

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro **Václav K o ď o u s e k**obor **03-01-01 stroje zařízení pro chemický, potravinářský
a smetěbní průmysl**

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

Název tématu: **Dávkovač čaje a jeho kinematické řešení**

Pokyny pro vypracování:

1. Seznámení se současným stavem, rozbor dávkování
2. Specifikace fyzikálních a reologických vlastností čaje
3. Konstrukční návrh dávkovače s ohledem na využití i pro jiné dávkované substráty, příp. jako zkušební zařízení
4. Kinematický rozbor a pevnostní kontrola
5. Vypracování závěrečné zprávy

Autorské právo se řídí směnicemi
MŠK pro státní zř. školy č.j. 31
727/62-112 ze dne 13. července
1962-Věstník MŠK, VII, část 24 ze
dne 31. 8. 1962-19 aut. z. č. 115/53 Sb.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5
PSČ 461 17

DIPLOMOVÝ ÚKOL

pro **Václav Koďoušek**obor **23-21-8 Stroje zařízení pro chemický, potravinářský
a spotřební průmysl**

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

Název tématu: **Dávkovač malých množství čaje**

Pokyny pro vypracování:

1. Seznámení se současným stavem, rozbor dávkování
2. Specifikace fyzikálních a reologických vlastností čaje
3. Konstrukční návrh dávkovače s ohledem na využití i pro jiné dávkované substráty, příp. jako zkušební zařízení
4. Kinematický rozbor a pevnostní kontrola
5. Vypracování závěrečné zprávy

Autorské právo se řídí směrnici
MŠK pro státní záv. zkoušky č.j. 31
727/624/P ze dne 13. srpence
1982 Věstník MŠK XVII, část 21 ze
dne 31.8.1982 §19 aut. z. č. 115/53 Sb.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ústřední knihovna
LIBEREC 1, STUDENTSKÁ 5
PSČ 461 17

Rozsah grafických laboratorních prací: **1 A0, 3 A4**

Rozsah průvodní zprávy: **cca 30 stran**

Seznam odborné literatury:

Ryant a kol. Moderní obalová technika

Čepelík a kol. Mechanizace a automatizace balení

Firemní literatura - Blanické strojírny Vlašim

Výzk. zprávy IMADOS Praha

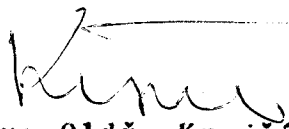
Vedoucí diplomové práce: **Ing. Jarošlav Stehlík**

Konsultanti: **Ing. Kalina, IMADOS Praha**

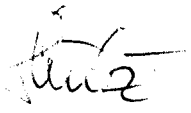
Datum zahájení diplomové práce: **1. 9. 1980**

Datum odevzdání diplomové práce: **12. 6. 1981**




Doc. Ing. Oldř. Krejčíř, CSc.

Vedoucí katedry


Doc. RNDr. Bohuslav Stráž, CSc.

Děkan

v **Liberci** dne **12. září** 19 **80**

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

V Liberci 12.6.1981

Václav Kodounel

Vysoká škola strojní a textilní v Liberci
nositelka Řádu práce

Fakulta strojní

Obor 23 - 21 - 8

stroje a zařízení pro chemický, potravinářský a spotřební
průmysl

Zaměření

balící a polygrafické stroje

Katedra částí strojů a mechanismů

DÁVKOVAČ MALÝCH MNOŽSTVÍ ČAJE

KST - 007

Václav Koďousek

Ved. dipl. práce : Ing. Jaroslav Stehlík

Konzultant : Ing. Kalina, IMADOS Praha

Rozsah práce a příloh :

Počet stran 32

Počet tabulek 2

Počet obrázků 4

Počet příloh 1

Počet výkresů 26

Č. knih.

Datum : 12.6.1981

Obsah

	list
Zadání	2
Místopřísežné prohlášení	3
Obsah	4
Seznam použitých zkratk a symbolů	5
Úvod	7
Současný stav a dávkování substrátů	8
Fyzikální a reologické vlastnosti sypných látek	11
Konstrukční návrh dávkovače	14
Kinematický rozbor a pevnostní kontrola	21
Závěr	30
Seznam literatury	31
Seznam výkresů	32

Seznam použitých zkratek a symbolů

a	-	délka kliky
$a_{\max}$		zrychlení šoupátka
b		osová vzdálenost reg. šroubu a hřídele poh. vahadla
e		osová vzdálenost šoupátka a hřídele kliky
f		koeficient tření
g		tíhové zrychlení
l		vnitřní délka násypky
l'		vnější délka násypky
l_3		délka vahadla
m		hmotnost
n		otáčky
r		celková délka vahadla
r_k		osová délka vahadla od uložení ke klice
r_g		osová délka vahadla od uložení k šoupátku
t		tloušťka mezikomorové stěny šoupátka
v_k		obvodová rychlost kliky
v_g		maximální rychlost šoupátka
v_v		výška válcové části zásobníku
x		délka vahadla od osy otáčení k pohonu
y		délka vahadla od osy otáčení k šoupátku
z		zdvih šoupátka
z'		zdvih pohonu vahadla
D		průměr válcové části zásobníku
F_n		normálová síla
$F_{\max}$		maximální setrvačná síla
F_t		třecí síla
$G_{\max}$		tíha šoupátka
J_3		moment setrvačnosti vahadla
M_k		krouticí moment
P		výkon
Q		vlhkost
T		čas
V		objem
W_k		modul průřezu

α	úhel pootočení kliky
χ_a	koeficient zrychlení
μ_p	maximální převod vahadla
ρ	měrná hmotnost
σ, τ	napětí
τ_s	stacionární tečení
ω_k	úhlová rychlost kliky

Diplomový úkol byl zadán vzhledem k nedostatku sáčkovaného čaje na našem trhu s cílem vyřešit potřebné strojní zařízení. Současně by mělo být možné využít zařízení i pro zkušební účely, zejména ke zjištění závislosti rychlosti a kvality dávkování na vlastnostech čaje a jiných dávkovaných substrátů.

Z těchto důvodů se diplomová práce zabývá konstrukcí zařízení, které by jednak zvýšilo výkon při balení oproti současným strojům, aniž by se podstatně zvýšily energetické a výrobní náklady a jednak aby mohlo sloužit jako zkušební zařízení. Balení čaje a podobných látek se provádí obvykle šoupátkovými dávkovači nebo dávkovači s otočným válcem / karuselovými /.

Po rozboru všech dávkovacích systémů jsem se rozhodl k řešení dávkovače objemového - šoupátkového a to zejména z toho důvodu, že tyto dávkovače jsou v běžném provozu a protože jsem u tohoto systému viděl největší rezervy z hlediska zvýšení výkonu.

V praxi se provádí zvyšování výkonu zejména zdvojením šoupátka, což však znamená zvýšení jeho hmotnosti i hmotnosti hnacího mechanismu a nutnost úpravy vlastního balícího zařízení. I zdvojená šoupátka pracují pouze v jedné fázi pohybu a při zpětném pohybu nejsou využita.

Proto jsem navrhl konstrukci šoupátka se dvěma odměrnými komorami namísto dosavadní jedné, čímž by se výkon zdvojnásobil, aniž by vzrostla hmotnost šoupátka nebo hnacího ústrojí. Konstrukce je řešena s ohledem na využití stroje i jako zkušebního zařízení.

1. Současný stav a rozbor dávkování substrátů

K dávkování se v současnosti používá těchto principů: dávkování váhové, objemové, kombinované, vzniklé z předcházejících dvou způsobů a dávkování odpočítáváním. Dávkování může být kontinuální nebo periodické.

1.1. Dávkování váhové

Princip kontinuálního váhového způsobu spočívá v tom, že dávkovaná látka je odebírána dopravníkem, zavěšeným na břitu a vyváženým na určitou hmotnost látky. Při odchylce hmotnosti látky na pásu se dopravník pootočí kolem břitu. Tento pohyb potom sejme snímač a přes ovládací prvek posune zarážku upravující množství látky, která odchází na pás. Ovládání může být jak mechanické, tak i elektrické, pneumatické, elektronické a pod.

Dávkování váhové periodické spočívá ve vyvažování závaží na vahách dávkovanou látkou. Po vyvážení se vážení zastavuje a navážené množství se odebírá.

1.2. Dávkování objemové

U objemového dávkování se množství dávkované látky řídí objemem této látky uzavřeným v dávkovacím zařízení. Dávkovače pro objemové dávkování se rozlišují podle toho, jakou látku odměřují / kašovitou, zrnitou, práškovou /.

Kašovitě hmoty se dávkují dávkovači, které jsou vybaveny zařízením pro nucené vyprazdňování - obvykle píšťovými dávkovači.

Pro zrnité hmoty se používá vyprazdňování gravitačního, pro práškové hmoty většinou dávkovače šnekové.

Aby dávkování bylo co nejsnazší, používá se přídatných zařízení jako na příklad míchadla, která směs rovnoměrně promíchávají, podávací šneky umožňující dávkovat viskózní látky, a podobně.

Pro dávkování zrnitých a práškových látek se používá šoupátkových, talířových a pásových zařízení. Pro obtížně sypné látky se může použít i šnekového dávkovače.

1.2.1. Dávkovače

Talířový dávkovač je založen na principu dvou talířů se vzájemně zasunutými dózičkami. Ze zásobníku se prostor dóziček naplní a po pootočení talířů nad násypkou se obsah vysype. Velikost dávky se řídí velikostí zasunutí obou dóziček.

Šoupátkový dávkovač má odměrný prostor v šoupátku. Velikost odměrného prostoru se řídí pohyblivou částí pomocí regulačního šroubu. V jedné krajní poloze je šoupátko svým odměrným prostorem pod zásobníkem. Pomocí míchadla a šneku je šoupátko naplněno a materiál se dopraví pod násypku. Šoupátko je v druhé krajní poloze. Po vysypání se opět zasune pod zásobník a celý proces se opakuje. Pohyb šoupátka může být řízen na příklad pomocí vačky a pákového ústrojí, nebo pomocí klikového ústrojí a pod.

Šnekové dávkovače se používají k dávkování obtížně sypných práškových materiálů. Velikost dávky je určena průměrem šneku. Dávkování je obvykle přerušované. V tom případě je šnek spojen s pohonem spojkou umožňující

přerušovaný pohyb.

K dávkování kašovitých a polotekutých hmot se používá pístových dávkovačů. Pomocí otevřeného kohoutu je ze zásobníku pístem nasáta dávkovaná látka. Kohout se pootočí a píst pohybem zpět vytlačí dávku do balícího zařízení. Velikost dávky se řídí objemem válce mezi pístem a kohoutem. Pro kašovité látky se používá pístového dávkovače s překlopným pístem. V otevřeném válci je umístěn pohyblivý píst. Když je píst v dolní poloze, válec nad ním se naplní dávkovanou látkou. Otočením válce o 180° píst vlastní tíhou sjíždí opět dolů, vytlačuje látku z válce před sebou a za sebou nasává další dávku. Stejného principu lze použít i pro sypké hmoty.

1.3. Dávkování kombinované

U tohoto principu je v první fázi dávkovaná látka odebrána objemovým dávkovačem a dovážena váhovým způsobem. Zařízení má oba dva systémy pracující následně za sebou.

1.4. Dávkování odpočítáváním

Principu odpočítávání lze s výhodou použít při balení kusového materiálu.

Mechanickými, elektrickými, fotoelektrickými a dalšími snímači jsou oddělovány dávky o určitém počtu kusů.

2. Fyzikální a reologické vlastnosti sypných látek

K dávkování sypných látek je třeba znát jejich vlastnosti, z nichž se vychází při konstrukci dávkovacích a pomocných zařízení.

Je to zejména vlhkost, koeficient vnitřního tření, koeficient tření materiálu o stěny, sypný úhel a stacionární tečení. Tyto hodnoty lze určit experimentálními metodami.

Koeficient tření f se určí pomocí smykové komory. Látku uzavřenou ve smykové komoře posouváme po podložce. Z její hmotnosti určíme normálovou sílu F_n , siloměrem zapojeným ke komoře dostaneme třecí sílu F_t . Z jejich poměru $\frac{F_n}{F_t}$ pak určíme koeficient tření f .

Koeficient vnitřního tření souvisí se sypným úhlem. U látek, které se svými vlastnostmi blíží ideálním látkám, je roven koeficient vnitřního tření tangentě sypného úhlu.

Sypný úhel se stanoví pomocí výsypky a úhloměru. Z výsypky vypustíme na podložku měřenou látku, která na ní vytvoří útvar podobný kuželu. Velikost sypného úhlu je pak rovna velikosti úhlu stěny kužele od základny.

Tyto hodnoty mají význam na příklad pro konstrukci zásobníků, aby byla odstraněna možnost, že by se pro velký úhel zásobníku a velký koeficient tření látka sama nesypala do dávkovače, ulpívala na stěnách, tvořila klenbu a podobně.

Pro hodnocení sypných látek se používá také na př. síťové analýzy. Slouží ke zjištění procentuálního množství látky určité zrnitosti. Provádí se proklepáváním nebo proplavováním vodou na sítích o určité velikosti ok.

Důležitá je i závislost smykového napětí na deformaci. Při určité hodnotě napětí τ může dojít k tak zvanému stacionárnímu tečení τ_s . Při zvýšení napětí nad τ_s dojde ke zpevnění materiálu, ale dochází i k plastickým deformacím, materiál se uvede do pohybu a pak už je třeba napětí menší. Některé materiály dosahují napětí τ_s jen velmi těžko nebo ho nedosahují vůbec.

Pro dávkování sypných látek je důležité znát i jejich vlhkost. V látce se může vyskytovat v několika podobách. Ve formě konstituční vlhkosti je chemicky vázána s látkou, ve formě hygroskopické vlhkosti je přijímána látkou z okolního vzduchu nebo ve formě vnější vlhkosti, což je molekulární vlhkost nebo voda přímo obklopující látku. Vlhkost lze zjistit měřením. Látku zvážíme, necháme ji dvě až čtyři hodiny vysoušet v teplotě okolo 105°C . Vrstva látky má být silná 10 mm a hrubší částice rozmělněny. Po vysušení látku opět zvážíme. Vlhkost zjistíme podle vztahu $Q = \frac{m_1 - m_2}{m_2}$, kde m_1 je hmotnost látky před vysušením, m_2 hmotnost látky po vysušení.

Pro zjištění velikosti dávkovacího prostoru u objemového dávkování je třeba znát měrnou hmotnost ρ dávkané látky. Určuje se pomocí zařízení, kterým je nádoba o známém objemu. Zvážením se zjistí hmotnost nádoby m_1 . Nádobu naplníme látkou, vršek se seřízne stěracím nožem a nádoba se i s obsahem zváží.

Měrná hmotnost ρ se určí ze vztahu :
$$\rho = \frac{m_2 - m_1}{V_1}$$

kde m_1 je hmotnost prázdné nádoby
 m_2 je hmotnost naplněné nádoby
 V_1 je objem nádoby

3. Konstrukční návrh dávkovače s ohledem na jeho využití

3.1. Všeobecná část

V současnosti se pro šoupátkové dávkovače používá šoupátek s jednou odměrnou komorou, jejíž velikost /a tím i objem dávky / je regulovaná regulačním šroubem. Šoupátko se pohybuje vratným pohybem se symetrickou zdvihovou závislostí. V první fázi pohybu je odměrná komora naplněna dávkovanou dávkou ze zásobníku a přenáší dávku nad otvor násypky, kde se dávka vysype. V druhé fázi se vrací prázdné šoupátko zpět pod zásobník k nasypání další dávky. To znamená, že ve druhé fázi pohybu není šoupátko využito k práci dávkováním. Z toho vychází i návrh řešení konstrukce šoupátka se dvěma odměrnými komorami. Při tomto řešení bude v první fázi pohybu situace následující : komora 1 se bude pod zásobníkem plnit a komora 2 nad násypkou vysypávat. Šoupátko se bude pohybovat do druhé úvrati, přičemž se bude nad násypkou vysypávat obsah komory 1 a současně se bude komora 2 pod zásobníkem plnit. Ve druhé fázi pohybu bude situace stejná pro opačné komory. Tím dojde k odstranění pohybu prázdného šoupátka a výkon se zdvojnásobí.

Pro rychlejší naplnění komory je třeba, aby její plocha byla co největší a výška co nejmenší. Zvětšování plochy však má za následek snižování přesnosti dávky. S těmito faktory je nutno uvažovat při návrhu optimálních rozměrů komory.

3.2. Konstrukční návrhy

3.2.1. Konstrukční návrh šoupátka

Měřením bylo zjištěno, že 1 g porcovaného čaje má objem 2,- cm³, 1 g kávy - 2,4 cm³, 1 g cukru - 1,- cm³. Z toho vyplývá, že pro dávkování malých množství čaje, t.zn. pro sáčky o hmotnosti 1 až 2,5 g musí být objem dávkovací komory 2 až 5 cm³.

Navrhované šoupátko by mělo umožnit zkoušky s různými druhy substrátů o pokud možno maximálním rozpětí objemu.

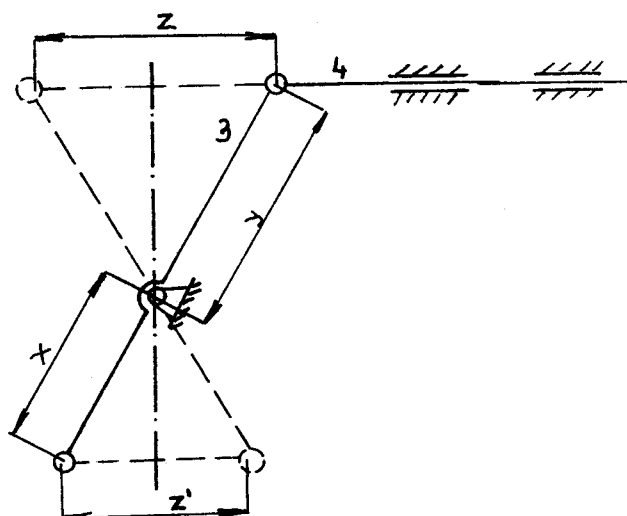
Tomu odpovídá šoupátko s rozměry komory 16 x 3 - 35 x 10 mm s regulovatelnou délkou pomocí dorazu a regulačního šroubu. Tím se vytvoří dávkovací prostor o objemu 0,5 - 5,6 cm³.

