

Vysoká škola: Strojní a textilníKatedra: Technické mechanikyFakulta: strojníŠkolní rok: 1964/65

DIPLOMNÍ ÚKOL

pro Františka S a s s m a n n aobor Obráběcí stroje-zaměření konstrukce mechanismů a pracovních strojů

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

Název tématu: Kinematické a dynamické posouzení lámacího a stíracího
ústrojů pro přípravu stonku k získání dlouhého vlákna

Pokyny pro vypracování:

- 1/ Vypracujte funkční schema podle ověřovaného prototypu VÚLV Šumperk
- 2/ Propočtete rozsah otáček a konstrukční podmínky
- 3/ Stanovte průběh zrychlení materiálu při průchodu pracovními noži
- 4/ Silové poměry při průchodu materiálu noži
- 5/ Zhodnocení poznatků a návrh využití v uvedeném směru konstrukce

Autorské právo se řídí směrnicemi MŠK pro státní
 závěrečné zkoušky č. j. 31 727/62-III/2 ze dne
 13. července 1962, č. 14 140/XVII, sešit 24 ze dne
 31. 8. 1962 § 19 autorského zákona č. 115/53 Sb.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
 ÚSTŘEDNÍ KNIHOVNA
 L. B E R E C J A R O Š O V A

V 126/65^S

Rozsah grafických laboratorních prací:

Rozsah průvodní zprávy: cca 15 - 20 stran

Seznam odborné literatury:

Závěrečné zprávy úkolů - ZKRAT - VÚLV Šumperk

Vedoucí diplomní práce: Doc. Ing. Jaroslav Charvát

VŠST Liberec

Konsultanti: Ing. Ota Kunz

VŠST Liberec

Datum zahájení diplomní práce: 30.8.1965.

Datum odevzdání diplomní práce: 9.10.1965.



V. Z. Charvát

Vedoucí katedry

Mech

Děkan

VŠST LIBEREC	Kinematické a dynamické posouzení lámacího a stíracího ústrojí pro přípravu stonku k získání dlouhého vlákna	DP — STR. 1
		9. ŘÍJNA 1965
		František Sassmann

<u>OBSAH</u>	str.
Zadání diplomového úkolu.....	0
Obsah.....	I
Úvod.....	3
Účel a vývoj	4
<u>STAŤ I - schema a popis</u>	7
Princip lámání a stírání materiálu.....	10
<u>STAŤ II - průběh rychlostí a zrychlení materiálu při průchodu vibračními noži</u>	13
Rozbor děje.....	13
<u>STAŤ III - silové poměry při průchodu materiálu vibračními noži</u>	28
Základní pojmy.....	28
Rozklad sil.....	33
Vstup stonku do vibračních nožů.....	36
Výstup stonku z vibračních nožů.....	40
Výpočet nože 2.....	50
Výpočet nože 3.....	54
Zhodnocení statě na podkladě vypočtených hodnot a grafů.....	55
<u>STAŤ IV - propočet konstrukčních podmínek v rozsahu otáček</u>	60
Konstrukční a silové poměry ve vibračních nožích.....	62
Ohybové kmitání nožů.....	62
Namáhání průřezu nožů dynamickými silami a silami, které vznikají při vlastním lámání stonku.....	68
Kmitání nožů ve směru vedení.....	85

VŠST LIBEREC	Kinematické a dynamické posouzení lámacího a stíracího ústrojí pro přípravu stonku k získání dlouhého vlákna	DP — STR. 2
		9. ŘÍJNA 1965
		František Sassmann

	str.
Řešení volného kmitání.....	87
Řešení volného tlumeného kmitání.....	91
Řešení tlumeného vynuceného kmitání za chodu stroje naprázdno.....	95
Řešení tlumeného vynuceného kmitání při chodu stroje za provozního zatížení.....	103
Namáhání klikového hřídele.....	127
<u>STAŤ V - zhodnocení poznatků a návrh využití v uvedeném směru konstrukce.....</u>	135
Seznam literatury.....	140
Příloha.....	04.0000

VŠST LIBEREC	Kinematické a dynamické posouzení lámacího a stíracího ústrojí pro přípravu stonku k získání dlouhého vlákna	DP — STR. 3
		9. ŘÍJNA 1965
		František Sassmann

Ú V O D

V souladu s technickým pokrokem a se zvyšováním produktivity práce je nutné neustále vyvíjet nová, výkonnější, se světovými parametry pracující výrobní zařízení a zavádět nové, moderní a pokrokové technologie. Abychom stačili tomuto rychlému vývoji techniky, je vždy nutné znát současný stav světové špičky sledovaného oboru.

Tak tomu bylo i v našem případě, kdy teprve po prostudování dostupné patentové literatury a po vyzkoušení si několika známých již principů lámání a potírání stonků lnu na modelech, bylo teprve přikročeno k vlastnímu řešení a vývoji vibračního zařízení.

V současné době se již toto nové vibrační zařízení provozně zkouší a proto cílem této diplomové práce bylo, získat přehled o velikostech namáhání jednotlivých konstrukčních elementů a shrnout silové poměry, jež vznikají při lámání a potírání nových stonků.

ÚČEL

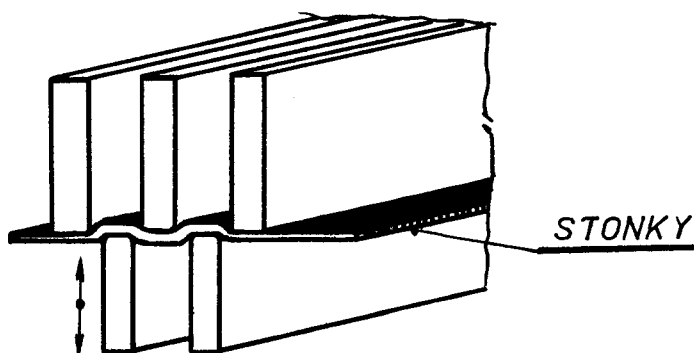
Účelem vibračního zařízení je dosáhnout co nejvyššího efektu lámání a stírání dřevoviny, jak kořenové tak i okvětní části lněného stonku, čímž je stonek připraven pro potěrací agregát s nízkotáčkovými rotory.

VÝVOJ

Vývoj nové technologie s využitím principů vibračních pracovních prvků pokračoval velmi pomalu, přestože varianty možného provedení dle patentové literatury jsou známy prakticky již nejméně 20 let. V této technologii odrazovala od realizace nevýhoda přetržitého střídavého pohybu, složitost náhonových částí a i malý výhled na dosažení provozních parametrů. Z dostupné patentové literatury byly k dispozici tyto patenty

a/patent č. 695090/1940 -německý patent,

Kurt Frische in Bensheim



Tento patent řeší lámání vrstvy stonků pomocí dvou skupin lamel. Jedna skupina lamel je pevná a druhá skupina lamel vykonává periodický kmitavý pohyb. Tento pohyb kmitajících lamel je kolmý na vrstvu lněných stonků jež prochází mezi pracovními částmi lamel. Z toho plyne, že pohyb vrstvy lněných stonků musí být periodický a synchronní s pohybem kmitajících lamel, aby nedocházelo k pnutí stonku mezi transportním zařízením a pracovními částmi lamel.

b/ patent č. I 022949/I952 - francouzský pa-
tent

Způsob řešení u holandské firmy Nederlanndse Organisatie voor Toege pastnatuurweten-Schap-
pelijk onderzoek předpokládá využití skupino-
vého využití nůžkovitých odpružených lišt, které
s protilehlých stran do sebe zapadají a lámou
dřevovinu.

c/ patent č. 96I75I - holandský patent, Haag

Pracovními prvky jsou zde dlouhé různě profi-
lované lišty s mechanickým odpružením, do kte-
rých se při počtu 1000 až 2000 kmitů/min navá-
dí vrstva stonků pod úhlem 45° .

d/ patent uplatněný inž. E. a F. Hackelem.

Praktické zkušenosti dynamického změkčování

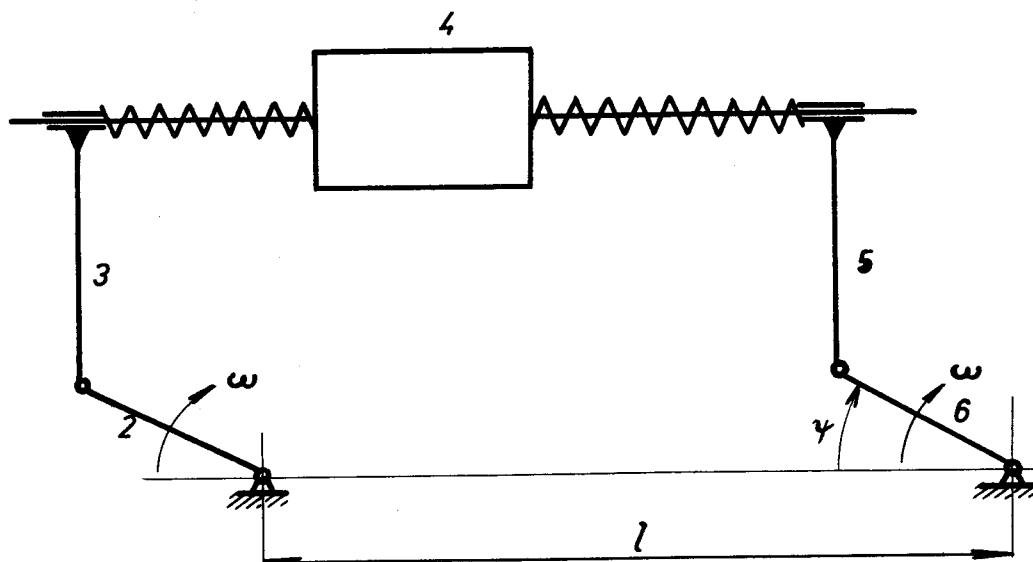
VŠST LIBEREC	Kinematické a dynamické posouzení lámacího a stíracího ústrojí pro přípravu stonku k získání dlouhého vlákna	DP — STR. 6
		9. ŘÍJNA 1965
		František Sassmann

vláken nebyly známy. Lze se domnívat, že efekt zjemňování byl doprovázen přesuny vláken v upnuté vrstvě a tím dochází k zhoršení paralelisa-ce vláken.

e/ vibrační prvky se dvěma stupni volnosti
CNIIIV , Moskva

přes značnou účinnost není postup výhodný, neboť značně rozrušoval strukturu vláken smykem o hrany vibračních prvků.

Nevýhoda všech těchto uvedených principů lámání stonků je, že neumožňují kontinuální proces, tj. nejsou v souladu transportní rychlosti s přetržitým krátkodobým zafixováním stonků mezi hranami pracovních elementů-kmitajících prvků. Značná různorodost uvedených konstrukčních řešení však velmi dobře posloužila ke zpřesnění požadovaných parametrů a urychlila vývoj k tomuto konečnému konstrukčnímu provedení vibračního zařízení.

I. SCHEMA A POPIS

Vlastní vibrační jednotka je tvořena vibračním nožem /4/, jehož žebra vytvářejí současně pracovní hrany o dané rozteči a hloubce záběru s průměrnou vůlí pro pohyb stonku, z tělesa /5/ a tělesa /3/, a z klikového hřídele /2/ a /6/ jejichž úhlové rychlosti jsou synchronní a stejné velikosti. To znamená, že tento šesti členný mechanismus pracuje jako paralelogram. Tím je řečeno, že všechny body tělesa 4 -vibračního nože- konají rovinný kruhový pohyb. Tento kruhový rovinný

pohyb lze rozdělit na složku pohybu ve směru lámání/směr kolmý na vibrační nůž 4 /a na složku pohybu ve směru transportu materiálu /složka kolmá na směr lámání/. Je-li tato druhá složka rychlosti synchronní /což lze ve skutečnosti nastavit variátorem/s transportní rychlostí je tím vyhověno základní podmínce kontinuálnosti provozu.

Tím je umožněno vřadit toto vibrační zařízení /tvořeno 3 páry vibračních jednotek pro kořenovou část lněného stonku a 3 páry vibračních jednotek pro okvětní část lněného stonku/do celkové výrobní linky sestavené takto

a/nakládací stůl

b/vyčesávací stroj

c/pomocný transportér

d/lamačka se středními a jemnými profily,

celkem 9 párů válců

e/přísunový transportér s pneumatickým po-

suvem stonku do vibračního zařízení

f/vlastní vibrační zařízení

g/pneumatické přepínací zařízení pro upnu-

tí stonku pod pás potěrací turbíny

h/potěrací turbína

část linky je zachycena na obrázku

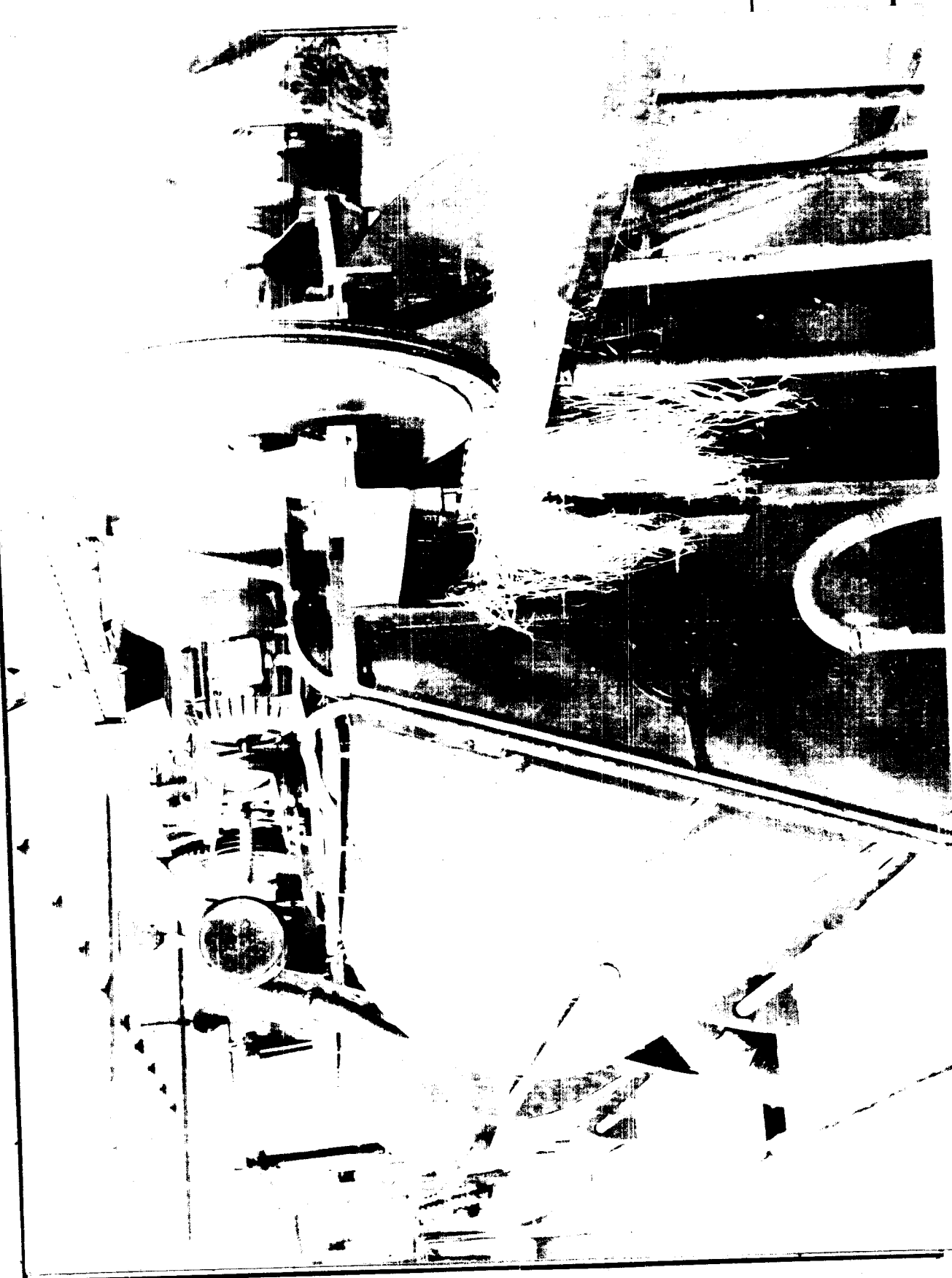
VŠST LIBEREC

Kinematické a dynamické po-
souzení lámacího a stíracího
ústrojí pro přípravu stonku
k získání dlouhého vlákna

DP — STR. 9

9. ŘÍJNA 1965

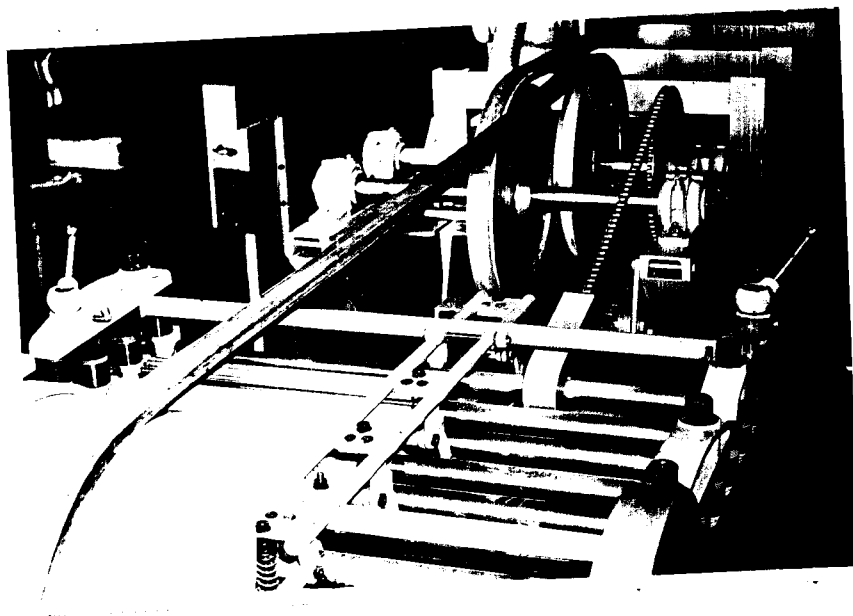
František Sassmann



VŠST LIBEREC	Kinematické a dynamické posouzení lámacího a stíracího ústrojí pro přípravu stonku k získání dlouhého vlákna	DP — STR. 40
		9. ŘÍJNA 1965
		František Sassmann

Princip lámání a stírání materiálu

spočívá v tom, že mezi dvě proti sobě pracující kmitající jednotky /jedna jednotka má vibrační nůž se třemi pracovními hranami a druhá jednotka má vibrační nůž se dvěmi pracovními hranami/ je kontinuálně přiváděn transportním pásem materiál obr./I/I.

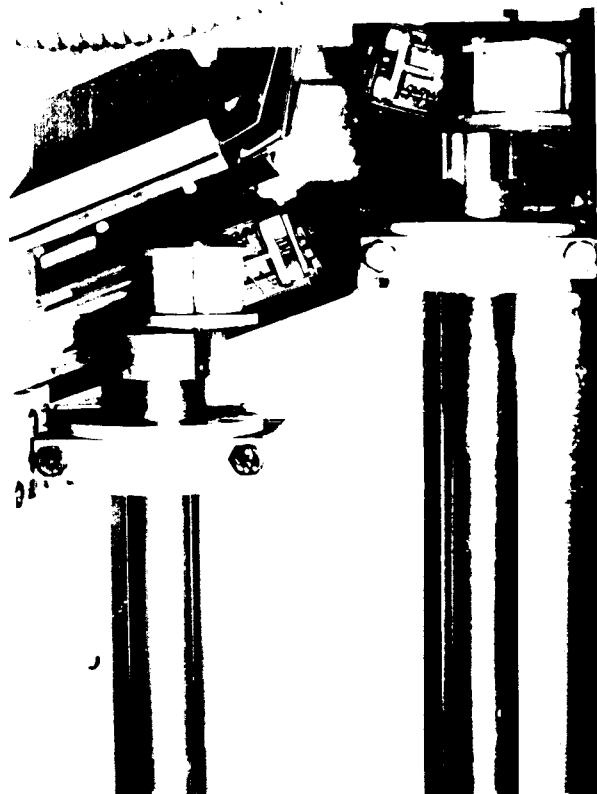


obr./I/I - válcová lamačka a přepínací pás vibračního zařízení

Při pootočení kliky do polohy $\varphi = 45^\circ$ nastává pracovní proces - lámání materiálu za současného stírání. Tento pracovní proces trvá až do polohy kliky $\varphi = 135^\circ$. V následujícím okamžiku je materiál uvolněn z hran vibračních nožů. Tento proces se opakuje každou otáčkou hřídele. Velikost efektu lámání a stírání je charakte-

risována přesahem dvou proti sobě pracujících hran nožů a roztečí jejich hran, viz obr./I/2. Na obr./I/3 jsou zachyceny vibrační nože v okamžiku maximálního otevření. Pro představu uchycení vibračních nožů nám poslouží obr./I/4.

obr./I/2obr./I/3



obr./I/4 - hřídele a excentry dvou sousedních
vibračních nožů

II. PRŮBĚH RYCHLOSTÍ A ZRYCHLENÍ

MATERIÁLU PŘI PRŮCHODU VIBRAČNÍMI NOŽI

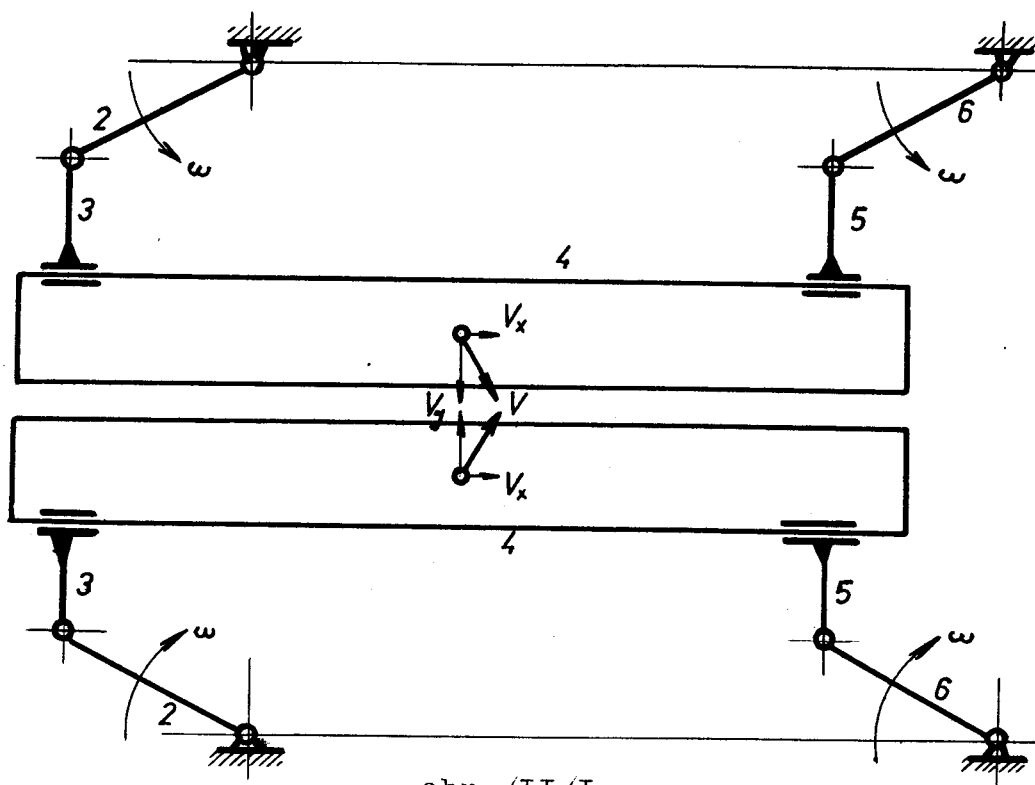
Rozbor děje

K tomu, abychom mohli zjistit velikosti sil, jež působí na stonek, při jeho lámání mezi hranami vibračních nožů/je řešeno ve statí III/ je nutné znát, jaké rychlosti a zrychlení přísluší stonku π každém okamžiku polohy kliky ψ /resp. každé určité poloze hran vibračních nožů/.

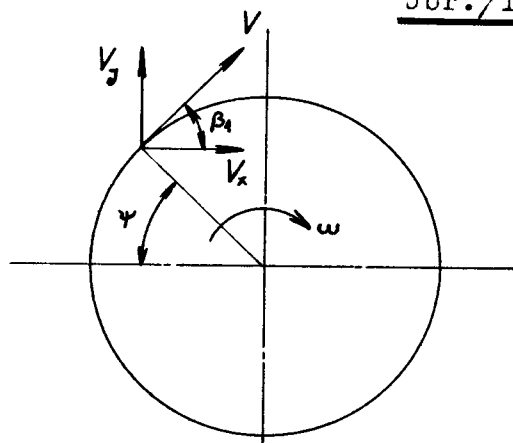
Okamžiku, kdy nastává styk nožů se stonkem přísluší, jak již víme poloha kliky $\psi = 45^\circ$. V tomto okamžiku mají oba společně spolu pracující páry vibračních nožů určité, ale oba stejné rychlosti a zrychlení. Jak již také víme, konci lámání stonku odpovídá maximální přesah hran a poloha kliky $\psi = 90^\circ$. Ovšem okamžik, kdy opouští stonek vibrační nože je při poloze kliky $\psi = 135^\circ$. Pro polohu $\psi = 90^\circ$ až $\psi = 135^\circ$ platí, že zde je již stonek uvolňován se stejnými hodnotami rychlostí a zrychlení. Tím je zřejmé, že se soustředíme na oblast odpovídající poloze kliky $\psi = 45^\circ \div 90^\circ$.

Podle obr./II/I vidíme, že budeme sledovat složky rychlosti v směru x , tedy složku rychlosti v_x , a do směru y složku rychlosti v_y . Jejich vzájemný

vztah a vztah k celkové rychlosti v je podle obr. II/2 zřejmý.



obr. II/I



obr. II/2

celková rychlost v

$$/I/ \quad v = \frac{\pi d n}{60} \quad [m/sec]$$

$$V_x = v \cos \beta_1 \quad [m/sec]$$

$$V_y = v \sin \beta_1$$

$$\text{kde } \beta_1 = 90^\circ - \psi$$

a tedy

$$/2/ \quad V_x = v \cos(90^\circ - \psi) = v \sin \psi$$

$$V_y = v \sin(90^\circ - \psi) = v \cos \psi$$

Řešení rychlostí nás bude zajímat v rozsahu otáček $n = 200, 250, 300, 400$ /ot/min.

Pro další výpočet platí, že poloměr kliky $r = 25$ mm.

Řešení bylo provedeno v rozmezí $\psi = 0^\circ \div 90^\circ$ po jednom stupni. Pro přehlednost uvedeme do tabulek a grafů pro úhly $\psi = 45^\circ \div 90^\circ$, hodnoty složek rychlostí v_x, v_y jen po pěti stupních.

$$\underline{\underline{a/ \quad n = 200 \text{ ot/min}}}$$

Těmto otáčkám přísluší $v_I = 0,524$ m/sec a její složky v_{xI} a v_{yI} jsou v tabulce obr./II/3.

		$\psi = 45^\circ$	$\psi = 50^\circ$	$\psi = 55^\circ$	$\psi = 60^\circ$	$\psi = 65^\circ$
V_{xI}	m/sec	0,37052	0,40140	0,42923	0,45380	0,47491
V_{yI}	m/sec	0,37052	0,33683	0,30056	0,26200	0,22045
V_{vI}	m/sec	∞			0,37800	

		$\psi = 70^\circ$	$\psi = 75^\circ$	$\psi = 80^\circ$	$\psi = 85^\circ$	$\psi = 90^\circ$
V_{xI}	m/sec	0,49240	0,50645	0,51604	0,52200	0,52400
V_{yI}	m/sec	0,17922	0,13562	0,09099	0,04567	0,000
V_{vI}	m/sec		0,17200			0,000

obr./II/3

$$\underline{\underline{b/ \quad n = 250 \text{ ot/min}}}$$

Pro tyto otáčky je rychlost v_2

$$\underline{\underline{v_2 = 0,654 \text{ I7I /m/sec/}}}$$

Hodnoty v_{xI}, v_{y2} uvedeme opět po pěti stupních do tabulky obr./II/4

		$\psi = 45^\circ$	$\psi = 50^\circ$	$\psi = 55^\circ$	$\psi = 60^\circ$	$\psi = 65^\circ$
V_{x2}	m/sec	0,46 293	0,50 151	0,53 628	0,56 698	0,59 336
V_{y2}	m/sec	0,46 293	0,42 083	0,37 552	0,32 734	0,27 668
V_{v2}	m/sec	∞			0,97 630	

		$\psi = 70^\circ$	$\psi = 75^\circ$	$\psi = 80^\circ$	$\psi = 85^\circ$	$\psi = 90^\circ$
V_{x2}	m/sec	0,61 521	0,63 239	0,64 711	0,65 219	0,65 417
V_{y2}	m/sec	0,22 392	0,16 944	0,11 368	0,05 706	0,000
V_{v2}	m/sec		0,21 550			0,000

obr./II/4

$$c/n = 300 \text{ ot/min}$$

Pro tyto otáčky je rychlost v /

$$v_2 = 0,78 525 \text{ m/sec/}$$

Hodnoty složek rychlostí v_{x2} a v_{y2} jsou v tabulce
obr./II/5

		$\psi = 45^\circ$	$\psi = 50^\circ$	$\psi = 55^\circ$	$\psi = 60^\circ$	$\psi = 65^\circ$
V_{x3}	m/sec	0,74 046	0,80 217	0,85 779	0,90 668	0,94 906
V_{y3}	m/sec	0,74 046	0,67 311	0,60 063	0,52 149	0,44 255
V_{v3}	m/sec	∞			1,22 900	

		$\psi = 70^\circ$	$\psi = 75^\circ$	$\psi = 80^\circ$	$\psi = 85^\circ$	$\psi = 90^\circ$
V_{y3}	m/sec	0,22 392	0,16 944	0,11 368	0,05 706	0,000
V_{x3}	m/sec	0,73 789	0,75 850	0,77 332	0,78 226	0,78 525
V_{v3}	m/sec		0,21 550			0,000

obr./II/5

$$\underline{d/n = 400 \text{ ot/min}}$$

K těmto otáčkám přísluší rychlost v_1

$$\underline{v_1 = 1,04717 \text{ m/sec/}}$$

Složky rychlosti v_{x4} a v_{y4} jsou v tabulce obr./II/6.

