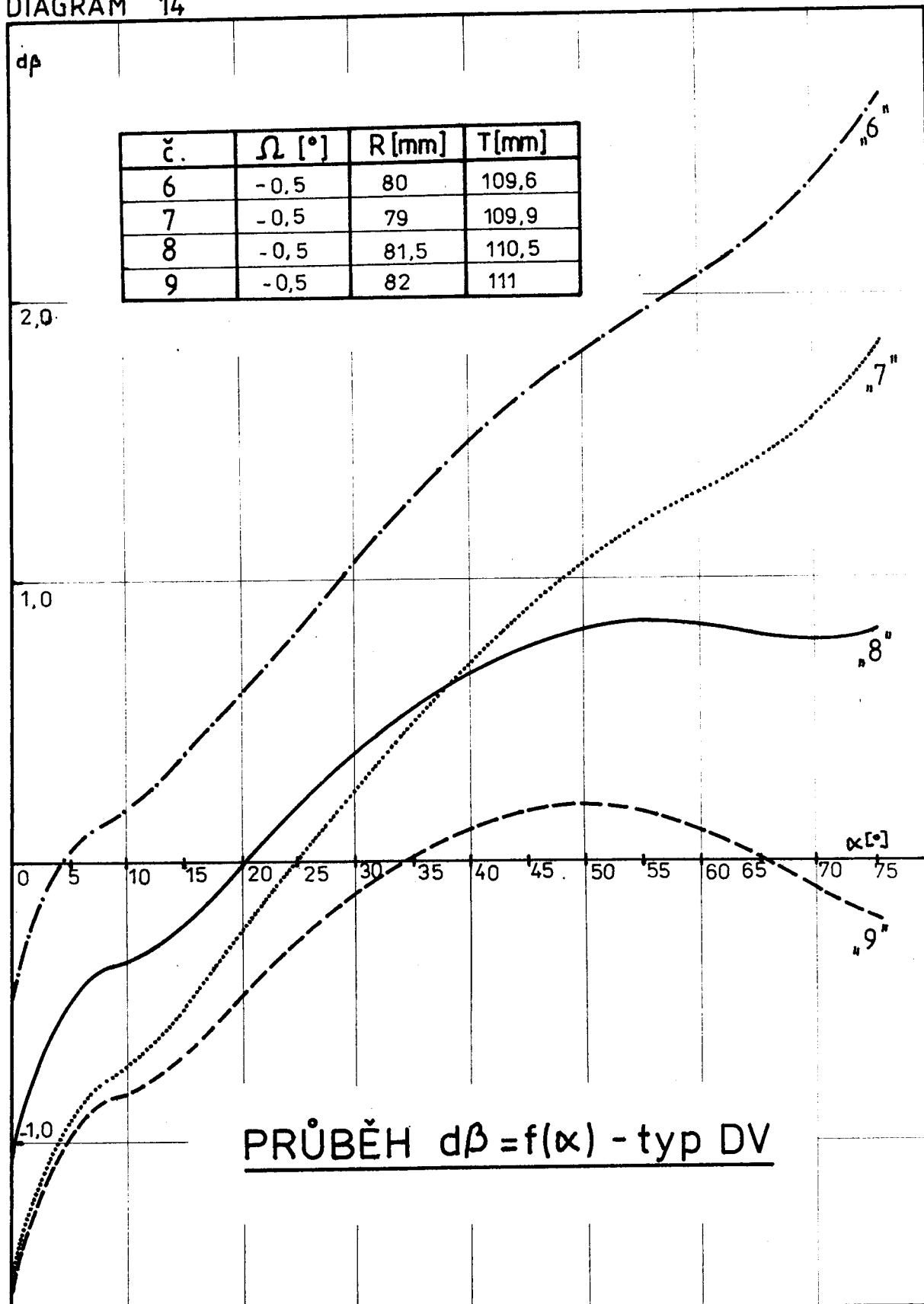


DIAGRAM 15