3.2.2. Konstrukční návrh vahadla

Při maximální délce odměrné komory 35 mm a přepážce mezi komorami 5 mm bude při této konstrukci maximální zdvih šoupátka 70 mm. Bude-li se dávkovat menší množství, na příklad 1,5 g, t.j. 3 cm³, bude délka odměrné komory 18,75 mm a dojde k situaci, že odměrná komora celou svou délkou podjede zásobník a tím by opět vznikl neúčelný pohyb, zbytečná práce a čaj by se vysypával za doraz do prostoru regulačního šroubu, čímž by se hmotnost dávky zvyšovala nad povolenou toleranci. Aby se tomu zabránilo, musí se zkrátit zdvih šoupátka na příslušnou hodnotu. Protože je šoupátko poháněno

vahadlem a systém je založen na principu dvojzvratné páky, stačí pouze změnit střed otáčení vahadla. Tím se zkrátí zdvih šoupátka, což by mělo za následek, že by se nemohla vysypat celá dávka, jestliže by zůstala nezměněná násypka pro zdvih 70 mm. Proto musí být zároveň zkrácena délka násypky pro příslušný zdvih.

Aby nemuselo být vyráběno mnoho násypek pro různá dávkovaná množství, je celkový zdvih rozdělen na čtyři skupiny lišící se o 15 mm a každá tato skupina má svou násypku.



- z zdvih šoupátka
- z' zdvih pohonu vahadla
- x délka vahadla od osy otáčení k pohonu
- y délka vahadla od osy otáčení k šoupátku
- r x + y délka vahadla celková

Navržené hodnoty : z = 25; 40; 55; 70 mm

z' = 35 mm

r = 125 mm

$$\frac{z'}{z} = \frac{x}{y} = \frac{r-y}{y} = \frac{r}{y} - 1 \quad / 1 /$$

z rovnice / 1 / dostaneme $y = \frac{r \cdot z}{z' + z} \quad / 2 /$

$$x = r - y \quad / 3 /$$

pro $z = 25 \text{ mm}$	je $y = \frac{125 \cdot 25}{35+25} = 52,1 \text{ mm}$	$x = 72,9 \text{ mm}$
$z = 40 \text{ mm}$	$y = \frac{125 \cdot 40}{35+40} = 66,7 \text{ mm}$	$x = 58,3 \text{ mm}$
$z = 55 \text{ mm}$	$y = \frac{125 \cdot 55}{35+55} = 76,4 \text{ mm}$	$x = 48,6 \text{ mm}$
$z = 70 \text{ mm}$	$y = \frac{125 \cdot 70}{35+70} = 83,3 \text{ mm}$	$x = 41,7 \text{ mm}$

Vahadlo je poháněno klikou o osové vzdálenosti 18,5 mm. Pro zdvih šoupátka $z = 55 \text{ mm}$ vypočteme osovou vzdálenost e šoupátka a hřídele kliky.

$$e = \sqrt{y^2 - \left(\frac{z}{2}\right)^2} + \sqrt{x^2 - \left(\frac{z'}{2}\right)^2} + \sqrt{a^2 - \left(\frac{z'}{2}\right)^2} \quad / 4 /$$

$$e = \sqrt{76,4^2 - 27,5^2} + \sqrt{48,6^2 - 17,5^2} + \sqrt{18,5^2 - 17,5^2}$$

$$= 122,62 \text{ mm}$$

Pro regulaci polohy vahadla je nutné znát vzdálenost uchycení vahadla od některé osy zdvíhu. Protože jsou vahadlo i hřídel pohonu uchyceny na stejné části rámu, vypočteme vzdálenost b osy regulačního šroubu vahadla a osy hřídele pohonu vahadla / kliky /.

$$b = \sqrt{a^2 + x^2} \quad / 5 /$$

pro $x = 72,9 \text{ mm}$	je $b = 75,2 \text{ mm}$
$x = 58,3 \text{ mm}$	$b = 61,2 \text{ mm}$
$x = 48,6 \text{ mm}$	$b = 52,0 \text{ mm}$
$x = 41,7 \text{ mm}$	$b = 45,6 \text{ mm}$

3.2.3. Konstrukční návrh zásobníku

Řešení zásobníku je provedeno tak, aby zásoba dávkované látky stačila na 10 - 15 minut provozu. Při uvažovaném výkonu šoupátka $120 \cdot \text{min}^{-1}$, t.j. $2 \cdot \text{s}^{-1}$ se budou ze zásobníku odebírat 4 dávky $\cdot \text{s}^{-1}$. To znamená, že při hmotnosti jedné dávky 2 g se odebere $8 \text{ g} \cdot \text{s}^{-1}$, t.j. $16 \text{ cm}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Za deset minut se odebere $8 \cdot 60 \cdot 10 = 4800 \text{ g} = 4,8 \text{ kg}$, to je $9,6 \cdot 10^3 \text{ cm}^3$.

Aby dávkovaná látka mohla šoupátko naplňovat přímo ze zásobníku, je vhodné použít zásobník ve tvaru složeného z válce a komolého kužele.

Byl navržen zásobník, jehož válcová část má průměr 230 mm a výšku 220 mm a kuželová část s výškou 134 mm a malým průměrem 25 mm, který dosedá do výsypky na nosiči šoupátka, dopravující dávkovanou látku do šoupátka.

Objem válcové části pak je /6/

$$V_v = \frac{1}{4} \pi D^2 v_v = \frac{1}{4} \pi \cdot 230^2 \cdot 220 = 9,14 \cdot 10^3 \text{ cm}^3$$

Objem kuželové části /7/

$$\begin{aligned} V_k &= \frac{1}{12} \pi \left[D^2 v'_k - d^2 (v'_k - v_k) \right], \text{ kde } v'_k = \frac{D}{D-d} v_k \\ &= \frac{1}{12} \pi \left[230^2 \cdot \frac{230}{230-25} \cdot 134 - 25^2 \cdot \right. \\ &\quad \left. \cdot \left(\frac{230}{230-25} \cdot 134 - 134 \right) \right] = 2,08 \cdot 10^3 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$V = V_v + V_k \quad \text{ /8/}$$

$$= 9,14 \cdot 10^3 + 2,08 \cdot 10^3 =$$

$$= 11,22 \cdot 10^3 \text{ cm}^3$$

3.2.4. Konstrukční návrh násypky

Vnitřní délka násypky l odpovídá zdvihu šoupátka zvětšenému o stěnu oddělující obě komory / $t = 5 \text{ mm}$ /.

Vnější délka násypky l' je vzdálenost mezi vnějšími hranami násypných otvorů. Odpovídá vnitřní délce násypky zvětšené o obě délky dávkovacích komor.

$z = 25 \text{ mm}$	$l = 30 \text{ mm}$	$l' = 55 \text{ mm}$
$z = 40 \text{ mm}$	$l = 45 \text{ mm}$	$l' = 85 \text{ mm}$
$z = 55 \text{ mm}$	$l = 60 \text{ mm}$	$l' = 115 \text{ mm}$
$z = 70 \text{ mm}$	$l = 75 \text{ mm}$	$l' = 145 \text{ mm}$

3.2.5. Výsledné rozměry a vzdálenosti

z	z'	r	x	y	e	a	b	l	l'
25	35	125	72,9	52,1	122,62	18,5	75,2	30	55
40			58,3	66,7			61,2	45	85
55			48,6	76,4			52,0	60	115
70			41,7	83,3			45,6	75	145

3.3. Využití zařízení

Zařízení lze s výhodou využít jako zkušební přístroj, zejména pro zkoušky dávkování sypných materiálů různých fyzikálních a reologických vlastností. Jde například o dávkování látek různé zrnitosti. Pro malá množství je nutné látky s velkou zrnitostí drtit, aby nedocházelo k příliš velkým odchylkám od požadované hmotnosti.

Při použití zkušebního přístroje lze změřit, jak velké rychlosti dávkování je možno použít pro různě zrnité látky. Odstraněním zbytečného drcení a rozmělnování dávkovaných substrátů by se jednak zlepšilo pracovní prostředí snížením prašnosti a nedocházelo by tak ani ke znehodnocování látek zejména v potravinářském průmyslu.

Použitím zkušebního přístroje lze změřit i vliv vlhkosti dávkované látky na přesnost dávky. Zejména při vyšších výkonech balících strojů se rychle mění vlastnosti dávkované látky vzhledem k jejich umístění v zásobníku a pod. Vlivem různé vlhkosti pak dochází k odchylkám v dávkovaných množstvích.

4. Kinematický rozbor a pevnostní kontrola

Předpokládaný výkon šoupátka je 120 min^{-1} .

Šoupátko se pohybuje vratným symetrickým pohybem s kosinusovou závislostí zrychlení. Pro maximální zdvih jsou kinematické veličiny největší, protože čas cyklu zůstává zachován, ale dráha roste. Úhel pootočení kliky v první fázi pohybu je roven 2α , kde $\cos \alpha = \frac{a}{b}$

$$\begin{aligned} 2\alpha &= 2 \arccos \frac{a}{b} = 2 \arccos \frac{18,5}{45,6} = 132,13^\circ = /9/ \\ &= 2,31 \text{ rad} \end{aligned}$$

a tomu odpovídá časový úsek $T_1 = \frac{2\alpha}{\omega_k}$, /10/
kde ω_k je úhlová rychlost otáčení kliky.

$$\omega_k = 2\pi \cdot n = 2\pi \cdot \frac{120}{60} = 4\pi \cdot \text{s}^{-1}$$

$$\text{Potom } T_1 = \frac{2\alpha}{\omega_k} = \frac{2,31}{4\pi} = 0,184 \text{ s}$$

$$T_2 = T - T_1 = 0,5 - 0,184 = 0,316 \text{ s} \quad /11/$$

Maximální rychlost v_g pohybu šoupátka je v polovině zdvihu. Vypočteme ji pomocí rovnice

$$\frac{v_k}{r_k} = \frac{v_g}{r_g} \quad /12/$$

kde $v_k = \omega_k \cdot a$ je obvodová rychlost kliky,

$r_k = b \pm a$ je délka vahadla od uložení ke

klice, v_g je rychlost pohybu šoupátka,

$r_g = e \pm a - r_k$ je délka vahadla od uložení

k šoupátku. Po dosazení za r_k je $r_g = e - b$.

$$v_k = \omega_k \cdot a = 4\pi \cdot 18,5 \cdot 10^{-3} = 0,2325 \text{ m s}^{-1}$$

$$r_{k1} = b - a = (45,6 - 18,5) \cdot 10^{-3} = 27,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$r_{k2} = b + a = (45,6 + 18,5) \cdot 10^{-3} = 64,1 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$r_{\check{s}} = e - b = (122,62 - 45,6) \cdot 10^{-3} = 77,02 \cdot 10^{-3} \text{ m}$$

$$\text{Z rovnice /12/ dostaneme } v_{\check{s}} = \frac{r_{\check{s}}}{r_k} \cdot v_k$$

$$v_{\check{s}1} = \frac{77,02 \cdot 10^{-3}}{27,1 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,2325 = 0,6608 \text{ m s}^{-1}$$

$$v_{\check{s}2} = \frac{77,02 \cdot 10^{-3}}{64,01 \cdot 10^{-3}} \cdot 0,2325 = 0,2798 \text{ m s}^{-1}$$

Z toho tedy kinematické veličiny

$$z = 0,07 \text{ m}$$

$$T_1 = 0,184 \text{ s}$$

$$T_2 = 0,316 \text{ s}$$

$$v_{\check{s}1} = 0,6608 \text{ m s}^{-1}$$

$$v_{\check{s}2} = 0,2798 \text{ m s}^{-1}$$

Protože jde o klikový mechanismus, bude mít zrychlení kosinusovou závislost zkreslenou proměnným převodem vahadla. Analytické řešení je velmi náročné, proto je lépe použít řešení grafické, kterým lze dosáhnout dostatečné přesnosti. Mechanismus kliky, vahadla a šoupátka nahradíme mechanismem podle obr. 2 a řešení rychlosti a zrychlení šoupátka provedeme dvojím Coriolisovým rozkladem pro mechanismus 1-2-3-4, resp. pro 4-5-6-1.

$$\text{Odtud dostaneme : } \vec{v}_{61} = \vec{v}_{64} + \vec{v}_{41B} ,$$

$$\text{kde } \vec{v}_{41B} = \vec{y} \cdot \omega_{41}$$

$$\omega_{41} = \frac{\vec{v}_{41A}}{\vec{x}} , \quad \text{kde } \vec{v}_{41A} \text{ dostaneme z}$$

$$\text{rovnice } \vec{v}_{31} = \vec{v}_{34} + \vec{v}_{41A}$$

$$\vec{a}_{61} = \vec{a}_{64} + \vec{a}_{41B} + \vec{a}_{cor2} ,$$

kde $\vec{a}_{cor2} = 2 \vec{v}_{64} \cdot \omega_{41}$

$$\vec{a}_{41Bn} = \frac{v_{41}^2}{\vec{y}} , \quad \vec{a}_{41Bt} = \vec{y} \cdot \epsilon_{41}$$

$$\epsilon_{41} = \frac{\vec{a}_{41At}}{\vec{x}}$$

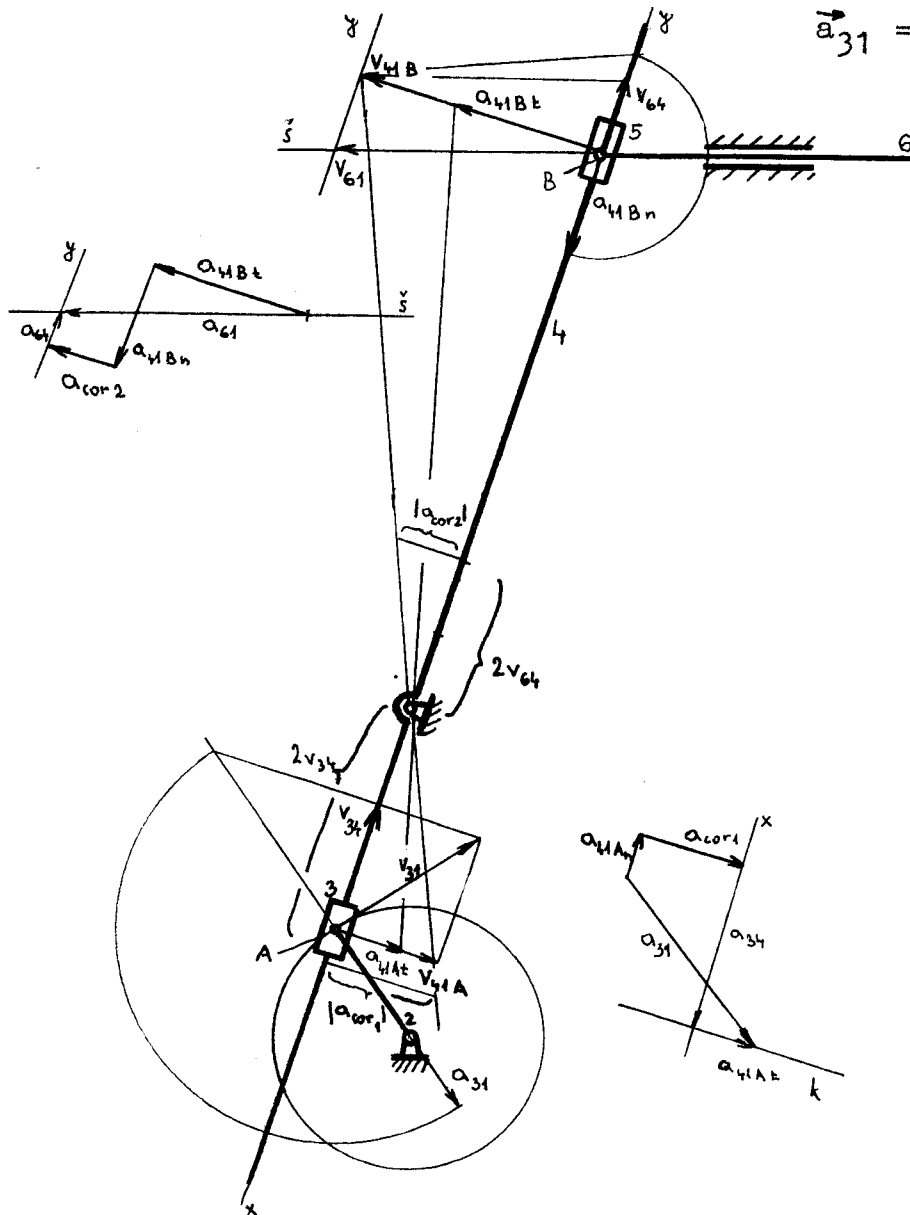
$$\vec{a}_{31} = \vec{a}_{34} + \vec{a}_{41An} + \vec{a}_{41At} + \vec{a}_{cor1} ,$$

kde $\vec{a}_{cor1} = 2 \vec{v}_{34} \omega_{41}$

$$\vec{a}_{41An} = \frac{v_{41}^2 A}{\vec{x}}$$

$$\vec{a}_{31} = \frac{v_{31}^2}{\vec{a}}$$

Obr. 2



Rychlost a zrychlení šoupátka jako funkce úhlu pootočení kliky : /viz graf 1 /

α / ° /	0	11	22	33	44	55	66
$v_{\dot{s}}$ /ms ⁻¹ /	0	0,130	0,255	0,372	0,535	0,650	0,680
$a_{\ddot{s}}$ /ms ⁻² /	6,9	9,5	11,2	12,4	12,6	13,2	0
77	88	99	110	121	132	144	157
0,650	0,535	0,370	0,255	0,130	0	-0,090	-0,190
-13,2	-12,6	-12,4	-11,2	-9,5	-6,9	-5,1	-2,7
190	213	236	246	256	279	302	325
-0,260	-0,285	-0,290	-0,290	-0,290	-0,285	-0,260	-0,190
-2,5	-5,2	-12,4	0	12,4	5,2	2,5	2,7
348	360						
-0,090	0						
5,1	6,9						