		$\gamma = 45^\circ$	$\gamma = 50^\circ$	$\gamma = 55^\circ$	$\gamma = 60^\circ$	$\gamma = 65^\circ$
v_{x4}	m/sec	0,74 046	0,80 217	0,85 779	0,90 668	0,94 906
v_{y4}	m/sec	0,74 046	0,67 311	0,60 063	0,85 219	0,44 255
v_{v4}	m/sec	∞			1,30 750	

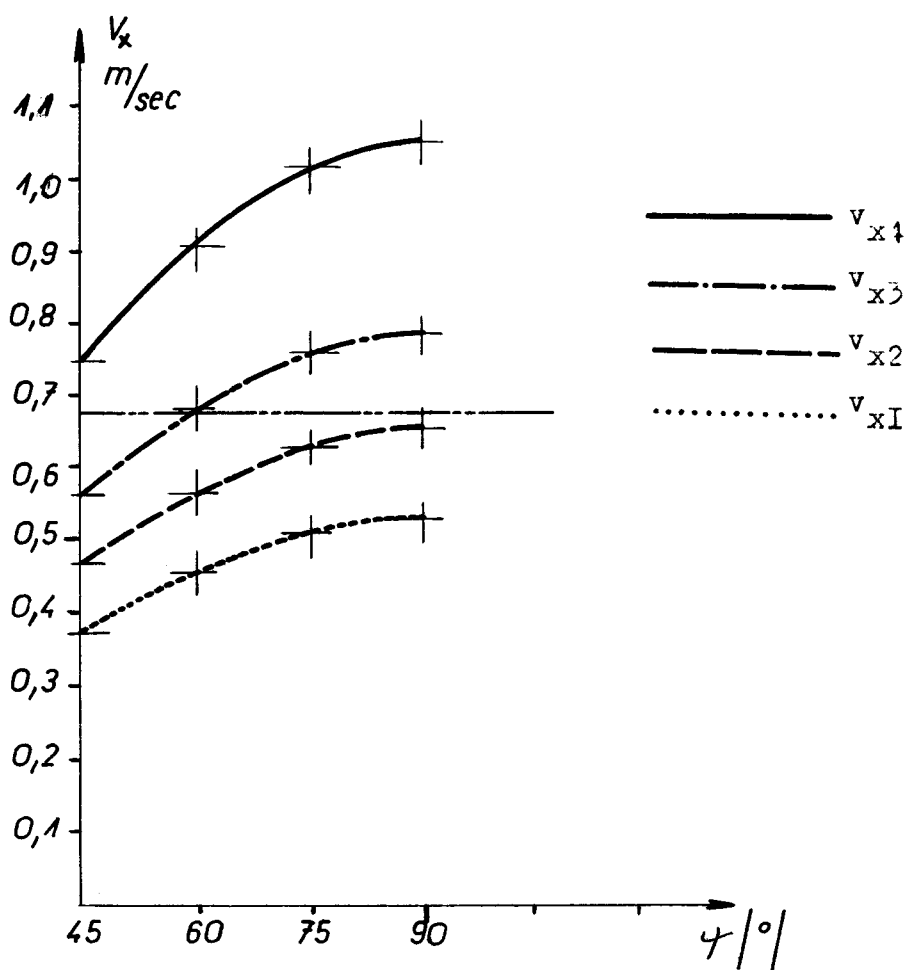
		$\gamma = 70^\circ$	$\gamma = 75^\circ$	$\gamma = 80^\circ$	$\gamma = 85^\circ$	$\gamma = 90^\circ$
v_{x4}	m/sec	0,98 401	1,01 149	1,03 126	1,04 318	1,04 717
v_{y4}	m/sec	0,35 815	0,27 103	0,18 184	0,09 127	0,000
v_{v4}	m/sec		0,34 200			0,000

obr./II/6

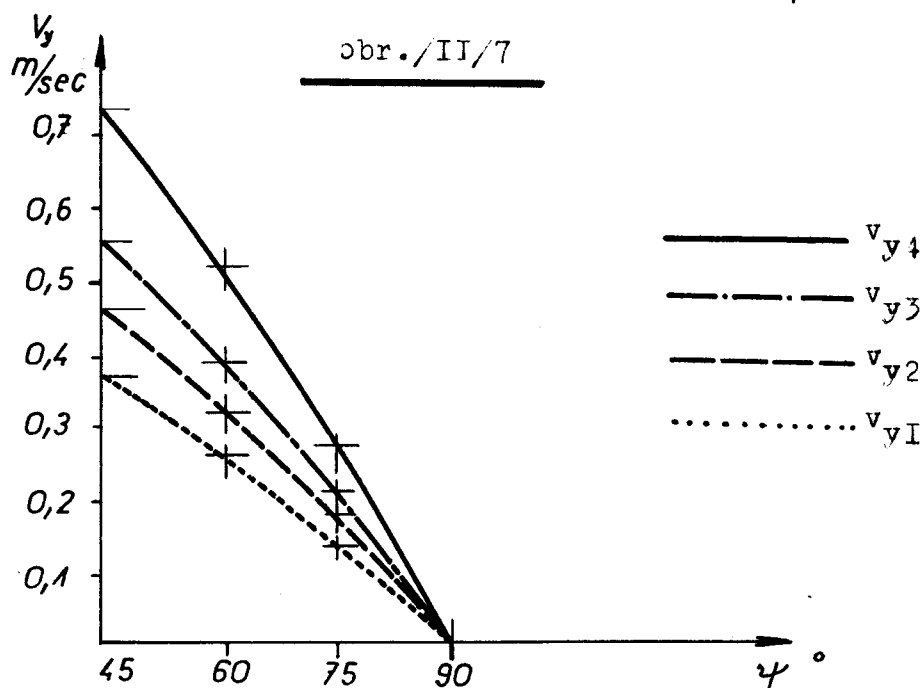
Nyní si znázorníme průběhy složek rychlostí v_x, v_y do grafů obr./II/7 a obr./II/8, čím získáme přehled o hodnotách těchto rychlostí v závislosti na poloze kliky γ .

Pro složky rychlosti v_x je obr./II/7 a pro složky rychlosti v_y je obr./II/8.

Nyní si všimněme blíže zrychlení. Ke každé složce rychlosti v_x a v_y přísluší složka zrychlení a_x a a_y . Byly zjišťovány opět po jednom stupni, ale zde si je uvedeme po pěti stupních. Bylo by totiž neúčelné zde uvádět všechny hodnoty po jednom stupni polo-



obr./II/7



obr./II/8

hy kliky.

Jednotlivé složky zrychlení a_x, a_y byly zjišťovány následovně.

Změna složky rychlosti v_x /resp. v_y / za určitou časovou jednotku, určuje složku zrychlení a_x , resp./ a_y /. Přesněji řešeno, změna složky rychlosti v_x /resp. v_y / během jednoho stupně pootočení kliky za časovou jednotku danou určitými otáčkami určuje velikost složky zrychlení a_x /resp. a_y /. Opět budeme řešit a_x i a_y pro $n = / 200, 250, 300, 400 / \text{ ot / min.}$

$$\underline{\underline{a / n = 200 \text{ ot/min}}}$$

Těmto otáčkám přísluší čas potřebný ke změně polohy kliky o jeden stupeň, $\Delta t_I = 0,000833 \text{ sec.}$ Řešení složek a_x, a_y lze obecně psát

$$a = \left| \frac{\Delta v}{\Delta t} \right|$$

v limitním případě, kdy $\Delta t \rightarrow 0$ je to derivace rychlosti podle času

$$a = \frac{dv}{dt}$$

Hodnoty složek zrychlení a_{xI}, a_{yI} pro uvedené otáčky jsou shrnuty do tabulky obr./II/9

		$\gamma = 45^\circ$	$\gamma = 50^\circ$	$\gamma = 55^\circ$	$\gamma = 60^\circ$	$\gamma = 65^\circ$
a_w	m/sec^2	∞			13,60000	
		$\gamma = 70^\circ$	$\gamma = 75^\circ$	$\gamma = 80^\circ$	$\gamma = 85^\circ$	$\gamma = 90^\circ$
a_w	m/sec^2		13,40000			12,67500

		$\gamma = 45^\circ$	$\gamma = 50^\circ$	$\gamma = 55^\circ$	$\gamma = 60^\circ$	$\gamma = 65^\circ$
a_{x1}	m/sec^2	7,80 838	7,10 180	6,34 730	5,55 689	4,71 856
a_{y1}	m/sec^2	7,67 665	8,32 335	8,91 018	9,43 712	9,89 221

		$\gamma = 70^\circ$	$\gamma = 75^\circ$	$\gamma = 80^\circ$	$\gamma = 85^\circ$	$\gamma = 90^\circ$
a_{x1}	m/sec^2	3,83 269	2,93 413	2,000	1,04 192	0,09 581
a_{y1}	m/sec^2	10,55 090	10,56 100	10,76 647	10,89 820	10,96 411

obr./II/9

$$\underline{b/n = 250 \text{ ot/min}}$$

Těmto otáčkám přísluší $\Delta t_2 = 0,000667 \text{ sec.}$ Hodnoty složek zrychlení a_{x2}, a_{y2} shrneme do tabulky
obr./II/10

		$\gamma = 45^\circ$	$\gamma = 50^\circ$	$\gamma = 55^\circ$	$\gamma = 60^\circ$	$\gamma = 65^\circ$
a_{x2}	m/sec^2	12,21 889	11,10 945	9,92 504	8,69 565	7,39 130
a_{y2}	m/sec^2	12,00 889	13,01 341	13,94 303	14,76 762	15,47 226
a_{v2}	m/sec^2	∞			21,27 500	

		$\gamma = 70^\circ$	$\gamma = 75^\circ$	$\gamma = 80^\circ$	$\gamma = 85^\circ$	$\gamma = 90^\circ$
a_{x2}	m/sec^2	5,85 120	4,58 771	2,77 166	1,63 418	0,00
a_{y2}	m/sec^2	16,05 697	16,50 674	16,85 157	17,04 647	17,12 143
a_{v2}	m/sec^2		20,91 500			19,65 000

obr./II/10

$$\underline{c/n = 300 \text{ ot/min}}$$

Těmto otáčkám přísluší $\Delta t_3 = 0,0005556 \text{ sec.}$
Složky zrychlení a_{x3}, a_{y3} shrneme do tabulky
obr./II/II.

		$\gamma = 45^\circ$	$\gamma = 50^\circ$	$\gamma = 55^\circ$	$\gamma = 60^\circ$	$\gamma = 65^\circ$
a_{x3}	m/sec^2	17,60 259	16,000 72	14,50 684	12,52 699	10,63 715
a_{y3}	m/sec^2	17,27 862	18,75 449	20,08 639	21,25 629	22,26 421
a_{v3}	m/sec^2	∞			30,74 900	

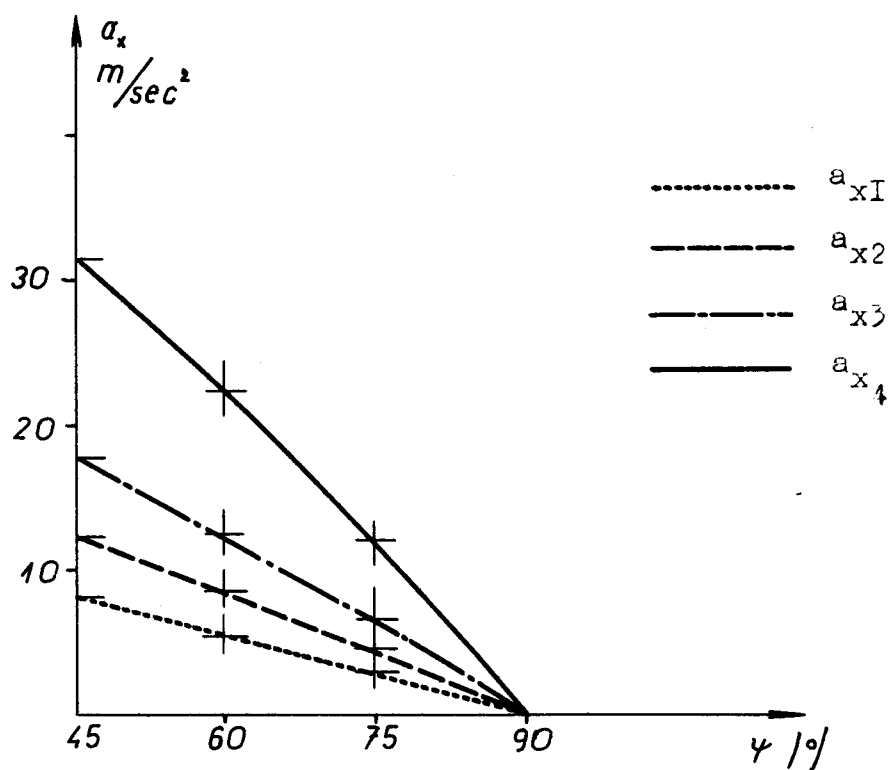
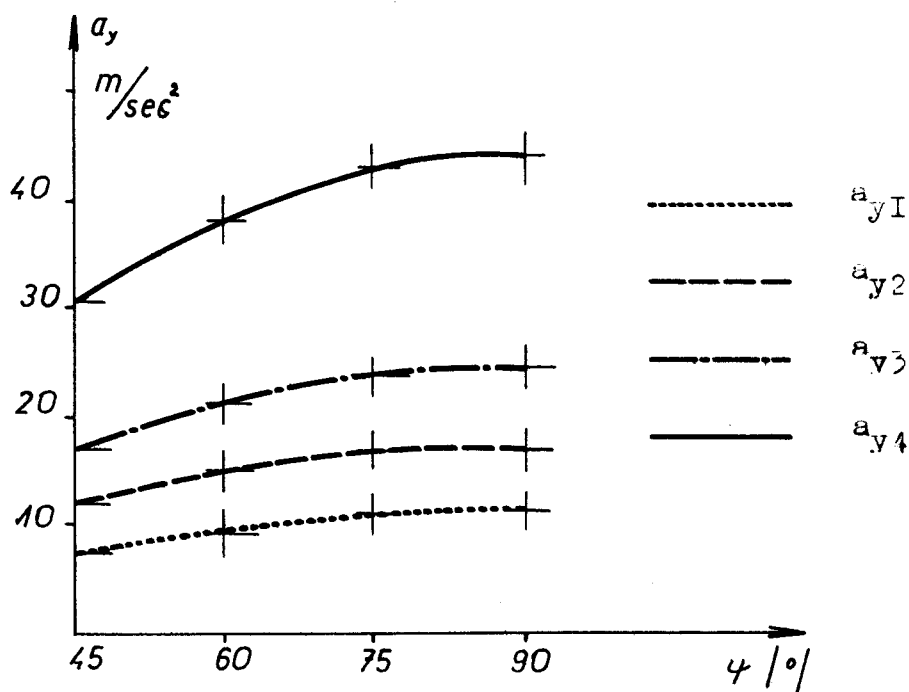
		$\gamma = 70^\circ$	$\gamma = 75^\circ$	$\gamma = 80^\circ$	$\gamma = 85^\circ$	$\gamma = 90^\circ$
a_{x3}	m/sec^2	8,63 931	6,60 547	4,49 964	2,35 781	0
a_{y3}	m/sec^2	23,11 015	23,77 609	24,24 406	24,55 003	24,65 802
a_{v3}	m/sec^2		30,19 000			28,55 000

obr./II/II $d/n = 400 \text{ ot/min}$ Těmto otáčkám přísluší $\Delta t_4 = 0,00004167 \text{ sec.}$

Složky zrychlení shrneme do tabulky obr./II/I2

		$\gamma = 45^\circ$	$\gamma = 50^\circ$	$\gamma = 55^\circ$	$\gamma = 60^\circ$	$\gamma = 65^\circ$
a_{x4}	m/sec^2	31,26 949	28,46 172	25,46 196	22,27 022	18,91 049
a_{y4}	m/sec^2	30,74 154	33,35 737	35,73 314	37,79 697	39,59 683
a_{v4}	m/sec^2	∞			54,50 000	

		$\gamma = 70^\circ$	$\gamma = 75^\circ$	$\gamma = 80^\circ$	$\gamma = 85^\circ$	$\gamma = 90^\circ$
a_{x4}	m/sec^2	15,33 477	11,73 506	7,99 136	4,19 966	0,38 397
a_{y4}	m/sec^2	41,08 471	42,26 061	43,12 456	43,65 250	43,84 449
a_{v4}	m/sec^2		54,36 100			50,60 000

obr./II/ I3obr./II/ I4

Pro přehled výsledků složek zrychlení a_x, a_y daného rozsahu otáček si provedeme jejich znázornění v grafu obr./II/ 13, obr./II/ 14.

Všimněme si blíže grafu obr./II/7, kde je znázorněn průběh složky rychlosti v_x na úhlu pootočení kliky ψ . Do grafu jsme zakreslili ještě jednu křivku/přesněji přímku/, která reprezentuje rychlost transportního pásu. Jak víme, je stonak unášen transportním pásem, a je proto nutné, aby rychlost transportního pásu a složka rychlosti v_x byly shodné. Nebude-li tomu tak, nastane vytahování stonku z vibračních nožů. Stonak se proti tomuto vytahování svým třením brání/ o hrany vibračních nožů/, a je dáno úhlem opásání stonku vůči hranám, a součinitelem tření mezi stonkem a hranami nožů. Tím vzniká napětí, a hrozí nabezpečí, že toto vzniklé přídatné napětí může narušit pevnost vláken. Nezáleží, je-li rychlost transportního pásu vůči rychlosti vibračních nožů menší či je poměr rychlosti naopak. Zásadně zde totiž platí, pro vytahování stonku z vibračních nožů, jejich relativní rychlost. V prvním případě předbýhá-li transportní rychlost pásu složku rychlosti vibračních nožů, vytahuje vlákno transportní pás. Jsou-li rychlosti v opačném poměru, vytahují stonak vibrační nože. Z obr./II/7 lze tedy vyčísti-
pro otáčky $n = 200$ ot/min a $n = 250$ ot/min ,
/resp. jim odpovídající rychlost/ je menší po celý

úsek lámání, než rychlost transportního pásu a musí tedy nastat vytahování stonku transportním pásem.

Pro rychlost v_{x3} , jež přísluší otáčkám $n=300$ ot/min platí, že do potočení kliky $\psi=60^\circ$ tj. počátek lámání, je složka rychlosti vibračních nožů menší, než rychlost transportního pásu. Nastane tedy i zde vytahování stonku transportním pásem. Přibližně při $\psi=60^\circ$ začne složka rychlosti v_{x3} být větší než je rychlost transportního pásu. Jelikož doba po níž je složka rychlosti v_{x3} větší/pod $\psi=(60^\circ \div 120^\circ)$ nastává v prvním okamžiku uvolnění stonku a později, kdy stonek je již opět napnut, nastává vytahování stonku vibračními noži.

Při $\psi=120^\circ$ začne složka v_{x3} klesat pod velikost rychlosti transportního pásu.

Tato změna, natahování/resp. vytahování/a uvolňování stonku může mít za následek porušení vláken. Ve stati III si vypočítáme, jaká napětí vznikají při lámání a ukážeme si jsou-li tato napětí bezpečná vzhledem k pevnosti stonku.

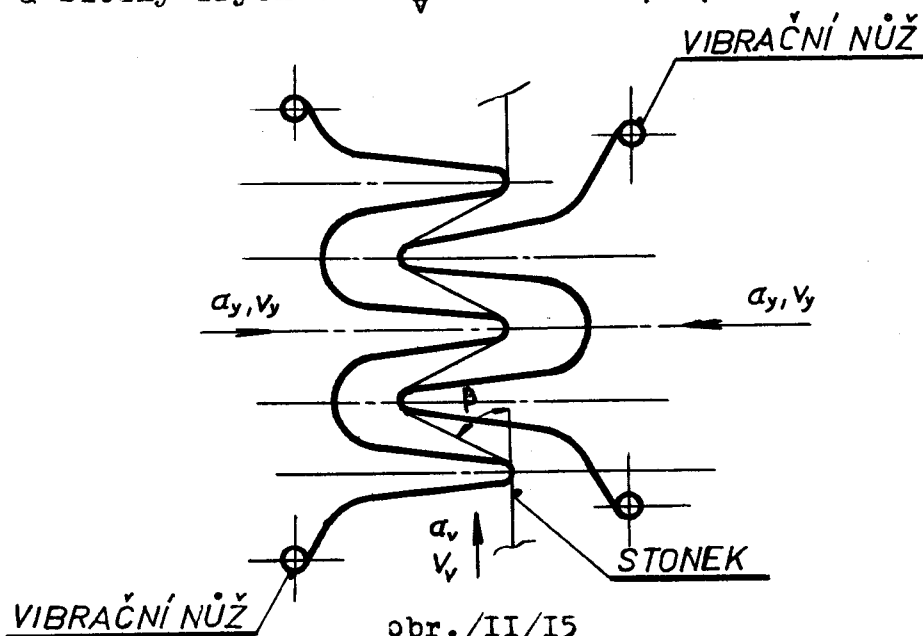
Pro složku rychlosti v_{x4} , již přísluší otáčky $n=400$ ot/min, platí, že je po celou dobu lámání stonku/po celou dobu styku stonku s vibračními noži /větší, než je transportní rychlost. Tyto poměry jsou zcela určitě výhodnější, neb zde vzniká tah mezi $\psi=45^\circ \div 90^\circ$ s t á l ý. Po poloze $\psi=90^\circ$ nastává opět stále uvolňování.

Lze tedy shrnout

Nejvýhodnější rychlosti, při nichž je stoněk lámán jsou, jsou-li při $\psi = 45^\circ$ větší než rychlost transportního pásu. Pak nastává vytahování stonku plynule až do polohy $\psi = 90^\circ$ a za touto polohou nastane plynulé uvolňování.

Hodnoty zrychlení, které jsme uvedli budou podkladem pro řešení namáhání stonku. Tento výpočet bude proveden /jak jsme již v úvodu naznačili/ ve stati III.

Ovšem dříve než přikročíme k vlastnímu řešení stati III, všimněme si složek rychlostí a složek zrychlení do směru pohybu stonku po hranách vibračních nožů. Do této chvíle jsme sledovali složky rychlostí a zrychlení do směrů x a y , charakteristické pro vibrační nože, ale blíže jsme neřešili směry v nichž bude mít vlákno své složky rychlosti v_v a složky zrychlení a_v . Podle obr. /II/15 vidíme, že

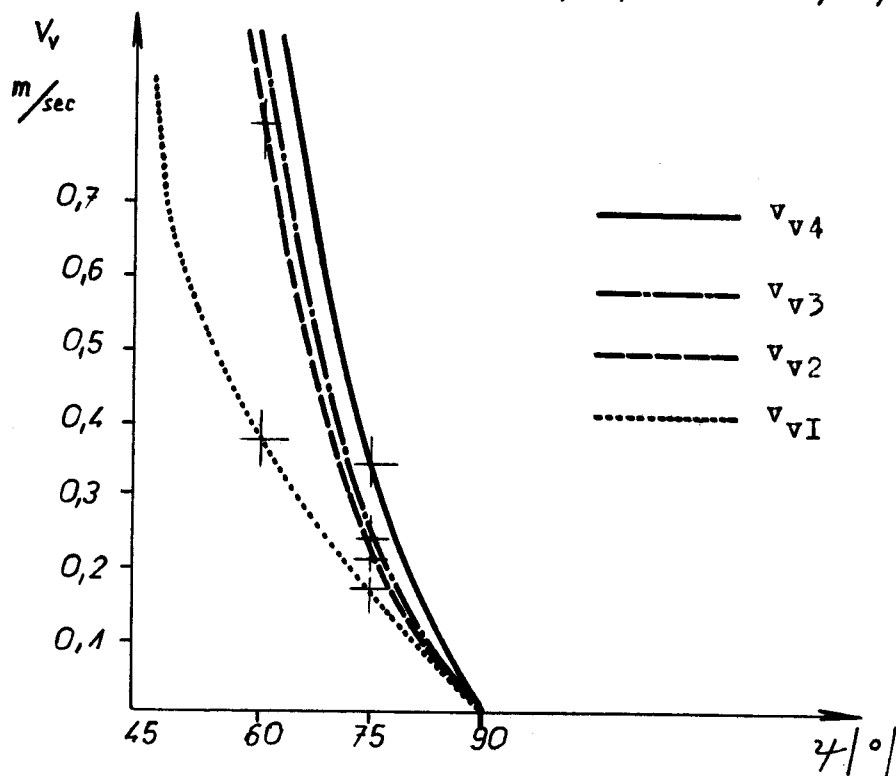


vibrační nože se ve směru y přibližují k sobě se složkami rychlosti v_y , se složkami zrychlení a_y a vlivem hran vibračních nožů vytváří tyto složky do směru pohybu vlákna složky rychlosti v_v a složky zrychlení a_v , které jsou dány těmito vztahy

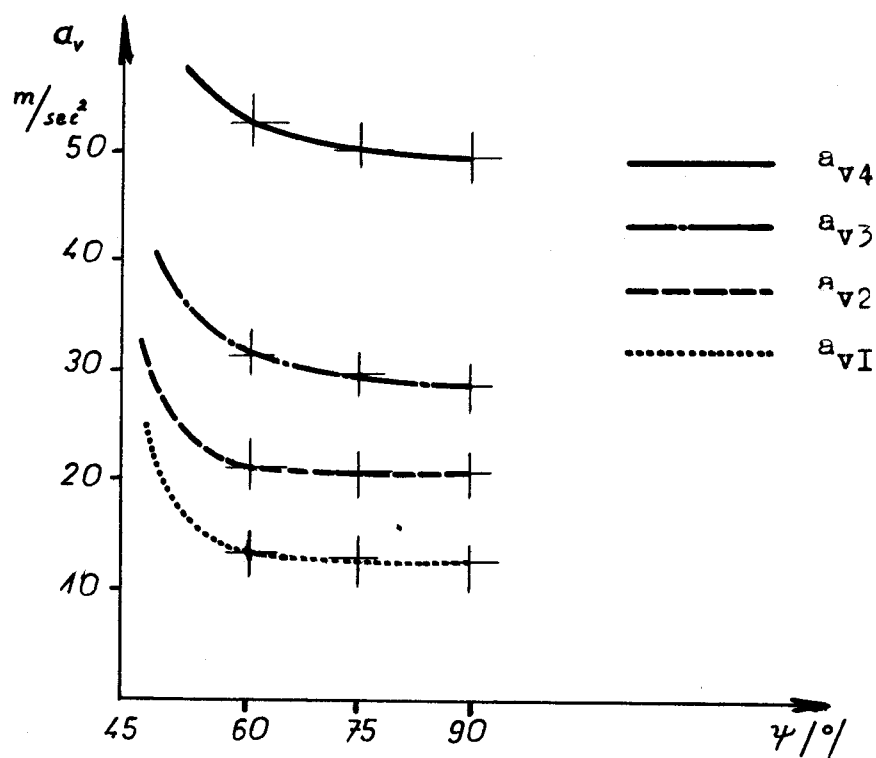
$$v_v = \frac{v_y}{\sin \beta} \quad a_v = \frac{a_y}{\sin \beta} \quad |m/sec^2|$$

kde $\sin \beta$ /resp. úhel β /se mění od nuly, odpovídá poloha kliky $\psi = 45^\circ$, do $\beta = 60^\circ$, odpovídá poloha kliky $\psi = 90^\circ$.

Složky rychlosti v_v a složky zrychlení a_v si vyšetříme pro polohy kliky $\psi = 45^\circ$, $\psi = 60^\circ$, $\psi = 75^\circ$ a $\psi = 90^\circ$. Vypočtené hodnoty jsou uvedeny v tabulkách obr./II/3, 4, 5, 6, 9, 10, 11, 12, a jejich znázornění provedeme v grafech obr./II/16 a obr./II/17.

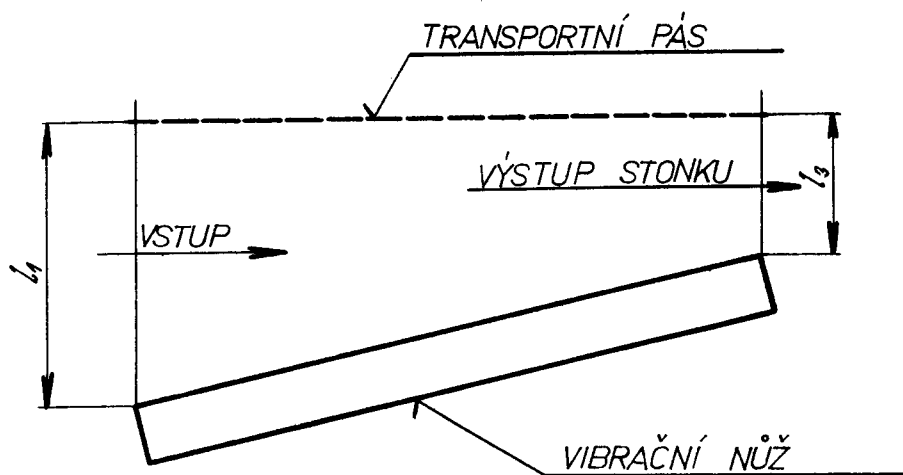


obr./II/16

obr./II/I7

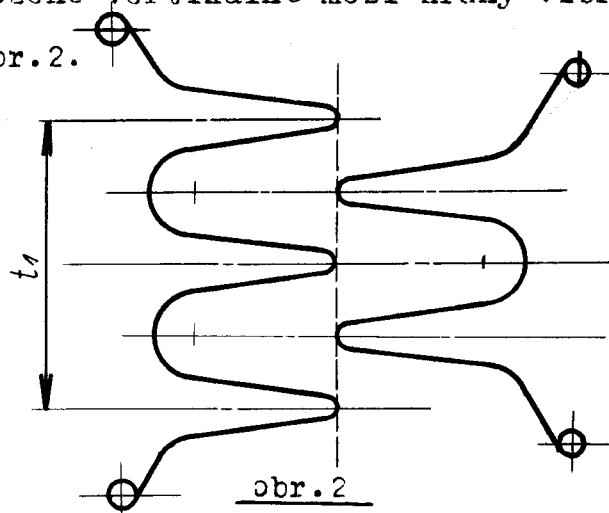
III. SILOVÉ POMĚRY PŘI PRŮCHODU MATERIÁLUVIBRAČNÍMI NOŽIZákladní pojmy

V této stati provedeme analýzu principu lámání za současného potírání stonku lnu. Lámání stonku za současného potírání je jev žádoucí, přestože zde není možné dosáhnout tak vysokého stupně potírání jako u zvláště k tomu konstruovaných turbín, -tzv. potíracích turbín, jež jsou zařazeny za vibrační zařízení, což vše s ostatními agregáty tvoří kompletní linku. Vlastní problém řešení se rozpadá na dvě hlavní části - na dvě oblasti viz obr. I.