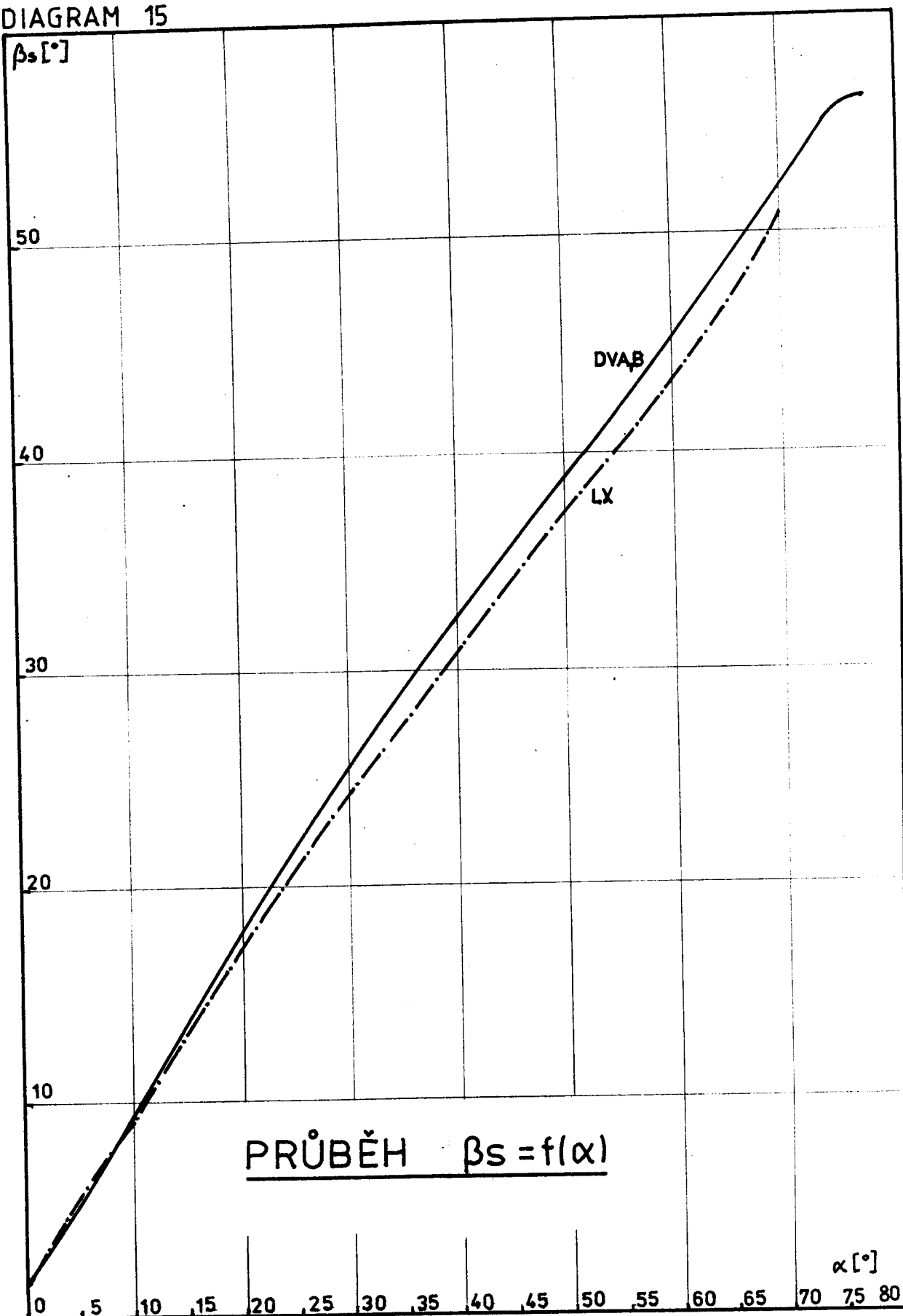


DIAGRAM 16