Výpočet výkonu potřebného k pohonu šoupátka :

$$P = 2\pi \cdot M_k \cdot n \quad n [s^{-1}] \quad /13/$$

M_k je krouticí moment na ose kliky $M_{k \max} = F \cdot a$ /14/

F je síla na klice, složená ze setrvačné síly a pasívních odporů

Max. setrvačná síla $F_{\max k} = \frac{F_{\max}}{\mu_p}$, kde $F_{\max} = m_k \cdot a_{\max}$

je max. setrvačná síla na šoupátku /15,16/

$m_k = m_{k3} + m_{k4}$ je redukovaná hmotnost vahadla a

šoupátka do bodu 2,3 styku kliky a vahadla

$m_{k4} = m_4 \mu_p^2$, kde $\mu_p = \frac{y}{x}$ je maximální převod vahadlem

$$m_{k4} = 0,066 \cdot 1,998^2 = 0,263 \text{ kg}$$

$$m_{k3} = J_3 \cdot \frac{\omega_3^2}{v_k^2}, \text{ kde } J_3 = \frac{1}{3} m_3 \cdot l_3^2 \text{ je moment setr-}$$

vačnosti vahadla /17/

$$\omega_3 = \frac{v_{š1}}{r_{š}} \text{ je max. úhlová rychlost vahadla}$$

v_k je obvodová rychlost čepu kliky

$$J_3 = \frac{1}{3} \cdot 0,0704 \cdot 0,205^2 = 9,87 \cdot 10^{-4} \text{ kg m}^2$$

$$\omega_3 = \frac{0,6608}{0,07702} = 8,5796 \text{ s}^{-1}$$

$$m_{k3} = 9,87 \cdot 10^{-4} \cdot \frac{8,5796^2}{0,2325^2} = 1,347 \text{ kg}$$

$$m_k = m_{k3} + m_{k4} = 1,344 + 0,263 = 1,607 \text{ kg}$$

$$F_{\max} = 1,607 \cdot 13,2 = 21,21 \text{ N}$$

$$F_{\max k} = \frac{21,21}{1,998} = 10,617 \text{ N}$$

Síla $F'_{\max}$ nutná k překonání pasivních odporů se vypočte podle vztahu $F'_{\max} = f \cdot G_{\max}$ /18/

kde f je koeficient tření a $G_{\max} = g \cdot m_4$

$$\text{pro } f = 0,5 \text{ je } F'_{\max} = 0,5 \cdot 9,81 \cdot 0,066 = 0,324 \text{ N}$$

$$\text{Na klíce } F'_{\max k} = \frac{F'_{\max}}{\mu_p} = \frac{0,324}{1,998} = 0,162 \text{ N} \quad /19/$$

$$F = F_{\max k} + F'_{\max k} = 10,617 + 0,162 = 10,779 \text{ N} \quad /20/$$

$$\text{Podle } /14/ \quad M_{k \max} = 10,779 \cdot 18,5 \cdot 10^{-3} = 0,199 \text{ N m}$$

$$\text{Podle } /13/ \quad P = 2\pi \cdot 0,199 \cdot 2 = 2,506 \text{ W}$$

Za předpokladu, že k pohonu ostatních částí balícího zařízení bude třeba výkonu maximálně pětinasobného / t.j. max. 12,5 W /, lze použít motor o výkonu 15-20 W s otáčkami 120 min⁻¹.

Těmto požadavkům vyhovuje dvoufázový asynchronní servomotor J 17 A 1 výrobce MEZ Náchod o výkonu 16 W s 1.500 ot. min⁻¹ a převodovkou PR 25 / 16 výrobce MEZ Náchod s převodovým poměrem 1 : 15,6 a max. zatížitelností 0,98 Nm. Tento motor je výhodný pro dobrou regulovatelnost ve velkém rozsahu otáček, což je pro zkušební zařízení podmínkou.

Pevnostní kontrola hřídele pohonu :

a/ statický krut

materiál 11 700

$\sigma_p = 700 \text{ MPa}$

mez kluzu $\sigma_k = 0,55 \sigma_p$

pro krut $\tau_k = 0,6 \sigma_k = 0,6 \cdot 0,55 \cdot 700 =$
 $= 231 \text{ MPa}$

$$\tau_{dov} = \frac{\tau_k}{k} = \frac{M_k}{W_k} \quad /21/$$

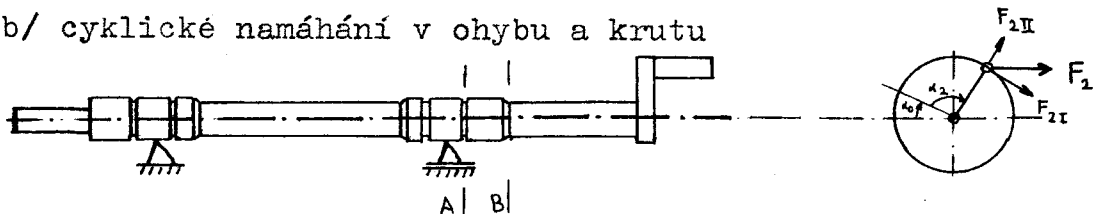
kde k je koeficient bezpečnosti

$$W_k = \frac{\pi d^3}{16} \quad \text{je modul průřezu}$$

Z rovnice /21/ dostaneme

$$k = \frac{\tau_k \pi d^3}{16 M_k} = \frac{231 \cdot 10^6 \cdot \pi \cdot 0,009^3}{16 \cdot 0,199} = 167,8$$

b/ cyklické namáhání v ohybu a krutu



max. zrychlení: $\alpha_1 = 52^\circ$	$a_{\max} = 13,2 \text{ m s}^{-2}$
$\alpha_2 = 78^\circ$	$a_{\max} = -13,2 \text{ m s}^{-2}$
$\alpha_3 = 234^\circ$	$a_{\max} = -12,4 \text{ m s}^{-2}$
$\alpha_4 = 256^\circ$	$a_{\max} = 12,4 \text{ m s}^{-2}$

$$m_k = 1,607 \text{ kg}$$

$$F_1 = \mu_p^{-1} \cdot m_k \cdot a_1 \max + F'_{\max k} = 2,88^{-1} \cdot 1,607 \cdot 13,2 + 0,162 = 7,43 \text{ N}$$

$$F_{1I} = F_1 \cdot \sin/\alpha_0 + \alpha_1/ = 7,43 \cdot \sin/26^\circ + 52^\circ/ = 7,30 \text{ N}$$

$$F_{1II} = F_1 \cdot \cos/\alpha_0 + \alpha_1/ = 7,43 \cdot \cos/26^\circ + 52^\circ/ = 1,42 \text{ N}$$

$$F_{2I} = -7,30 \text{ N}$$

$$F_{2II} = 1,42 \text{ N}$$

$$F_3 = \mu_p^{-1} \cdot m_k \cdot a_3 \max + F'_{\max k} = 1,23^{-1} \cdot 1,607 \cdot -12,4 + +/-0,162/ = -16,36 \text{ N}$$

$$F_{3I} = F_3 \cdot \sin/\alpha_0 + \alpha_3/ = -16,36 \cdot \sin/26^\circ + 234^\circ/ = 16,06 \text{ N}$$

$$F_{3II} = F_3 \cdot \cos/\alpha_0 + \alpha_3/ = -16,36 \cdot \cos/26^\circ + 234^\circ/ = 3,12 \text{ N}$$

$$F_{4I} = -16,06 \text{ N}$$

$$F_{4II} = 3,12 \text{ N}$$

kontrola na ohyb v místě A :

$$F_{II} \max = 3,12 \text{ N}$$

$$F_{II} \min = 0 \text{ N}$$

$$\sigma_h = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_{II} \cdot r \cdot 32}{\pi \cdot d^3} = \frac{3,12 \cdot 0,0595 \cdot 32}{\pi \cdot 0,010^3} = 1,891 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_a = \sigma_m = 0,5 \cdot \sigma_h = 0,5 \cdot 1,891 = 0,946 \text{ MPa}$$

Podle lit./4/ : $r=0,25 \text{ mm}$, $D = 10 \text{ mm}$, $d = 9,5 \text{ mm}$

$$\left. \begin{array}{l} D/d = 1,05 \\ r/d = 0,026 \end{array} \right\} \Rightarrow \alpha = 2,3$$

$$\alpha = 220/\sigma_p = 220/700 = 0,31$$

$$\sigma_c = 0,45 \sigma_p = 0,45 \cdot 700 = 315 \text{ MPa}$$

$$\beta_o = \frac{\alpha}{1 + \frac{\alpha-1}{\alpha} \cdot \frac{\alpha}{\sqrt{r}}} = \frac{2,3}{1 + \frac{1,3}{2,3} \cdot \frac{0,31}{0,25}} = 1,70$$

$$v \sigma_o = 1,4 \quad \eta = 0,85 \quad \sigma_{co} = 0,48 \cdot \sigma_p = 336 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{co}^* = \frac{\sigma_{co} \eta}{\beta} v \sigma = \frac{336 \cdot 0,85}{1,7} \cdot 1,4 = 235,2 \text{ MPa}$$

$$\frac{1}{k} = \frac{\sigma_a}{\sigma_{co}} + \frac{\sigma_m}{\sigma_p} = \frac{0,9455}{235,2} + \frac{0,9455}{700} = 0,005 \quad k = 186,2$$

$$\text{ohyb v místě B : } \sigma_h = \frac{3,12 \cdot 0,046 \cdot 32}{0,013} = 1,46 \text{ MPa}$$

$$\sigma_d = 0 \quad \sigma_m = \sigma_a = 0,73 \text{ MPa}$$

$$r = 0,5 \quad D = 10 \quad d = 9$$

$$\left. \begin{array}{l} D/d = 1,11 \\ r/d = 0,056 \end{array} \right\} \Rightarrow \alpha = 1,85 \quad \mathcal{R} = 280/700 = 0,4$$

$$\beta = \frac{1,85}{1 + \frac{0,85}{1,85} \cdot \frac{0,4}{\sqrt{0,5}}} = 1,47 \quad v_{\sigma_0} = 1,4$$

$$\eta = 0,85 \quad \sigma_{co} = 336 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{co}^* = \frac{336 \cdot 0,85}{1,47} \cdot 1,4 = 272,3 \text{ MPa}$$

$$\frac{1}{k} = \frac{0,73}{272,3} + \frac{0,73}{700} = 0,0037 \quad k = 268,55$$

$$\text{kontrola na krut v místě A : } F_{\max} = 16,06 \text{ N}$$

$$F_{\min} = -16,06 \text{ N}$$

$$M_{k \max} = 16,06 \cdot 0,0185 = 0,297 \text{ Nm}$$

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{0,297 \cdot 16}{\pi \cdot 0,013} = 1,512 \text{ MPa}$$

$$\alpha = 1,8 \quad \mathcal{R} = 0,31 \quad \beta_k = 1,41 \quad \eta_k = 0,925$$

$$v_{\tau} = 1,2 \quad \tau_c = 0,58 \cdot \sigma_c = 0,58 \cdot 336 = 194,88 \text{ MPa}$$

$$\tau_c^* = \frac{\tau_c \eta_k}{\beta_k} \cdot v_{\tau} = \frac{194,88 \cdot 0,925}{1,41} \cdot 1,2 = 153,42 \text{ MPa}$$

$$\tau_h = 1,512 \text{ MPa} \quad \tau_d = -1,512 \text{ MPa}$$

$$\tau_a = 1,512 \text{ MPa} \quad \tau_m = 0 \text{ MPa}$$

$$k = \frac{153,42}{1,512} = 101,46$$

$$\text{krut v místě B : } \alpha = 1,3 \quad \mathcal{R} = 0,4 \quad \beta = 1,15$$

$$v_{\tau} = 1,2 \quad \eta_k = 0,95 \quad \tau_c = 194,88 \text{ MPa}$$

$$\tau_c^* = \frac{194,88 \cdot 0,95}{1,15} \cdot 1,2 = 193,19 \text{ MPa}$$

$$k_{\tau} = \frac{\tau_c^*}{\tau_a} = \frac{193,19}{1,512} = 127,76$$

Kontrola pevnosti svarového spoje na šoupátku :

$$t = 2, \quad d = 8, \quad r = 11 \quad [\text{mm}]$$

$$D = d + 2a = d + 1,4 \cdot t = 8 + 1,4 \cdot 2 = 10,8 \text{ mm}$$

$$\sigma_{pt} = 70 \text{ MPa} \quad \sigma_k = 0,3 \cdot \sigma_{pt} = 0,3 \cdot 70 = 21 \text{ MPa}$$

$$\tau_{o\perp} = \frac{M_o}{W_{o\text{ sv}}} = \frac{F_{\max} \cdot r}{\frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{d}} = \frac{1,607 \cdot 13,2 \cdot 0,011}{\frac{\pi}{32} \cdot \frac{0,0108^4 - 0,008^4}{0,008}} = 2,0 \text{ MPa}$$

$$\tau_s = \frac{\tau_{o\perp}}{\alpha_{\tau\perp}} = \frac{2}{0,75} = 2,67 \text{ MPa}$$

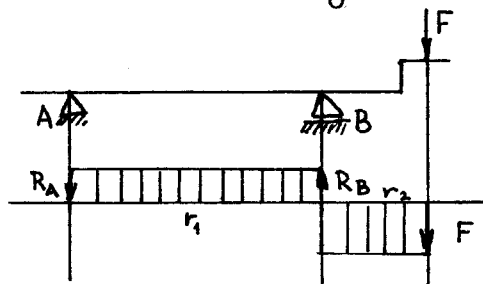
$$\beta = 1,3 - 0,03 \cdot t = 1,3 - 0,03 \cdot 2 = 1,24$$

$$k = \frac{\beta \sigma_k}{\tau_s} = \frac{1,24 \cdot 21}{2,67} = 9,75$$

Výpočet životnosti ložisek :

ložisko 6000

$$C_O = 2\,000 \text{ N}$$



$$F = R_A + R_B \quad F \cdot r_1 = -R_A \cdot r_2$$

$$R_A = -F \cdot \frac{r_1}{r_2} = -3,12 \cdot \frac{63}{72} = -2,73 \text{ N}$$

$$R_B = F - R_A = 3,12 - /-2,73/ = 5,85 \text{ N}$$

$$F_r = R_B$$

$$L_h = \left(\frac{C}{F}\right)^3 \cdot \frac{16\,666}{n} = \left(\frac{2\,000}{5,85}\right)^3 \cdot \frac{16\,666}{120} = 5,55 \cdot 10^9 \text{ hodin}$$

Hodnoty koeficientu bezpečnosti na hřídeli jsou vysoké z důvodu velkého průměru hřídele a příliš kvalitního materiálu.

Závěr

Diplomový úkol vyřešil konstrukci dávkovače čaje s možností regulace dávky v rozsahu 0,5 až 5,6 cm³, to je 0,25 až 2,8 g čaje. Řešení je provedeno i s ohledem na dávkování jiných substrátů s podobnými vlastnostmi. Zařízení je vybaveno jedním motorem pro pohon míchadla zásobníku a druhým motorem pro pohon šoupátka. Oba motory jsou dvoufázové asynchronní servomotory s převodovkami a umožňují regulovat otáčky v téměř celém jejich rozsahu. Tato vlastnost je zvlášť výhodná pro využití dávkovače jako zkušebního zařízení k vyzkoušení kvality dávkování při různých výkonech a velikostech dávek.

Dávkovač je navržen pro maximální otáčky $n = 120 \text{ min}^{-1}$. Při těchto otáčkách by byl výkon dávkovače 480 dávek za minutu, což je desetkrát více než výkony současných strojů. Otázkou zůstává, zda je čaj schopen samovolně naplnit dávkovací prostor při tak vysokém výkonu, aby byla zachována tolerance hmotnosti dávky. To je úkolem pro využití zařízení ve zkušebním provozu. Pro zkoušky je stroj vybaven vhodným pohonem, velkou regulací dávek malých hmotností a možností regulace zdvihu šoupátka k odstranění zbytečného pohybu.