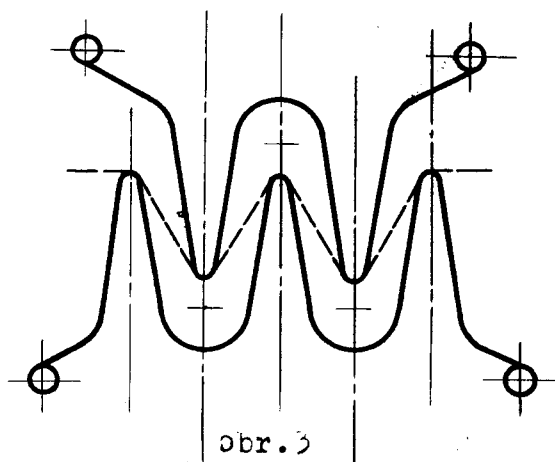
obr. I.

První oblastí je myšlen vstup lnového stonku do vibračních nožů a druhou oblastí je myšlen výstup lnového stonku z vibračních nožů. Tyto dvě oblasti je je nutno uvažovat z následujících důvodů. Stonek je uchycen a veden vibračním zařízením transportním pásem. Během své dráhy vibračním zařízením je

stonek lámán a potěrán/pro případ dle obr. I/ od spodní části stonku směrem k uchycení stonku v dopravním/transportním/ zařízení. To znamená, že se lineárně, podle sklonu vibračních nožů, mění délka stonku pod vlastními vibračními noži. Tato délka je hlavním ukazatelem, který ovlivňuje namáhání stonku. Tato délka je totiž representována svou vahou na níž působí složka zrychlení od vibračních nožů. Stonek je tedy namáhán svou vlastní vahou a dynamickou silou příslušnou složce zrychlení v tom kterém okamžiku pootočení vibračních nožů. Kromě těchto dvou ukazatelů/vlastní váha a dynamická síla/ jsou zde ještě tyto další ukazatele: úhel pootočení kliky, úhel opásání stonku vůči hranám vibračních nožů, rozteč hran vibračních nožů a součinitel tření. Úhel pootočení kliky, úhel opásání stonku vůči hranám vibračních nožů lze zahrnout pod pojem intersekce, což znamená přesah hran vibračních nožů. Tedy nulová intersekce je okamžik, kdy se hrany vibračních nožů dotýkají myšlené roviny proložené vertikálně mezi hrany vibračních nožů viz obr. 2.



Pojmem maximální intersekcce tedy rozumíme maximální přesah hran vibračních nožů, viz obr.3.

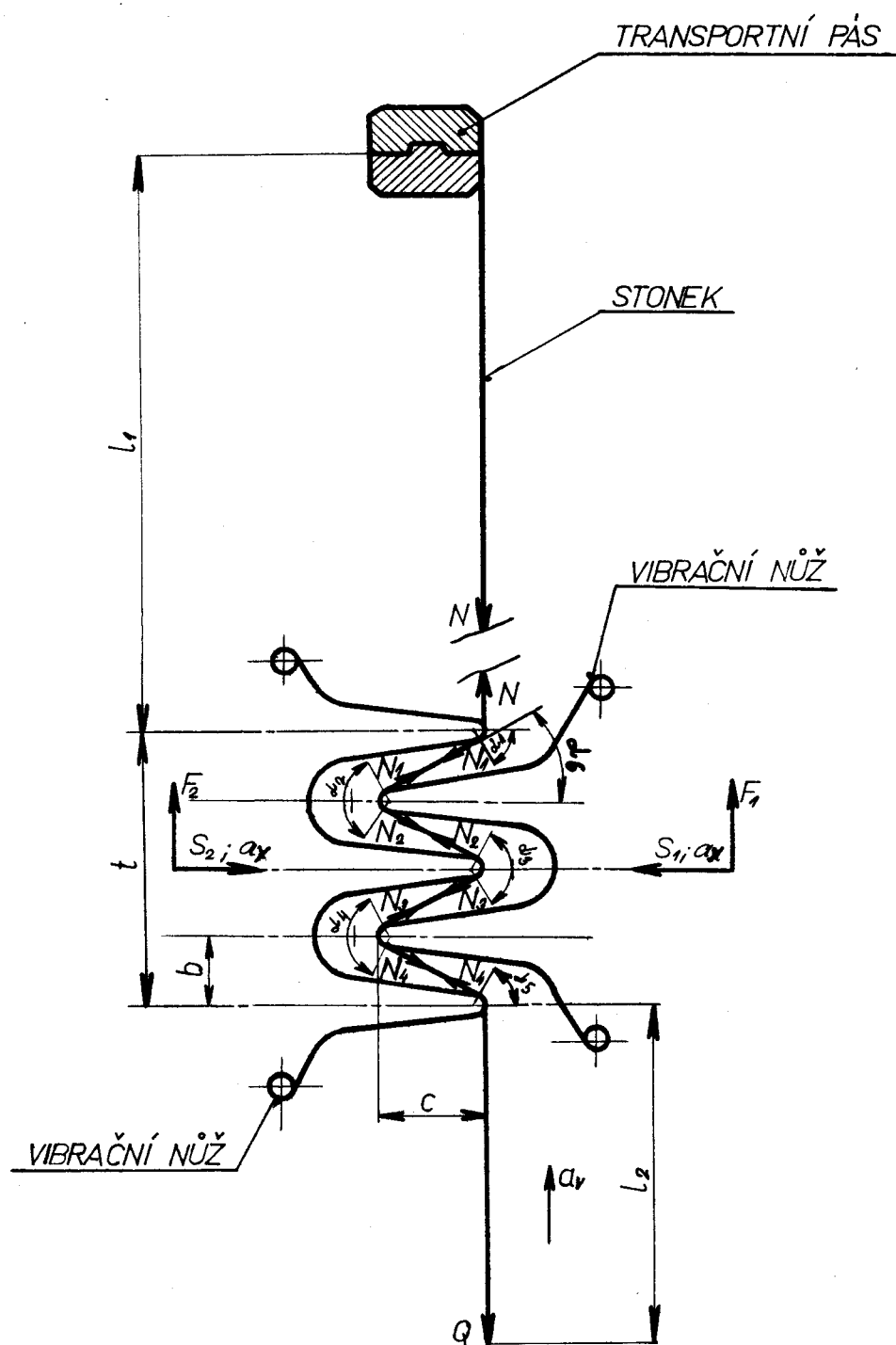


V dalším se věnujeme obr.2 a obr.3. Na obr.2 je zachycen okamžik, kdy dva protilehlé nože se právě dotýkají svými hranami stonku lnu/nulová intersekcce/. Této poloze vibračních nožů odpovídá pootočení kliky $\psi = 45^\circ$. Délka stonku mezi nejhořejší hranou a nejspodnější hranou vibračních nožů je $t_1 = 40$ mm. V následujícím obr.3 kde je znázorněna maximální intersekcce/ této poloze odpovídá $\psi = 90^\circ$ / je mezi nejhořejší a nejspodnější hranou délka stonku $t_2 = 72$ mm /změřeno/. Tedy o celých $t = t_2 - t_1 = 32$ mm více, než při minimální intersekcce/ obr.2/. Z tohoto zjištění vyplývají tyto závěry. Podle údajů, které byly k dispozici v VÚLV Šumperk nelze mluvit o prodloužení stonku a tedy tato délka stonku $t = 32$ mm se musí dostat z pod vibračních nožů mezi hrany vibračních nožů v t a ž e n í m. Z oblasti nad vibračními noži nemá stoněk možnost pohybu neb je fixován dopravním pásem, což znamená, že ze shora nelze stoněk vtá-

VŠST LIBEREC	Kinematické a dynamické posouzení lámacího a stíracího ústrojí pro přípravu stonku k získání dlouhého vlákna	DP — STR. 31
		9. ŘÍJNA 1965
		František Sessmann

hnout do vibračních nožů. Toto vtahování stonku mezi hrany vibračních nožů, jeho tření o hrany, představuje to, čemu říkáme potěrání. Kromě potěrání ve směru délky stonku/ve směru vtahování stonku mezi hrany/přistupuje ještě tření stonku o hrany kolmo na délku stonku/lze mluvit o jakémśi rozmělnění -něco podobného, jako kdybychom vzali do ruky stoněk a třeli ho mezi prsty/. Toto rozmělnění je způsobeno uchycením vibračních nožů na pružných elementech, pružinách. Křivočarým rovinným pohybem je dáno vynucené kmitání nožů, buzené odstředivou silou příslušející hmotě vibračních nožů. K těmto budícím odstředivým silám je nutno ještě připojit budící síly vzniklé lámáním stonku. Tyto budící síly, konstanty pružin, nestejně hmoty dvou proti sobě navzájem pracujících vibračních nožů/jeden nůž má totiž tři hrany a druhý nůž má dvě hrany/ způsobují, že mají nestejně vynucené kmitání/resp. nestejnou výchylku/. Proto mezi nimi vzniká vzájemný obecný pohyb. Vlastní kmitání vibračních nožů /jejich řešení/, je provedeno na str.

K tomu, abychom zjistili velikosti namáhání stonku provedeme rozklad sil dle obr. 4



obr. 4

Schema namáhání stonku vibračními noži

R o z k l a d s í lI/ bez uvažování zrychlení

$$N_4 = Q \cdot e^{f d_5} \quad N_2 = N_3 \cdot e^{f d_3}$$

$$/I/ \quad N_3 = N_4 \cdot e^{f d_4} \quad N_1 = N_2 \cdot e^{f d_2} \quad [9]$$

$$N = N_1 \cdot e^{f d_1}$$

dosadíme-li, pak

$$/2/ \quad N = Q \cdot e^{f(d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5)}$$

do směru S_1, S_2 bude

$$/3/ \quad S_1 = (N_1 + N_2 + N_3 + N_4) \cdot \cos \alpha_0 \quad [9]$$

$$S_2 = (N_1 + N_2 + N_3 + N_4) \cdot \cos \alpha_0 \quad [9]$$

2/ uvažujeme zrychlení

Průběhy zrychlení nožů a a jeho složku a_v do směru pohybu vlákna po hranách vibračních nožů viz stať II., str. 19, obr. 9, 10, 11, 12, 13, 14.

Ke statické váze stonku Q je nutné podle charakteru grafu znázorňující složku zrychlení a_v připojit dynamickou sílu $D = m \cdot a_v$. Neoprávněně vzniká dojem, že lze tuto dynamickou sílu zanedbat pro velmi nepatrnou dimenzi m . Z grafu je také zřejmé, že zrychlení ve směru pohybu stonku v okamžiku styku nožů, je teoreticky nekonečně velké. Úhel opásání stonku vůči hranám vibračních nožů v okamžiku styku nožů obr. 2 je $\alpha = 0$ a tedy $e^{f\alpha} = 1$ $|e^0 = 1|$

a z původní rovnice /5/ zbude

$$N = Q + ma_v$$

dosadíme-li za $a_v = \infty$ bude teoreticky nekonečně velká, což by mělo za následek porušení vláken, destrukci stonku. Ovšem vlastní neklidný pohyb stonku, jež je způsoben vířením vzduchu od vibračních nožů, chvěním celého agregátu poddajností transportního pásu běžícího ne po dokonale hladkém /rovném/ podkladě a mnoho dalších vlivů má za následek, že tento extrémní případ v praxi nenastane. Při vlastním řešení tohoto problému se setkáváme se třemi protichůdnými parametry: s rostoucím úhlem pootočení kliky ψ klesá zrychlení až k nule, roste úhel opásání α a stoupá úhel β . Rovnice řešící namáhání stonku s ohledem na složku zrychlení a_v jsou tyto:

$$\begin{aligned} /4/ \quad N_4 &= (Q + ma_v) \cdot e^{f d_5} & N_2 &= N_3 \cdot e^{f d_3} \\ N_3 &= N_4 \cdot e^{f d_4} & N_1 &= N_2 \cdot e^{f d_2} \\ N &= N_1 \cdot e^{f d_1} & \text{kde } a_v &= \frac{a}{\sin \beta} & \beta &= 90^\circ - \alpha_6 \end{aligned}$$

dosazením dostaneme

$$/5/ \quad N = (Q + ma_v) \cdot e^{f(d_5 + d_4 + d_3 + d_2 + d_1)}$$

složky do směru S_1, S_2 budou

$$\begin{aligned} /6/ \quad S_1 &= (N_1 + N_2 + N_3 + N_4) \cos d_5 \\ S_2 &= (N_4 + N_3 + N_2 + N_1) \cos d_6 \end{aligned}$$

a příslušná napětí $\sigma_1 \div \sigma_4$ / od sil $N_1 \div N_4$ jsou

$$\sigma_1 = \frac{4 N_1}{\pi d_1^2}$$

$$\sigma_3 = \frac{4 N_3}{\pi d_3^2}$$

/7/

$$\sigma_2 = \frac{4 N_2}{\pi d_2^2}$$

$$\sigma_4 = \frac{4 N_4}{\pi d_4^2}$$

Než přikročíme k vlastnímu výpočtu, uvedeme si dá-
le užívané hodnoty:

$e = 2,718$...základ přirozených logaritmů

$\gamma = 0,33 \text{ g/cm}^3$...měrná váha stonku/dřevina + vlákno/

$f = 0,15$ součinitel smykového tření mezi
stonkem a hradou vibračního nože

β úhel mezi stonkem a vertikální osou

$\alpha_1 \div \alpha_5$ úhly opásání stonku/úhly byly od-
měřeny a jsou shodné jak pro oblast
vstupu, tak i pro oblast výstupu
stonku z vibračních nožů/

přísluší

pro $\psi = 45^\circ$ jsou úhly $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 0$

$$\beta = 0$$

pro $\psi = 46^\circ$ jsou úhly $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = \alpha_4 = \alpha_5 = 0$

/8/ $\beta_1 = 1^\circ$, $\alpha_6 = 89^\circ$

pro $\psi = 60^\circ$ jsou úhly $\alpha_1 = 54^\circ$ $\alpha_3 = 105^\circ$ $\alpha_5 = 54^\circ$

$$\alpha_2 = 108^\circ \quad \alpha_4 = 108^\circ \quad \beta = 44^\circ$$

pro $\psi = 75^\circ$ jsou úhly $\alpha_1 = 54^\circ$ $\alpha_3 = 108^\circ$ $\alpha_5 = 54^\circ$

$$\alpha_2 = 108^\circ \quad \alpha_4 = 108^\circ \quad \beta = 52^\circ$$

pro $\psi = 90^\circ$ jsou úhly $\alpha_1 = 62^\circ [2,082]$ $\alpha_3 = 124^\circ [2,165]$ $\alpha_5 = 62^\circ$

$$\alpha_2 = 124^\circ [2,165] \quad \alpha_4 = 124^\circ [2,165] \quad \beta = 60^\circ$$

c....intersekcce pro:

$$\psi = 45^\circ \dots\dots c_1 = 0 \text{ mm} \qquad d_6 = 90^\circ$$

$$\psi = 60^\circ \dots\dots c_2 = 9 \text{ mm} \qquad d_6 = 46^\circ$$

$$\psi = 75^\circ \dots\dots c_3 = 12 \text{ mm} \qquad d_6 = 38^\circ$$

$$\psi = 90^\circ \dots\dots c_4 = 15 \text{ mm} \qquad d_6 = 30^\circ$$

a....zrychlení nožů / cm/sec² /

a_v....složka zrychlení nožů do horizontálního směru

$$/9/ \quad a_v = \frac{a_s}{\sin \beta} \quad [\text{cm/sec}^2]$$

d....průměr stonku/z literatury VÚVL d=1,5 mm/

Vlastní řešení úlohy se rozpadá na :

vstup stonku do vibračních nožů

výstup stonku z vibračních nožů

a bude řešeno s ohledem na zrychlení, což odpovídá skutečnosti. Zde bude proveden výpočet pro nůž I., viz obr.5. Řešení je provedeno pro n = 400 ot/min.

A/ VSTUP STONKU DO VIBRAČNÍCH NOŽŮ

I/ pro $\psi = 46^\circ$

a/výpočet velikosti tažné síly N, působící na ston-
ek v úseku mezi transportním pásem a vlastním
vibračním ústrojím

dány jsou tyto hodnoty: $l_2 = 180 \text{ mm}$

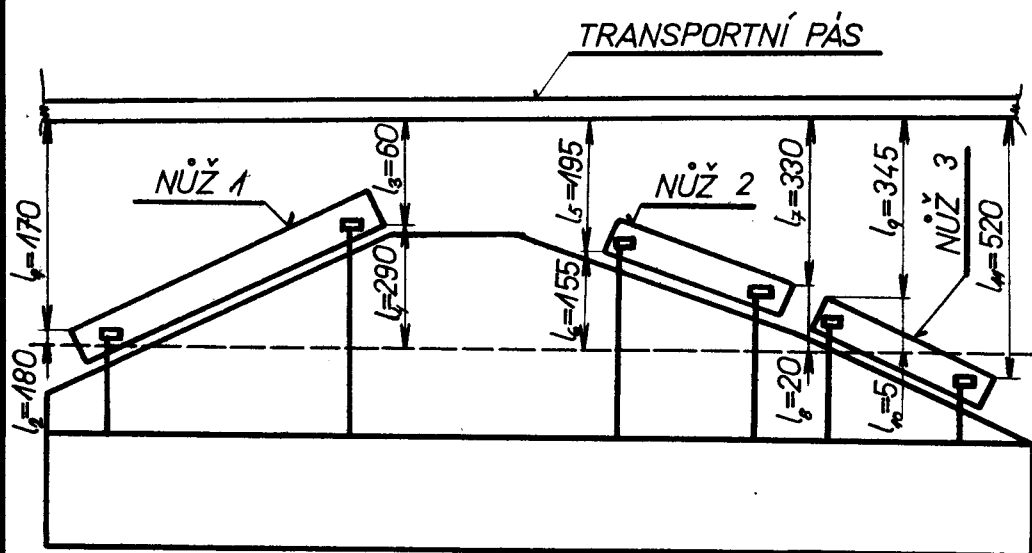
$$d_1 = d_2 = d_3 = d_4 = d_5 = 0 \quad \beta = 1^\circ$$

z toho plyne, že

$$e^{+(d_1 + d_2 + d_3 + d_4 + d_5)} = e^0 = 1$$

a z původní rovnice /5/ máme

$$/10/ \quad N = Q + m a_v$$



Číselkové uspořádání vibračních nožů. Čárkovanou čarou je naznačena průměrná hladina konce stonku

obr. 5

$$a_1 = \frac{a_2}{\sin \beta} = \frac{30,74 \cdot 2}{0,01745} = 343000 \text{ cm/sec}^2$$

$$Q = \gamma \cdot F \cdot l_2 = 0,33 \cdot \frac{\pi \cdot 0,15^2}{4} = 0,105 \text{ g}$$

$$m = \frac{Q}{g} = \frac{0,105}{980,5} = 0,000107 \text{ gsec}^2/\text{cm}$$

dosadíme do /IO/

$$N = 0,105 + 0,000107 \cdot 343000 = 37,905 \text{ g}$$

Kromě této síly N v úseku nad vibračními noži působí na stonok vlastní váha stonku G_I o délce

$$l_I = 170 \text{ mm}$$

$$G_I = \frac{\pi d^2}{4} \cdot \gamma \cdot l_I = \frac{\pi \cdot 0,0225^2}{4} \cdot 0,33 \cdot 17 = 0,0925 \text{ g}$$

tato váha G_I působí ve směru síly N takže výsledná síla N_v je

$$N_v = N + G_I = 37,905 + 0,0925 = 37,9975 \text{ g}$$

$$a_1 = 3,43 \cdot 10^5 \text{ cm/sec}^2$$

$$Q = 0,105 \text{ g}$$

$$m = 1,07 \cdot 10^{-4} \text{ gsec}^2/\text{cm}$$

$$N = 37,905 \text{ g}$$

$$G_I = 0,0925 \text{ g}$$

$$N_v = 37,9975 \text{ g}$$

b/výpočet tažných sil N_I až N_4 , působících na stonku uvnitř vibračních nožů

pro náš případ, kdy $\alpha_1 \div \alpha_5 \doteq 0$ zregeneruje rovnice /4/ na

$$N_4 = Q + ma_v$$

$$N_2 = N_3 = N_4 = N_1$$

$$N_3 = N_4$$

dosadíme-li

$$\underline{N_4 = 0,105 + 37,8 = 37,905 \text{ g} = N_1 = N_2 = N_3}$$

$$\underline{N_1 = N_2 = N_3 =}$$

$$\underline{= N_4 = 37,905 \text{ g}}$$

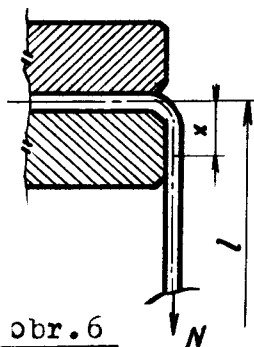
c/napětí stonku v tahu σ_v mezi pásem a vlastním vibračním ústrojím

namáhání stonku vlastní vahou je vyjádřeno integrálem dle obr.6.

$$\sigma_v = \frac{N}{F} + \int_0^l \mu \cdot \frac{F dx}{F} = \frac{N}{F} + \mu \cdot l = \frac{37,905 \cdot 4}{\pi \cdot 0,105^2} + 0,33 \cdot 17 =$$

$$= 2145,6 \text{ g/cm}^2 = \underline{21,456 \text{ g/mm}^2}$$

$$\underline{\underline{\sigma_v = 21,456 \text{ g/mm}^2}}$$



obr.6

vypočítat maximální napětí σ_{pt}

Dle literatury VÚLV je maximální pevnost/tažná síla až do přetrhnutí stonku/ $P_{\max} = 11\,000 \text{ g}$. Z této hodnoty si určíme

$$\text{/II/ } \sigma_{pt} = \frac{P_{\max}}{F} = \frac{11\,000}{\pi \cdot 0,105^2} = 623000 \text{ g/cm}^2 = \underline{6230 \text{ g/mm}^2}$$

$$\underline{\underline{\sigma_{pt} = 6230 \text{ g/mm}^2}}$$

Porovnáme-li vypočtené napětí ve stonku σ_v s max.
přípustným napětím σ_{μ} , získáme hodnotu již říkáme
bezpečnost.

$$\mu = \frac{\sigma_{\mu}}{\sigma_v} \quad /12/$$

dosadíme-li

$$\mu = \frac{6230}{21,456} = 290$$

$$\mu = 290$$

podle velikosti μ je zřejmé, že není nebezpečí
destrukce vláken.

d/napětí $\sigma_1 \div \sigma_4$ uvnitř vibračních nožů: dosadíme do
rovnice /7/

pro náš případ, kdy $N_1 = N_2 = N_3 = N_4$ lze psát

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_4 = \frac{4 \cdot 37,905}{0,1105^2 \cdot \pi} = 2140 \text{ g/cm}^2 = 21,40 \frac{\text{g}}{\text{mm}^2}$$

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 =$$

$$\sigma_4 = 21,40 \frac{\text{g}}{\text{mm}^2}$$

a pro tato napětí je bezpečnost

$$\mu = \frac{6230}{21,4} = 292$$

$$\mu = 292$$

vidíme, že také uvnitř vibračních nožů nehrozí
stonku porušení/tím je myšleno přetržení stonku/.

e/výpočet sil S_1, S_2 jež způsobují namáhání nožů.

dosadíme do rovnice /6/

$$S_1 = S_2 = (N_4 + N_3 + N_2 + N_1) \cdot \cos \alpha_6 =$$

$$= 4 \cdot 37,905 \cdot 0,01745 = 2,65 \text{ g}$$

$$S_1 = S_2 =$$

$$= 2,65 \text{ g}$$

podle sdělení ing. Pachovského /VÚLV Šumperk/ lze
uvažovat 7 stonků na 10 mm délky nože a to ve 3
vrstvách. Stejnomořnost vrstvy nelze ovšem zatím
přesně dodržet. Z uvedených hodnot bude namáhání
nože na délce $l = 10 \text{ mm}$

$$/I3/ \quad S_{\text{cel}} = S_{\text{cel}} = n.k.S_n = n.k.S_0$$

n...počet stonků

k...počet vrstev stonku

dosadíme-li

$$S_{\text{cel}} = S_{\text{cel}} = 7.3.2,65 = 55,75 \text{ g}/10 \text{ mm} = \underline{55,75 \text{ g}/\text{cm}}$$

f/rovnováha sil do vertikálního směru

$$\begin{aligned} S_{\text{cel}} &= S_{\text{cel}} \\ &= \underline{\underline{55,75 \text{ g}/\text{cm}}} \end{aligned}$$

$$/I4/ \quad F_1 = (N_1 - N_2 + N_3 - N_4) \cdot \sin d_6$$

$$F_2 = N + (-N_1 + N_2 - N_3 + N_4) \sin d_6 - Q - m a_v$$

dosadíme-li

$$\underline{F_1 = 0 \text{ g}}$$

$$\underline{F_2 = 0 \text{ g}}$$

$$\underline{F_1 = 0 \text{ g}}$$

$$\underline{F_2 = 0 \text{ g}}$$

B/ VÝSTUP STONKU Z VIBRAČNÍCH NOŽŮ

I/ pro $\psi = 46^\circ$

a/výpočet velikosti tažné síly N, působící na stonk
v úseku mezi transportním pásem a vlastním vibrač-
ním ústrojím

dány jsou tyto hodnoty

$$l_3 = 60 \text{ mm}, \quad l_4 = 290 \text{ mm}$$

z toho plyne, že

$$e^{f(d_1 \div d_5)} \doteq 1$$

dosadíme do rovnice /5/

$$N = Q + m a_v = 0,33 \cdot \frac{\pi \cdot 0,105^2}{4} \cdot 29 + \frac{6148}{0,01745} \cdot \frac{0,169}{981} = \underline{\underline{N = 60,769 \text{ g}}}$$

K této síle N opět připočteme vlastní váhu stonku

$$G_1 = \frac{\pi d^2}{4} \cdot l_1 \cdot \rho = 0,33 \cdot \frac{\pi \cdot 0,105^2}{4} \cdot 6 = \underline{\underline{G_1 = 0,035 \text{ g}}}$$

$$\underline{\underline{G_1 = 0,035 \text{ g}}}$$

tedy

$$N_v = N + G_v = 60,769 + 0,035 = \underline{60,804 \text{ g}}$$

$$N_v = 60,804 \text{ g}$$

b/výpočet tažných sil N_1 až N_4 , působících na stonk uvnitř vibračních nožů

pro náš případ, kdy $\alpha_1 \div \alpha_5 = 0$ zdegenerují rovnice /4/ na

$$N_4 = N_3 = N_2 = N_1 = \underline{60,77 \text{ g}}$$

$$N_4 = N_3 = N_2 =$$

c/napětí stonku v tahu σ_v mezi pásem a vlastním vibračním ústrojím

$$= N_1 = 60,77 \text{ g}$$

je opět

$$\sigma_v = \frac{N}{F} + \rho \cdot l_1 = \frac{60,769 \cdot 4}{\pi \cdot 0,105^2} + 0,33 \cdot 6 = \underline{3441,98 \text{ g/cm}^2}$$

$$\sigma_v = 34,42 \text{ g/mm}^2$$

porovnáme-li vypočtené napětí ve stonku σ_v s max. přípustným napětím σ_{μ} dostaneme

$$\mu = \frac{\sigma_{\mu}}{\sigma_v} = \frac{6230}{34,42} = \underline{186}$$

$$\mu = 186$$

Z velikosti je zřejmé, že ani při výstupu stonku z vibračních nožů nenastane destrukce vláken.

d/napětí $\sigma_1 \div \sigma_4$ uvnitř vibračních nožů

dosadíme do /7/

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_4 = \frac{4N}{\pi d^2} = \frac{4 \cdot 60,77}{\pi \cdot 0,105^2} = \underline{3440 \text{ g/cm}^2}$$

$$\sigma_1 = \sigma_2 = \sigma_3 =$$

e pro tato napětí $\sigma_1 \div \sigma_4$ je bezpečnost

$$\sigma_4 = 34,4 \text{ g/mm}^2$$

$$\mu = \frac{6230}{34,4} = \underline{180}$$

$$\mu = 180$$

e/výpočet sil S_1, S_2 jež způsobují namáhání nožů

$$S_1 = S_2 = 4 \cdot N \cos \alpha_6 = 4 \cdot 60,77 \cdot 0,01745 = \underline{4,26 \text{ g}}$$

$$S_1 = S_2 = \underline{4,26 \text{ g}}$$

dosadíme do rov./6/

$$S_{1cl} = S_{2cl} = 21.4,26 = 89,6 \text{ g/cm}$$

Pro dříve zdůvodněných 7 stonků na délku $l=10 \text{ mm}$ ve 3 vrstvách, je podle /13/

$$S_{1cl} = S_{2cl} = 7.3.2,65 = 55,75 \text{ g/10 mm} = 55,75 \text{ g/cm}$$

f/rovnováha sil do vertikálního směru

podle /14/ je

$$F_1 = 0$$

$$F_2 = 0$$

Pro přehled sil N , N_I až N_4 a napětí $\sqrt{V}$ a $\sqrt{V_1} \div \sqrt{V_4}$ pro polohy kliky $\psi = 60^\circ$, $\psi = 75^\circ$, $\psi = 90^\circ$ budou výsledky shrnuty do tabulek obr.7, obr.8, a do grafů obr.9, 10, 11, 12,.

Vlastní výpočet hodnot uvedených v tabulkách a grafech, zde nebudeme uvádět. Řešení je zcela stejné, jako právě provedené. Bvlo bv zde počítáno jen s jinými hodnotami úhlů $\alpha_1 \div \alpha_8$, s jinými hodnotami úhlů α_6 a β a s jinými délkami stonku pod a nad vibračními noži.