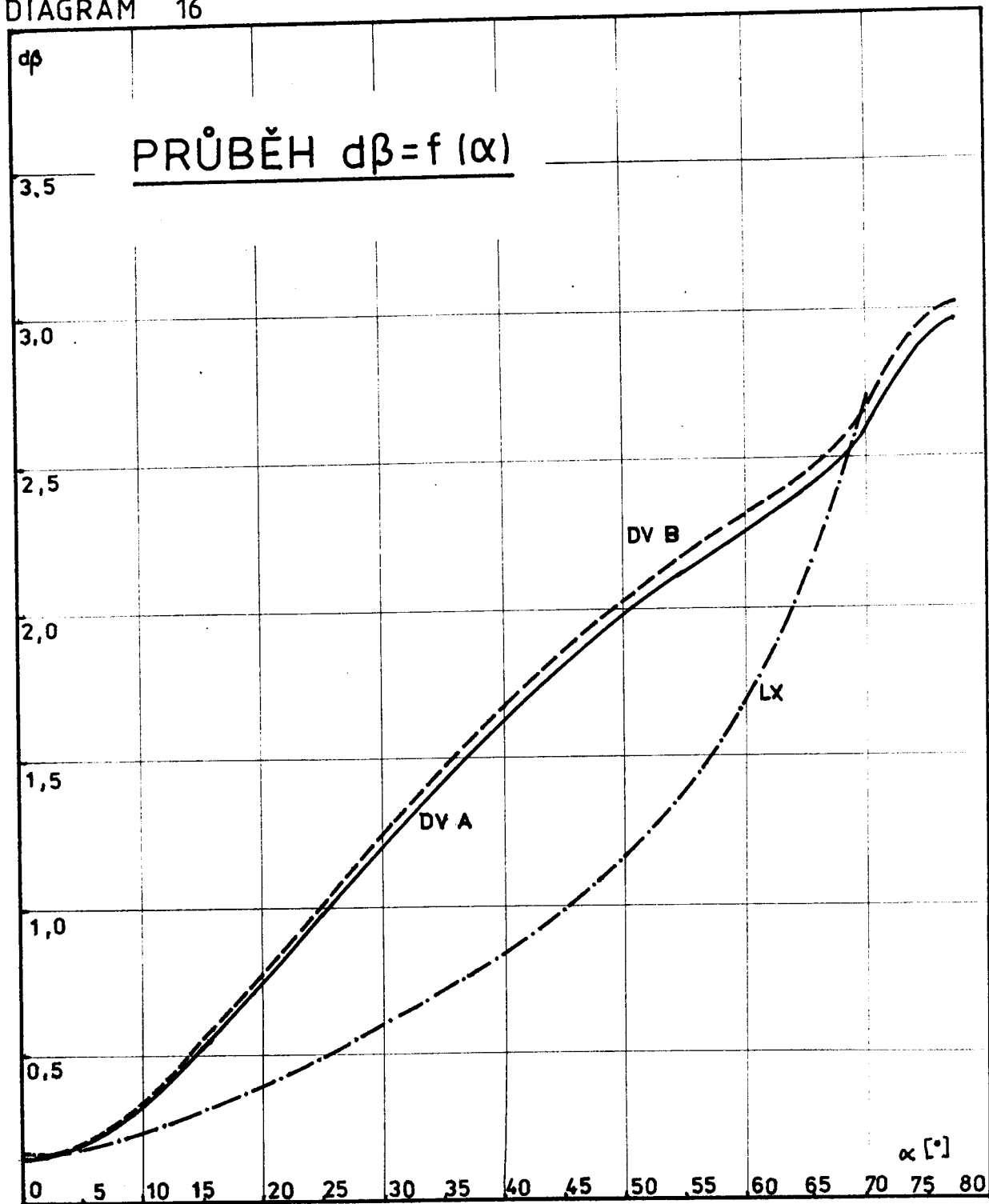


DIAGRAM 17