Seznam použité literatury :

- 1/ Ryant a kol. Moderní obalová technika
Praha - 1971
- 2/ Čepelík a kol. Mechanizace a automatizace balení
Praha - 1963
- 3/ R.L.Zenkov Mechanika nasypných Грузов
Moskva - 1952
- 4/ Kvapilová a kol. Příručka z tvarové pevnosti
Liberec-1976

Seznam výkresů

1.	Výkresy	
1. 01.	Dávkovač	0 - BP - 007 - 00
1. 02.	Rám	0 - BP - 007 - 01
1. 03.	Nosič hřídele	4 - BP - 007 - 02
1. 04.	Hřídel	4 - BP - 007 - 02 - 01
1. 05.	Skříň nosiče	4 - BP - 007 - 02 - 02
1. 06.	Víčko	4 - BP - 007 - 02 - 03
1. 07.	Nosič hřídele	4 - BP - 007 - 03
1. 08.	Hřídel	4 - BP - 007 - 03 - 01
1. 09.	Víčko	4 - BP - 007 - 03 - 03
1. 10.	Vahadlo	4 - BP - 007 - 04
1. 11.	Regulační šroub	4 - BP - 007 - 05
1. 12.	Šroub	4 - BP - 007 - 05 - 01
1. 13.	Šoupátko	4 - BP - 007 - 06
1. 14.	Těleso šoupátka	4 - BP - 007 - 06 - 01
1. 15.	Doraz	4 - BP - 007 - 06 - 02
1. 16.	Šroub	4 - BP - 007 - 06 - 03
1. 17.	Nosič šoupátka	4 - BP - 007 - 07
1. 18.	Spojka	4 - BP - 007 - 09
1. 19.	Spojka	4 - BP - 007 - 09 - 01
1. 20.	Čelist spojky	4 - BP - 007 - 09 - 02
1. 21.	Míchaadlo	4 - BP - 007 - 10
1. 22.	Příruba	4 - BP - 007 - 11
1. 23.	Držák	3 - BP - 007 - 12
1. 24.	Mezipříruba	4 - BP - 007 - 13
1. 25.	Držák	3 - BP - 007 - 14
1. 26.	Násypka	4 - BP - 007 - 16

1	1. díl		8,180	0-BP-007-01	1
1	2. díl HP1000		0,300	4-BP-007-02	2
1	3. díl HP1000		0,300	4-BP-007-03	2
1	Válcová + 80x10-110	Y 42 440 110 11 200,0	11 0,200	4-BP-007-04	4
1	Regul. špič šroub		0,050	4-BP-007-05	2
1	Šroubovice		0,110	4-BP-007-06	6
1	4. díl šroubovice		0,400	4-BP-007-07	7
2	Šroubovice + 80x10-110	Y 42 440 110 11 200,0	1 0,000		8
2	Šroubovice		0,200	4-BP-007-09	9
1	5. díl		0,100	4-BP-007-10	10
2	Šroubovice + 80x10-110	Y 42 440 110 11 200,0	1 0,100	4-BP-007-11	11
2	Šroubovice		0,100	4-BP-007-12	12
2	Šroubovice + 80x10-110	Y 42 440 110 11 200,0	1 0,200	4-BP-007-13	13
1	6. díl		0,400	4-BP-007-14	14
1	7. díl		0,300		15
1	8. díl		0,100	4-BP-007-16	16
2	Motor 17 1/2		2,800		17
2	Převodník PR 20/21		2,100		18
2	Čerpadlo M 1	Y 01 1401	0,200		19
2	Podložka 1. díl	Y 01 1702	0,010		20

VŠST
LIBREC

DÁVKOVAČ

0-BP-007-00

1

1	Rám			8,480	0-BP-007-01	1
1	Nosič hřídele			0,598	4-BP-007-02	2
1	Nosič hřídele			0,598	4-BP-007-03	3
1	Vahadlo +20x10-210	ČSN 42 442.02	Al-Mg-Mn	AlB 0,201	4-BP-007-04	4
1	Regulační šroub			0,259	4-BP-007-05	5
1	Šoupátko			0,114	4-BP-007-06	6
1	Nosič šoupátka			0,487	4-BP-007-07	7
2	Svorka + 20x2-110	ČSN 42 6522.11	11 370.0	1 0,034		8
2	Spojka			0,391	4-BP-007-09	9
1	Níhadlo			0,097	4-BP-007-10	10
2	Příruba + 45x5-100	ČSN 42 6522.13	11 370.0	1 0,142	4-BP-007-11	11
2	Držák			0,450	3-BP-007-12	12
2	Mezipříruba + 90x8-90	ČSN 42 6522.13	11 370.0	1 0,257	4-BP-007-13	13
1	Držák			0,400	3-BP-007-14	14
1	Zásobník			0,500		15
1	Násepka			0,116	4-BP-007-16	16
2	Kotor J 17 A 1			2,200		17
2	Převodovka PR 25/10			3,100		18
2	Matice M 10	ČSN 02 1401		0,250		19
2	Podložka 10,5	ČSN 02 1702		0,085		20

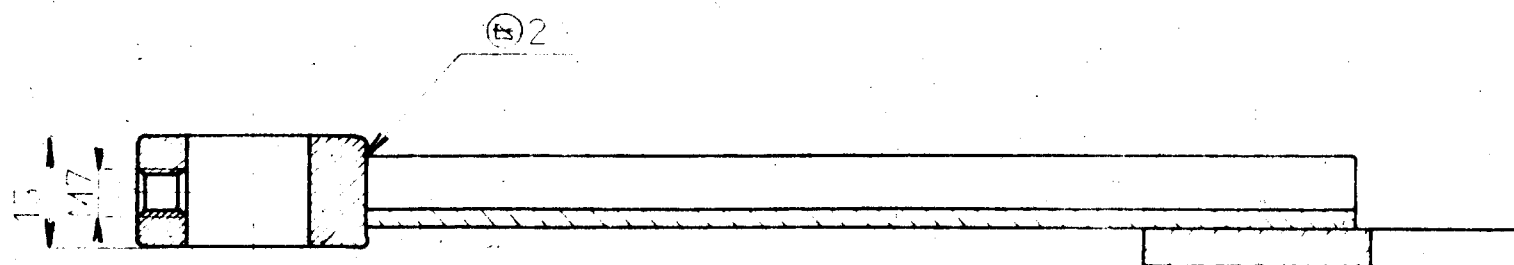
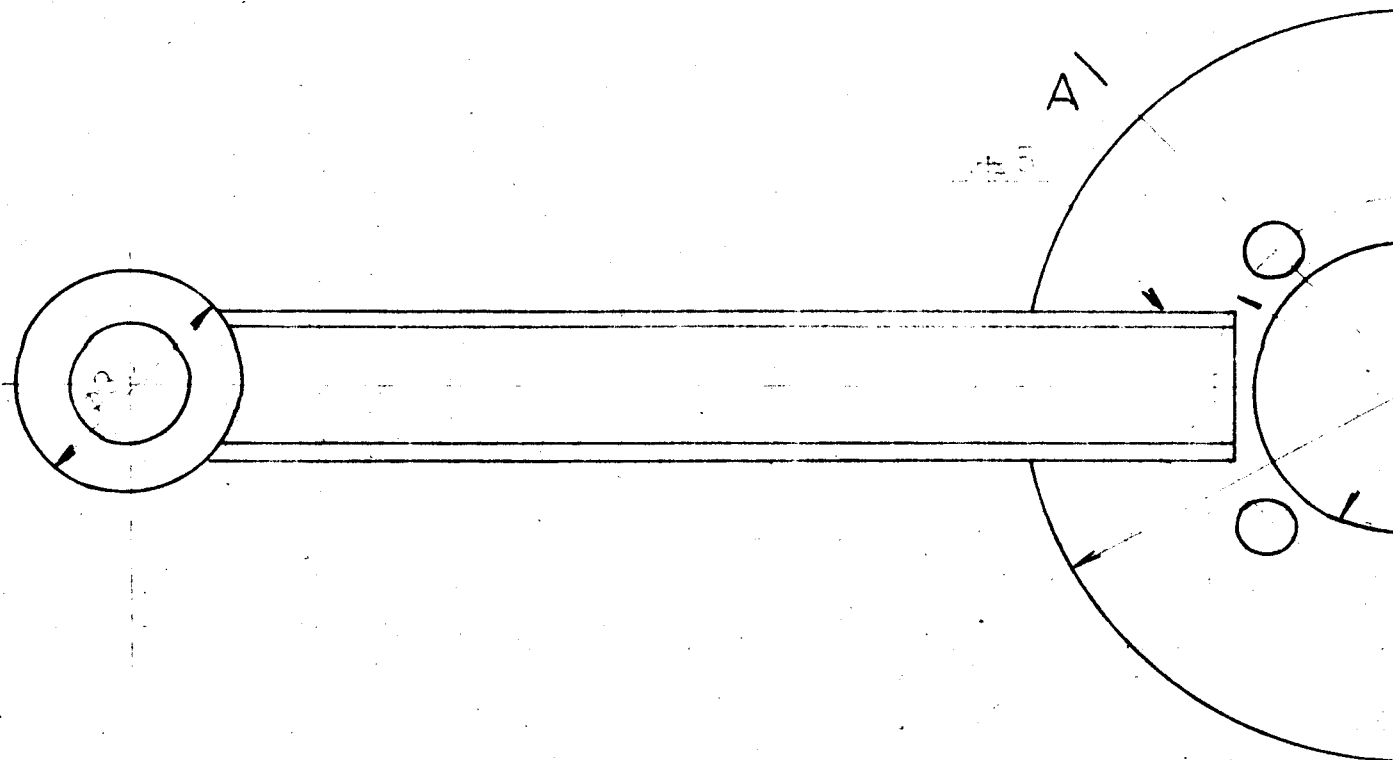
V. Kotvař

VŠST
LIBEREC

DÁVKOVAČ

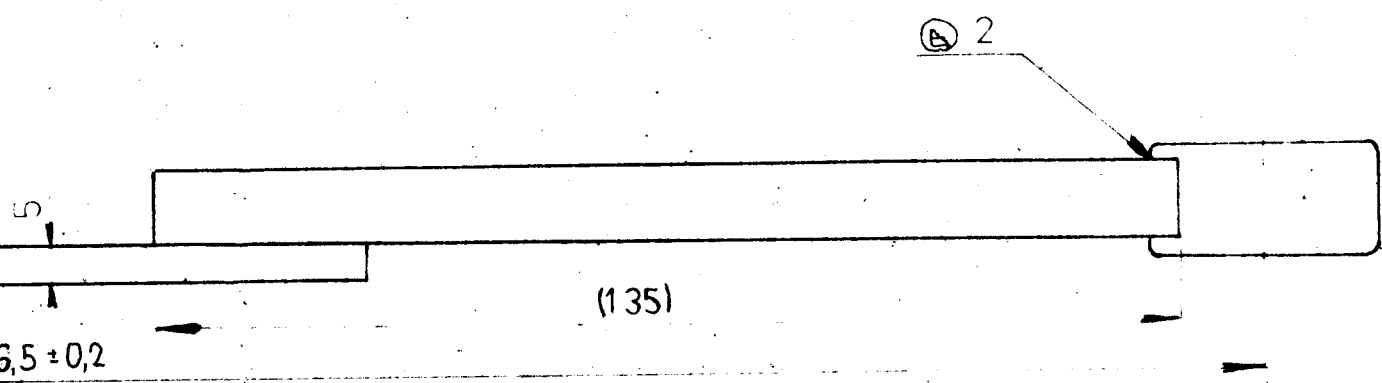
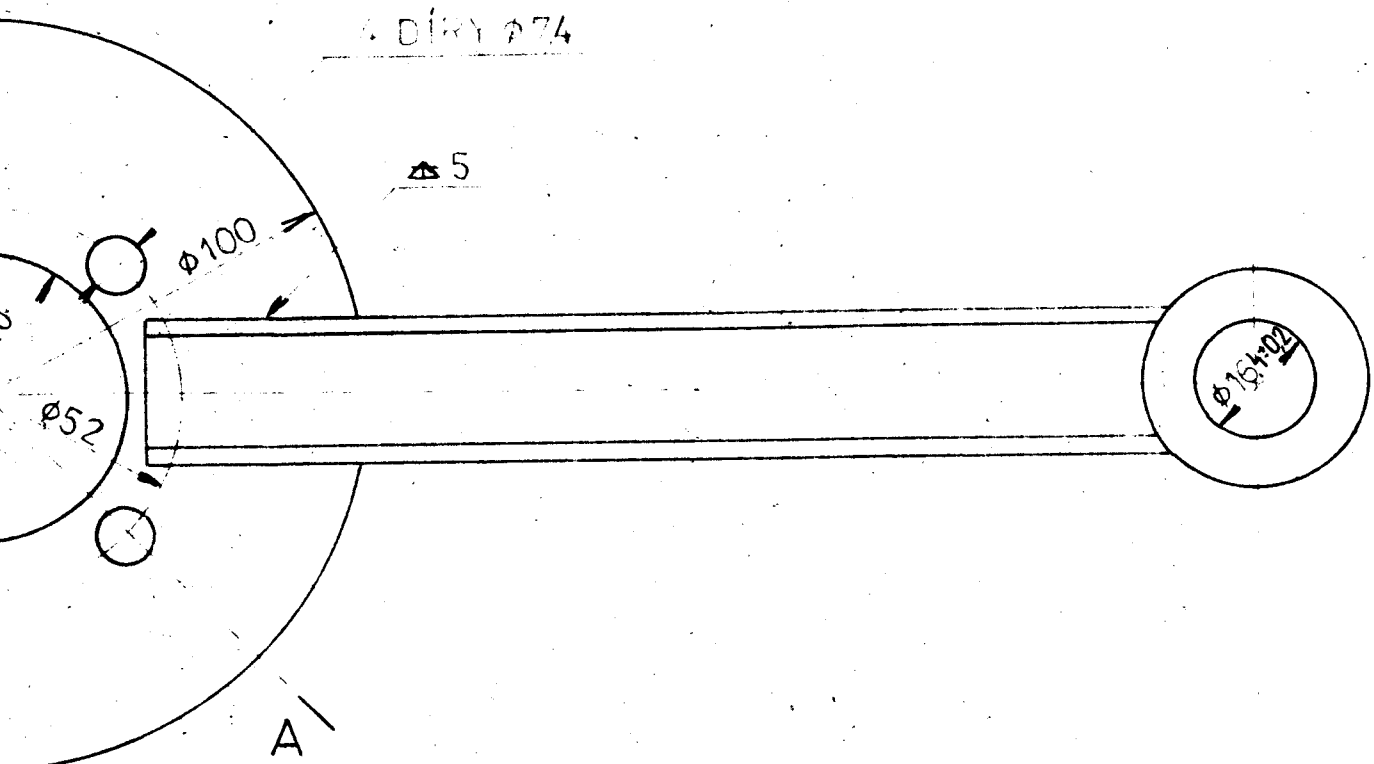
0-BP-007-00

1



PRŮŘEZ A-A





E 4 4

2	TYČ 30	42 6510.12	11 340.0		001	0,06	0,08	0-BP-007-00	3
2	C 2-135	42 65631	11 320.0		0,4	0,05	0,01	0-BP-007-00	2
1	PLECH 5,102x102	42 5310.21	11 373.1		001	0,16	0,44	0-BP-007-00	1