Vstup do vibračních nožů

		$\psi = 46^\circ$	$\psi = 60^\circ$	$\psi = 75^\circ$	$\psi = 90^\circ$
N	g	37,905	1,870	1,030	0,290
N_1	g	37,905	1,510	0,860	0,256
N_2	g	37,905	1,260	0,720	0,199
N_3	g	37,905	1,050	0,634	0,154
N_4	g	37,905	0,875	0,547	0,119

POKRAČOVÁNÍ

$$S_{1cl} = S_{2cl} = 89,6 \text{ g/cm}$$

$$S_{1cl} = S_{2cl} = 55,75 \text{ g/cm}$$

$$F_1 = 0$$

$$F_2 = 0$$

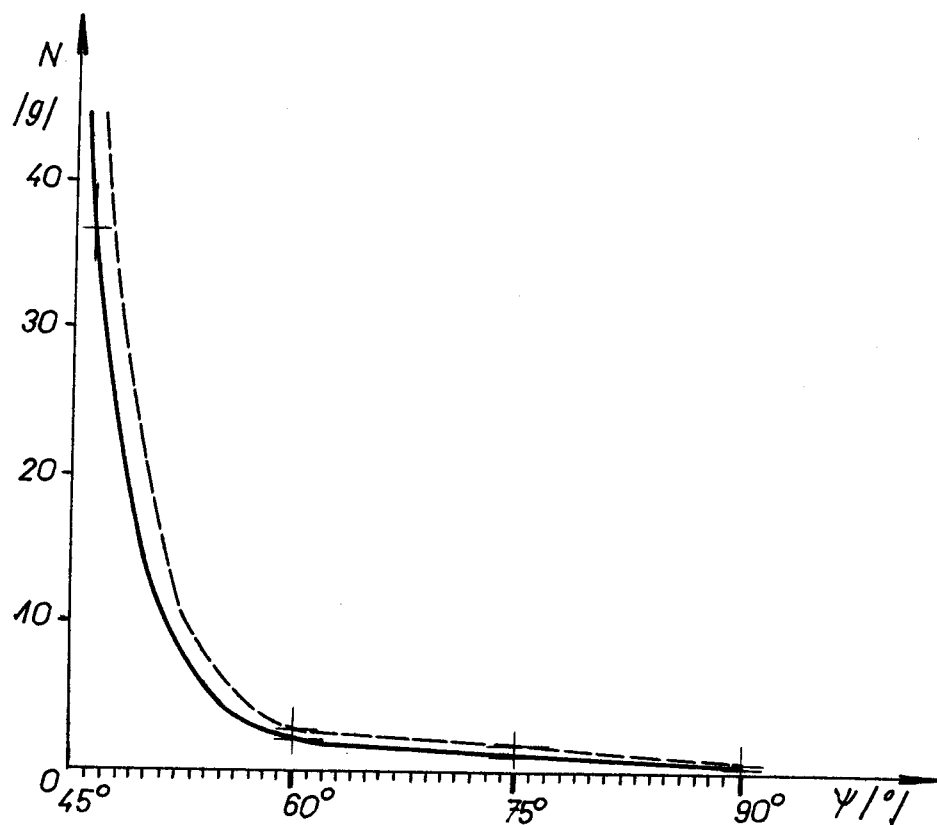
		$\psi = 46^\circ$	$\psi = 60^\circ$	$\psi = 75^\circ$	$\psi = 90^\circ$
$\bar{G}_v$	g/mm^2	21,456	1,120	0,580	0,216
$\bar{G}$	g/mm^2	21,400	1,060	0,574	0,164
μ	1	290	5550	10 750	28 800
S_{1ad}	g/cm	55,750	69,20	35,800	7,200
S_{1stf}	g/cm	77,670	87,850	46,150	8,525
F_1	g	0	0,306	0,078	0,046

obr. 7

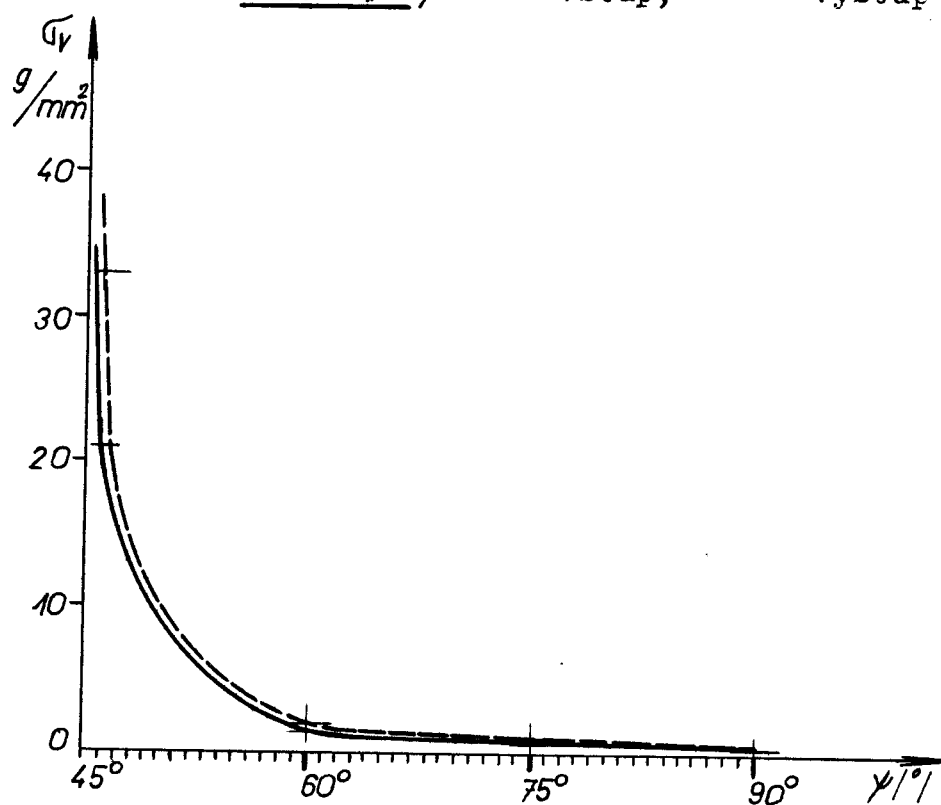
Výstup z vibračních nožů

		$\psi = 46^\circ$	$\psi = 60^\circ$	$\psi = 75^\circ$	$\psi = 90^\circ$
N	g	60,769	2,760	1,650	0,410
N_1	g	60,769	2,350	1,440	0,315
N_2	g	60,769	1,920	1,200	0,265
N_3	g	60,769	1,550	0,925	0,222
N_4	g	60,769	1,320	0,806	0,192
$\bar{G}_v$	g/mm^2	34,420	1,610	0,987	0,284
$\bar{G}$	g/mm^2	34,032	1,560	0,935	0,232
μ	1	186	3880	6320	22 000
S_{1ad}	g/cm	89,600	106,500	56,500	9,850
S_{1stf}	g/cm	77,670	87,850	46,150	8,525
F	g	0	0,446	0,359	0,040

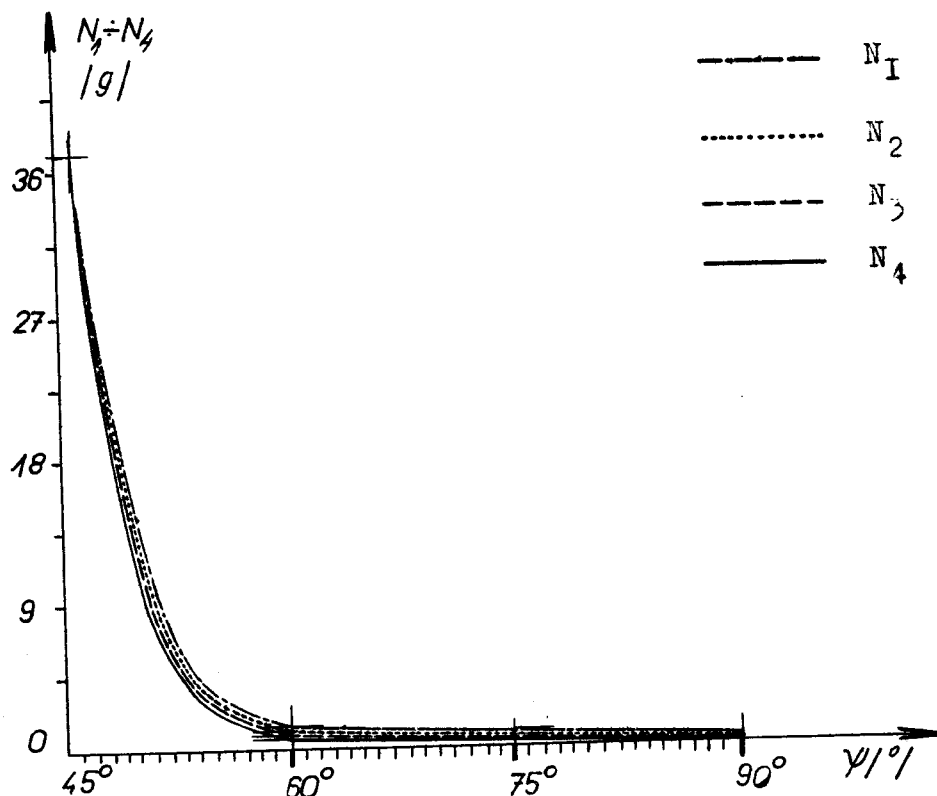
obr. 8



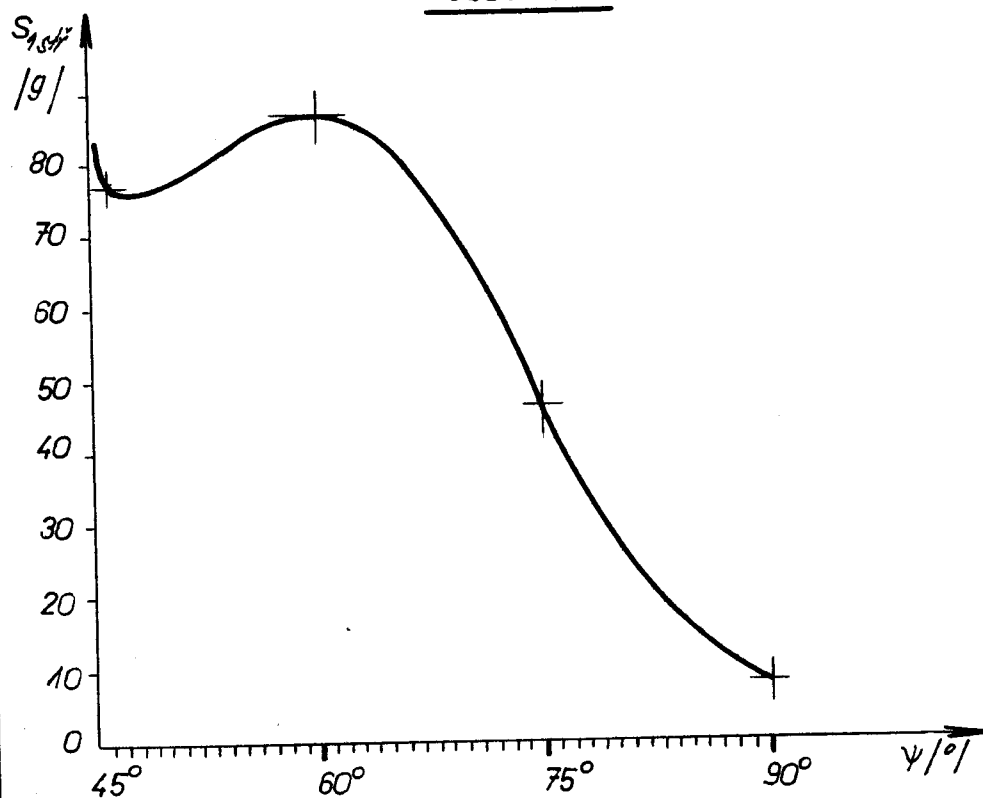
obr. 9 / — vstup, ---- výstup /



obr. 10 / — vstup, ---- výstup /

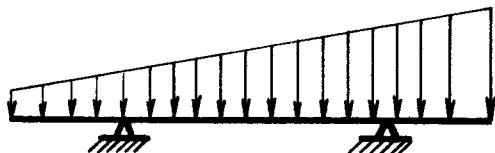


obr. II



obr. I2

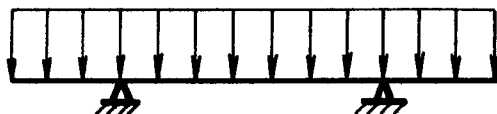
Pro další výpočet si znázorníme nejprve spojitě zatížení od S_1 cel při vstupu stonku do vibračních nožů až po výstup, obr. I3, obr. I4.



obr. I3

Z obr. I3 vidíme, že spojitě zatížení není rovnoměrné, ale naopak jeho průběh stoupá od nejnižší hodnoty, to jest od vstupu stonku do vibračních nožů, k nejvyšší hodnotě, to jest k výstupu stonku z vibračních nožů.

Jelikož však nelze zajistit/ve VÚLV Šumperk mají zájem na konstrukci zařízení, které by toto odstranilo/ rovnoměrnou rovinu stonků/tím je rozuměno vrstvu stonků/, a vzhledem k tomu, že len nebude vždy dodáván do zařízení o stejné délce, ale naopak len bude zpracováván v širokém rozmezí délek, nebudeme uvažovat pro další výpočet/namáhání nožů/takovéto rozložení spojitěho zatížení. Pro další výpočet vezmeme střední hodnoty S_{st} rovnoměrně rozložené po celé délce nože, obr. I4, .Toto napětí budeme dále označovat S_{st} .



obr. I4

kde

/I5/

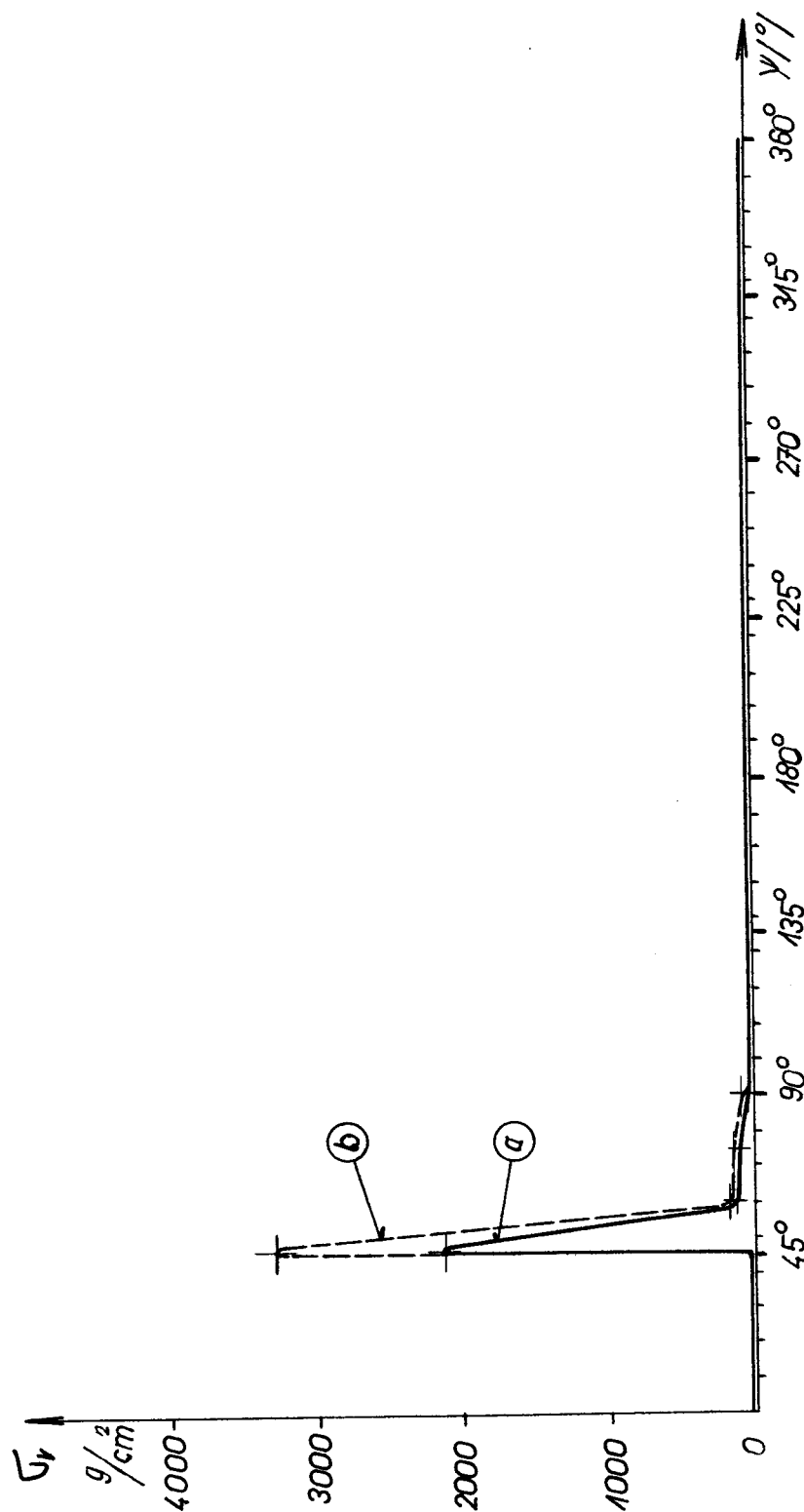
$$S_{1stf} = \frac{S_{acel} + S_{gcl}}{2} = \frac{S_1 \cdot n \cdot k + S_2 \cdot n \cdot k}{2}$$

a dosadíme-li

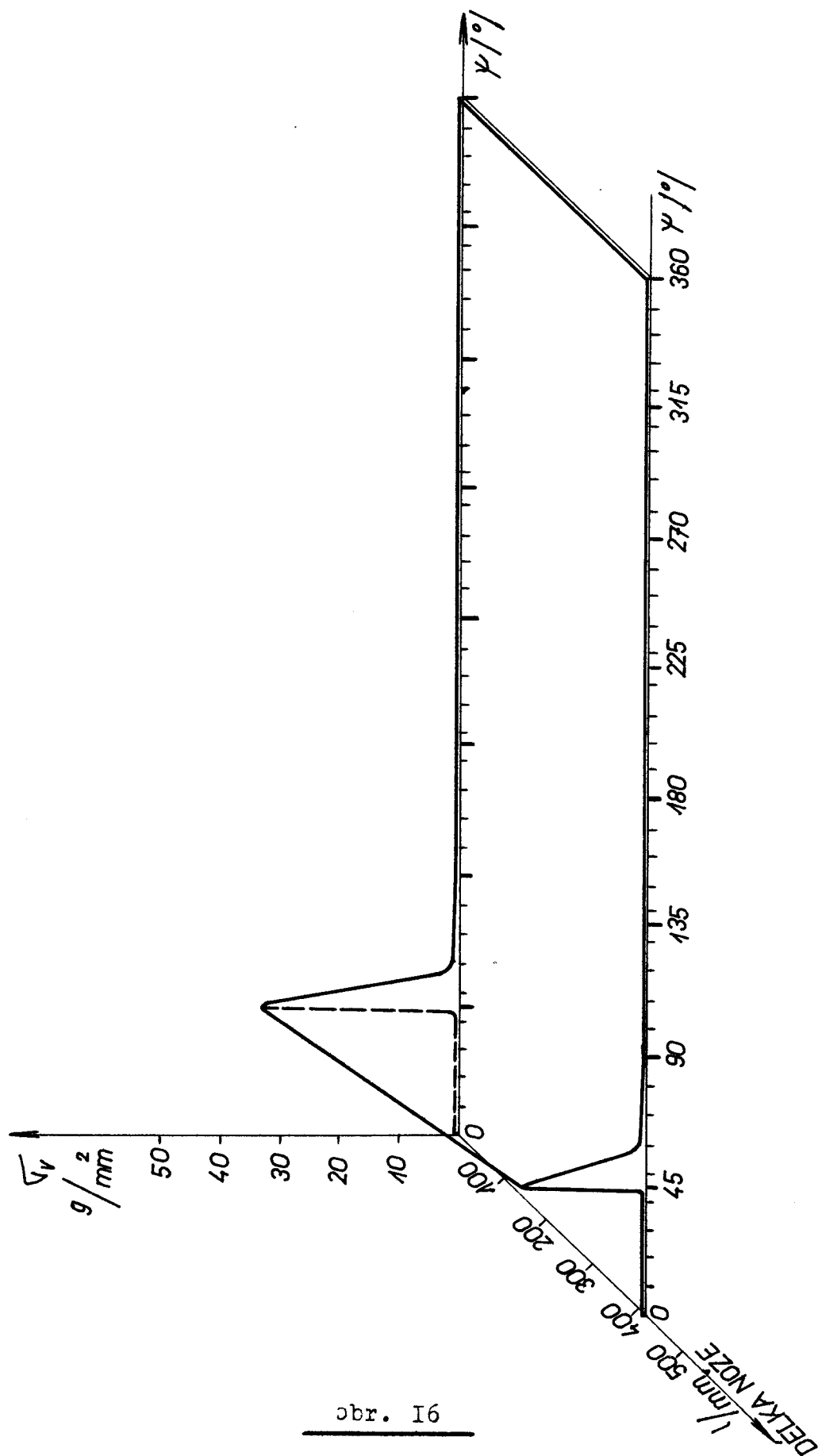
$$S_{1stf} = \frac{89,6 + 55,75}{2} = 72,675 \text{ g/cm}$$

$$S_{1stf} = \underline{\underline{72,625 \text{ g/cm}}}$$

K celkovému posouzení namáhání stonku během své dráhy vibračními noži I, nám slouží graf obr. I5. Na vodorovnou osu nanášíme stupně pootočení kliky ψ od 0° do 360° . Na svislou osu nanášíme $\sqrt{\nu}$, t. j. maximální napětí, kterým je stonek během své dráhy namáhán. V grafu křivka /a/ představuje namáhání stonku při vstupu a křivka /b/ představuje namáhání při výstupu stonku z vibračních nožů. Z grafu je zřejmé, že stonek je namáhán pulsačním napětím. Jeho špička to jest maximální napětí, je mezi úhly pootočení kliky $\psi = 45^\circ$ až $\psi = 46^\circ$. Pak opět klesá na původní tahové napětí, které se nemění. Toto konstantní, neměnné napětí je rovno podílu váhy stonku/váha stonku dlouhého od uchycení transportním pásem až po konec stonku/ jeho průřezem. Z křivek /a/ a /b/ lze vyčíst, že pulsační napětí mění ještě svou velikost podle toho, jak se stonek pohybuje vibračními noži. To znamená, že stonek dostává během své dráhy proměnlivé pulsační napětí, podle toho v které partii nožů je stonek zpracováván. Pro představu tohoto děje je obr. I6, kde horizontální a vertikální osa zůstává stejná jako na obr. I5 k nimž přidáme třetí osu na niž nanášíme délku nože l. Tyto pulzy napětí



obr. 15 / — vstup, ---- výstup /



se opakují každou otáčkou vibračním nožů. Množství těchto pulsů je závislé na délce vibračních nožů, na rychlosti posuvu stonku/tedy na dopravní rychlosti transportního pásu/ a na otáčkách vibračních nožů. Pro úplnost si spočteme počet pulsů/w/, pro rychlost transportního pásu /v/ této velikosti

$$v = 40 \text{ m/min} = 0,667 \text{ m/sec}$$

a pro nůž I o délce $l = 420 \text{ mm}$

$$n = 200 \text{ ot/min}$$

$$t = \frac{0,42}{0,667} = 0,63 \text{ sec}; \quad W = \frac{0,63}{0,3} = 2,1$$

$$W = 2,1$$

$$n = 300 \text{ ot/min}$$

$$t = 0,63 \text{ sec}; \quad W = \frac{0,63}{0,2} = 3,15$$

$$W = 3,15$$

$$n = 350 \text{ ot/min}$$

$$t = 0,63 \text{ sec}; \quad W = 3,7$$

$$W = 3,7$$

$$n = 400 \text{ ot/min}$$

$$t = 0,63 \text{ sec}; \quad W = 4,2$$

$$W = 4,2$$

VÝPOČET NOŽE 2

Vlastní výpočet zde není proveden, neb řešení by bylo zcela stejné/resp. podle stejných již uvedených rovnic/, jen pro jiné hodnoty délek stonku, viz obr.5. Výpočet je shrnut do tabulek obr.17 a obr.18 a grafů obr.19,20,21,22.

		$\psi = 46^\circ$	$\psi = 60^\circ$	$\psi = 75^\circ$	$\psi = 90^\circ$
N	g	31,590	1,610	0,884	0,248
N ₁	g	31,590	1,295	0,569	0,219
N ₂	g	31,590	1,078	0,508	0,169
N ₃	g	31,590	0,900	0,454	0,131
N ₄	g	31,590	0,751	0,405	0,102

POKRAČOVÁNÍ

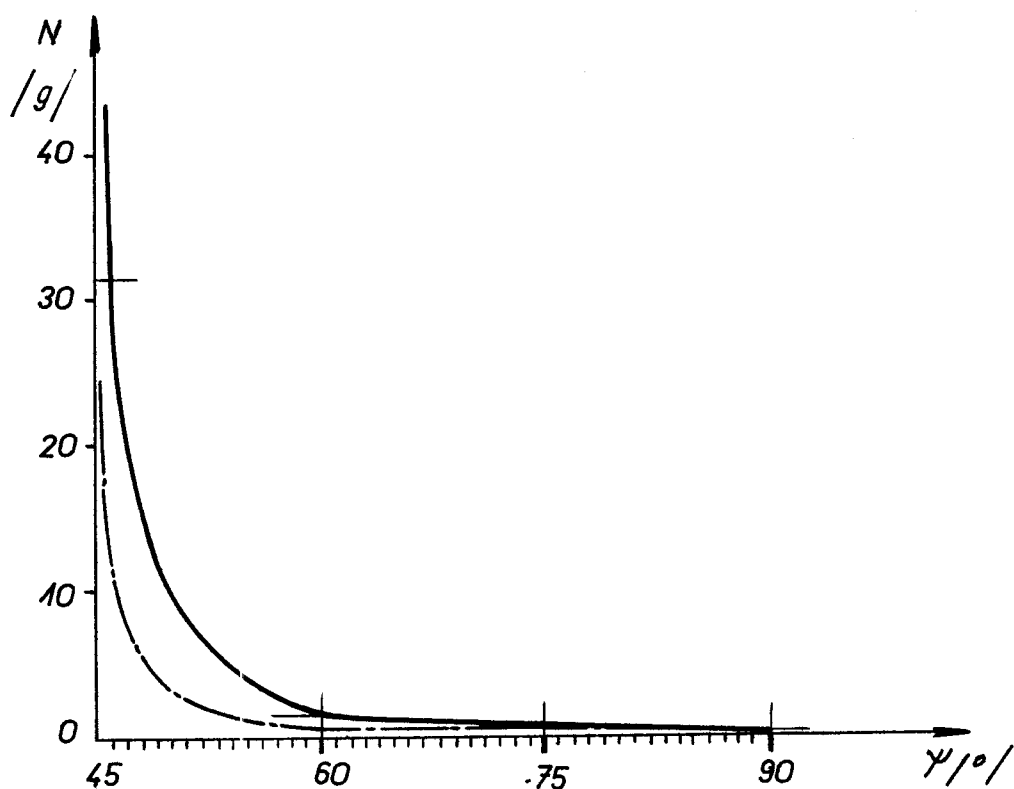
		$\psi = 45^\circ$	$\psi = 60^\circ$	$\psi = 75^\circ$	$\psi = 90^\circ$
σ_v	g/mm^2	17,884	0,978	0,566	0,204
σ	g/mm^2	17,810	0,910	0,500	0,140
M	1	350	6120	11 000	30 500
S_{1cl}	g/cm	46,200	59,700	25,040	6,540
S_{1st}	g/cm	30,850	39,550	13,329	4,326
F_1	g	0	0,263	0,500	0,140

obr. I7

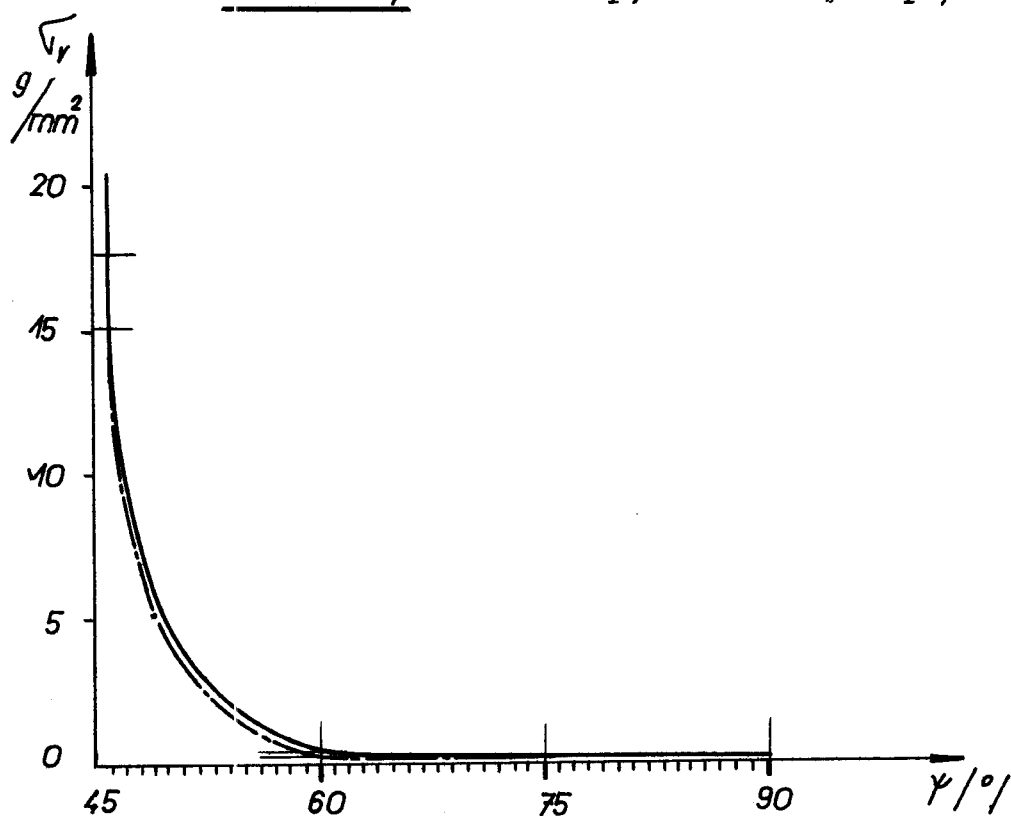
Výstup z vibračních nožů

		$\psi = 45^\circ$	$\psi = 60^\circ$	$\psi = 75^\circ$	$\psi = 90^\circ$
N	g	10,529	0,526	0,043	0,071
N_1	g	10,529	0,423	0,076	0,061
N_2	g	10,529	0,35	0,065	0,0491
N_3	g	10,529	0,294	0,053	0,039
N_4	g	10,529	0,245	0,043	0,031
σ_v	g/mm^2	15,099	0,399	0,622	0,050
σ	g/mm^2	15,000	0,298	0,540	0,040
M	1	1048	15 600	10 000	124 000
S_{1cl}	g/cm	15,500	19,410	1,849	2,113
S_{1st}	g/cm	30,850	39,550	13,329	4,329
F_1	g	0	0,087	0,020	0,014

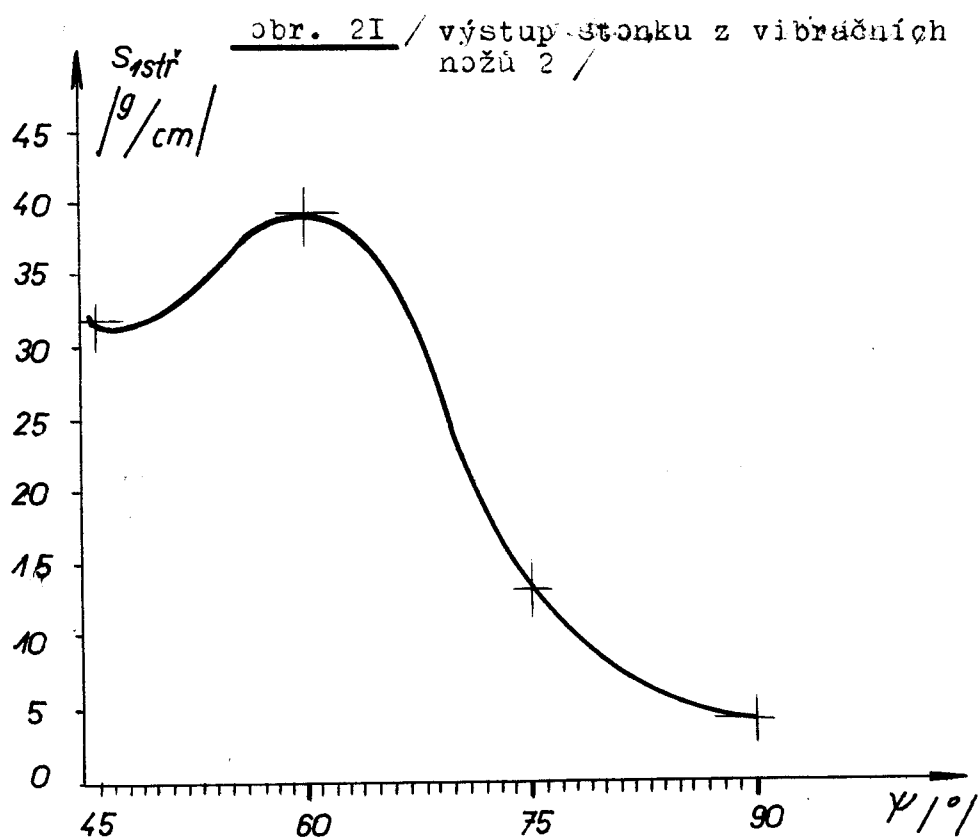
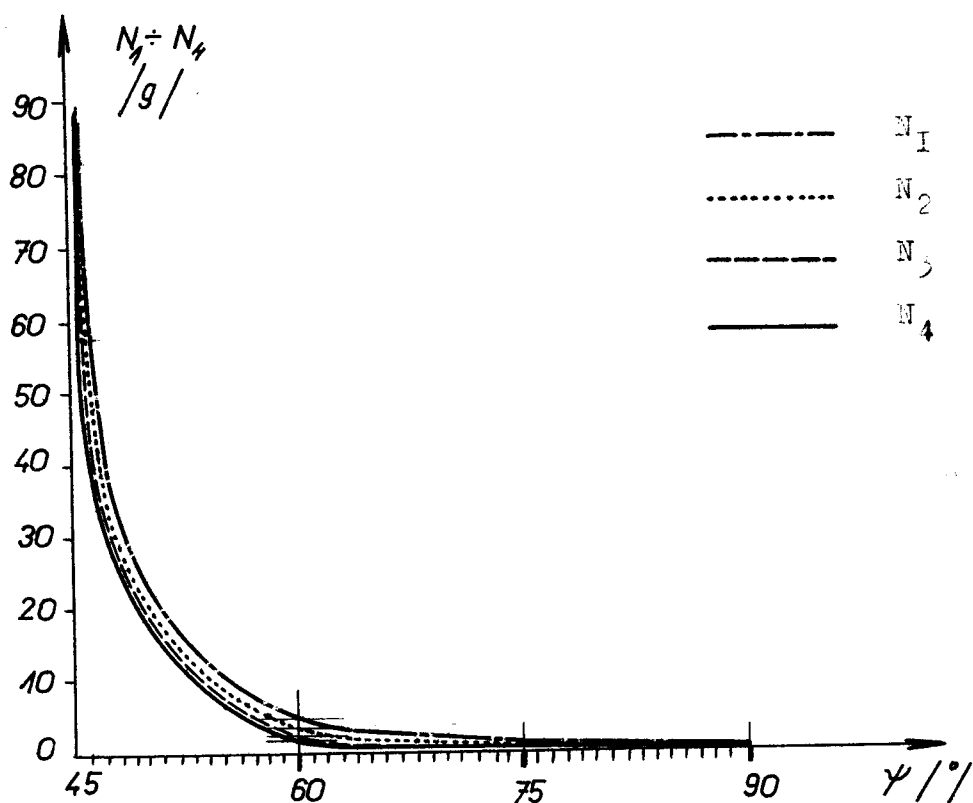
obr. I8



obr. 19 / — vstup, ---- výstup /



obr. 20 / — vstup, ---- výstup /



VÝPOČET NOŽE 3

Podíváme-li se na obr. 5 vidíme, že hladina konce stonků jen z nepatrné části/při průměrné délce stonků 700 mm, zbyde přibližně 350 mm na každou stranu transportního pásu/ zasáhne pracovní partie vibračních nožů 3. Proto zatížení a tedy namáhání od stonků lnu je nepatrné/zanedbatelné/, přesněji řešeno přichází v úvahu jen namáhání od vlastních hmot nožů.

ZHODNOCENÍ STATI NA PODKLADĚ VÝPOČTE-
NÝCH HODNOT A GRAFŮ

Výpočty byly provedeny pro nůž I a nůž 2. Jak jsme již uvedli na předcházející straně, bylo by zbytečné provádět pracný výpočet i pro vibrační nože 3. Řešení každého páru vibračních nožů bylo provedeno vždy pro 4 polohy kliky *pro $\psi = 46^\circ, \psi = 60^\circ, \psi = 75^\circ, \psi = 90^\circ$* . Tyto polohy plně vystihují a plně postačují k tomu, abychom si udělali představu o namáhání stonku. Při hodnocení budeme postupovat od konce stonku k uchycení transportním pásem. Zhodnocení patří jak vstupu, tak i výstupu stonku z vibračních nožů.

a/ Namáhání stonku pod vibračními noži

V této partii je stonek namáhán jak vlastní vahou, tak dynamickou silou /viz rov. 4/. Vlastní váha je určena délkou stonku, jeho průřezem a specifickou vahou. Dynamická síla je úměrná jak váze stonku, resp. jeho hmotě m , tak i složce zrychlení a_v . Je tedy zřejmé, že největší namáhání bude u nejspodnější hrany vibračních nožů /viz obr. I/, resp. obr. 4, a směrem dolů od této hrany namáhání stonku klesá. Pokud namáhání je úměrné úbytku délky stonku. Teď na konci stonku je namáhání od váhy nulové a i namáhání od dynamické síly rovně nule, přestože a_v je

pro celou tuto délku stonku konstantní/ale pro $l = 0$ je $m=0$ /. Namáhání stonku vlastní vahou je však pro svou vpravdě nepatrnou dimenzi malé, a proto namáhání ve skutečnosti je určováno napětím od dynamické síly.

Lze tedy shrnout:

namáhání stonku bude tím větší, čím větší bude délka stonku pod vibračními noži, čím bude větší jeho průřez/resp. jeho průměr/, čím bude větší jeho specifická váha a především čím bude větší složka zrychlení a_v .

b/ Namáhání stonku ve vibračních nožích

Podle obr. II /resp. podle rov. 4/ vidíme, že nejvíce je namáhán stonek od síly N_I - tedy u nejhořejší hrany vibračních nožů. Nejmenší namáhání v této partii je od síly N_4 /porovnejme s obr. 4/. Podíváme-li se na rov. 4, vidíme, že velikosti těchto sil jsou závislé na délce stonku pod vibračními noži $/Q/$, tedy i na průřezu stonku a na specifické váze l_n . Dále jsou závislé na velikosti složky zrychlení a_v a jejich vzájemný poměr je určen velikostmi úhlů opásání mezi stonkem a hranami vibračních nožů a součinitelem tření. Nyní si blíže všimneme grafu obr. II. Vidíme, že křivky mají tvar hyperbol. Asymptotami těchto hyperbol jsou souřadnicové osy a N_I /resp. N_2, N_3, N_4 /. Těsně před 45° , to znamená

před okamžikem, kdy přicházejí vibrační nože do pra-
covní oblasti, je stoněk relativně v klidu/pohybuje
se jen ve směru unašení transportním pásem/. V na-
sledujícím okamžiku $\psi = 45^\circ$, kdy se vibrační nože s
určitým zrychlením tohoto stonku dotknou, začne pů-
sobit na stoněk složka zrychlení $a_v = a / \sin \beta$. Pro
 $\psi = 45^\circ$ je $\alpha_1 \div \alpha_5 = 0$, $\beta = 0$, a tedy i $\sin \beta = 0$.
Z toho podle uvedeného stavu plyne, že $a_v = \infty$. Dosadi-
me-li tuto velikost složky zrychlení a_v do rov. 5,
dostaneme nekonečně velkou hodnotu dynamické síly.
Ovšem okamžik, kdy nastane $a_v = \infty$ je nekonečně malý,
a tedy i tato špička napětí dana dynamickou silou
je časově nekonečně malou veličinou. Přesto v tomto
okamžiku vzniká nebezpečí destrukce vláken, přede-
vším těch stonků, jež jsou již před tímto okamžikem
jakkoli mechanicky narušeny. Z úvodů uvedených na
str. 24. lze považovat toto napětí za prakticky se
nevyskytující.

Další okamžik, který jsme sledovali, byl při $\psi = 46^\circ$.
V této poloze je již napětí podstatně menší a ko-
nečné hodnoty, kde pokles je určen jen změnou/pokle-
sem/dynamické síly/resp. poklesem složky zrychlení
 a_v /, neboť váha stonku je stále stejná. V tabulce
obr. 7 a 8 vidíme, že síly n_1, n_2, n_3 jsou stejné,
neb se ještě neuplatnily úhly opásání s nimiž je
spjato tření stonku o hrany vibračních nožů. Z vy-
počtených hodnot bezpečnosti viz obr. 7 a 8 vidíme,
že pro tento úhel pootočení kliky nevznika nebezpe-

VŠST LIBEREC	kinematické a dynamické posouzení lámacího a stíracího ústrojí pro přípravu stonku k získání dlouhého vlákna	DP — STR. 58
		9. ŘÍJNA 1965
		František Sassmann

či porušení vláken.

Pro polohy kliky $\psi = 60,75^\circ$ jsou vypočtené hodnoty sil a tedy i napětí malé. Tento velký, rychlý, pokles je opět určen poklesem dynamické síly. Pro tyto polohy se již markantně projeví vliv součinitele tření a velikosti únlů opásání, což způsobuje relativně velké rozdíly mezi silami N_1 až N_4 . Používáme-li se opět na obr. 7 a 8 vidíme, že hodnoty bezpečnosti jsou veliké a tedy o nějakém nebezpečí porušení vláken nelze mluvit. Z tabulek obr. 7 a 8 lze též vyčísti, že se síly N_1 až N_4 mění podle toho, je-li stoněk v oblasti vstupu či v oblasti výstupu z vibračních nožů. To je způsobeno sklonem vibračních nožů. V obr. 5 vidíme, že při vstupu do vibračních nožů je délka stonku pod vibračními noži $l = 180$ mm a při výstupu je délka stonku pod vibračními noži $l = 290$ mm. Pro úplnost se podívejme na polohu kliky $\psi = 90^\circ$. Zde je velikost napětí určena jen vlastní vahou stonku $a_v = G/A$ jeho velikost je zcela nepatrná.

c/ namáhání stonku mezi transportním pasem
a vlastními vibračními noži

Pouze tabulek obr. 7 a 8 vidíme, že napětí v této oblasti je největší. Všechny závěry platné pro polohu kliky $\psi = 45^\circ$ uvedené v odstavci /b/, platí i zde. Pro ostatní polohy je napětí vzhledem k pevnosti

VŠST LIBEREC	kinematické a dynamické posouzení lamacího a stíracího ústrojí pro přípravu stonku k získání dlouhého vlákna	DP — STR. 59
		9. ŘÍJNA 1965
		František Sassmann

stonku malé, viz bezpečnost *u* v tabulce obr 7 a 8. k tomu, abychom měli dokonalou představu o měnícím se napětí/ podle toho v jaké partii vibračních nožů se stonek právě nachází/ slouží obr. 16.

Souhrně lze tedy prohlásit, že stonku během jeho dráhy vibračními noži, nehrozí nebezpečí destrukce vláken.

všechny závěry zde uvedené jsou platné i pro vibrační nože 2, jen s tím rozdílem, že je zde zaměněn vstup/resp.výstup/ stonku vzhledem ke sklonu vibračních nožů, viz obr. 3.

IV: PROPOČET KONSTRUKČNÍCH PODMÍNEKV ROZSAHU OTÁČEK

Tato stať se zabývá konstrukčními podmínkami všech elementů činně zúčastněných na funkci celého mechanismu. Úvodem této stati si nejprve rozdělíme výpočet na tyto skupiny problémů.

A/ Konstrukční a silové poměry na vibračních nožích. V této skupině bude řešenoI/ ohybové kmitání nožů-

naším cílem bude zjistit, nenastane-li při ohybovém kmitání resonance vibračních nožů vlivem odstředivých sil. Došlo-li by k resonanci v této rovině, bylo by nebezpečí, že nastane brzká destrukce nožů vlivem únavy materiálu. Případně bychom museli určit nové pracovní oblasti vibračních nožů, které by byly pod či nad resonanční oblastí.

2/ namáhání průřezu nožů dynamickými, odstředivými silami a silami, které vznikají při vlastním lámání stonku.

Zde nás především zajímá, je-li průřez/resp. modul odporu W dostatečný a tedy nehrozí-li porušení

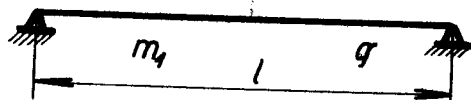
vibračních nožů. Tím také zjistíme, vyhovuje-li použitý materiál stávajícímu namáhání.

3/ kmitání nožů ve směru vedení

jak již víme z úvodní partie, vibrační nože mají možnost pohybu po vedení, *tvří kruhové nosníky/ pokud jim to tuhost pružiny dovolí. Tento výpočet je velmi závažný a nutný pro další výpočet, neb bez něho bychom nezjistili namáhání klikových hřídelů. Ovšem tato stať je velmi náročná a pracná, neb zde přichází v úvahu vynucené kmitání zcela obecnou hudičí silou.

B/ Namáhání klikového hřídele

Zde se soustředíme na zjištění reakcí v ložiskách. Podle velikostí reakce můžeme usoudit, nenastávají-li tzv. vytloukání ložisek, případně jaké jsou možnosti v eliminaci těchto nežádoucích jevů.

A/ Konstrukční a silové poměry na vibračních nožíchI/ ohybové kmitání nožůobr. /IV/ I

Nemění-li se ohybová tuhost po celé délce nosníku platí pro malé průhyby diferenciální rovnice ohybové čáry-odvozované v elementární teorii nosníků /věty Schwedlerovy/,

$$/1/ \quad y'' = -\frac{M}{EJ}$$

a další derivace

$$/2/ \quad y''' = -\frac{T}{EJ}$$

$$/3/ \quad y^{IV} = +\frac{q}{EJ}$$

čárkou značíme derivace podle x .

Mohybový moment

q ...spojité rozdělení zatížení

Tposouvací síla

$E.I$..ohybová tuhost nože

Jde-li o volné kmitání jak zobrazuje obr./IV/ I, je jedním jeho zatížením setrvačná síla, spojité rozdělená po celé délce nosníku. Pripadá-li na l_{cm} délky nosníku hmota m_I , je spojité zatížení při volném kmitání

$$/4/ \quad q = -m_I \cdot \ddot{y}$$

tečkou označujeme derivaci podle času

Zatížení q směřuje proti kladnému smyslu zrychlení $\ddot{y}$ t.j. proti výchylce y .

Dosazením /4/ do /3/ dostaneme diferenciální pohybovou rovnici

$$/5/ \quad y'''' - \frac{q}{EJ} = 0 \quad y'' + \frac{m \dot{y}^2}{EJ \cdot dt^2} = 0$$

$$\frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + \frac{m_0}{EJ} \cdot \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = 0$$

Furierovou metodou řešení parciálních diferenciálních rovnic lze psát, že

$$/6/ \quad y(x, t) = y(x) e^{i\omega t}$$

a tím přejde parciální diferenciální rovnice v rovnici obyčejnou následovně

$$\frac{d^4 y}{dx^4} = \frac{d^4 y}{dx^4} \cdot e^{i\omega t} \quad \text{kde } j^2 = -1$$

$$\frac{d^2 y}{dt^2} = \frac{y(x)}{1} \cdot \omega^2 \cdot j^2 \cdot e^{i\omega t}$$

dosazením do /5/

$$\frac{d^4 y}{dx^4} \cdot e^{i\omega t} - y \omega^2 e^{i\omega t} \frac{m_1}{EJ} = 0$$

$$/7/ \quad \frac{d^4 y}{dx^4} - a^4 y = 0 \quad \text{kde } a^4 = \frac{m_1 \omega^2}{EJ}$$

řešení rovnice /7/ -sestavme charakteristickou rovnici /7/

$$\lambda^4 - a^4 = 0 \Rightarrow \lambda^4 = a^4$$

$$\lambda_{1,2} = \pm a$$

pak je

$$\lambda_{3,4} = \pm ja$$

$$/8/ \quad y = C_1 e^{ax} + C_2 e^{-ax} + C_3 \sin ax + C_4 \cos ax$$

Konstanty C_1, C_2, C_3, C_4 , vyplynou z okrajových podmínek

Pro náš případ jsou tyto okrajové podmínky

$$y(0) = y''(0) = 0$$

$$y(l) = y''(l) = 0$$

dosazením do rovnice okrajových podmínek do rov. 8

dostaneme

$$C_1 = C_2 = C_3 = C_4 = 0$$

tedy z původní rovnice /8/ zůstane pouze

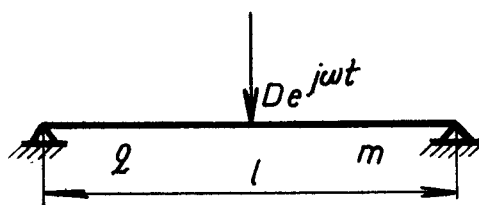
$$y = C_3 \sin ax$$

pro

$$y(l) = C_3 \sin al = 0$$

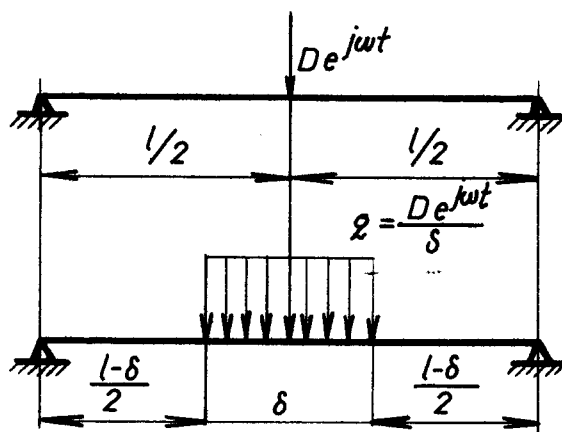
tato rovnice je splněna pro $al = 0, \pi, \dots, n\pi, \dots$ dosadíme $al = 0, \pi, \dots, n\pi$ do rovnice /7/ kde tedy pro $n = 1, 2, 3, 4, 5, 6, \dots, n, \dots$

$$/9/ \quad a = \frac{m_1 \omega^2}{EJ} = \frac{n^4 \pi^4}{l^4} \Rightarrow \omega_n = \frac{n^2 \pi^2}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{EJ}{m_1}}$$

Pro náš případ, kde kmitání je vynucené silou D působící v jeho středu.

obr. /IV/ 2

Vynucené kmitání bude v tomto případě dáno partikulárním integrálem diferenciální rovnice /5/, ovšem doplníme-li pravou stranu rovnice /5/ podle podmínek úlohy. Jelikož se daná síla $D e^{j\omega t}$ ve tvaru, výrazu pro q přímo neobjeví/neboť derivování posouvající síly q podle x vymizí/. Je tedy nutno nahradit osamělou sílu staticky ekvivalentní soustavou spojitě rozděleného zatížení podle obr./IV/ 3



obr./IV/ 3

potom platí:

$$\begin{aligned} \text{/IO/} \quad q(x,t) &= 0 \quad \text{pro } x \in \left\langle 0; \frac{l-\delta}{2} \right\rangle \\ q(x,t) &= \frac{D e^{j\omega t}}{\delta} \quad \text{pro } x \in \left\langle \frac{l-\delta}{2}; \frac{l+\delta}{2} \right\rangle \\ q(x,t) &= 0 \quad \text{pro } x \in \left\langle \frac{l+\delta}{2}; l \right\rangle \end{aligned}$$

funkci $q(x,t)$, můžeme vyjádřit Fourierovou řadou

$$\text{/II/} \quad q(x,t) = e^{j\omega t} \cdot \sum_{n=1}^{\infty} a_n \cdot \sin \frac{n\pi x}{l}$$

jejíž koeficienty jsou pro $t=0$, $e^{j\omega t} = 1$ $\frac{l+\delta}{2}$

$$a_n = \frac{2}{l} \int_0^l q(x, 0) \sin \frac{n\pi x}{l} dx = \frac{2D}{\delta \pi n} \int_0^{\frac{l+\delta}{2}} \sin \frac{n\pi x}{l} d\frac{n\pi x}{l} =$$

$$a_n = \frac{2D}{\pi n \delta} \cdot 2 \sin \frac{n\pi}{2} \sin \frac{n\pi \delta}{2l} \quad \frac{l-\delta}{2}$$

v limitě je $\delta=0$, takže

$$\sin \frac{n\pi \delta}{2l} = \frac{n\pi \delta}{l}$$

tedy

$$a_n = \frac{2D}{l} (-1)^{\frac{n-1}{2}} \dots n = 1, 3, 5, \dots$$

člen $(-1)^{\frac{n-1}{2}}$, $n = 1, 3, 5, \dots$, píšeme místo $\sin \frac{n\pi}{2}$

lze psát tedy dosazením do /II/

$$q(x, t) = \frac{2D}{l} \left[\sin \frac{\pi x}{l} - \sin \frac{3\pi x}{l} + \sin \frac{5\pi x}{l} \dots \right] e^{j\omega t} =$$

$$/I2/ \quad = \frac{2D}{l} e^{j\omega t} \sum_{n=1,3,5,\dots}^{\infty} (-1)^{\frac{n-1}{2}} \cdot \sin \frac{n\pi x}{l}$$

Místo výrazu pro q v rovnici /4/ máme $q(x, t)$ - my

a diferenciál rovnice /5/ nabude tvar

$$/13/ \quad \frac{\partial^4 y}{\partial x^4} + \frac{m_1}{EJ} \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} = \frac{1}{EJ} q(x, t)$$

Integrál této rovnice je součtem obecného integrálu zkrácené homogenní rovnice, který představuje volné kmitání a integrálu partikulárního, jenž představuje vynucené kmitání. Partikulární integrál lze předpokládat ve tvaru

$$/14/ \quad y(x, t) = e^{j\omega t} \sum_{n=1}^{\infty} C_n \sin \frac{n\pi x}{l}$$

Na pravé straně rovnice /14/ je součet normálních

složek vynucených kmitů. Na rozdíl od volného kmitání mají všechny kmity stejnou kruhovou frekvenci jako budící síla. Dosadíme-li /I4/ a /I5/ do rovnice /I3/ a srovnáme-li koeficienty u na obou stranách rovnice je

$$/I5/ \quad C_N = \frac{2P}{EJl} (-1)^{\frac{n-1}{2}} \cdot \frac{1}{\left[\left(\frac{n\pi}{l}\right)^4 - \frac{m_1 \omega^2}{EJ}\right]}$$

Resonance nastane, je-li jmenovatel u rov. /I5/ roven 0/nule/

$$/I6/ \quad \omega = \frac{n^2 \pi^2}{l^2} \cdot \sqrt{\frac{EJ}{m_1}}$$

pro $n = 1, 3, 5, \dots$

porovnáme-li tuto rovnici s rovnicí /9/, vidíme, že resonance nastane je-li kruhová frekvence budící síly shodná s n ě k t e r o u l i c h p u
v l a s t n í f r e k v e n c í volného kmitání.

Nyní zjistíme podle /I6/, pro různá lichá čísla $n = 1, 3, 5, \dots$, pro jaké kruhové frekvence by resonance nastala. Pro vyšší $n = 5, 7, \dots$ není potřebné počítat, neb příslušná kruhová frekvence by byly řádově velmi vysoké.

do rov. /I6/ dosadíme tyto hodnoty

$$l = 3,14$$

$$l = 420 \text{ mm} \quad / \text{pro nůž I-viz obr.5, stať III/}$$

$$J = 4,72 \text{ cm}^4 \quad / \text{nůž se třemi hranami/}$$

$$E = 2,1 \cdot 10^6 \text{ kg/cm}^2$$

$$m_1 = \frac{0,754}{981,42} = \underline{0,000018 \text{ kg sec}^2/\text{cm/cm}}$$

a tedy pro $n=I$ je

$$\omega_1 = \frac{1 \cdot \pi^2}{42^2} \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^6 \cdot 4,72}{0,000018}} = \underline{4220 \text{ } 1/\text{sec}}$$

a tuto ω_1 si srovnáme nyní s našimi kruhovými frekvencemi/resp. otáčkami, za nichž pracují vibrační nože/

$$\text{pro } n = 200 \text{ ot/min} \quad \text{je} \quad \omega = 21 \text{ } 1/\text{sec}$$

$$\text{pro } n = 250 \text{ ot/min} \quad \text{je} \quad \omega = 26,21 \text{ } 1/\text{sec}$$

$$\text{pro } n = 300 \text{ ot/min} \quad \text{je} \quad \omega = 31,4 \text{ } 1/\text{sec}$$

$$\text{pro } n = 400 \text{ ot/min} \quad \text{je} \quad \omega = 42 \text{ } 1/\text{sec}$$

Již pohled na tyto kruhové frekvence a na kruhovou frekvenci ω_1 nám říká, že není nutné počítat kruhové frekvence pro vyšší n , nežli je $n = I$. Důvodem těchto poměrů jsou nepatrné hmoty vibračních nožů a k nim poměrně velká tuhost vibračních nožů.

Lze tedy shrnout:, že vibrační nože pracují mimo rezonanční oblast, resp. hluboko pod rezonanční oblastí.

2/ Namáhání průřezu nožů dynamickými silami

/odstředivými silami/a silami, které vznikají přímo při vlastním lámání stonku.

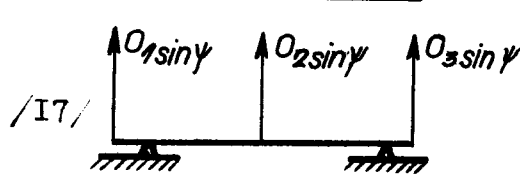
Při tomto výpočtu budeme vycházet ze sil vypočtených ve statí III. Na str. 43 obr. 7 a obr. 8 jsou tabulky, z kterých nás nyní zajímá předposlední

$$m_1 = 48,10^{-5} \text{ kg sec}^2/\text{cm/cm}$$

$$\omega_1 = 4220 \text{ } 1/\text{sec}$$

rádek, síly $S_{Istř}$. Tyto hodnoty můžeme ovšem použít jen pro polohy kliky $\psi = 45^\circ \div 90^\circ$. Pro ostatní polohy kliky jsou síly od vlastního lámání stonku nulové, neb vibrační nože jsou mimo pracovní oblast. Pro tyto hodnoty poloh $\psi = 90^\circ \div 180^\circ \div 360^\circ \div 45^\circ$ jsou jedinámi silami, které namáhají vibrační nože jen síly odstředivé. V polohách kliky $\psi = 0^\circ$ a $\psi = 180^\circ$ nastává ještě změna znaménka odstředivých sil. Proto si musíme celý problém rozdělit na tyto čtyři oblasti:

a/ $\psi = 0^\circ \div 45^\circ$



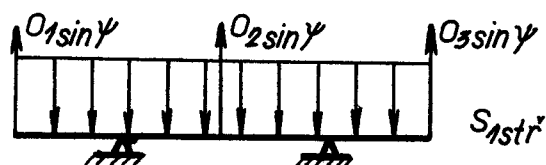
$O_1 = m_1 r \omega^2 \quad (0,497 \text{ kg})$
 $O_2 = m_2 r \omega^2 \quad (3,630 \text{ kg})$
 $O_3 = m_3 r \omega^2 \quad (0,497 \text{ kg})$

obr. /IV/ 4 O_1, O_2, O_3 . odstředivé síly

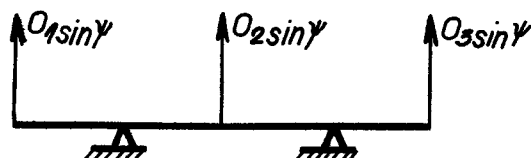
Zde je tedy namáhán nůž pouze složkami odstředivých sil. Bereme zde v úvahu jen složky odstředivých sil v rovině kolmé na průřez vibračních nožů. V rovině podélné vzhledem k průřezu nože je totiž možnost pohybu nože po vedení, tedy vlastní průřez těmito silami nebude namáhán.

b/ $\psi = 45^\circ \div 90^\circ$

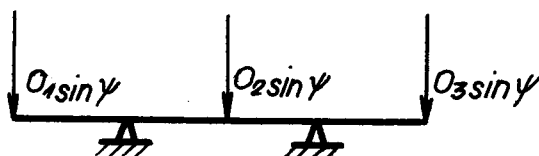
Zde kromě odstředivých sil jako v předešlém případě, působí také rovnoměrně rozložená proměnlivá síla $S_{Istř}$ od lámání stonků. Tato síla působí na nosník v opačném směru, než jak působí odstředivé síly, je tedy opačného znaménka, viz obr /IV/ 5.

obr./IV/ 5c/ pro $\psi = 90^\circ \div 180^\circ$

zůstávají jedinými namáhajícími silami pouze složky odstředivých sil, O_I, O_2, O_3 , viz obr./IV/6

obr./IV/6d/ při $\psi = 180^\circ \div 0^\circ$

viz obr./IV/7 zůstává namáhání nožů opět pouze od složek odstředivých sil, jako při $\psi = 0^\circ \div 180^\circ$ ale nyní jsou opačného znaménka/velikost zůstává stejná/.