ČSN

0,40

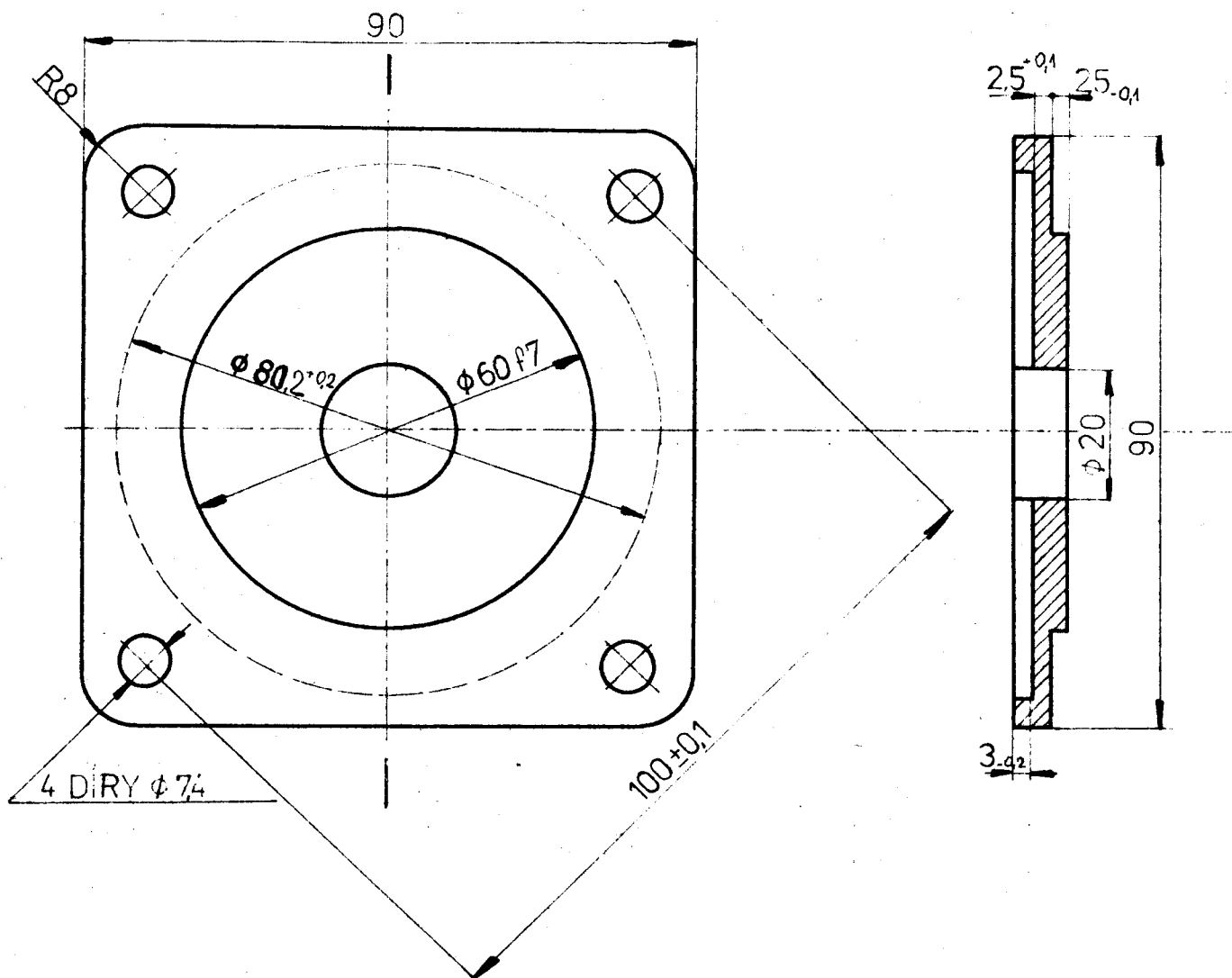
1:1

VŠST
LIBEREC

DRŽÁK

3-BP-007-14

32
✓



TYČ 90x8-90 ČSN426522.13 11 370.0

1 0,227 0,513 0-BP-007-00 13

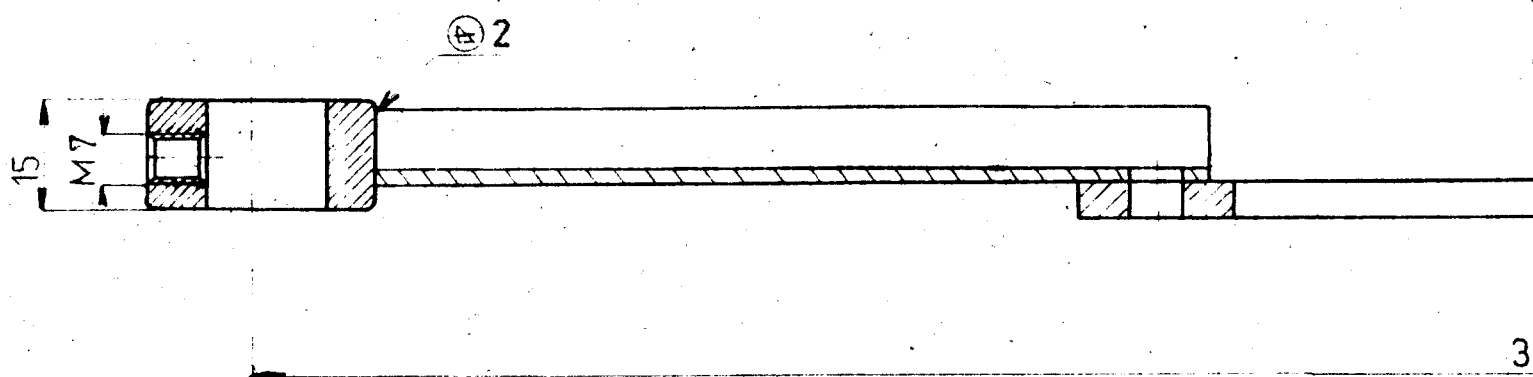
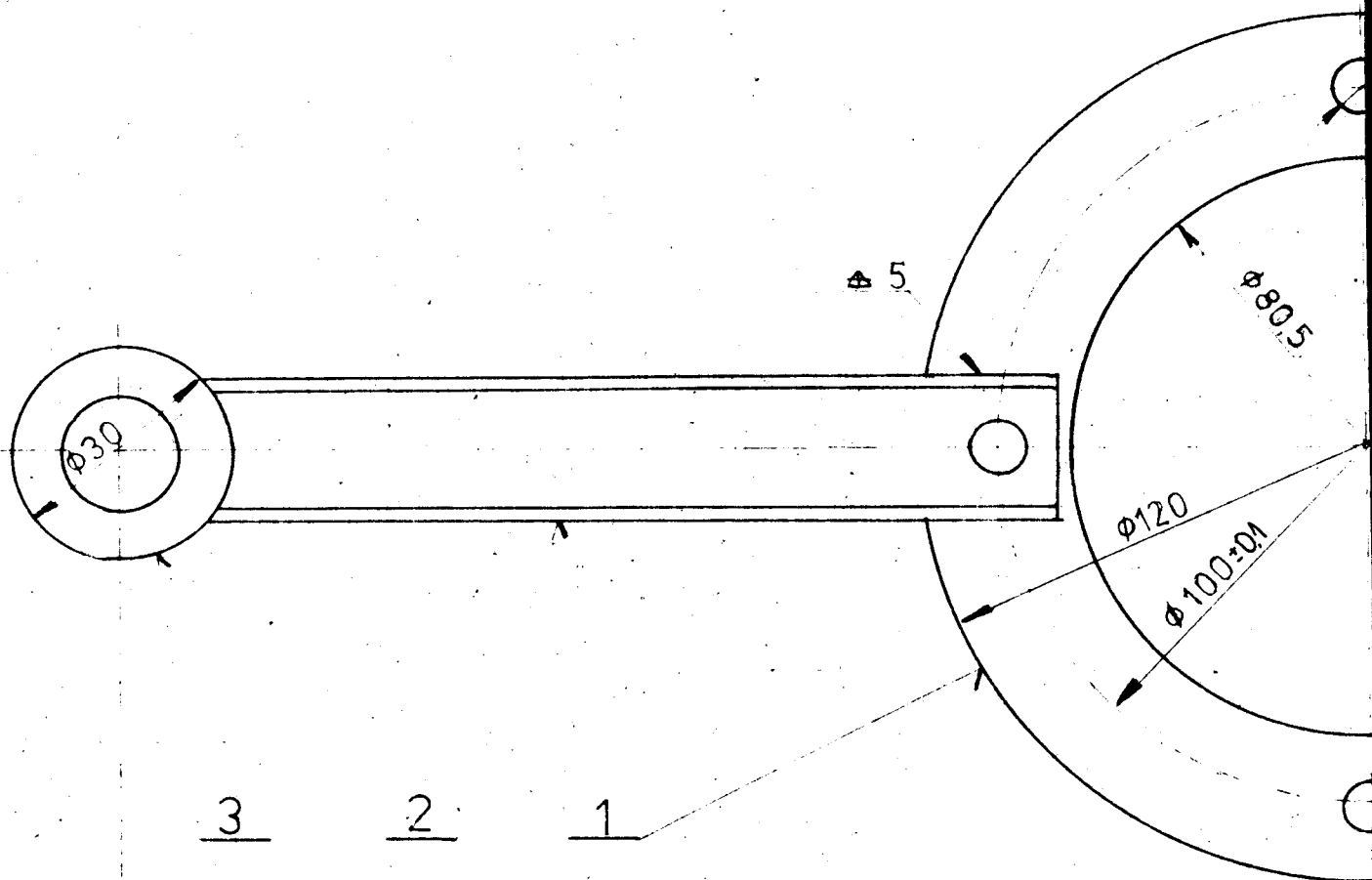
V. Kucháček

1:1

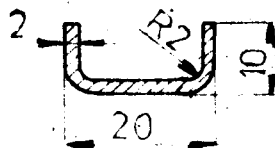
VŠST
LIBEREC

MEZIPŘÍRUBA

4-BP-007-13

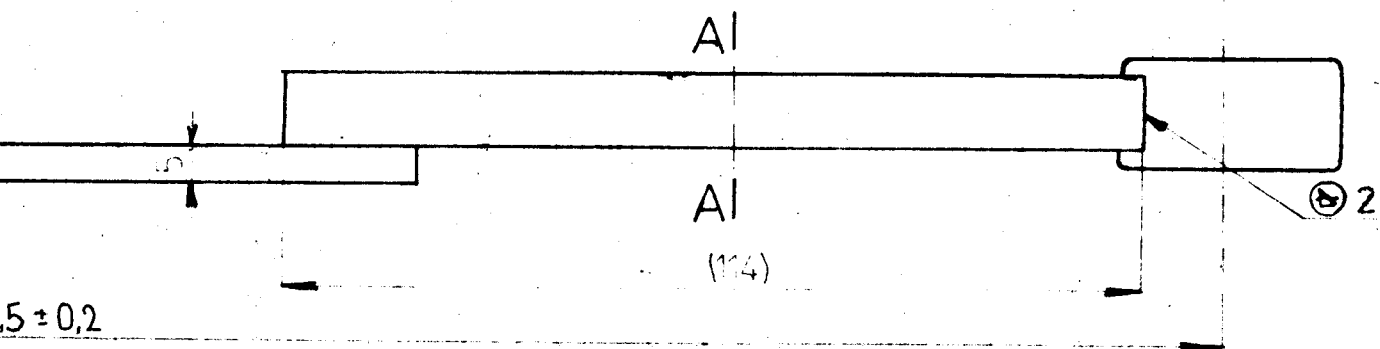
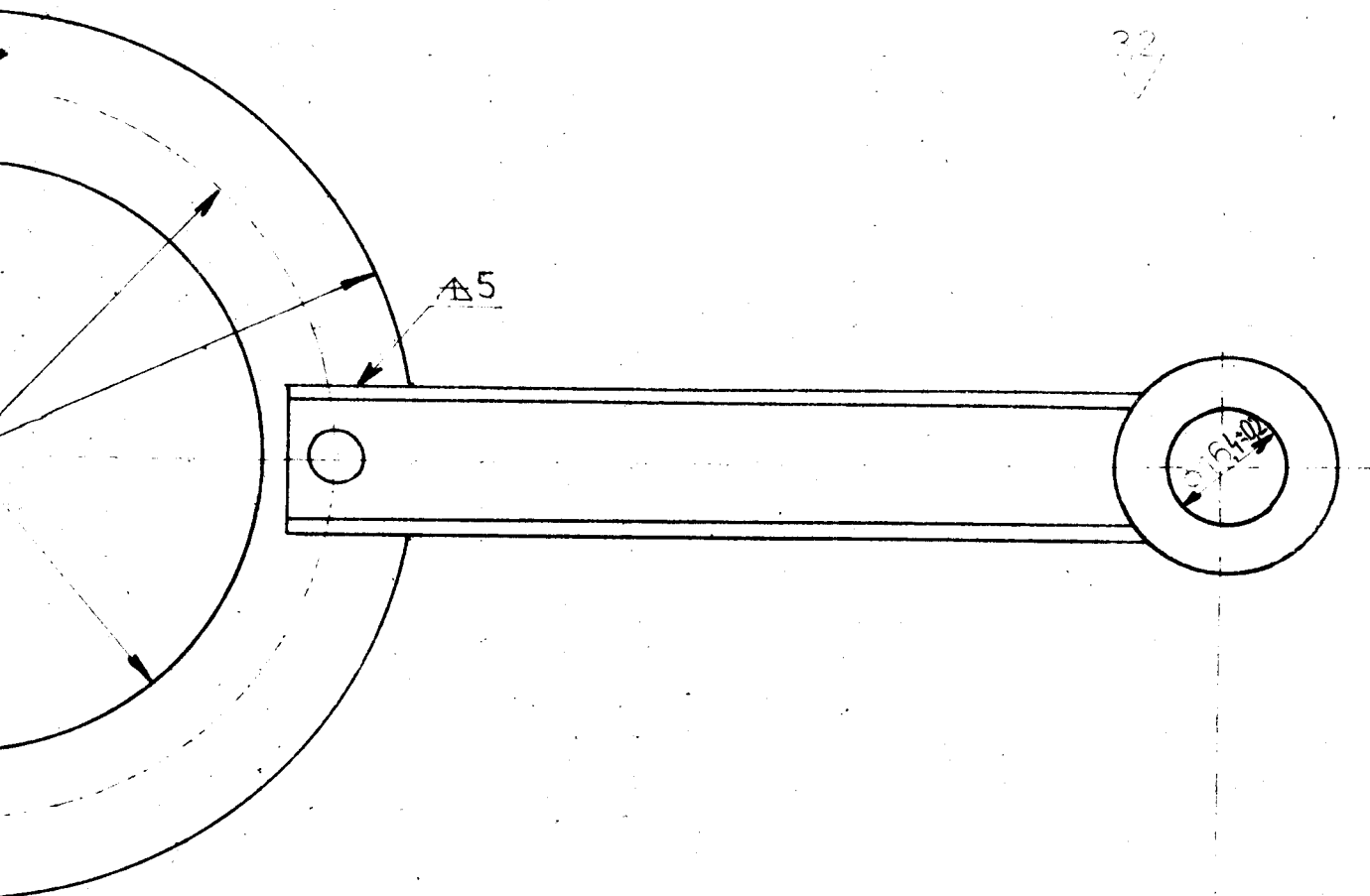


PRŮŘEZ A-A



4 DÍRY Ø74

32



5 ± 0,2

E 4+24

2	TYČ 30	42 6510.12	11 340.0		001	0,06	0,08	0-BP-007-00	3
2	Č 2-114	42 6963.1	11 320.0		001	0,05	0,06	0-BP-007-00	2
1	PLECH 5x122x122	42 5310.21	11 373.1		001	0,23	0,53	0-BP-007-00	1

ČSN

0,45

V. Kodová

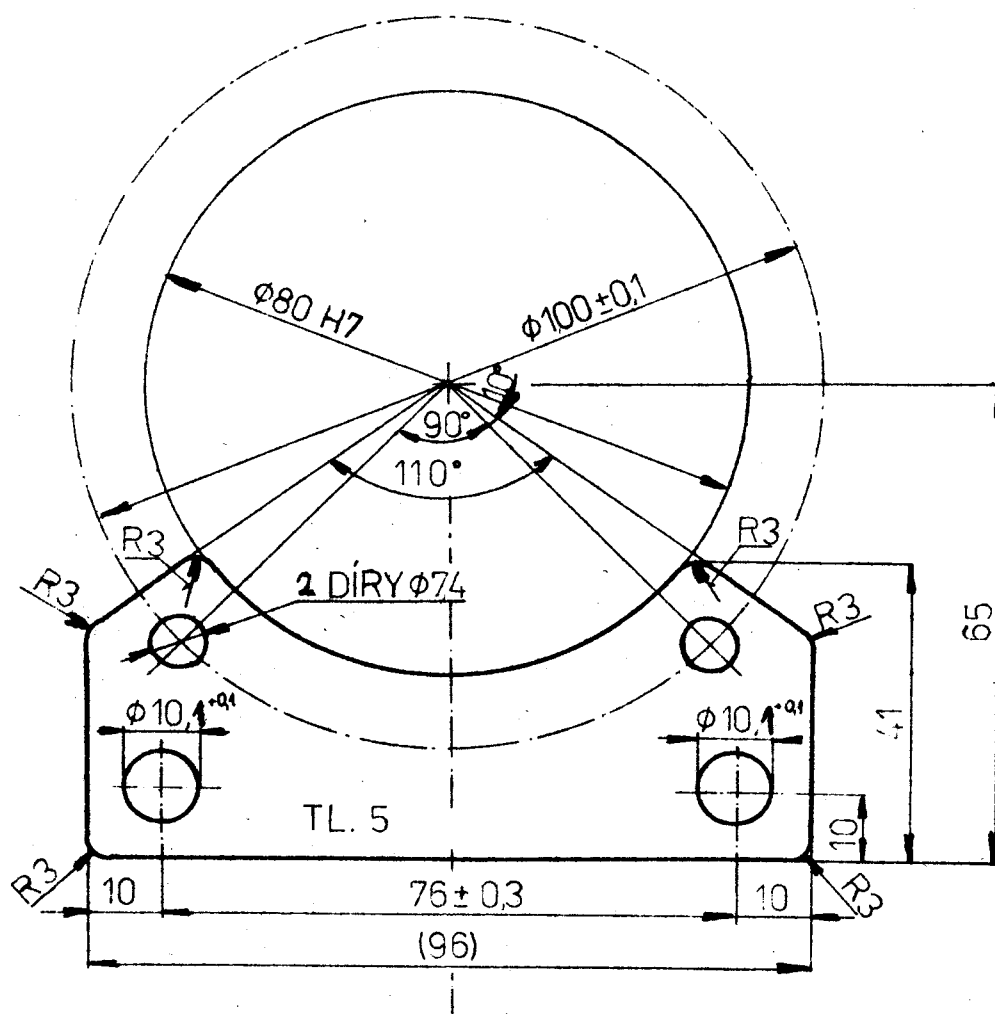
1:1

VŠST
LIBEREC

DRŽÁK

3-BP-007-12

3,2
✓



TYČ 45x5-100 ČSN 42 6522:B 11 3700

1 0,42 0,176 0-BP-007-00

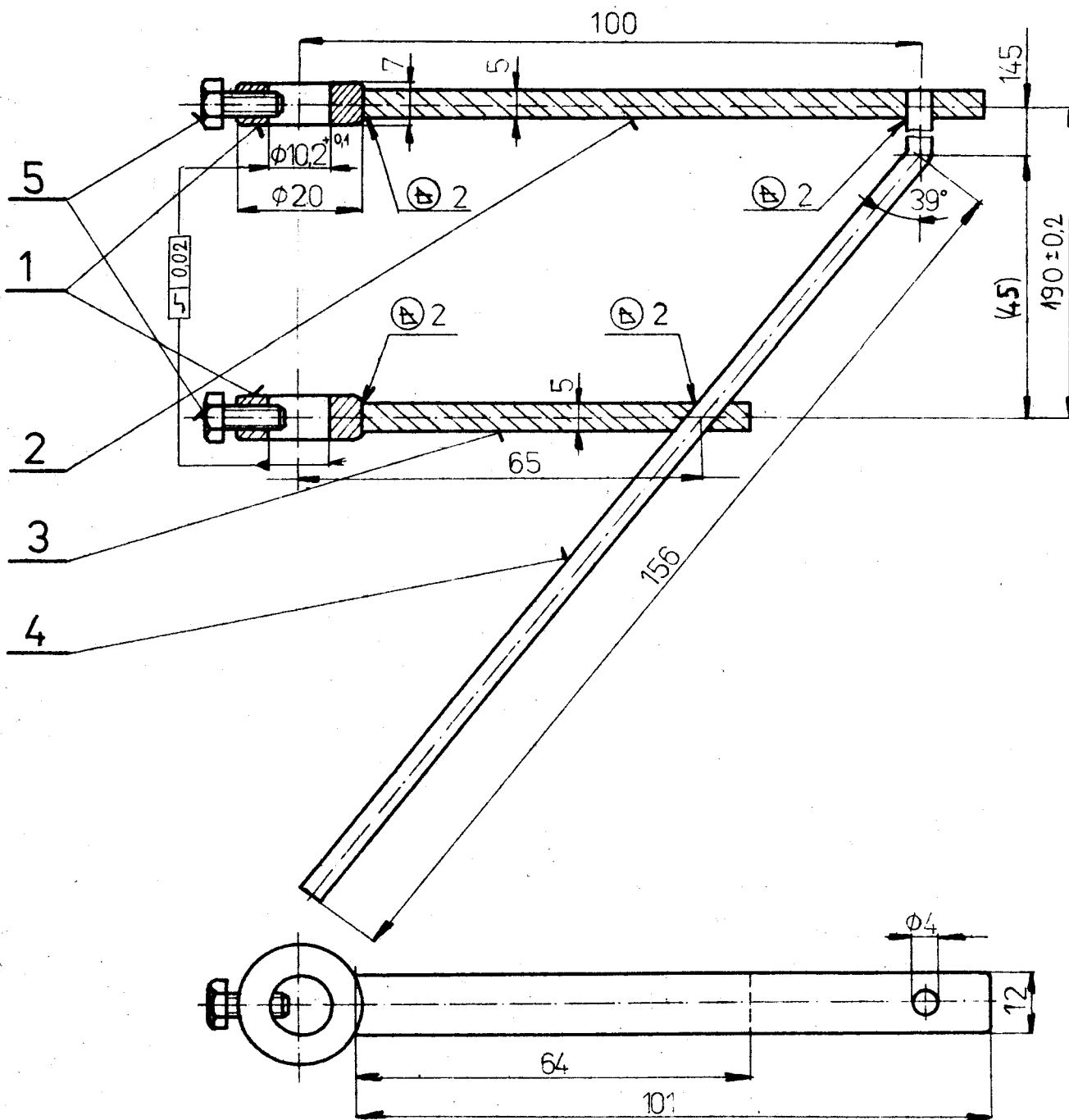
V. Kodoun

1:1

VŠST
LIBEREC

PŘÍRUBA

4-BP-007-11



2	SROUB M4x10	02 1101.2		1	0012		0-BP-007-00	5
1	DRÁT Ø4 - 307	42 6403	17 042.2	19a	0009		0-BP-007-00	4
1	TYČ 12x5-105	42 6522.11	17 042.2	19a	0024	0026	0-BP-007-00	3
1	TYČ 12x5-66	42 6522.11	17 042.2	19a	0,018	0021	0-BP-007-00	2
2	TYČ Ø20x8	42 651012	17 042.2	19a	0,011	0,018	0-BP-007-00	1