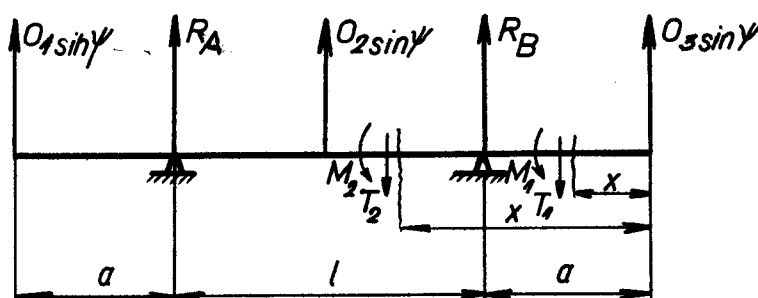
obr./IV/ 7

Z tohoto rozboru plyne, že namáhání nožů je střídavé, se stejnými velikostmi kladné i záporné amplitudy. Chceme-li tedy určit bezpečnost s, musíme toto vypočtené napětí porovnat s napětím σ_c /t.j. napětí na mezi únavy/ve Schmidově diagramu. Abychom pro-

blém ještě více nekomplikovali, zanedbáváme namáhání od vlastní váhy. Tím se nedopustíme žádných chyb neb váhy nožů se pohybují řádově $5 \cdot 10^{-4} \text{ kg}$.

Nyní již přikročíme k vlastnímu řešení:

oblast a/ $\psi = 0^\circ \div 45^\circ$



obr./IV/8

$$a = 105 \text{ mm} = 10,5 \text{ cm}$$

$$l = 210 \text{ mm} = 21 \text{ cm}$$

Pro obecně zvolený element vibračního nože můžeme psát tyto rovnice:

$$\text{/I8/ } R_A + R_B = -(O_1 + O_2 + O_3) \sin \psi$$

a moment k reakci R_A

$$\text{/I9/ } O_3(l+a) \sin \psi + R_B l + O_2 \frac{l}{2} \sin \psi - O_1 a \sin \psi = 0$$

z rovnice /I9/ vypočteme R_B a dosadíme do /I8/, tím zjistíme velikost i druhé reakce R_A .

Nyní si zjistíme průběh a velikost posouvajících sil a ohybových momentů.

Řešení provádíme podle obr./IV/ 8

I/ pro $0 \leq x \leq a$ platí tyto rovnice

pro posouvající síly

$$\text{/20/ } T_1 = O_3 \sin \psi$$

a pro ohybové momenty

/21/

$$M_1 = -O_3 \sin \psi \cdot x$$

2/ pro $0 \leq x \leq l/2$ dostaneme tyto rovnice pro posouvající síly

/22/ $T_2 = R_3 + O_3 \sin \psi$

a pro ohybové momenty

/23/ $M_2 = -O_3 \sin \psi \cdot x - R_3 (x-a)$

Ještě si odvodíme rovnice pro výpočet napětí od ohybových momentů/ne od posouvajících sil, které jsou malých hodnot vzhledem k velkému průřezu nože. / Abychom mohli z ohybových momentů vypočítat ohybové napětí σ_0 [kg/cm²], musíme ještě znát modul odporu W_0 uvažovaného nože.

/24/ $W_0 = \frac{I_{Nvysl}}{e}$

kde I_{Nvysl} je celkový moment setrvačnosti nože
a pro $I_{Nvysl} = 4,72 \text{ cm}^4$ /pro nůž se třemi hranami/
a pro $I_{Nvysl} = 4,34 \text{ cm}^4$ /pro nůž se dvěma hranami/

/25/ kde e ... je vzdálenost vláken vibračního nože od neutrální osy. Pro náš případ

$$e = 2,1 \text{ cm/nůž se třemi hranami/}$$

$$e = 2,9 \text{ cm /nůž se dvěma hranami/}$$

dosaďme-li tyto hodnoty /25/ do rov. /24/ dostaneme pro nůž se třemi hranami

/26/ $W_{01} = \frac{4,72}{2,1} = 2,25 \text{ cm}^3$

a pro nůž se dvěma hranami

$$W_{01} = 2,25 \text{ cm}^3$$

$$/27/ \quad W_{02} = \frac{4,34}{2,9} = \underline{1,5 \text{ cm}^3}$$

$$W_{02} = 1,5 \text{ cm}^3$$

lze tedy psát obecně rovnici pro ohybové napětí

$$/28/ \quad \sigma_0 = \frac{M}{W_0}$$

Z rovnice /26/, /27/ vidíme, že postačí sledovat namáhání nožů s menším modulem odporu /podle rov. /27//. Jestliže pro tento modul odporu nevychází velké napětí σ_0 pak samozřejmě je bezpečný po stránce namáhání i nůž s modulem odporu dle /26/. Když máme tyto rovnice, můžeme přistoupit k číselnému vyjádření posouvajících sil a ohybových momentů. Budeme se vždy zajímat o namáhání v nebezpečných průřezech. V našem případě máme dva nebezpečné průřezy - v první oblasti je to pro $x = a$, a v druhé oblasti je to pro $x = l/2 + a$.

Řešení provedeme jen pro tyto polohy kliky

$$\psi = 0^\circ, 15^\circ, 30^\circ, 45^\circ.$$

$$\underline{\text{aa/ } \psi = 0^\circ}$$

nejprve si zjistíme reakci podle rov. /18/, /19/,

pro $\psi = 0^\circ$ je $\sin \psi = 0$ a tedy

$$\underline{R_A = R_B = 0}$$

posouvající síly a ohybové momenty:

$$\text{ad I/ } T_I = 0, \quad M_I = 0$$

$$\text{ad 2/ } T_2 = 0, \quad M_2 = 0$$

$$\text{ab/ } \psi = 15^\circ$$

dosadíme-li /17/ do rov. /18, 19/ musí reakce

$$R_B = 0_1 \frac{a}{l} \sin \psi - 0_2 \frac{a}{2} \sin \psi - 0_3 \frac{(l+a)}{l} \sin \psi =$$

$$= \left[0_1 \frac{a}{l} - 0_2 \frac{a}{2} - 0_3 \frac{(l+a)}{l} \right] \cdot \sin \psi = -0,598 \text{ kg}$$

$$R_B = 0,598 \text{ kg}$$

a nyní

$$R_A = -R_B - (0_1 + 0_2 + 0_3) \sin \psi = +0,598 - (0,497 + 3,6304 + +0,497) \cdot 0,25882 = -0,602 \text{ kg}$$

$$R_A = -0,602 \text{ kg}$$

Vidíme, že se reakce R_A a R_B liší velikostí čtyř setin, což je způsobeno počítáním na pravítku. Mohli jsme totiž již na začátku říci, že reakce R_A i R_B podle dané souměrnosti zatížení jsou stejné. Proto nadále budeme vypočítávat jen jednu reakci.

tedy

$$R_A = R_B = -0,600 \text{ kg}$$

posouvající síly a ohybové momenty

ad 1/ pro $x = a$, z rov./20/

$$T_1 = 0,497 \cdot 0,25882 = 0,129 \text{ kg}$$

$$T_1 = 0,129 \text{ kg}$$

z rov./21/

$$M_1 = -0,497 \cdot 10,5 \cdot 0,25882 = -1,35 \text{ kgcm}$$

$$M_1 = -1,35 \text{ kgcm}$$

ad 2/ pro $x = l/2 + a$, z rov./22/

$$T_2 = -0,600 + 0,497 \cdot 0,25882 = -0,471 \text{ kg}$$

$$T_2 = -0,471 \text{ kg}$$

z rov /23/

$$M_2 = -0,497 \cdot 0,25882 \cdot 21 + 0,6 \left(\frac{l}{2} + a - a \right) = 3,59 \text{ kgcm}$$

$$M_2 = -3,59 \text{ kgcm}$$

k těmto ohybovým momentům M_1 resp. M_2 si nyní najdeme ohybové napětí podle /28/

pro M_1

$$\sigma_{01} = \frac{M_1}{W_{02}} = -\frac{1,35}{1,5} = -0,9 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{01} = -0,9 \text{ kg/cm}^2$$

pro M_2

$$\sigma_{02} = \frac{M_2}{W_{02}} = -\frac{3,9}{1,5} = -2,6 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{02} = -2,6 \text{ kg/cm}^2$$

Pro páhohy kliky $\psi = 30^\circ/45^\circ$ zde nebudeme výpočet provádět. Bylo by to pouhé opakování předešlého procesu jen s jinými hodnotami ψ .

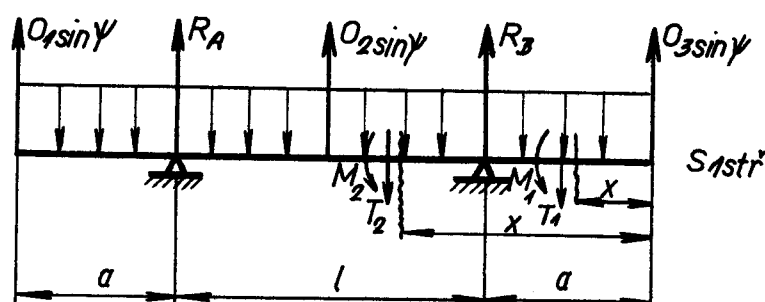
Celou tuto oblast shrneme pro názornost do tabulky obr./IV/9.

		$\psi = 0^\circ$	$\psi = 15^\circ$	$\psi = 30^\circ$	$\psi = 45^\circ$
R_A	kg	0	-0,600	-1,155	-1,630
R_B	kg	0	-0,600	-1,155	-1,630
M_1	kgcm	0	-1,350	-2,610	-3,700
M_2	kgcm	0	3,590	6,475	11,925
σ_{01}	kg/cm ²	0	-0,900	-1,740	-2,460
σ_{02}	kg/cm ²	0	2,100	4,325	7,950

obr./IV/9

oblast b/ $\psi = 45^\circ \div 90^\circ$

při $\psi = 45^\circ$ nastává okamžik, kdy vibrační nože jdou do pracovního chodu a pak tedy k silám odstředivým — síly namáhající vibrační nůž přibudou ještě síly vznikající při lámání stonku. Tyto síly jsou opačného smyslu, než jsou odstředivé síly, viz obr./IV/10



obr./IV/10

kde $S_{Istř}$ viz stať III obr./7,8/, resp. obr. I3, I4,
a nazveme si její q

tedy $S_{Istř} = q$

Pro obecně zvolený element vibračních nožů píšeme tyto rovnice:

$$/29/ \quad R_A + R_B = -(O_1 + O_2 + O_3) \sin \psi + S_{Istř} (l + 2a)$$

$$/30/ \quad R_B \cdot l + O_3 \sin \psi (l + a) + O_2 \sin \psi \frac{l}{2} - q (l + a) \cdot \left(\frac{l + a}{2} \right) + q a \cdot \frac{a}{2} - O_1 \sin \psi \cdot a$$

ze souměrnosti zatížení vibračního nože opět vidíme, že

$$/31/ \quad R_A = R_B = q \frac{(l + a)^2}{2l} - q \frac{a^2}{2l} - \left[O_3 \frac{(l + a)}{l} + O_2 \frac{1}{2} - O_1 \frac{a}{l} \right] \sin \psi$$

Nyní si zjistíme průběh posouvajících sil a chybových momentů

I/ pro $0 \leq x \leq a$

$$/32/ \quad T_1 = O_3 \sin \psi - q \cdot x, \quad M_1 = q \frac{x^2}{2} - O_3 \sin \psi \cdot x$$

2/ pro $a \leq x \leq \frac{l}{2}$

$$/33/ \quad T_2 = O_3 \sin \psi + R_B - qx$$

$$M_2 = q \frac{x^2}{2} - O_3 \sin \psi x - R_B (x - a)$$

Pro výpočet napětí $\bar{\sigma}_0$ použijeme vztahů /24/, /25/, /26/, /27/ a /28/.

Nyní provedeme opět číselný výpočet pro polohy kliky $\psi = 46^\circ, 60^\circ, 75^\circ, 90^\circ$

b/ $\psi = 46^\circ$

zde podle stať III, obr. 7, obr. 8 máme

VŠST LIBEREC

Kinematické a dynamické posouzení lámacího a stíracího ustrojí pro přípravu stonku k získání dlouhého vlákna

DP — STR. 77

9. ŘÍJNA 1965

František Sassmann

$$q = S_{\text{Istř}} = 77,670 \text{ g/cm} = 0,077 \text{ kg/cm}$$

a tedy reakce podle /30/

$$R_B = R_A = 0,077 \cdot \frac{(39,5)^2}{42} - 0,077 \cdot \frac{10,5^2}{42} - \left[0,497 \cdot \frac{39,5}{21} + 3,63 \frac{1}{2} - 0,497 \cdot \frac{10,5}{21} \right] 0,71934 = -0,037 \text{ kg}$$

$$S_{\text{Istř}} = 0,077 \text{ kg/cm}$$

$$R_B = R_A =$$

$$= -0,037 \text{ kg}$$

máme-li reakce, zjistíme si velikost posouvajících sil a ohybových momentů

ad 1/ pro $x = a$, z rov. /32/ plyne

$$M_1 = 0,077 \cdot \frac{10,5^2}{2} - 0,497 \cdot 10,5 \cdot 0,71934 = 0,49 \text{ kgcm}$$

$$M_1 = 0,49 \text{ kgcm}$$

ad 2/ pro $x = l/2 + a$

$$M_2 = 0,077 \cdot \frac{21^2}{2} - 0,497 \cdot 0,71934 \cdot 21 + 0,037 \cdot 10,5 = 9,939 \text{ kgcm}$$

$$M_2 = 9,939 \text{ kgcm}$$

Pro ohybové momenty M_1 a M_2 dosadíme ohybové napětí z rov. /28/ pro M_1 je

$$\sigma_1 = \frac{0,49}{12} = 0,327 \text{ kg/cm}^2$$

VŠST LIBEREC	Kinematické a dynamické posouzení lámacího a stíracího ustrojí pro přípravu stonku k získání dlouhého vlákna	DP — STR. 77	
		9. ŘÍJNA 1965	
		František Sassmann	

$q = s_{\text{Istř}} = 77,670 \text{ g/cm} = \underline{0,077 \text{ kg/cm}}$

$$s_{\text{Istř}} = 0,077 \text{ kg/cm}$$

a tedy reakce podle /30/

$$R_B = R_A = 0,077 \cdot \frac{(31,5)^2}{42} - 0,077 \cdot \frac{10,5^2}{42} - \left[0,497 \cdot \frac{31,5}{21} + 3,63 \cdot \frac{1}{2} - 0,497 \cdot \frac{10,5}{21} \right] 0,71934 = \underline{-0,037 \text{ kg}}$$

$$R_B = R_A = -0,037 \text{ kg}$$

máme-li reakce, zjistíme si velikost posouvajících sil a ohybových momentů

ad 1/ pro $x = a$, z rov. /32/ plyne

$$M_1 = 0,077 \cdot \frac{10,5^2}{2} - 0,497 \cdot 10,5 \cdot 0,71934 = \underline{0,49 \text{ kgcm}}$$

$$M_1 = 0,49 \text{ kgcm}$$

ad 2/ pro $x = l/2 + a$

$$M_2 = 0,077 \cdot \frac{21^2}{2} - 0,497 \cdot 0,71934 \cdot 21 + 0,037 \cdot 10,5 = \underline{9,939 \text{ kgcm}}$$

$$M_2 = 9,939 \text{ kgcm}$$

Pro ohybové momenty M_I a M_2 dosadíme ohybové napětí z rov. /28/ pro M_I je

$$\sigma_{01} = \frac{0,49}{1,5} = \underline{0,327 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\sigma_{01} = 0,327 \text{ kg/cm}^2$$

pro M_2 je

$$\sigma_{02} = \frac{9,939}{1,5} = \underline{6,626 \text{ kg/cm}^2}$$

$$\sigma_{02} = 6,626 \text{ kg/cm}^2$$

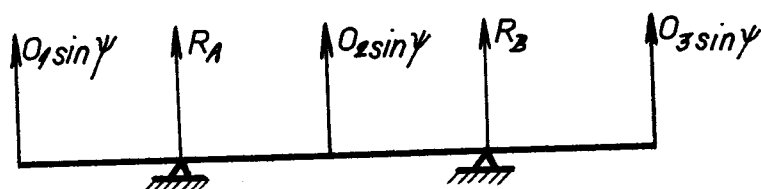
Celou tuto oblast /b/ shrneme do tabulky obr. /IV/II

		$\psi = 46^\circ$	$\psi = 60^\circ$	$\psi = 75^\circ$	$\psi = 90^\circ$
R_A	kg	-0,037	-0,120	-1,260	-2,144
R_B	kg	-0,037	-0,120	-1,260	-2,144
M_1	kgcm	0,490	0,100	-2,520	-4,785
M_2	kgcm	9,939	11,660	13,320	13,820
σ_{01}	kg/cm ²	0,327	0,667	-1,680	-3,260
σ_{02}	kg/cm ²	6,260	7,785	8,900	9,225

obr. /IV/ 11

oblast c/ $\psi = 90^\circ \div 180^\circ$

V této oblasti jsou vibrační nože opět mimo pracovní úsek a síly, které způsobují namáhání nožů, jsou opět jen síly odstředivé, viz obr. /IV/I2.



obr. /IV/I2

rovnice si zde odvozovat nebudeme. Jsou totiž zcela shodné, jako v oblasti /A/. Řešení zde provedené je podle rov. 18, 19, 20, 21, 22, 23, 27, 28. Též víme, že např. $\sin 150^\circ = \sin 30^\circ$ či $\sin 120^\circ = \sin 60^\circ$ atd.

Sledujeme namáhání v těchto polohách kliky,

$$\psi = 90^\circ, \psi = 120^\circ, 150^\circ, \text{ a } \psi = 180^\circ.$$

ca/ $\psi = 90^\circ$

reakce počítáme podle rov. /18/ resp /19/

$$R_A = R_B = \left[0,497 \cdot \frac{10,5}{21} - 3,63 \frac{1}{2} - 0,397 \cdot \frac{33,5}{21} \right] \cdot 1 = \underline{\underline{-2,311 \text{ kg}}}$$

$$R_A = R_B =$$

$$= \underline{\underline{-2,311 \text{ kg}}}$$

a ohybové momenty řešíme podle rov. /21/a/ 23/, pro

$$\underline{x = a}$$

$$M_1 = -0,497 \cdot 1 \cdot 10,5 = \underline{\underline{-5,225 \text{ kgcm}}}$$

$$M_1 = \underline{\underline{-5,225 \text{ kgcm}}}$$

pro $x = l/2 + a$

$$M_2 = -0,497 \cdot 1 \cdot 21 + 2,311 \cdot 10,5 = \underline{\underline{13,875 \text{ kgcm}}}$$

$$M_2 = \underline{\underline{13,875 \text{ kgcm}}}$$

K těmto ohybovým momentům dostaneme podle rov. /27/

a rov. /28/ tyto napětí

$$\text{pro } M_1 \quad \underline{\underline{\sigma_{01} = -\frac{5,225}{11,5} = -3,48 \text{ kg/cm}^2}}$$

$$\underline{\underline{\sigma_{01} = -3,48 \text{ kg/cm}^2}}$$

pro M_2

$$\bar{u}_2 = \frac{13,875}{1,5} = 9,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$\bar{u}_2 = 9,25 \text{ kg/cm}^2$$

oblast /c/ shrneme do tabulky obr./IV/I3

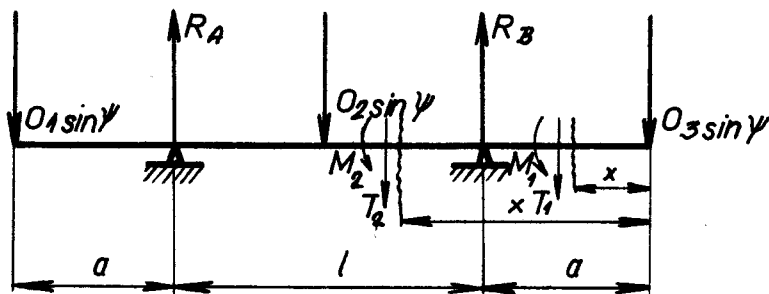
		$\psi = 90^\circ$	$\psi = 120^\circ$	$\psi = 150^\circ$	$\psi = 180^\circ$
R_A	kg	-2,311	-2,005	-1,155	0
R_B	kg	-2,311	-2,005	-1,155	0
M_1	kgcm	-5,225	-4,548	-2,615	0
M_2	kgcm	13,875	12,040	6,925	0
$\bar{u}_1$	kg/cm ²	-3,480	-3,010	-1,740	0
$\bar{u}_2$	kg/cm ²	9,250	8,050	4,620	0

obr./IV/I3

oblast d/ $\psi = 180^\circ \div 0^\circ$

V těchto polohách nožů působí pouze síly odstředivé. Jejich smysl je opačný, než pro $\psi = 0^\circ \div 180^\circ$.

Řešení se provádí podle obr./IV/I4



obr./IV/I4

podle těchto rovnic

$$/34/ \quad R_A + R_B = [O_1 + O_2 + O_3] \sin \psi$$

$$R_3 \cdot l = Q_3(l+a) \sin \psi - Q_2 \cdot \sin \psi \cdot \frac{l}{2} + Q_1 \sin \psi \cdot a = 0$$

$$\text{resp. } R_3 = \left[Q_3 \frac{(l+a)}{l} + Q_2 \cdot \frac{1}{2} - Q_1 \frac{a}{l} \right] \sin \psi$$

pro posouvající síly a ohybové momenty píšeme

1/ pro $0 \leq x \leq a$

/35/

$$T_1 = -Q_3 \sin \psi, \quad M_1 = Q_3 \sin \psi \cdot x$$

2/ pro $a \leq x \leq \frac{l}{2}$

/36/ $T_2 = R_3 - Q_3 \sin \psi$

$$M_2 = Q_3 \sin \psi \cdot x - R_3 (x-a)$$

Velikost napětí pro tyto ohybové momenty M_1, M_2 se určí podle rov. 27, 28.

Číselný výpočet provedeme pro $\psi = 210^\circ, 240^\circ, 270^\circ, 300^\circ, 330^\circ$ a $\psi = 360^\circ \equiv 0^\circ$. Pro $\psi = 180^\circ$ již byl výpočet proveden.

da/ $\psi = 210^\circ$

z rovnice /34/ po dosazení dostaneme

$$R_A = R_B = \left[0,497 \frac{39,5}{21} + 3,63 \cdot \frac{1}{2} - 0,397 \frac{10,5}{21} \right] \cdot 0,5 =$$

$$= 1,1555 \text{ kg}$$

$$R_A = R_B =$$

$$= 1,1555 \text{ kg}$$

nyní si dosadíme do rov. /35/, rov. /36/ a tím dostaneme hodnoty posouvajících sil, ohybových momentů

1/ pro $0 \leq x \leq a$ je z rov. /35/

$$M_1 = 0,497 \cdot 0,5 \cdot 10,5 = 2,610 \text{ kgcm}$$

$$M_1 = 2,610 \text{ kgcm}$$

2/ pro $0 \leq x \leq \frac{l}{2}$ je z rov. /36/

$$M_2 = 0,497 \cdot 0,5 \cdot 21 - 1,155 \cdot 10,5 = -6,925 \text{ kgcm}$$

$$M_2 = -6,925 \text{ kgcm}$$

ke zjištění napětí $\bar{V}_{01}$ a $\bar{V}_{02}$ použijeme rov. /27/,

a /28/, lze tedy psát

$$\sigma_1 = \frac{2,61}{1,5} = 1,730 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = -\frac{4,325}{1,5} = -4,620 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_1 = 1,730 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_2 = -4,620 \text{ kg/cm}^2$$

Oblast/d/ shrneme do tabulky obr./IV/I5

		$\psi=180^\circ$	$\psi=210^\circ$	$\psi=240^\circ$	$\psi=270^\circ$	$\psi=300^\circ$	$\psi=330^\circ$	$\psi=360^\circ$
R_A	kg	0,000	1,155	2,005	2,311	2,005	1,155	0
R_B	kg	0,000	1,155	2,005	2,311	2,005	1,155	0
M_1	kgcm	0,000	2,610	4,518	5,225	4,518	2,610	0
M_2	kgcm	0,000	-6,925	-12,040	-13,875	-12,040	-6,925	0
σ_1	kg/cm ²	0,000	1,740	3,040	3,480	3,040	1,740	0
σ_2	kg/cm ²	0,000	-4,325	-8,050	-9,250	-8,050	-4,325	0

obr./IV/I5

Abychom měli dokonalou představu o vypočtených reakcích a napětích, zakreslíme si některé nejvýznamější hodnoty do grafů obr./IV/I6 a obr./IV/I7.

Plynulý průběh křivek v obr./IV/I6 a obr./IV/I7 je vždy narušen mezi počtem kliky $\psi=45^\circ$ a $\psi=90^\circ$, to jest tedy v oblasti, kdy vibrační nože jsou v pracovní činnosti/přesněji řečeno, kdy nastává vlastní lámání stonků/. Na reakci R_A , resp. R_B se to projeví tím, že v jednom okamžiku/pro $\psi=60^\circ$ / nastane pokles záporných hodnot téměř na nulu. Ostatní část grafu není ničím zajímavá, je to vlastně pravidelná sinusovka. Pro ohybové momenty M_1, M_2

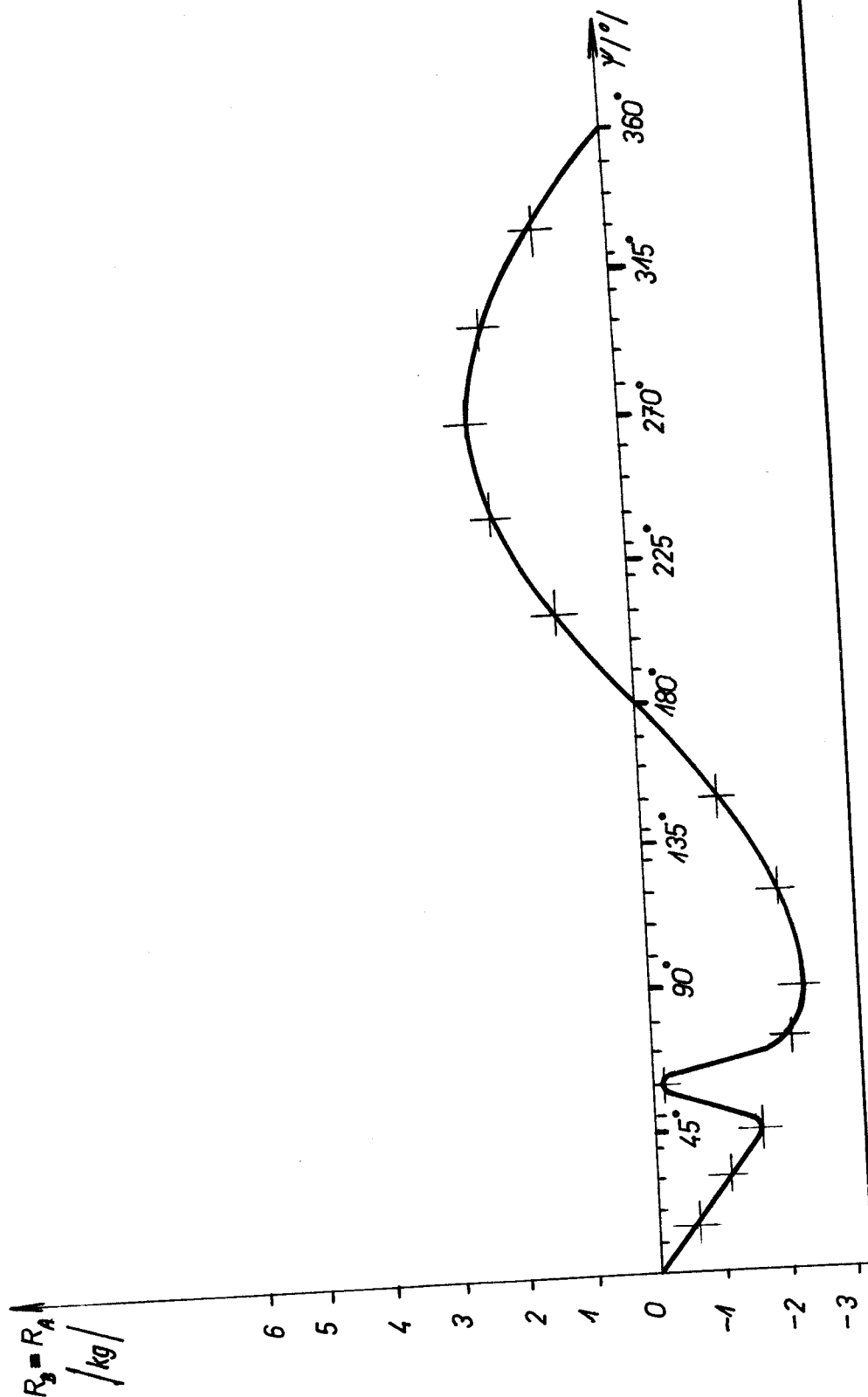
VŠST LIBEREC

Kinematické a dynamické posouzení lámacího a stíracího ústrojí pro přípravu stonku k získání dlouhého vlákna

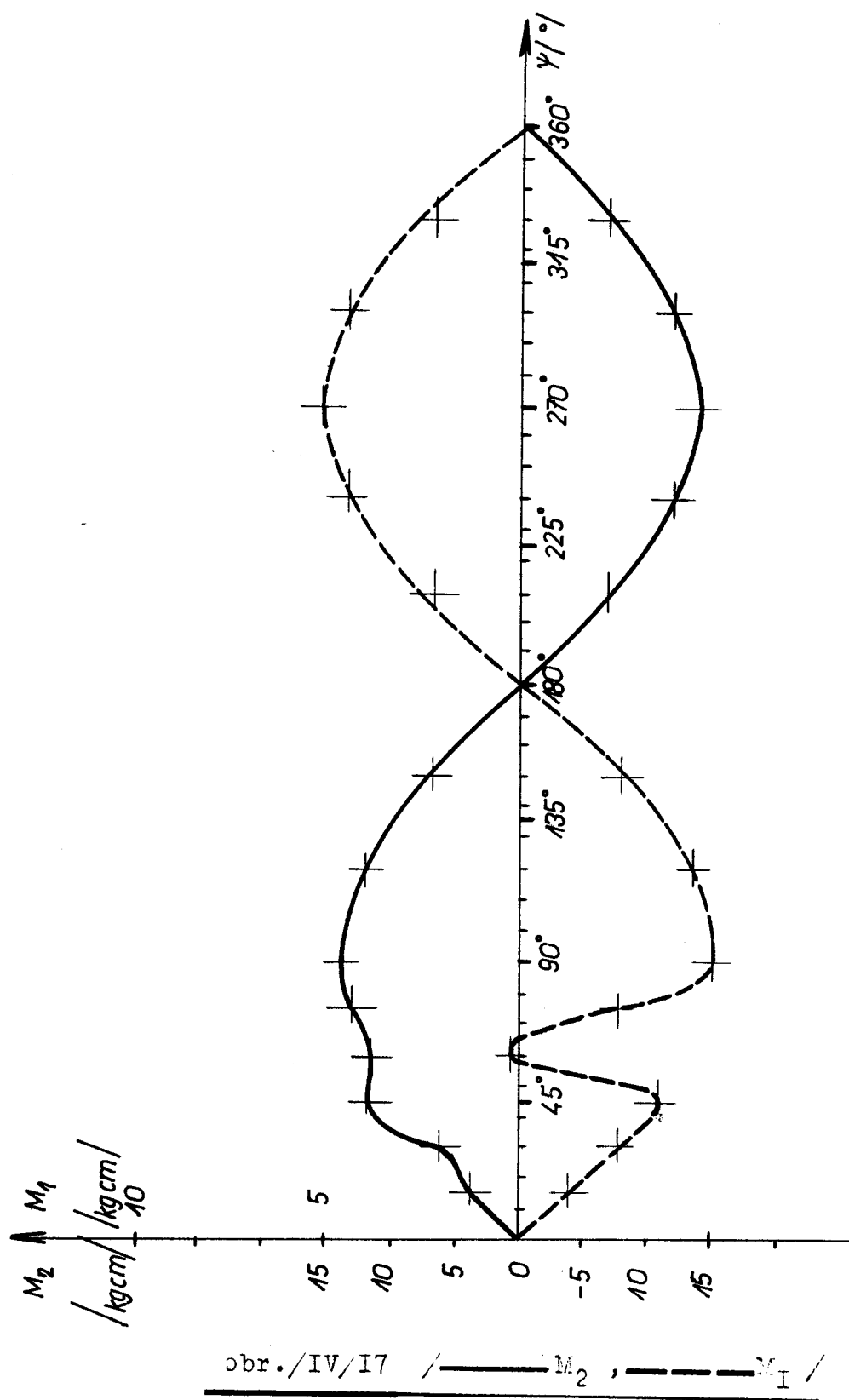
DP — STR. 82

9. ŘÍJNA 1965

František Sassmann



obr./IV/ 16



viz obr/IV/I7, platí též, že průběh je narušen me-
zi polohami kliky $\psi = 45^\circ \div 90^\circ$. Je to opět vlivem sil,
které vznikají při vlastním lámání stonků. Všimne-
me-li si souřadnicových os, především osy na níž
nanášíme velikosti ohybových momentů/v kgcm/ vi-
díme, že nože jsou bohatě dimensovány, a tedy nehro-
zí nebezpečí destrukce. Přesto si spočítejme bez-
pečnost s, která nám udává poměr, mezi $\sqrt{\sigma_c}$ /napě-
tím na mezi únavy/a naší největší hodnotou ampli-
tudystřídavého napětí $\sqrt{\sigma_0}$ /resp. M_2 /

/37/

$$s = \frac{\sqrt{\sigma_c}}{\sqrt{\sigma_0}}$$

Dle prof. Meduny vezmeme za $\sqrt{\sigma_c}$ tuto hodnotu s
ohledem na použitý materiál nožů/II 370/

$$\sqrt{\sigma_c} = 0,25 \cdot \sqrt{\sigma_{pe}}$$

pro II 370 je

$$\sqrt{\sigma_{pe}} = \underline{3700 \text{ kg/cm}^2}$$

a tedy

$$\sqrt{\sigma_c} = 0,25 \cdot 3700 = \underline{925 \text{ kg/cm}^2}$$

z grafu si ještě odečteme nejvyšší hodnoty ohy-
bového momentu M_2

$$\underline{M_2 = 13,875}$$

tomu přísluší napětí

$$\sigma_0 = \frac{13,875}{1,5} = \underline{9,25 \text{ kg/cm}^2}$$

dosadíme-li nyní uvedené hodnoty do rov./37/ bude

$$s = \frac{925}{9,25} = \underline{100}$$

Sama velikost bezpečnosti/s/říká, jak bohatou re-
servu máme v namáhání vibračních nožů.

$$\sqrt{\sigma_{pe}} = 3700 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sqrt{\sigma_c} = 925 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_0 = 9,25 \text{ kg/cm}^2$$

$$s = 100$$

3/ Kmitání nožů ve směru vedení

V této skupině problémů se budeme zabývat přípa-
dy, popsanými lineárními diferenciálními rovnicemi.
Řešení lineárních diferenciálních rovnic má někte-
ré důležité vlastnosti, které usnadňují výpočet.
Platí zde např., že řešení nehomogenní diferenciál-
ní rovnice je součtem obecného integrálu zkráce-
né diferenciální rovnice/t.j. bez pravé strany/
a řešení partikulárního, které najdeme nejčastěji
zkusmo podle tvaru pravé strany rovnice, nebo ře-
šením přesným, jež je dáno předepsanými matematic-
kými úkony. Existují-li nezávislá řešení určité
lineární diferenciální rovnice, je jejich lineár-
ní kombinace rovněž řešením. Pro řešení lineárních
rovnice platí důležitý princip superposice, že totiž
kmity vyvolané několika periodicky proměnnými si-
lami jsou součtem kmitů vyvolaných každou silou
jednotlivě. Tak je řešen i náš případ, kdy je kmitá-
ní vyvolané zcela obecnou periodicky proměnnou bu-
dící silou. Než dojdeme k tomuto poslednímu přípa-
du, kdy nastává vynucené kmitání obecnou periodic-
ky proměnnou silou, budeme hledat závislosti kmitá-
ní soustavy za chodu stroje naprázdno, atd...
Je tedy nutno rozdělit tuto skupinu problémů ještě
na tyto úseky,

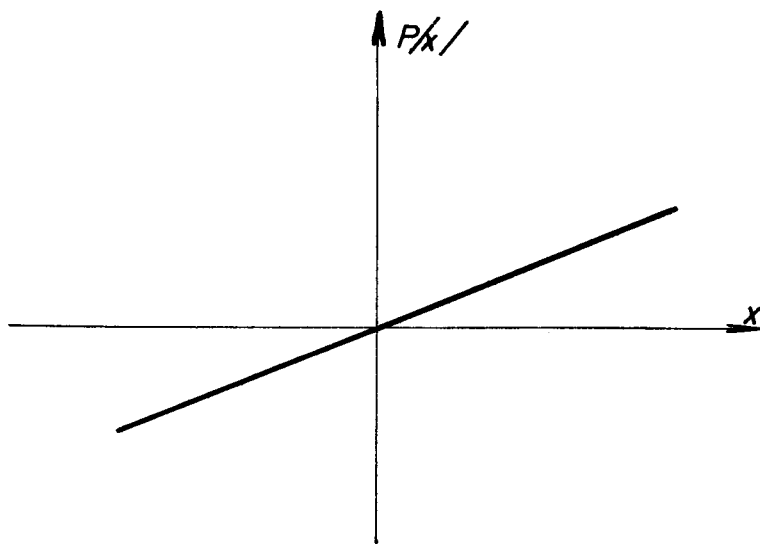
a/ řešení volného kmitání-t.j. řešení pohybové
rovnice pro netlumený kmitavý pohyb

b/ řešení volného kmitání tlumeného

c/ řešení tlumeného vynuceného kmitání za chodu stroje naprázdno. U tohoto bodu a u bodu /b/ se spokojíme s vyjádřením jejich konečných rovnic

d/ řešení tlumeného vynuceného kmitání při chodu stroje za provozního zatížení-tj. řešení pohybové diferenciální rovnice soustavy za působení obecné periodicky proměnné budící síly.

Průběh sil v závislosti na výchylce $/x/$

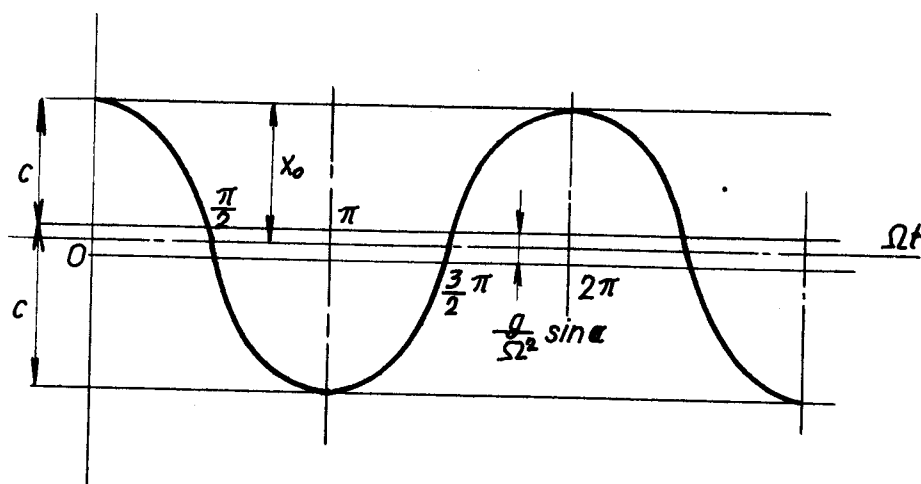


obr./IV/I8

Podle obr./IV/I8 vidíme, že hmota je vložena mezi dvě tlačné pružiny, to znamená, že vyvozují pouze direkční tlačné síly $/S/$. Činnost pružin se tedy střídá v rytmu pohybu hmoty/resp. vibračního nože/. V levé krajní poloze působí direkční tlačnou silou $/S/$ levá pružina a v pravé krajní poloze pū-

sobí směrnou tlačnou silou /S/ pouze pravá pru-
žina. Obě pružiny mají stejnou hodnotu $k = 15 \text{ kg/cm}$
/pružinová konstanta/ pro vibrační nože I a $k = 28 \text{ kg/cm}$
u vibračních nožů 2, 3 - viz stať III obr. 5.

a/ řešení volného kmitání



obr./IV/2I

Pro tento případ kmitání si lze představit, jako
kdybychom zafixovali tělesa 2, 3, 5, 6, stačili hmo-
tu některým směrem a pak tuto hmotu pustili. Hmotu
začne kmitat v rytmu působení směrných tlačných
sil pružin. Pro tento případ neuvažujeme žádné tře-
ní.

řešení rovnic provedeme podle obr./IV/19
pohybová rovnice je

138/ $ma = -kx \pm mg \sin \alpha$

tedy

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} + kx \pm mg \sin \alpha = 0$$

podělíme-li hmotou m

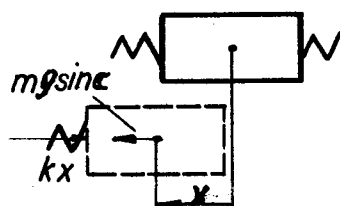
$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \frac{k}{m} x = \pm mg \sin \alpha$$

zavedeme-li

$$/39/ \quad \frac{k}{m} = \Omega^2$$

píšeme

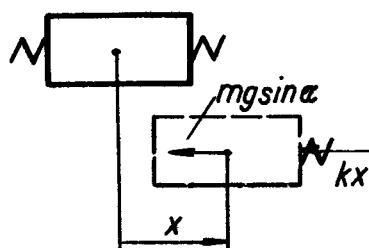
$$/40/ \quad \frac{d^2 x}{dt^2} + \Omega^2 x = \pm mg \sin \alpha$$

kde pro levou krajní polohu platí dle obr./IV/20a

obr./IV/20a

$$ma = -kx + mg \sin \alpha$$

$$ma + kx - mg \sin \alpha = 0$$

a pro pravou krajní polohu platí dle obr./IV/20b

obr./IV/20b

$$ma = -kx - mg \sin \alpha$$

$$ma + kx + mg \sin \alpha = 0$$

rovnice /40/ je nehomogenní diferenciální rovnice druhého řádu, kde její obecný integrál je složen z integrálu homogenní rovnice x_h /rovnice bez pravé strany/ a z partikulárního integrálu x_p .

Obecné řešení lze psát

/41/

$$x = x_h + x_p$$

charakteristická rovnice homogenní diferenciální
rovnice /40/ je

$$\lambda^2 + \Omega^2 = 0 \Rightarrow \lambda_{1/2} = \pm i\Omega$$

tedy partikulární integrál je dán

$$/42/ \quad x_h = a_1 \cos \Omega t + a_2 \sin \Omega t$$

a obecný integrál rovnice /40/ je

$$/43/ \quad x = x_p + a_1 \cos \Omega t + a_2 \sin \Omega t$$

přičemž x_p najdeme metodou variace konstant/viz
Rektorys "Přehled užité matematiky" str. 648/pak
soustava má tvar

$$\begin{aligned} a_1' \cos \Omega t + a_2' \sin \Omega t &= 0 \Rightarrow a_2' = -a_1' \frac{\cos \Omega t}{\sin \Omega t} \\ -a_1' \Omega \sin \Omega t + a_2' \Omega \cos \Omega t &= \pm mg \cdot \frac{1}{m} \sin \alpha \\ -a_1' \Omega \sin \Omega t - a_1' \Omega \frac{\cos \Omega t}{\sin \Omega t} \cdot \cos \Omega t &= \pm g \sin \alpha \\ -a_1' \Omega \sin^2 \Omega t - a_1' \Omega \cos^2 \Omega t &= \pm g \sin \Omega t \sin \alpha \\ -a_1' \Omega (\sin^2 \Omega t + \cos^2 \Omega t) &= \pm g \sin \Omega t \sin \alpha \\ a_1' &= \pm \frac{g}{\Omega} \sin \alpha \sin \Omega t \end{aligned}$$

provedeme nyní integraci

$$\begin{aligned} a_1 &= \pm \int \frac{g}{\Omega} \sin \alpha \sin \Omega t \, dt = \pm \frac{g}{\Omega} \sin \alpha \int \sin \Omega t \, dt \\ a_1(t) &= \pm \frac{g}{\Omega} \sin \alpha \frac{1}{\Omega} \cos \Omega t = \pm \frac{g}{\Omega^2} \sin \alpha \cos \Omega t \end{aligned}$$

konstantu a_2 najdeme obdobně

$$a_2' = \pm \frac{g}{\Omega} \sin \alpha \sin \Omega t \frac{\cos \Omega t}{\sin \Omega t} = \pm \frac{g}{\Omega} \sin \alpha \cos \Omega t$$

integrujeme

$$a_2(t) = \pm \frac{g}{\Omega^2} \sin \alpha \sin \Omega t$$

pak bude

$$x_p = \pm \frac{g}{\Omega^2} \sin \alpha \cos^2 \Omega t \pm \frac{g}{\Omega^2} \sin \alpha \sin^2 \Omega t = \pm \frac{g}{\Omega^2} \sin \alpha$$

a obecný integrál je podle /43/

$$/44/ \quad x = \pm \frac{g}{\Omega^2} \sin \alpha + a_1 \cos \Omega t + a_2 \sin \Omega t$$

pro určení integračních konstant a_1 , a_2 mějme

tyto počáteční podmínky

$$t = 0, \dots, x = x_0, v = 0$$

tedy

$$\frac{dx}{dt} = 0 = -a_1 \sin \Omega t \cdot \Omega + a_2 \Omega \cos \Omega t$$

a pro $t = 0$ je $a_2 = 0$

pro $t = 0, x = x_0$ plyne

$$x_0 = \pm \frac{g}{\Omega^2} \sin \alpha = a_1$$

pak

$$\begin{aligned} x &= \pm \frac{g}{\Omega^2} \sin \alpha + \left(x_0 \pm \frac{g}{\Omega^2} \sin \alpha \right) \cos \Omega t = \\ &= \pm \frac{g}{\Omega^2} \sin \alpha \pm \frac{g}{\Omega^2} \sin \alpha \cos \Omega t + x_0 \cos \Omega t \end{aligned}$$

resp.

$$/45/ \quad x = C \cos \Omega t \pm \frac{g}{\Omega^2} \sin \alpha$$

kde

$$C = x_0 \pm \frac{g}{\Omega^2} \sin \alpha$$

pro pohyb do levé krajní polohy bude

$$C = x_0 - \frac{g}{\Omega^2} \sin \alpha = x_0 - \frac{g}{\Omega^2} \sin \alpha$$

$$x = C \cos \Omega t + \frac{g}{\Omega^2} \sin \alpha$$

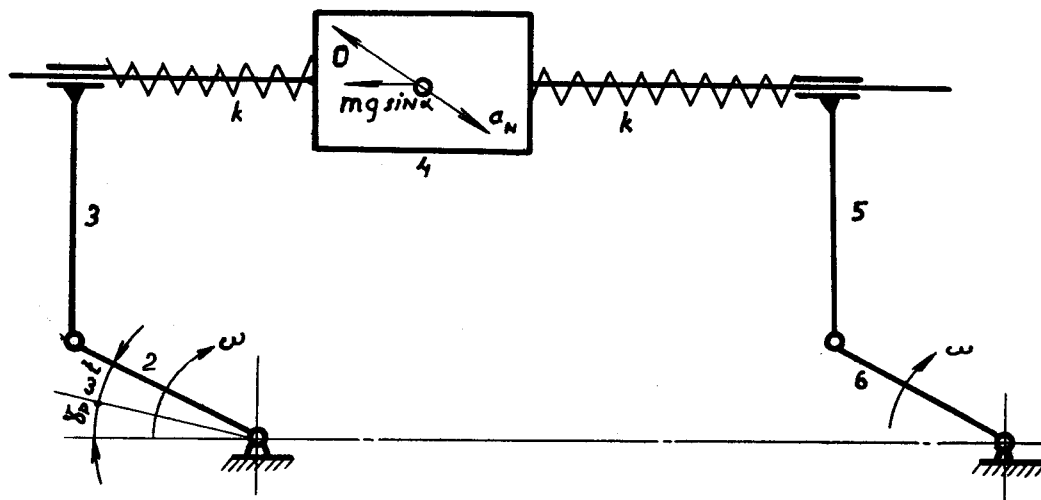
Pohyb znázorňuje kosinusovka posunutá vzhledem

k ose vzhůru o $\frac{g}{\Omega^2} \sin \alpha$. Je tedy zřejmé, že v jedno-

tlivých fázích jde stále o harmonický pohyb s

frekvencí ω , avšak k centru střídavě posunutému

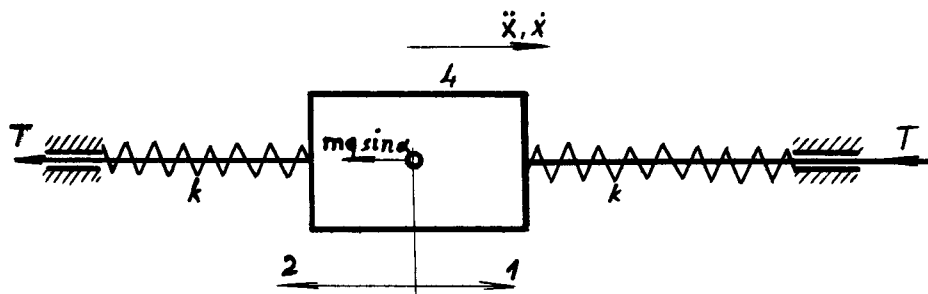
$$o \pm \frac{g}{\Omega^2} \sin \alpha \text{ viz obr./IV/ 21}$$



obr./IV/19

b/ řešení volného tlumeného kmitání

Hmota se smýká po vedení vibračního nože a proti jeho pohybu působí vždy kromě úhelní tlačné síly ještě stálá síla, smyková, třecí síla $T = mg \cos f/2$



obr./IV/22

napišme si pohybové rovnice pro pohyb ve směru

směru 1 a 2. Ve směru 1 $ma = -kx - mg \sin \alpha - mg f \cos \alpha$

/46/

/46/ ve smyslu 2 $ma = -kx + mg \sin d + mg f \cos d$
souhrně lze psát

$$/47/ \quad ma = -kx \pm mg \sin d \pm mg f \cos d$$

dělíme-li rovnici hmotou m

$$/48/ \quad \frac{d^2 x}{dt^2} + \Omega^2 x \pm g \sin d \pm g f \cos d = 0$$

kde opět $\Omega^2 = \frac{k}{m}$

obecný integrál rovnice /46/ je opět

$$/49/ \quad x = x_p + a_1 \cos \Omega t + a_2 \sin \Omega t$$

provedeme opět variaci konstant jako v předešlém
případě

$$a_1' \cos \Omega t + a_2' \sin \Omega t = 0 \Rightarrow a_2' = -a_1' \frac{\cos \Omega t}{\sin \Omega t}$$

$$-a_1' \Omega \sin \Omega t + a_2' \Omega \cos \Omega t = \pm g \sin d \pm g f \cos d$$

tedy

$$-a_1' \Omega \sin \Omega t - a_1' \frac{\cos \Omega t}{\sin \Omega t} \cdot \Omega \cos \Omega t = \pm g \sin d \pm g f \cos d$$

$$-a_1' \Omega (\sin^2 \Omega t + \cos^2 \Omega t) = \pm g \sin d \sin \Omega t \pm g f \cos d \sin \Omega t$$

$$a_1' = \left[\pm \frac{g}{\Omega} \sin \Omega t \pm \frac{g}{\Omega} \frac{\cos d}{\sin d} \sin \Omega t \right] \cdot \sin d$$

a integrací dostaneme

$$a_1 = \pm \frac{g}{\Omega^2} \sin d \cos \Omega t \pm \frac{g}{\Omega^2} \cos d \cos \Omega t$$

obdobně získáme konstantu a_2

$$a_2' = \pm \frac{g \sin d}{\Omega} \cdot \frac{\cos \Omega t}{\sin \Omega t} \cdot \sin \Omega t \pm \frac{g}{\Omega} \cos d \sin \Omega t \cdot$$

$$\frac{\cos \Omega t}{\sin \Omega t} = \pm \frac{g \sin d}{\Omega} \cos \Omega t (1 \mp f) \pm \frac{g f}{\Omega} \cos d \cos \Omega t$$

integrujeme

$$a_2 = \pm \frac{g}{\Omega^2} \sin d \sin \Omega t \pm \frac{g}{\Omega^2} f \cos d \sin \Omega t$$

a tedy x_p bude

$$x_p = \pm \frac{g}{\Omega^2} \sin d \cos \Omega t \pm \frac{g f}{\Omega^2} \cos d \sin \Omega t \sin \Omega t$$

úpravou

$$x_p = \pm \frac{g}{\Omega^2} \sin d \cos^2 \Omega t \pm \frac{g}{\Omega^2} f \cos d \sin^2 \Omega t$$

a obecný integrál je podle /49/

$$x = \pm \frac{g}{\Omega^2} \sin d \cos^2 \Omega t \pm \frac{g}{\Omega^2} f \cos d \sin^2 \Omega t + a_1 \cos \Omega t + a_2 \sin \Omega t$$

pro počáteční podmínky

$$t = 0, \dots, x = x_0, v = 0, \text{ tj. bod je v pravé krajní}$$

poloze pro $t=0$ a $x = x_0$

$$x_0 = \pm \frac{g}{\Omega^2} \sin d + a_1$$

tedy a_1

$$a_1 = x_0 \pm \frac{g}{\Omega^2} \sin d$$

$$\frac{dx}{dt} = v = 0 = \pm \frac{g}{\Omega^2} \sin d \cdot 2 \cos \Omega t \sin \Omega t \cdot \Omega \pm \frac{g}{\Omega^2} f \cos d \cdot 2 \sin^2 \Omega t \cos \Omega t \cdot \Omega + a_1 \sin \Omega t \cdot \Omega + a_2 \cos \Omega t \cdot \Omega$$

plyne $a_2 = 0$

a výsledný pohyb je dán vztahem

$$x = \pm \frac{g}{\Omega^2} \sin d \cos^2 \Omega t \pm \frac{g}{\Omega^2} f \cos d \sin^2 \Omega t + (x_0 \pm \frac{g}{\Omega^2} \sin d) \cos \Omega t$$

Tento průběh není zcela názorný, a proto jsme mohli postupovat jednodušší formou, a to následovně, mějme původní diferenciální rovnici /48/

$$\frac{d^2 x}{dt^2} + \Omega^2 x \pm \frac{g}{1} \sin d \pm \frac{g}{1} f \cos d = 0$$

a položíme si $\pm g \sin d \pm g \cos d f = p$

pak je obecný integrál ve formě jako ve statí /a/

$$x = [\sin(\Omega t + \varphi)] \pm p$$

a odtud

$$\frac{dx}{dt} = v = [\cos(\Omega t + \varphi) \cdot \Omega$$

Jelikož pro uvedení počáteční podmínky je bod v
pravé krajní poloze, bude se pohybovat vlevo. Prvé
fázi pohybu přísluší znaménko plus.

$$x_0 = C \sin \varphi + p$$

$$0 = C \cos \varphi - \Omega$$

odtud

$$\varphi = \frac{\pi}{2} \quad C = x_0 - p$$

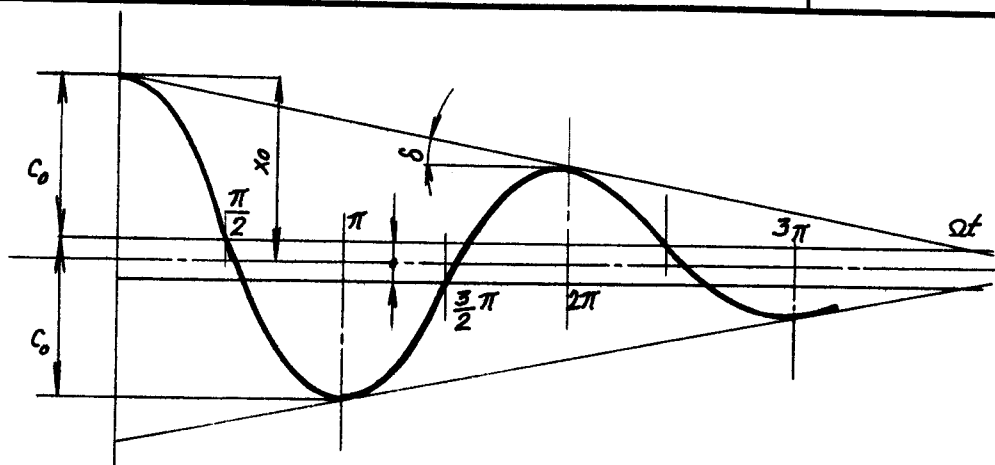
a tedy lze psát pro pohyb z pravé do levé krajní
polohy

$$x = (x_0 - p) \cdot \cos \Omega t + p$$

dosadíme-li nyní za p

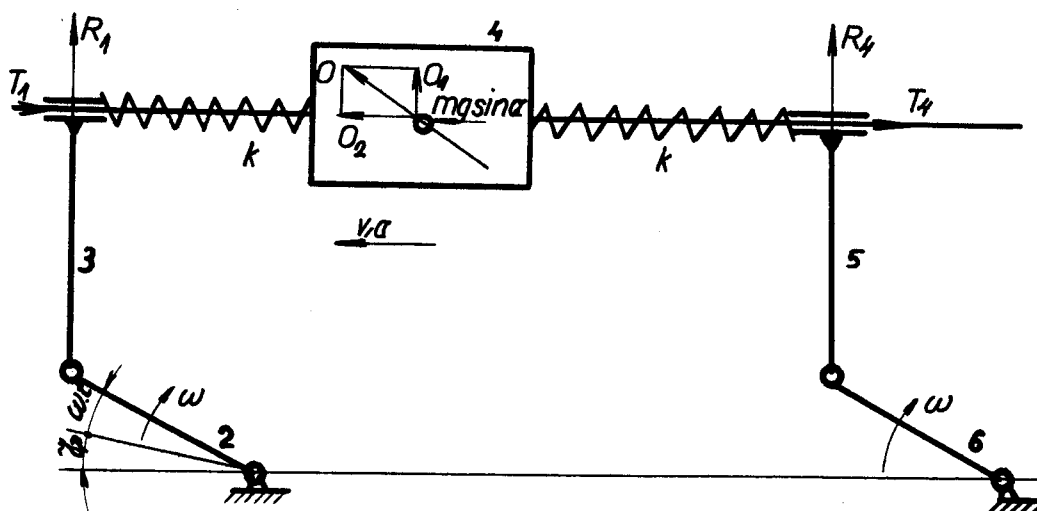
$$\text{/51/ } x = \left(x_0 - \frac{g}{\Omega^2} \sin d - \frac{g}{\Omega^2} \cdot \cos d \cdot f \right) \cos \Omega t + \\ + \frac{g}{\Omega^2} \sin d + \frac{g}{\Omega^2} \cos d \cdot f$$

Pro tento pohyb-z pravé polohy do levé, znázorňu-
je pohyb opět kosinusovka viz obr./IV/23 posunu-
tá vzhledem k ose o p. Z levé krajní polohy do
pravé by to byla opět kosinusovka posunutá dolů
o p. Amplitudy ubývá podle přímky jejíž směrnice
je $\tan \delta = \frac{2p}{f}$ a zastavení pohybu je určeno vrcholem
příslušné kosinusovky, jenž prý padne do pásma $\pm p$



obr./IV/23

c/ řešení tlumeného vynuceného kmitání za přechodu stroje naprázdno



obr./IV/24

Účinek mechanismu na těleso 4 je ekvivalentní s touto představou zatížení tělesa 4. Na těleso 4 působí odstředivá síla $O = m \cdot a_N$ kde $a_N = r \omega^2$. Odstředivá síla má dvě složky O_I a O_2 . Složka O_I , tedy složka kolmá na směr pohybu, způsobuje proměnnou velikost třecí síly T_I , resp T_4 . Budeme zde uvažovat těleso 4 dokonale tuhé. Druhá složka O_2 působí ve směru posuvného pohybu tělesa 4 vůči tě-

lesu 3 a tělesu 5.