ČSN

0,097

V. Kodavsek

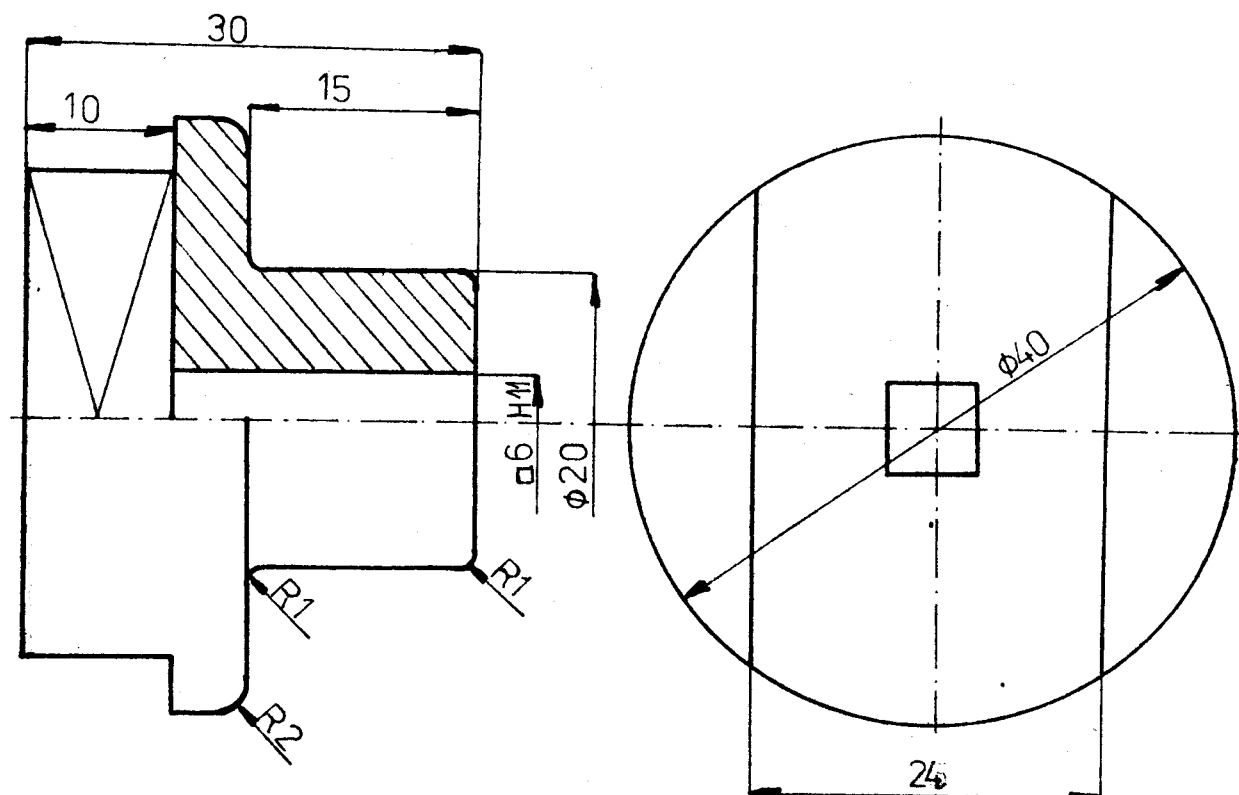
1:1

VŠST
LIBEREC

MICHADLO

4-BP-007-10

3,2
√



Ø42-34

ČSN 64 3617 PA

0,18 0,31 4-BP-007-09 2

V. Kodáček

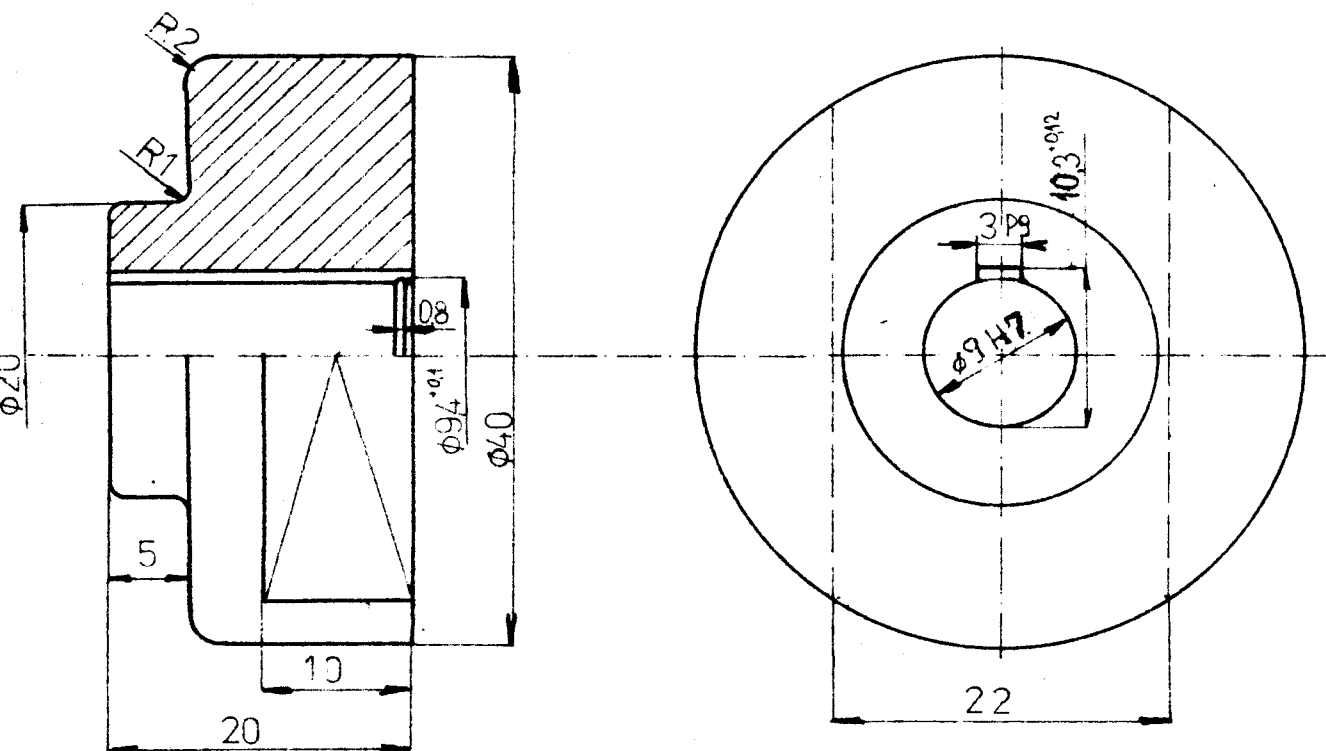
2:1

VŠST
LIBEREC

ČELIST SPOJKY

4-BP-007-09-02

3,2
✓



Ø 42-24 ČSN 64 3617 PA

0,21 0,31 4-BP-007-09

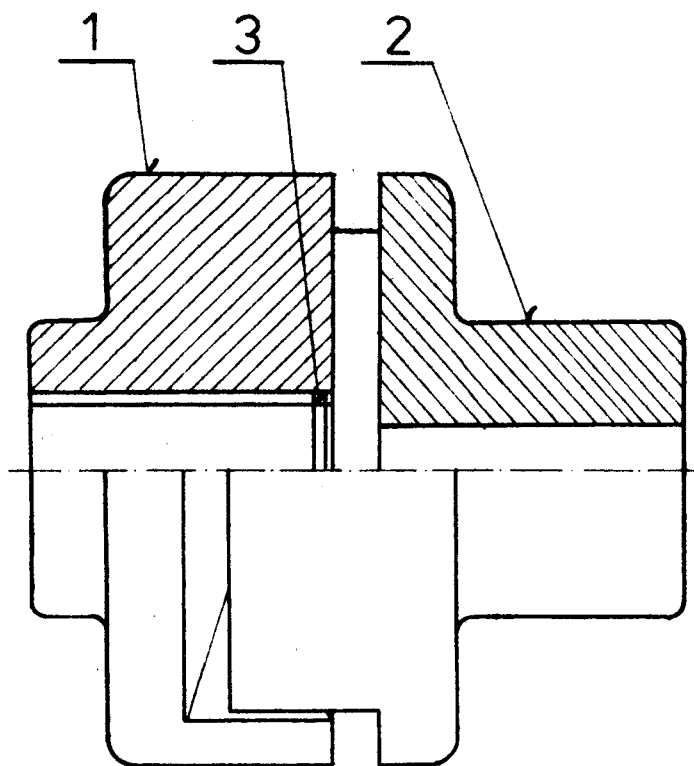
V. Kocoušek

2:1

VŠST
LIBEREC

SPOJKA

4-BP-007-09-01



1	POJISTNÝ KR. 9	02 2925. 2	12 041. 2		2	0,001			3
1	ČELIST SPOJKY	64 3617	PA			0,18	0,31	4-BP007-09-02	2
1	ČELIST SPOJKY	64 3617	PA			0,21	0,31	4-BP007-09-01	1
		ČSN				0,391			

V. Kodáček

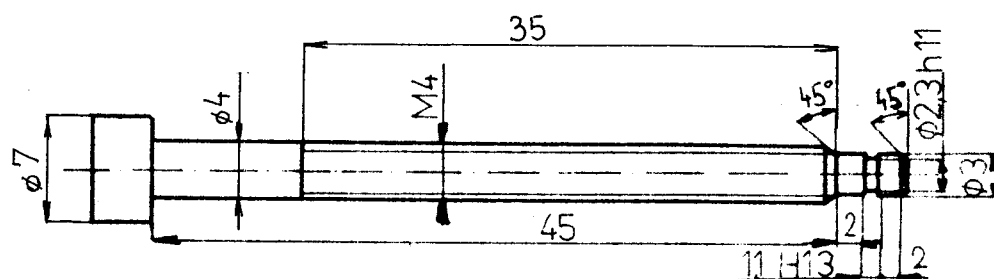
2:1

VŠST
LIBEREC

SPOJKA

4-BP-007-09

32
✓



ŠROUB M4x50

ČSN 02 143.51 11 650.1

1 0,007

4-BP-007-06 3

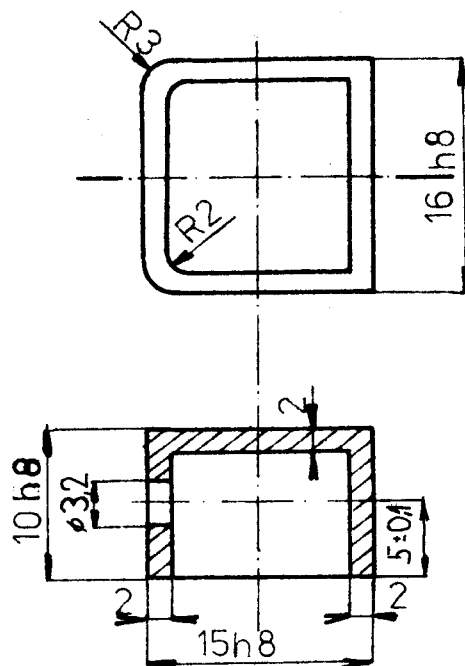
V. Kodounal

2:1

VŠST
LIBEREC

ŠROUB

4-BP-007-06-03



12.16.18

ČSN 4242202 Al-Mg-Mn

Al8 0,003 0,005 4-BP-007-06 2

V. Kodounel

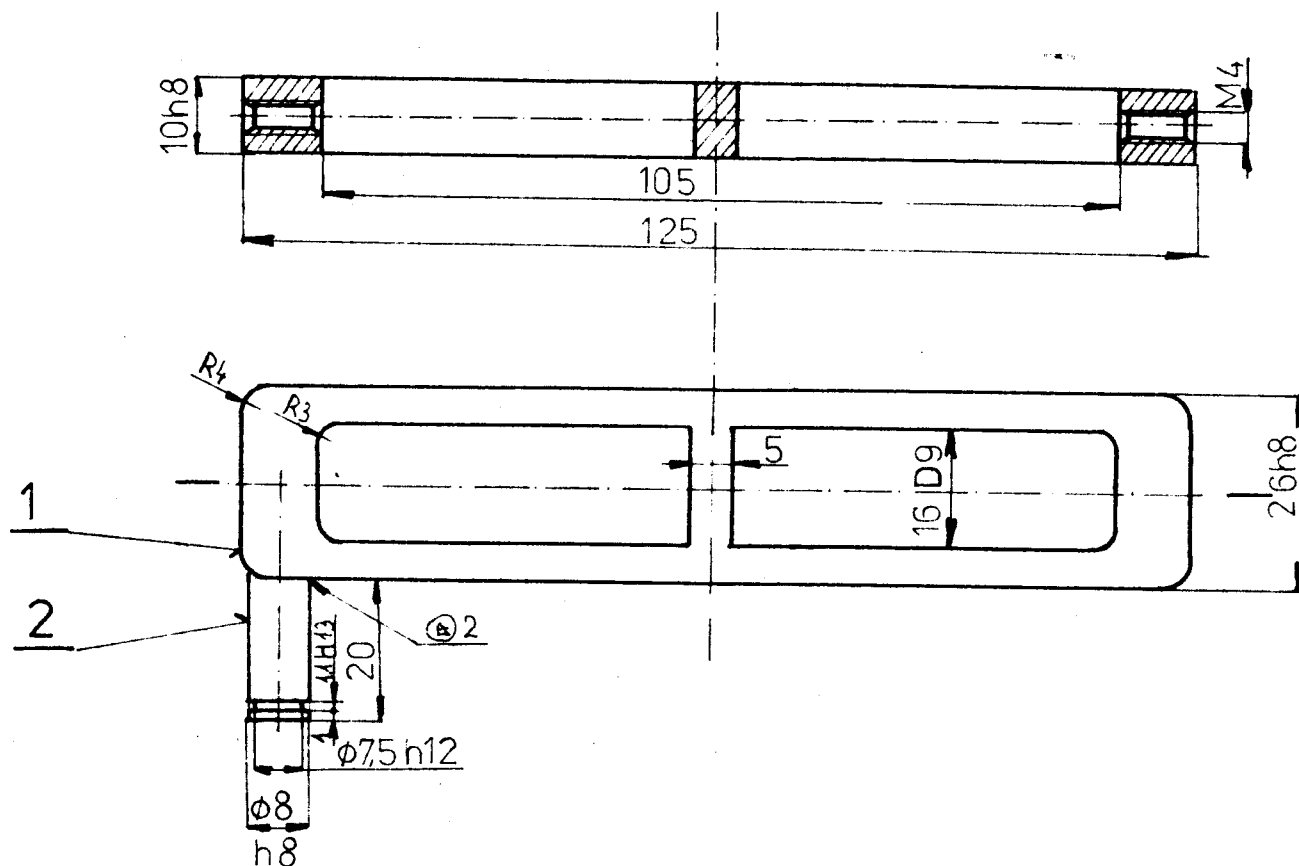
2:1

VŠST
LIBEREC

DORAZ

4-BP-007-06-02

0,8
✓



ELEKTRODA Al Si 12

1	Ø9x 22	42 4422.02	Al-MgMn	Al8	0,001	0,002	4-BP-007-06	2
1	12x28x127	42 4422.02	Al-Mg-Mn	Al8	0,061	0,121	4-BP-007-06	1

ČSN

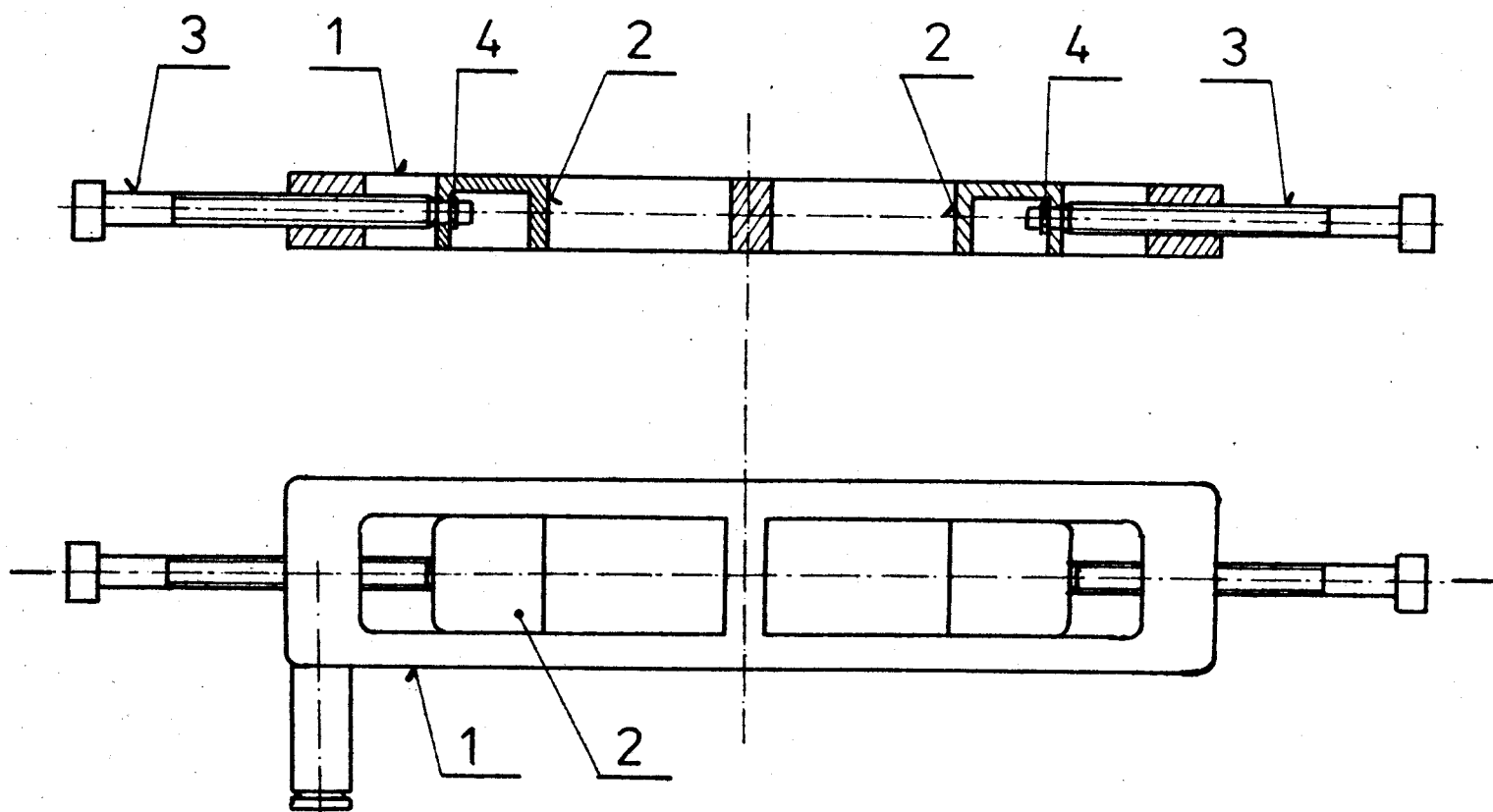
V. Kodomil

1:1

VŠST
LIBEREC

TĚLESO ŠOUPÁTKA

4-BP-007-06-01



2	KROUŽEK 23	02 2929.00	12 071.1		2	0.006			4
2	ŠROUB M4x50	02 1143.51	11 650.1		1	0.007		4-BP-007-06-03	3
2	DORAZ 12x16x18	42 422.02	Al-MgMn		Al8	0.003	0.005	4-BP-007-06-02	2
1	TĚLE SO 12x28x127	42 422.02	Al-Mg-Mn		Al8	0.082	0.123	4-BP-007-06-01	1

ČSN

0114

V. Kodáň

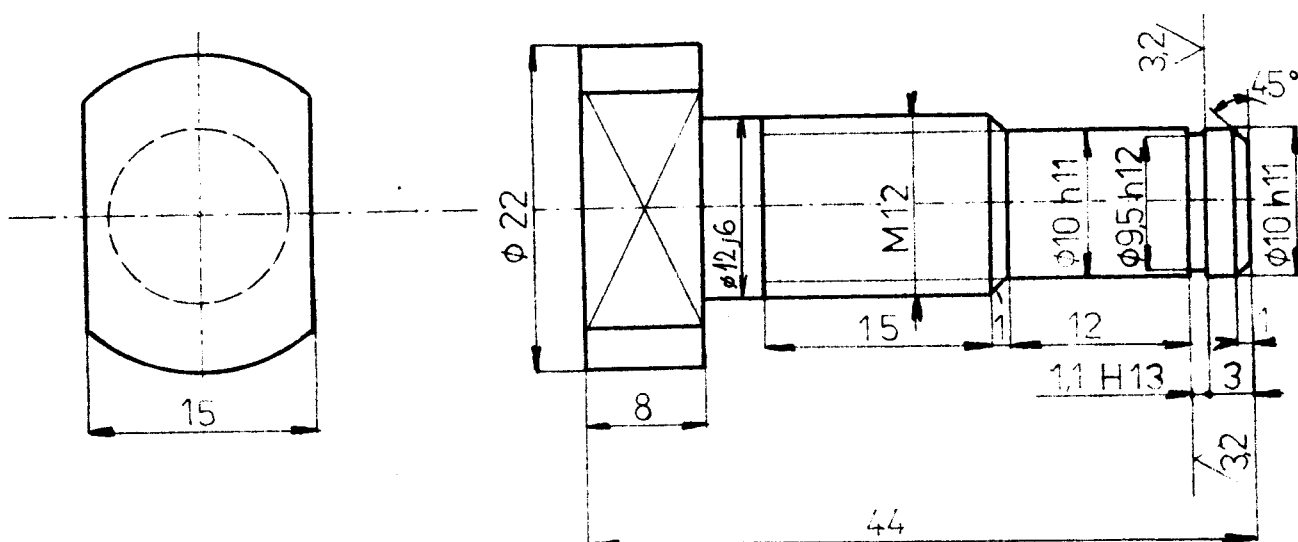
1:1

VŠST
LIBEREC

ŠOUPÁTKO

4-BP-007-06

5,4 (3,2)



TYČ Ø 25-50

ČSN 42 5510.10

12 020.4

12 020.1

2 0,23 0,31

4 BP007-05

5

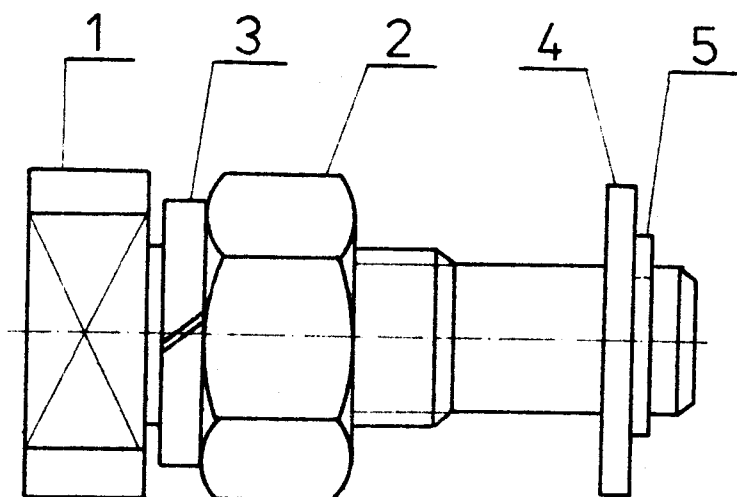
V. Kodouně

2:1

VŠST
LIBEREC

ŠROUB

4-BP-007-05-01



1	KROUŽEK K 10	ČSN 02 2930			1	0,002			5
1	PODLOŽKA 13	ČSN 02 1702.11			1	0,002			4
1	PODLOŽKA 12,2	ČSN 02 1740			1	0,003			3
1	MATICE M 12	ČSN 02 1401			1	0,022	0,024		2
1	ŠROUB M 12	ČSN 42 5501.0	12 0204		2	0,23	0,31	4BP007-05-01	1

V. Křivánek

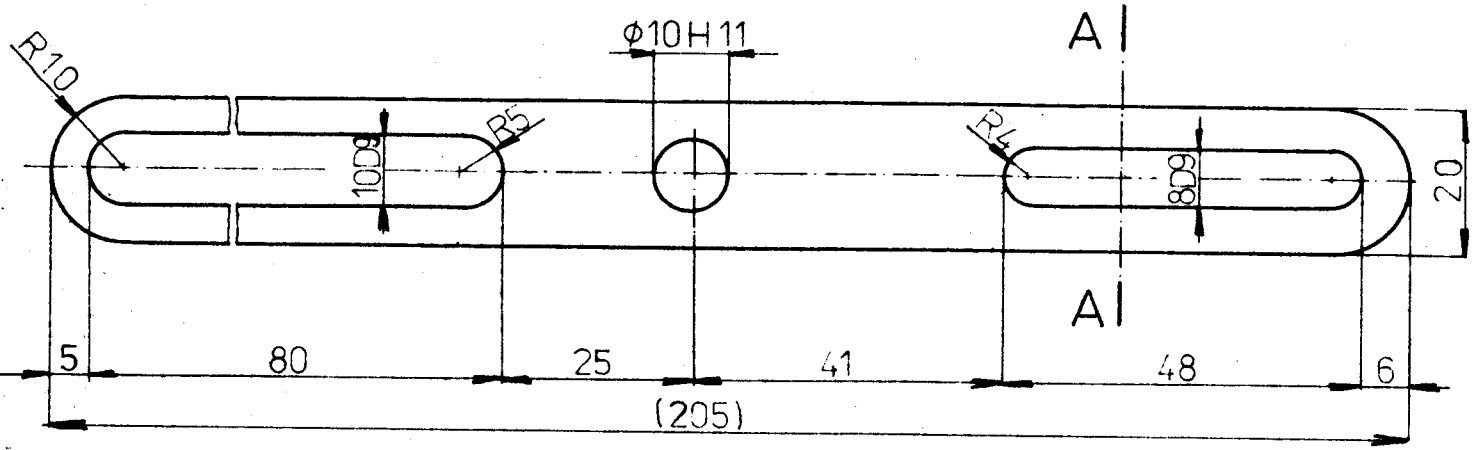
2:1

VŠST
LIBEREC

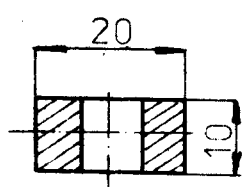
REGULAČNÍ ŠROUB

4-BP-007-05

3,2
✓



ŘEZ A-A



TYČ 20x10 - 210 ČSN 4244 2202Al-Mg-Mn

AI8 0201,0275 0-BP-007-00 4

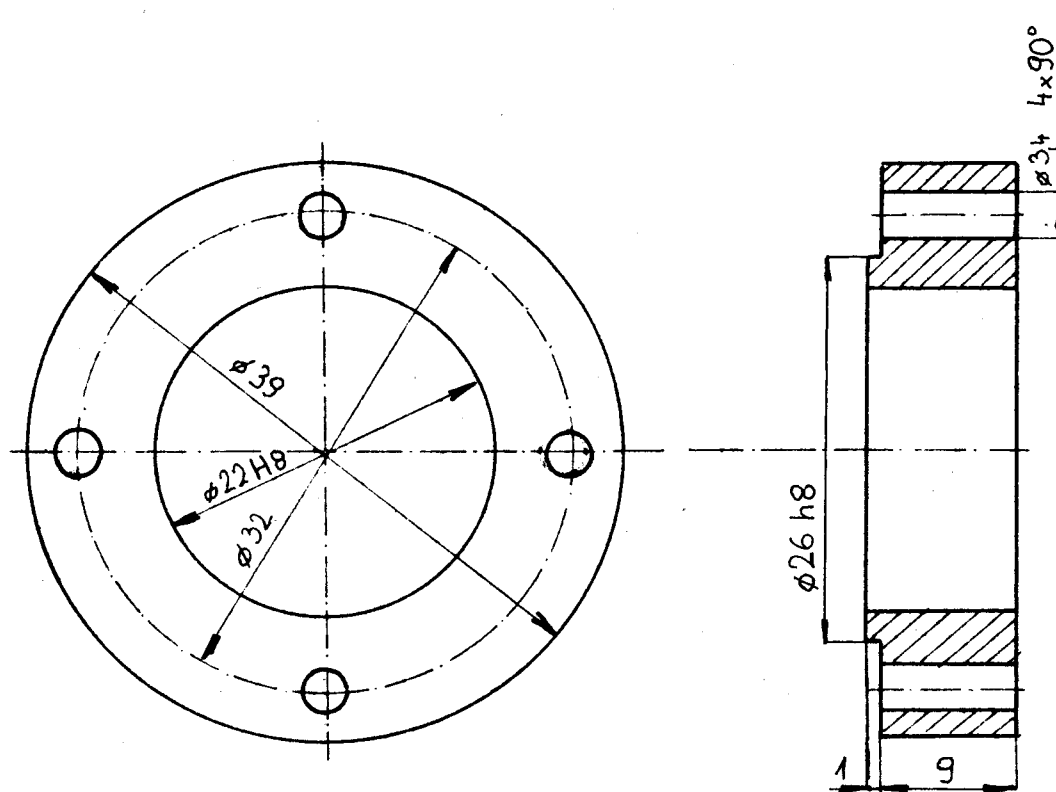
V. Kádoun

1:1

VŠST
LIBEREC

VAHADLO

4-BP-007-04

TRUBKA $\phi 40 \times 9-10$ ČSN 42 6711 22.11 353.0

001 0,04 0,07 4-BP-007-03 3

V. Kordianek

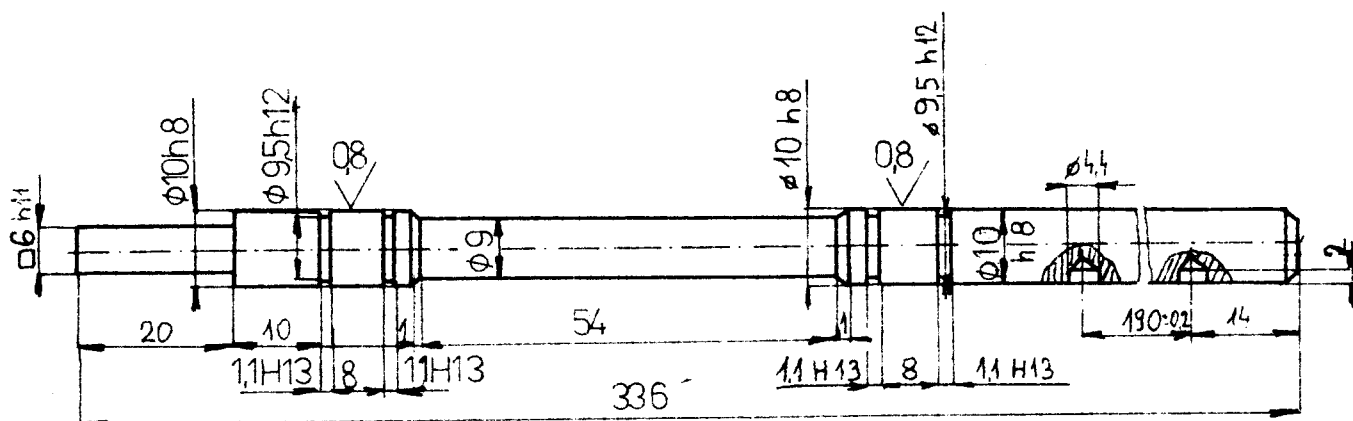
2:1

VŠST
LIBEREC

VÍČKO

4-BP-007-03-03

32 (08)
 $\sqrt{\quad} \sqrt{\quad}$



TYČ $\phi 12-340$ ČSN42551010 11 700.1

001 0074 0115 4-BP-007-03 1

V Kótované

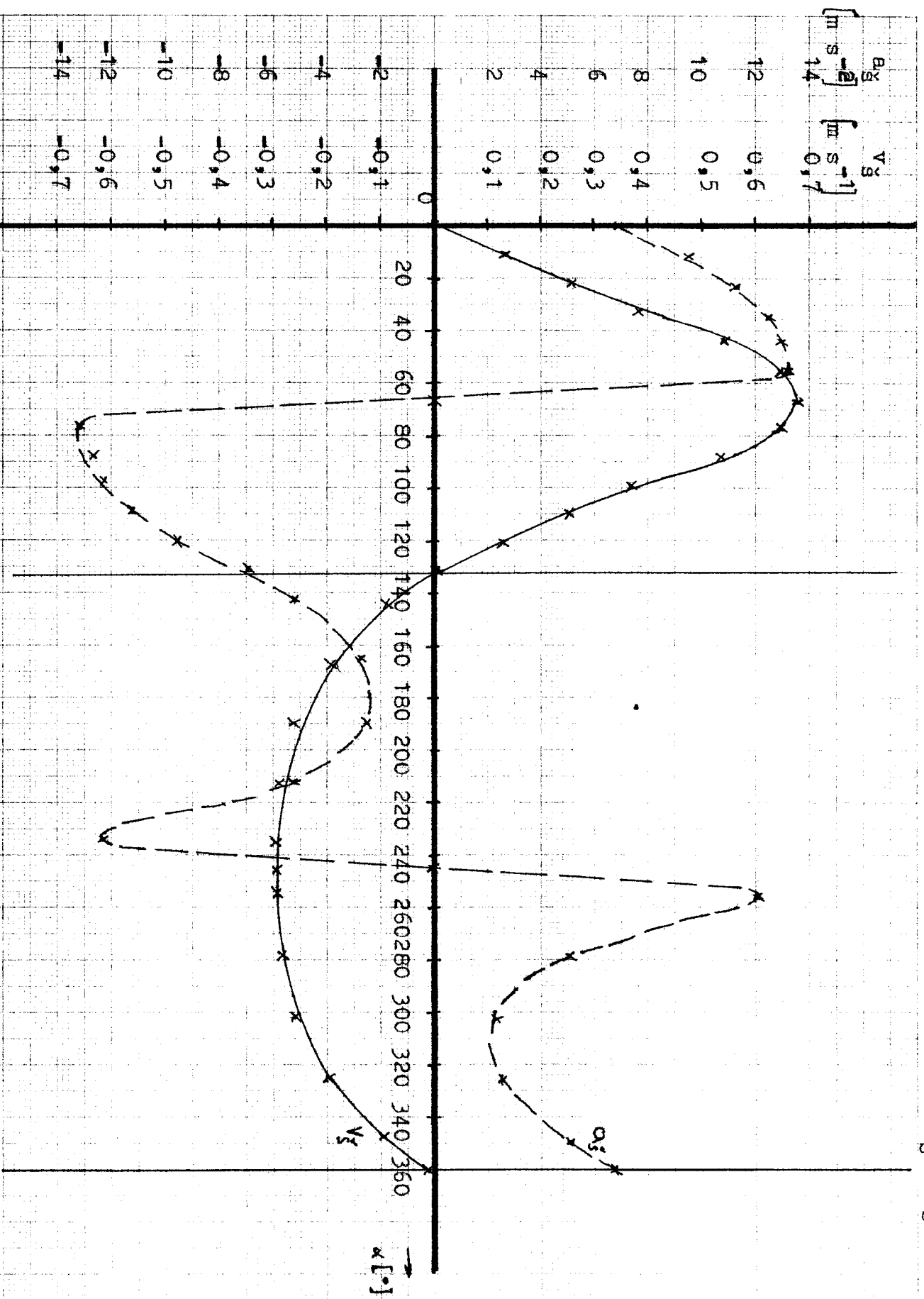
1:1

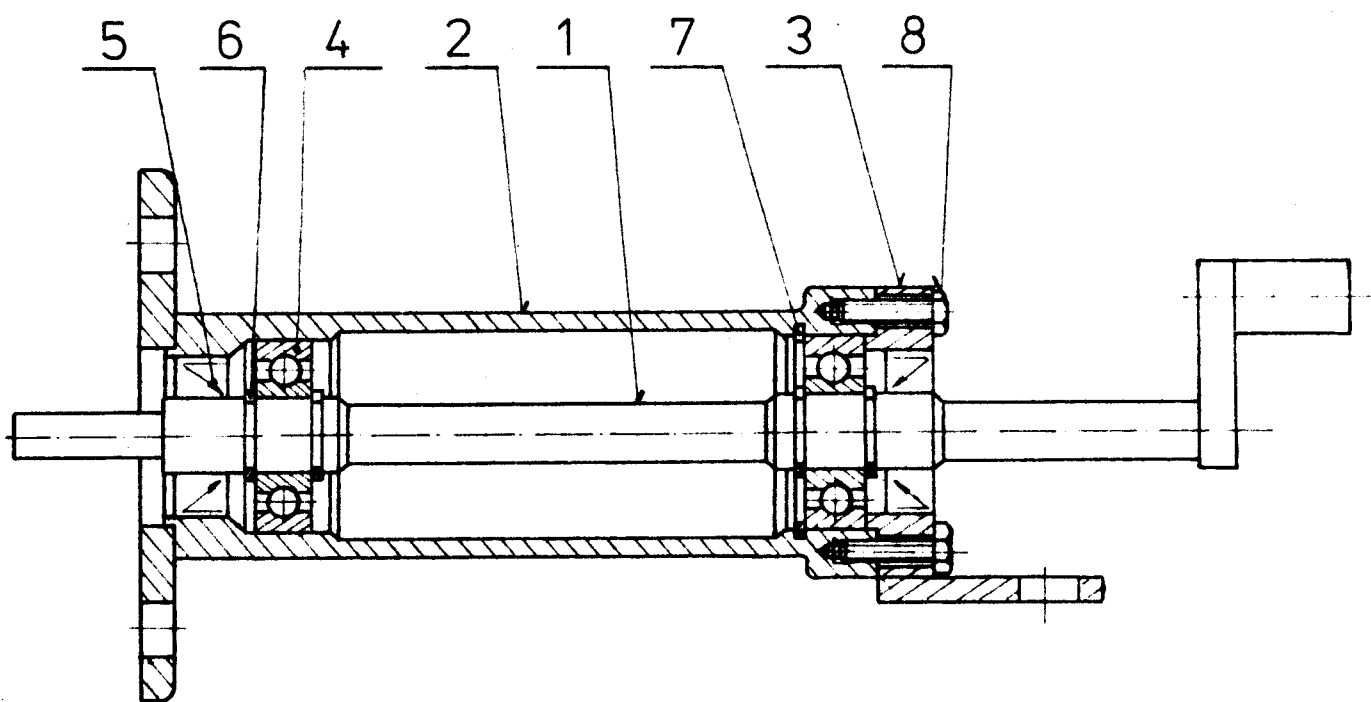
VŠST
 LIBEREC

HŘÍDEL

4-BP-007-03-01

Graf 1 : Rychlost a zrychlení šoupátka
jako funkce pootočení kliky / a_g , $v_g = f/\omega$ /





4	ŠROUB M3x12	ČSN 02 11012				0,014			8
1	KROUŽEK 26	ČSN 02 2931				0,004			7
4	KROUŽEK 10	ČSN 02 2930				0,003			6
2	KROUŽEK 10x22x8	ON 02 94010				0,009			5
2	LOŽISKO 6000	ČSN 024633				0,019			4
1	VÍKO	ČSN 42 5510.1	11 373.0		001	0,083	0,109	4-BP-007-02-03	3
1	TĚLESO NOSIČE	ČSN 42 5715.0	11 353.0		001	0,313	0,085	4-BP-007-03-03	2
1	HŘÍDEL Ø 10-177	ČSN 42 5510.10	11 700.1		001	0,074	0,115	4-BP-007-02-01	1

0,598

V. Káděmudr

1:1

VŠST
LIBEREC

NOSIČ HŘÍDELE

4-BP-007-02

[illegible]

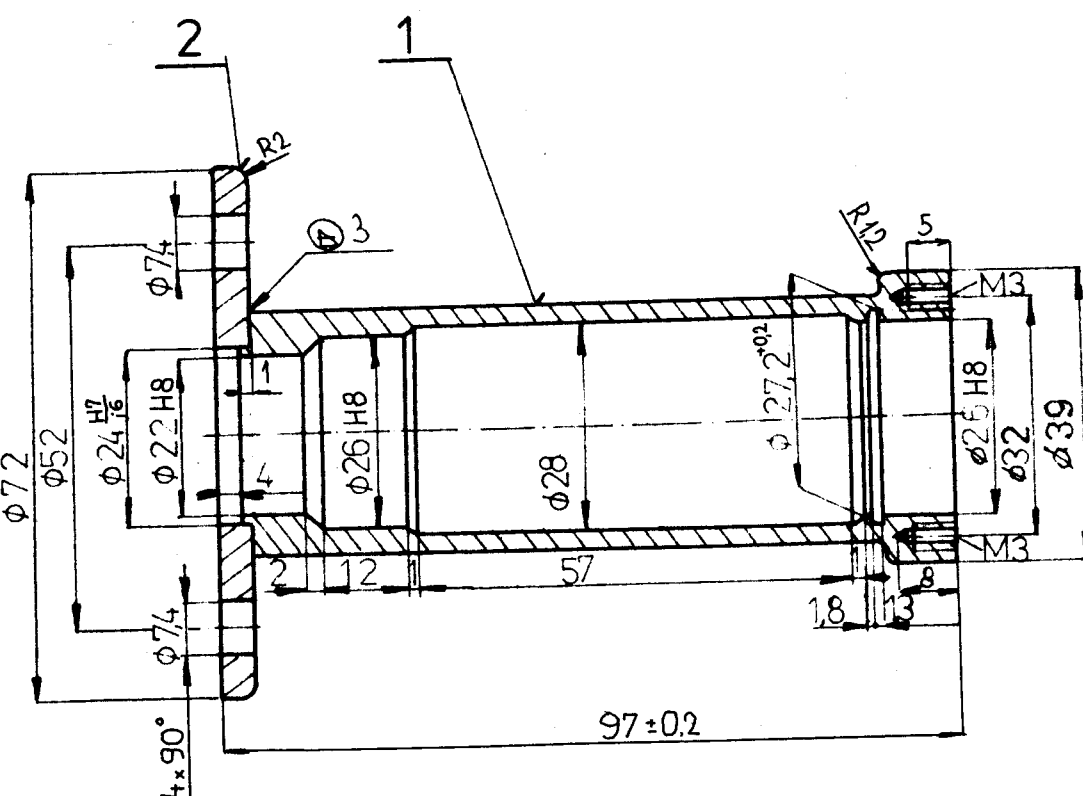
1	Ø 12-18	ČSN 42 5510.10	11 700.1	001	0,009	0,012	4-BP-007-02	3
1	TYČ 10,5-30	ČSN 42 6522.11	11 370.1	001	0,007	0,008	4-BP-007-02	2
1	HŘÍDEL Ø 12-165	ČSN 42 5510.10	11 700.1	001	0,058	0,095	4-BP-007-02	1

V. Kodovsch

VŠST
LIBE REC

HŘÍDEL

4-BP-007-02-01



E 44 24

1	PLECH 5x75x75	42 5310.21	11 373.1	001	0,16	0,42	4-BP-007-02	2
1	TRUBKA Ø40x9-95	42 6711.22	11 353.0	001	0,35	0,73	4-BP-007-02	1

ČSN

0,51

V. Kodoun

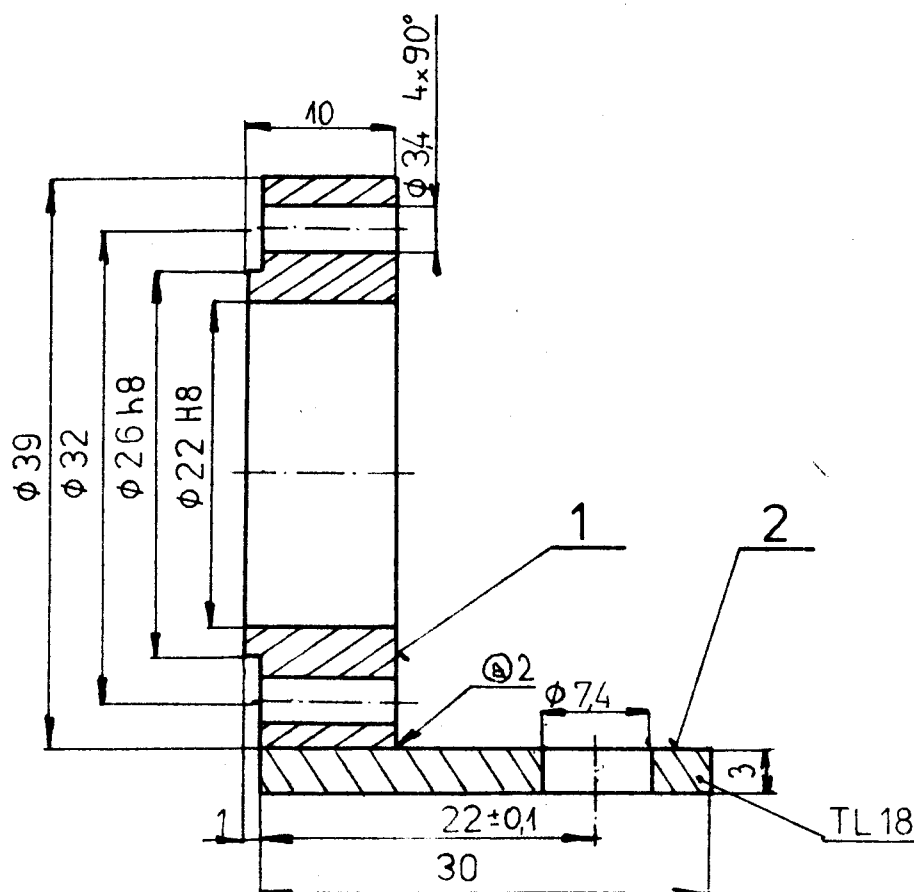
1:1

VŠST
LIBEREC

SKŘÍŇ NOSIČE

4-BP-007-02-02

3,2
√



E 44 24

1	PLECH 3.18.30	42 5310.21	11 373.1	001	0,10	0,12	4-BP-007-02	2
1	TRUBKA Ø40.9-10	42 6711.22	11 353.0	001	0,04	0,07	4-BP-007-02	1
ČSN								

0,14

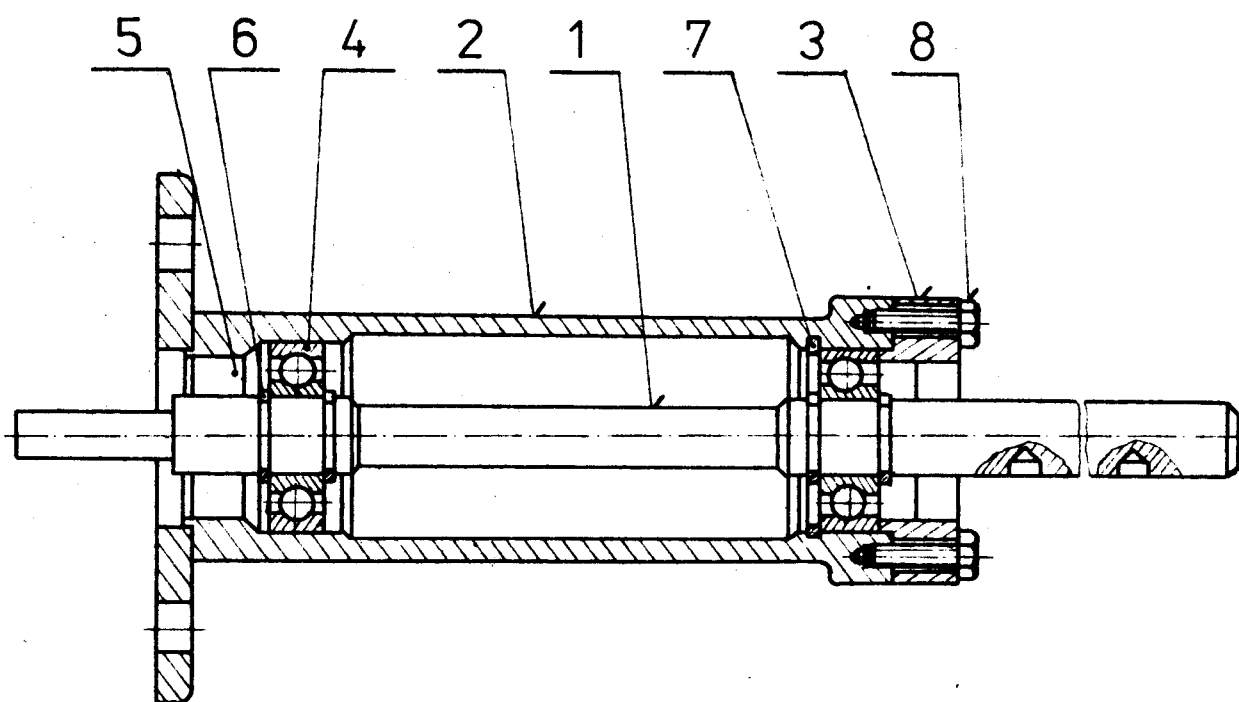
V. Kocianek

2:1

VŠST
LIBEREC

VÍČKO

4-BP-007-02-03



4	ŠROUB M 3,12	02 1101.2				0,014			8
1	KROUŽEK 26	02 2931				0,004			7
4	KROUŽEK 10	02 2930				0,003			6
2	KROUŽEK 10x22x8	ON 02 9401.0				0,009			5
2	LOŽISKO 6000	02 4633				0,019			4
1	VÍKO	42 5510.1	11 373.0		001	0,083	0,109	4-BP-007-0203	3
1	TĚLESO NOSIČE	42 5715.0	11 353.0		001	0,313	0,85	4-BP-007-03-03	2
1	HŘÍDEL Ø10-34.0	42 5510.10	11 70 0.1		001	0,074	0,115	4-BP-007-0201	1

ČSN

ČSN

V. Kodoun

0,598

1:1

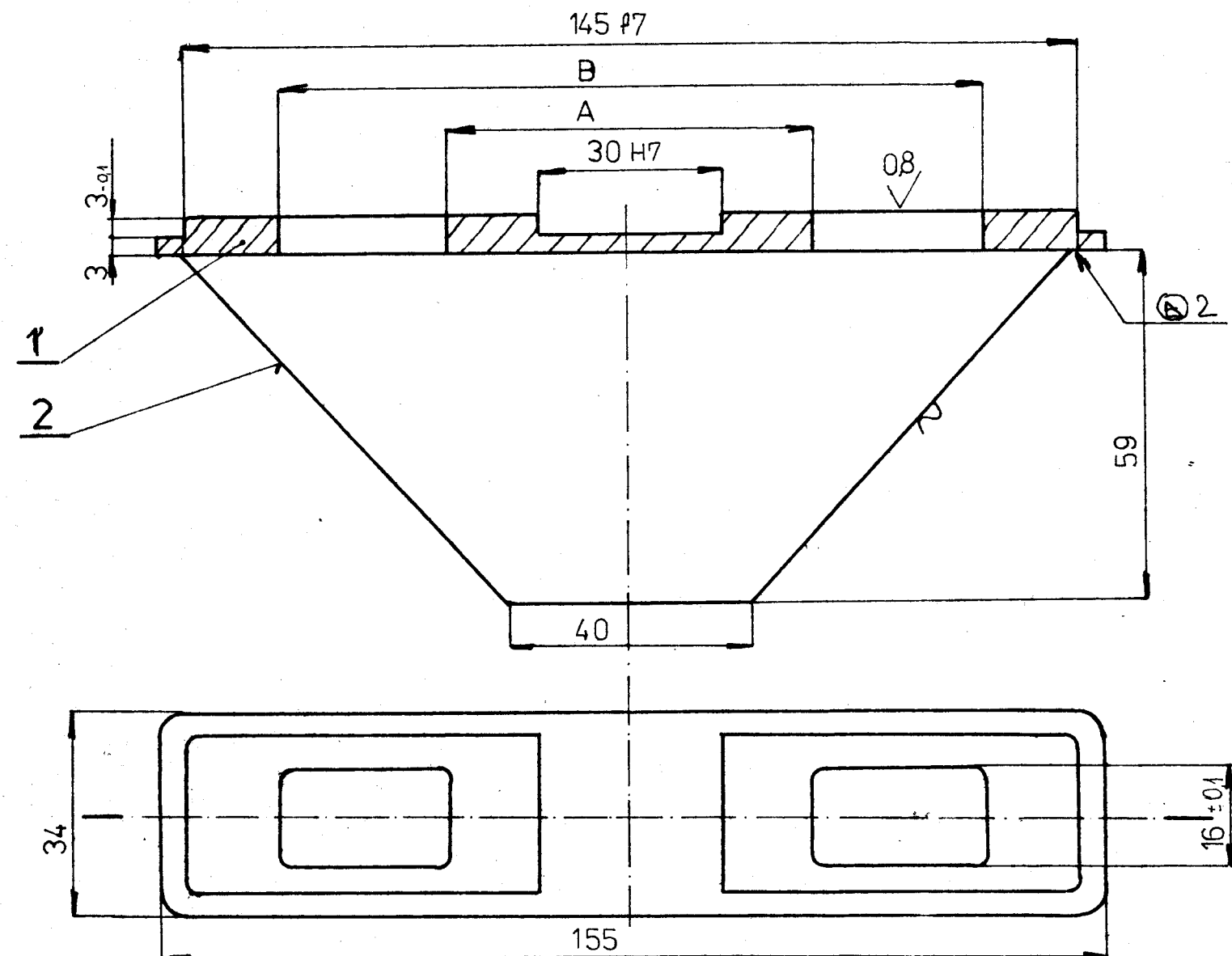
VŠST
LIBEREC

NOSIČ HŘÍDELE

4-BP-007-03

PROVEDENÍ	I	II	III	IV
A	30	45	60	75
B	55	85	115	145

3,2 (0,8, ~)



ELEKTRODA Al Si 12

1	PLECH 08.60-350	42 422.02	Al-Mg-Mn	Al800.39 0.045	0-BP-007-00	2
1	7.35.160	42 422.02	Al-Mg-Mn	Al800.77 0.106	0-BP-007-00	1

ČSN

0,16

V. Kopčanský

1:1

VŠST
LIBEREC

NÁSYPKA

4-BP-007-16