Složka O_1 má velikost

$$O_1 = mr\omega^2 \sin(\omega t + \varphi)$$

a složka O_2 má velikost

$$O_2 = mr\omega^2 \cos(\omega t + \varphi)$$

Z obr./IV/24 je zřejmé, že

$${}^4R_1 + {}^4R_2 = -O_1 = -mr\omega^2 \sin(\omega t + \varphi)$$

kde

$$T_1 + T_4 = ({}^4R_1 + {}^4R_2)f = -mr\omega^2 f \sin(\omega t + \varphi)$$

nyní sestavme pohybové rovnice

$$/52/ \quad ma = -kx - T_c + mgsin\alpha + O_2 \cos(\omega t + \varphi)$$

upravíme a dosadíme

$$m \frac{d^2x}{dt^2} + kx = mgsin\alpha + mr\omega^2 f \sin(\omega t + \varphi) +$$

$$+ mr\omega^2 \cos(\omega t + \varphi)$$

tedy

$$/53/ \quad \frac{d^2x}{dt^2} + \Omega^2 x = gsin\alpha + r\omega^2 f \sin(\omega t + \varphi) + r\omega^2 \cos(\omega t + \varphi)$$

je nehomogenní diferenciální rovnice druhého řádu

kde

$$\Omega^2 = \frac{k}{m}$$

a tedy

$$/54/ \quad \Omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \quad \text{je vlastní frekvence}$$

řešení diferenciální rovnice /53/ je

$$/55/ \quad x = x_p + x_h$$

kde jsme si již odvodili v předešlých případech

$$/56/ \quad x_h = a_1 \cos \Omega t + a_2 \sin \Omega t$$

a tedy obecný integrál je

$$/57/ \quad x = x_p + a_1 \cos \Omega t + a_2 \sin \Omega t$$

provedeme opět variaci konstant

$$\begin{aligned} a_1' \cos \Omega t + a_2' \sin \Omega t &= 0 \Rightarrow a_2' = -a_1' \frac{\cos \Omega t}{\sin \Omega t} \\ -a_1' \Omega \sin \Omega t + a_2' \Omega \cos \Omega t &= g \sin d + r\omega^2 f \sin(\omega t + p_p) + \\ &\quad + r\omega^2 \cos(\omega t + p_p) \end{aligned}$$

dosadíme-li za a_2' je

$$\begin{aligned} a_1' \Omega \sin \Omega t - a_1' \Omega \cos \Omega t \cdot \frac{\cos \Omega t}{\sin \Omega t} &= g \sin d + \\ &\quad + r\omega^2 f \sin(\omega t + p_p) + r\omega^2 \cos(\omega t + p_p) \\ -a_1' \Omega (\sin^2 \Omega t + \cos^2 \Omega t) &= g \sin d \sin \Omega t + \\ &\quad + r\omega^2 f \sin(\omega t + p_p) \sin \Omega t + r\omega^2 \cos(\omega t + p_p) \cdot \sin \Omega t \\ a_1' &= -\frac{g}{\Omega} \sin d \sin \Omega t + \frac{r\omega^2 f}{\Omega} \sin(\omega t + p_p) \sin \Omega t + \\ &\quad + \frac{r\omega^2}{\Omega} \cos(\omega t + p_p) \sin \Omega t \end{aligned}$$

integrací, pro $p_p = 0$

$$\begin{aligned} a_1 &= + \frac{g}{\Omega^2} \sin d \cos \Omega t + \frac{r\omega^2 f}{\Omega} \left[\frac{\sin(\omega - \Omega)t}{2(\omega - \Omega)} - \right. \\ &\quad \left. - \frac{\sin(\omega + \Omega)t}{2(\omega + \Omega)} \right] + \frac{r\omega^2}{\Omega} \left[-\frac{\cos(\Omega + \omega)t}{2(\omega + \Omega)} - \frac{\cos(\Omega - \omega)t}{2(\Omega - \omega)} \right] \end{aligned}$$

obdobně získáme i konstantu a_2

$$\begin{aligned} a_2' &= -a_1' \frac{\cos \Omega t}{\sin \Omega t} = + \frac{g}{\Omega} \sin d \sin \Omega t - \frac{\cos \Omega t}{\sin \Omega t} \cdot \frac{r\omega^2 f}{\Omega} \cdot \\ &\quad \cdot (\sin(\omega t + p_p) \cdot \sin \Omega t + \frac{\cos \Omega t}{\sin \Omega t} \cdot \frac{r\omega^2}{\Omega} \cos(\omega t + p_p) \cdot \\ &\quad \cdot \sin \Omega t \cdot \frac{\cos \Omega t}{\sin \Omega t} \end{aligned}$$

a upraveně

$$\begin{aligned} a_2' &= + \frac{g}{\Omega} \sin d \cos \Omega t - \frac{r\omega^2 f}{\Omega} \sin(\omega t + p_p) \cos \Omega t - \frac{r\omega^2}{\Omega} \cdot \\ &\quad \cdot \cos(\omega t + p_p) \cdot \cos \Omega t \end{aligned}$$

integrujme pro $\beta = 0$

$$q_2 = + \frac{g}{\Omega^2} \sin d \sin \Omega t - \frac{r\omega^2 f}{\Omega} \left[- \frac{\cos(\omega + \Omega)t}{2(\omega + \Omega)} - \frac{\cos(\omega - \Omega)t}{2(\omega - \Omega)} - \frac{r\omega^2}{\Omega \cdot 2} \left[\frac{\sin(\omega - \Omega)t}{(\omega - \Omega)} + \frac{\sin(\omega + \Omega)t}{\omega + \Omega} \right] \right]$$

nyní konstanty a_1 /t/ a a_2 /t/ dosadíme do tvaru
podle rov. /56/

$$\begin{aligned} x_p = & \frac{g}{\Omega^2} \cdot \sin d \cdot \cos^2 \Omega t + \frac{r\omega^2 f}{2\Omega(\Omega + \omega)} \cdot \sin(\omega - \Omega)t + \\ & + \cos \Omega t - \frac{r\omega^2 f}{2(\omega + \Omega)\Omega} \cdot \sin(\omega + \Omega)t \cos \Omega t - \\ & - \frac{r\omega^2}{2\Omega(\Omega + \omega)} \cos(\Omega + \omega)t \cos \Omega t - \frac{r\omega^2}{2\Omega(\Omega - \omega)} \cdot \\ & \cdot \cos(\Omega - \omega)t \cos \Omega t + \frac{g}{\Omega^2} \sin d \sin^2 \Omega t + \\ & + \frac{r\omega^2 f}{2\Omega(\omega + \Omega)} \cos(\omega + \Omega)t \sin \Omega t + \frac{r\omega^2 f}{2\Omega(\omega - \Omega)} \cdot \\ & \cdot \cos(\omega - \Omega)t \sin \Omega t - \frac{r\omega^2}{2\Omega(\omega + \Omega)} \sin(\omega - \Omega)t \cdot \\ & \cdot \sin \Omega t - \frac{r\omega^2}{2\Omega(\omega + \Omega)} \sin(\omega + \Omega)t \sin \Omega t \end{aligned}$$

a obecné řešení podle /55/

$$\begin{aligned} x = x_p = x_h = & \frac{g}{\Omega^2} \sin d + \frac{r\omega^2 f}{2\Omega(\omega - \Omega)} \sin(\omega - \Omega)t \cos \Omega t - \\ /58/ & - \frac{r\omega^2 f}{2(\omega + \Omega)\Omega} \cdot \sin(\omega + \Omega)t \cos \Omega t - \frac{r\omega^2}{2\Omega(\Omega + \omega)} \cos \Omega t \cdot \\ & \cdot \cos(\Omega + \omega)t - \frac{r\omega^2}{2\Omega(\Omega - \omega)} \cos(\Omega - \omega)t \cos \Omega t + \frac{r\omega^2 f}{2\Omega(\omega + \Omega)} \cdot \\ & \cdot \cos(\omega + \Omega)t \sin \Omega t + \frac{r\omega^2 f}{2\Omega(\omega - \Omega)} \cos(\omega - \Omega)t \sin \Omega t - \\ & - \frac{r\omega^2}{2\Omega(\omega - \Omega)} \sin(\omega - \Omega)t \sin \Omega t - \frac{r\omega^2}{2\Omega(\omega + \Omega)} \sin \Omega t \cdot \\ & \cdot \sin(\omega + \Omega)t + a_1 \cos \Omega t + a_2 \sin \Omega t \end{aligned}$$

Pro určení integračních konstant a_1, a_2 mějme tyto počáteční podmínky $t = 0, \dots, x = x_0, v = 0$ určíme dx/dt

$$\begin{aligned} \frac{dx}{dt} = 0 = & \frac{r\omega^2 f}{2\Omega(\omega-\Omega)} \left[\cos(\omega-\Omega)t (\omega-\Omega) \cos \Omega t - \right. \\ & \left. - \sin(\omega-\Omega)t \sin \Omega t \cdot \Omega \right] - \frac{r\omega^2 f}{2\Omega(\omega+\Omega)} \left[\cos(\omega+\Omega)t \cdot \right. \\ & \cdot (\omega+\Omega) \cos \Omega t - \sin(\omega+\Omega)t \sin \Omega t \cdot \Omega \left. \right] - \frac{r\omega^2}{2\Omega(\Omega+\omega)} \\ & \cdot \left[-\sin(\Omega+\omega)t (\Omega+\omega) \cos \Omega t - \cos(\Omega+\omega)t \sin \Omega t \cdot \Omega \right] - \\ & - \frac{\omega^2 r}{2\Omega(\Omega-\omega)} \left[-\sin(\Omega-\omega)t (\Omega-\omega) \cos \Omega t - \cos(\Omega-\omega)t \cdot \right. \\ & \cdot \sin \Omega t \cdot \Omega \left. \right] + \frac{r\omega^2 f}{2\Omega(\omega+\Omega)} \left[-\sin(\omega+\Omega)t (\omega+\Omega) \sin \Omega t + \right. \\ & + \cos(\omega+\Omega)t \cos \Omega t \cdot \Omega \left. \right] + \frac{r\omega^2 f}{2\Omega(\omega-\Omega)} \left[-\sin(\omega-\Omega)t \cdot \right. \\ & \cdot (\omega-\Omega) \sin \Omega t + \cos(\omega-\Omega)t \cos \Omega t \cdot \Omega \left. \right] - \frac{r\omega^2}{2\Omega(\omega-\Omega)} \\ & \cdot \left[\cos(\omega-\Omega)t (\omega-\Omega) \sin \Omega t + \sin(\omega-\Omega)t \cos \Omega t \cdot \Omega \right] - \\ & - \frac{r\omega^2}{2\Omega(\omega+\Omega)} \left[\cos(\omega+\Omega)t (\omega+\Omega) \sin \Omega t + \right. \\ & + \sin(\omega+\Omega)t \cos \Omega t \cdot \Omega \left. \right] - a_1 \cos \Omega t \cdot \Omega + a_2 \cos \Omega t \cdot \Omega \end{aligned}$$

pro $t = 0$ je

$$\begin{aligned} 0 = & \frac{r\omega^2 f(\omega-\Omega)}{2\Omega(\omega-\Omega)} - \frac{r\omega^2 f(\omega+\Omega)}{2\Omega(\omega+\Omega)} + \frac{r\omega^2 f \cdot \Omega}{2\Omega(\omega+\Omega)} + \frac{r\omega^2 f \cdot \Omega}{2\Omega(\omega-\Omega)} \\ & + a_2 \Omega \\ & \underline{\underline{a_2 = - \frac{r\omega^2 f}{2\Omega(\omega+\Omega)} - \frac{r\omega^2 f}{2\Omega(\omega-\Omega)}}} \end{aligned}$$

pro $t = 0$ plyne z /57/

$$- \frac{r\omega^2}{2\Omega(\Omega+\omega)} - \frac{r\omega^2}{2\Omega(\Omega-\omega)} + a_1 = x_0$$

a tedy

$$a_1 = x_0 + \frac{r\omega^2}{2\Omega(\Omega+\omega)} - \frac{r\omega^2}{2\Omega(\Omega-\omega)}$$

a výsledné obecné řešení diferenciální rovnice

/53/ lze psát

$$\begin{aligned} x = & \frac{g}{\Omega^2} \sin \alpha + \frac{r\omega^2 f}{2\Omega(\Omega-\omega)} \sin(\omega-\Omega)t \cos \Omega t - \frac{r\omega^2 f}{2\Omega(\omega+\Omega)} \\ /59/ & \cdot \sin(\omega+\Omega)t \cos \Omega t - \frac{r\omega^2}{2\Omega(\Omega+\omega)} \cos(\Omega+\omega)t \cos \Omega t - \\ & - \frac{r\omega^2}{2\Omega(\Omega-\omega)} \cos(\Omega-\omega)t \cos \Omega t + \frac{r\omega^2 f}{2\Omega(\Omega+\omega)} \sin \Omega t \cdot \\ & \cdot \cos(\omega+\Omega)t + \frac{r\omega^2 f}{2\Omega(\omega-\Omega)} \cos(\omega-\Omega)t \sin \Omega t - \frac{r\omega^2}{2\Omega(\omega-\Omega)} \\ & \cdot \sin(\omega-\Omega)t \sin \Omega t - \frac{r\omega^2}{2\Omega(\omega+\Omega)} \sin(\omega+\Omega)t \sin \Omega t + x_0 \cos \Omega t + \\ & + \frac{r\omega^2}{2\Omega(\Omega+\omega)} \cos \Omega t + \frac{r\omega^2}{2\Omega(\Omega-\omega)} \cos \Omega t - \left[\frac{r\omega^2}{2\Omega(\omega+\Omega)} + \frac{r\omega^2}{2\Omega(\omega-\Omega)} \right] \\ & \cdot \sin \Omega t \end{aligned}$$

Abychom došli k přehlednějšímu výsledku, použijme metody superposice platné pro lineární kmitání mějme opět rovnici /53/

$$m\ddot{x} + kx = mg \sin \alpha + mr\omega^2 \cos \omega t + mr\omega^2 f \sin \omega t$$

řešení rovnice se dá předpokládat v tomto tvaru

$$/60/ \quad x(t) = A_0 + A_1 \cos \omega t + B_1 \sin \omega t$$

Jednotlivé neznámé integrační konstanty A_0, A_1, B_1 vyjádříme pomocí dosazení do původní rovnice a pomocí porovnání obou stran. Dvojnásobným derivováním podle času dostaneme pro A_0

$$x_0 = A_0$$

$$x_0 = 0$$

$$x_0 = 0$$

dosadíme-li

$$m \cdot 0 + k \cdot 0 + c A_0 = P_0$$

kde

$$P_0 = mg \sin \alpha$$

z čehož

$$/61/ \quad A_0 = \frac{P_0}{c}$$

dvojnásobným derivováním

$$x_1 = A_1 \cos \omega t + B_1 \sin \omega t$$

$$/62/ \quad \dot{x}_1 = -\omega A_1 \sin \omega t + B_1 \omega \cos \omega t$$

$$\ddot{x}_1 = -A_1 \omega^2 \cos \omega t - B_1 \omega^2 \sin \omega t$$

$$\ddot{x}_1 = -\omega^2 [A_1 \cos \omega t + B_1 \sin \omega t]$$

takže dosadíme-li

$$m \omega^2 [-A_1 \cos \omega t - B_1 \sin \omega t] + k [A_1 \cos \omega t + B_1 \sin \omega t] =$$

$$= O_1 \cos \omega t + O_2 \sin \omega t$$

porovnáme-li členy při sinusových a kosinusových
členech

$$A_1 (k - m \omega^2) = O_1$$

$$B_1 (k - m \omega^2) = O_2$$

a tedy

$$A_1 = \frac{O_1}{k - m \omega^2}$$

$$B_1 = \frac{O_2}{k - m \omega^2}$$

a výsledný pohyb je

$$/63/ \quad x = \frac{P_0}{k} + \frac{O_1}{k - m \omega^2} \cos \omega t + \frac{O_2}{k - m \omega^2} \sin \omega t$$

a úpravou lze psát

$$/64/ \quad x = \frac{P_0}{k} + C \sin (\omega t + \rho)$$

kde

$$C = \sqrt{\frac{O_1^2}{(k - m \omega^2)^2} + \frac{O_2^2}{(k - m \omega^2)^2}} = \sqrt{\frac{O_1^2 + O_2^2}{(k - m \omega^2)^2}} = \frac{\sqrt{O_1^2 + O_2^2}}{k - m \omega^2}$$

$$/65/ \quad \operatorname{tg} \varphi = \left| \frac{\frac{O_1}{k - m\omega^2}}{\frac{O_2}{k - m\omega^2}} \right| = \left| \frac{O_1}{O_2} \right| \quad \text{obecně } \operatorname{tg} \varphi = \left| \frac{A_1}{A_2} \right|$$

Na základě těchto odvozených vzorců si nyní provedeme vlastní číselný výpočet pro vibrační nože I/přesněji řečeno pro vibrační nůž I se třemi hranami/

$$\begin{aligned} O_1 &= m r \omega^2 \\ O_2 &= m r \omega^2 f \end{aligned} \Rightarrow \operatorname{tg} \varphi = \left| \frac{m r \omega^2}{m r \omega^2 f} \right| = \frac{1}{f} = \frac{1}{0,15} = 6,675$$

a tedy

$$\operatorname{tg} \varphi = 6,675 \Rightarrow \varphi = 81^\circ 25'$$

$$\varphi = 81^\circ 25'$$

kde

$$\frac{p_0}{k} = \frac{m g \sin \alpha}{k} = \frac{0,000682 \cdot 981 \cdot 0,42262}{15} = 0,0189 \text{ cm}$$

$$\frac{p_0}{k} = 0,0189 \text{ cm}$$

$$C = \frac{\sqrt{9,1 + 0,2075}}{15 - 0,000682 \cdot 42^2} = 0,221 \text{ cm}$$

$$C = 0,221 \text{ cm}$$

$$O_1 = 0,000682 \cdot 25 \cdot 42^2 = 3,01 \text{ kg}$$

$$O_1 = 3,01 \text{ kg}$$

$$O_2 = 3,01 \cdot 0,15 = 0,455 \text{ kg}$$

$$O_2 = 0,455 \text{ kg}$$

dosaíme-li do původní rovnice /64/

$$/65/ \quad x = 0,019 + 0,221 \sin(\omega t + 81^\circ 25')$$

pro $\omega t = 0$ je výchylka

$$x = 0,019 + 0,221 \sin 81^\circ 25' = 0,238 \text{ cm}$$

$$x = 0,238 \text{ cm}$$

Takto bychom opakovali výpočet pro $\psi = \omega t = 30^\circ, 45^\circ$, a pro 90° . Jelikož je výpočet pro tyto hodnoty zcela obdobný, neprovádíme jej zde číselně, ale výsledky zahrneme přímo do tabulky obr./IV/25.

		$\omega t = 0$	$\omega t = \pi/6$	$\omega t = \pi/4$	$\omega t = \pi/2$
x	cm	0,238	0,225	0,197	0,054
S	kg	3,575	3,380	2,980	0,810
$T_I + T_4$	kg	0,000	0,113	0,159	0,243

obr./IV/25

Direkční tlačná síla pružiny S a třecí síla $T = T_I + T_4$ jsou výchozími hodnotami pro namáhání hřídele, pro zjištění reakcí v jeho uložení.

d/ Řešení tlumeného vynuceného kmitání při chodu stroje za provozního zatížení

Nejdříve si musíme zjistit velikosti průběhu sil, které působí při pracovním chodu na vibrační nůž. Budeme vycházet ze statí III obr.7, obr.8, kde je hodnota $S_{Istř}$. Tato síla, resp. rovnoměrně rozložené namáhání je obecně periodickou, proměnlivou budící silou pro naši hmotu. K této periodicky proměnlivé budící síle přistupuje ještě harmonická budící síla, která vzniká působením odstředivého zrychlení na hmotu. K tomu, abychom zjistili periodicky proměnlivé budící síly její harmonické, musíme provést její harmonickou analýzu. Harmonickou analýzu lze provést několika metodami, např. Rungeho metoda, pomo-

cí niž se určí prvních šest harmonických, atd...
Periodické křivky, které chceme vyjádřit pomocí
Fourierovy řady anebo harmonickou analýzou, musí
vyhovovat těmto podmínkám, jsou to tzv.

Dirichletovy podmínky:

ve vyšetřovaném intervalu musí mít křivka

a/konečný počet extrémních hodnot

b/konečný počet nespojitosti takových, že

limity funkce zprava $\lim_{x \rightarrow +} f(x)$ i zleva $\lim_{x \rightarrow -} f(x)$

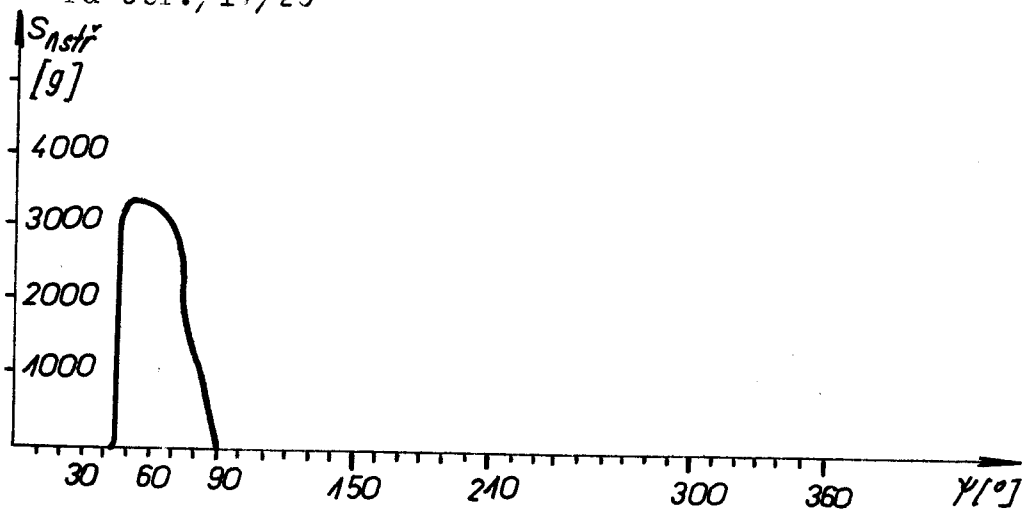
jsou konečné hodnoty.

c/hodnoty funkce jsou v koncových bodech

vyšetřovaného intervalu konečné.

Naše periodická funkce vyhovuje těmto Dirichletovým podmínkám.

Nyní si znázorníme periodickou buďící sílu v grafu obr./IV/26



obr./IV/26

Tato funkce $S_{\text{istr}} = f/x/$ je funkcí periodickou
s periodou $T = 2\pi$. Jak již víme, libovolnou /tedy
i naši periodickou funkci $f/t/-$ ovšem v každém

intervalu jednoznačnou a konečnou lze rozvinout v nekonečnou řadu

$$/66/ \quad f(x) = \frac{1}{2} b_0 + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin nx + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos nx$$

kde konstanty b_0, a_n, b_n jsou určeny vztahy

$$b_0 = \frac{2}{T} \int_0^T f(x) dx$$

$$/67/ \quad a_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(x) \sin nx dx$$

$$b_n = \frac{2}{T} \int_0^T f(x) \cos nx dx$$

Zahrneme-li člen b_0 do součtu b_n při $n = 0$ lze psát

$$/68/ \quad f(x) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n \sin nx + \sum_{n=0}^{\infty} b_n \cos nx$$

a tato nekonečná goniometrická řada se nazývá Fourierovou řadou.

Jelikož zde v našem případě je dána periodickou funkcí grafu, neanalytickým výrazem jednotlivých úseků funkce, budeme si muset určit jednotlivé koeficienty řady početně. Určíme je z grafu následovně. Pro každou ⁱ další frekvenci $\frac{2k\pi}{T}$ určíme hodnoty funkcí $f(x) \sin \frac{2k\pi x}{T}$ a $f(x) \cos \frac{2k\pi x}{T}$ v intervalu $/0, T/$, a provedeme jejich integraci v mezích 0 do T. Integraci lze provést planimetrem, graficky nebo početně. My zde mějme poslední způsob početné integrace. Rozdělíme si tedy periodu T na 24 dílů, v nichž vypočítáváme hodnoty $\sin \frac{2k\pi x}{T}$, $\cos \frac{2k\pi x}{T}$ vynásobíme hodnotami funkce, sečteme a součet násobíme délkou 1 dílku /jednoho dílku/. To tedy znamená, že my nahradíme skutečný průběh analysované

x	$\frac{\pi x}{18}$	$f(x)$	$f(x) \sin \frac{\pi x}{18}$	$\sin \frac{\pi x}{9}$	$f(x) \sin \frac{\pi x}{9}$	$\sin \frac{2\pi x}{9}$	$f(x) \sin \frac{2\pi x}{9}$	$\sin \frac{5\pi x}{18}$	$f(x) \sin \frac{5\pi x}{18}$	$\sin \frac{\pi x}{3}$	$f(x) \sin \frac{\pi x}{3}$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0,17365	0	0	0,34202	0	0,64279	0	0,76804	0	0,86603	0,86603
2	0,34202	0	0	0,64279	0	0,98481	0	0,17365	0	0,86603	0,86603
3	0,50000	0	0	0,86603	0	0,86603	0	0,50000	0	0	0
4	0,64279	0	0	0,98481	0	0,34202	0	-0,34202	0	-0,86603	-0,86603
5	0,76604	3,423	2,58006	0,98481	3,36988	-0,34202	-0,11996	-0,93969	-1,14096	-0,86603	-0,86603
6	0,86603	3,688	3,19368	0,86603	3,17326	-0,86603	-3,19326	-0,86603	-3,19326	0	0
7	0,93969	3,020	2,83752	0,64279	1,94424	-0,50000	-1,50990	-0,17365	-0,52416	0,86603	0,86603
8	0,98481	1,508	1,48542	0,34279	0,51702	-0,86603	-1,29178	0,64279	0,46939	0,86603	0,86603
9	1	0,357	0,35700	0	0	-1,00000	-0,36700	0	0	0	0
10		0	0		0		0		0		
11		0	0		0		0		0		
12		0	0		0		0		0		
			11,996	1045338	9,00440	-1,36718	-0,28660	-3,89799	-0,108		

pokračování

x	$f(x)$	$\cos \frac{2x}{6}$	$f(x) \cos \frac{2x}{6}$	$\cos \frac{2x}{9}$	$f(x) \cos \frac{2x}{9}$	$\cos \frac{2x}{12}$	$f(x) \cos \frac{2x}{12}$	$\cos \frac{2x}{3}$	$f(x) \cos \frac{2x}{3}$
0	0	1	0	1	0	1	0	1	0
2	0	0,86603	0	0,76604	0	0,64279	0	0,50000	0
2	0	0,50000	0	0,17365	0	-0,47365	0	-0,50000	0
3	0	0	0	-0,50000	0	-0,86603	0	-1	0
4	0	-0,50000	0	-0,93969	0	-0,93969	0	-0,50000	0
5	3,42300	-0,86603	-2,96436	-0,93969	-3,29836	-0,34202	-1,16873	0,50000	1,74150
6	3,68800	-1	-3,68760	-0,50000	-1,84380	0,50000	0,84400	1	3,68820
7	3,02000	-0,86603	-2,83752	0,17365	0,52446	0,98481	2,97483	0,50000	1,50000
8	1,50800	-0,50000	-0,75390	0,64279	0,98939	0,76604	1,15594	-0,50000	-0,75400
9	0,35700	0	0	1	0,35700	0	0	-1	-0,35700
10	0		0		0	0	0		
11	0		0		0	0	0		
...									
	14,996		-10,24338		-3,20961		4,80459		6,15550
			$-b_3 = 0,284$		$-b_4 = 0,089$		$b_5 = 0,134$		$b_6 = 0,177$

funkce průběhem stupňovým.

Integrál $\int_0^T f(x) dx$ je přibližně dán algebraickým součtem hodnot funkce násobené složkou jednoho dílku/v našem případě je šířka dílku rovna 0,5 cm = 5 mm,

tedy $0,5 \times 11,996 = \underline{5,9980}$

protože je $T = 36$ dílků budpu koeficienty

$$b_0 = \frac{2}{T} \int_0^T f(x) dx \doteq \frac{2}{36} \cdot 5,998 = \underline{0,33375}$$

$$b_0 = \underline{0,33375}$$

k výpočtu koeficientů a_1 vyhledáme pro dělicí hodnoty

$$\sin \frac{2\pi x}{36} = \sin \frac{\pi x}{18}$$

viz 3 sloupec tabulky obr./IV/27 a ve 4 sloupci této tabulky určíme pro každou hodnotu x součin

$$f(x) \sin \frac{\pi x}{18}$$

Součet takto získaných hodnot po vynásobení šířkou dílku, je přibližně hodnotou integrálu

$$\int_0^T f(x) \sin \frac{2\pi x}{36} dx = 0,5 \cdot 10,454 = \underline{5,2270}$$

a tedy

$$a_1 = \frac{2}{36} \cdot 5,227 = \underline{0,293}$$

$$a_1 = \underline{0,293}$$

pro a_2

$$\int_0^T f(x) \sin \frac{2 \cdot 2\pi x}{36} dx \doteq 0,5 \cdot 9,0044 = \underline{4,50070}$$

atd.... $a_2 = \frac{2}{36} \cdot 4,5007 = \underline{0,2501}$

$$a_2 = \underline{0,2501}$$

Další hodnoty koeficientů jsou uvedeny v tabulce obr./IV/27.

Nyní, kdy máme již jednotlivé hodnoty koeficientů zjištěny, lze psát:

$$f_1(x) = 0,334 + 0,293 \sin \frac{\pi x}{18} + 0,25 \sin \frac{\pi x}{9} - \\ - 0,038 \sin \frac{\pi x}{6} - 0,231 \sin \frac{2\pi x}{9} - 0,108 \sin \frac{5\pi x}{18} + \\ + 0,122 \sin \frac{7\pi x}{18} + 0,148 \cos \frac{\pi x}{18} - 0,181 \cos \frac{\pi x}{9} - \\ - 0,284 \cos \frac{\pi x}{6} - 0,089 \cos \frac{2\pi x}{9} + 0,134 \cos \frac{5\pi x}{18} + \\ + 0,171 \cos \frac{\pi x}{6}$$

kde

$$\omega t = \frac{2\pi x}{7} = \frac{2\pi x}{36}$$

pak lze upravit rovnici takto:

$$/69/ \quad f_1(t) = 0,334 + 0,293 \sin \omega t + 0,25 \sin 2\omega t - \\ - 0,038 \sin 3\omega t - 0,231 \sin 4\omega t - 0,108 \sin 5\omega t + \\ + 0,122 \sin 7\omega t + 0,148 \cos \omega t - 0,181 \cos 2\omega t - \\ - 0,284 \cos 3\omega t - 0,089 \cos 4\omega t + 0,134 \cos 5\omega t + \\ + 0,171 \cos 6\omega t$$

nebo pomocí obr./IV/28

k	A_k	B_k	$\tan \gamma_k$	A_k^2
1	0,293	0,148	1,980	0,0860
2	0,250	-0,181	1,380	0,0625
3	-0,038	-0,284	0,134	0,0014
4	-0,231	-0,089	2,600	0,0535
5	-0,108	0,134	0,8075	0,0117
6	0,010	0,171	0,588	0,0009
7	0,122	0	∞	0,0149

k	B_k^2	$A_k^2 + B_k^2$	r_k	γ_k	γ_k
1	0,0220	0,1080	0,328	63°10'	63°10'
2	0,0355	0,0980	0,313	54°	126°
3	0,0015	0,0029	0,287	7°35'	187°35'
4	0,0079	0,0614	0,248	69°	249°
5	0,0180	0,0297	0,172	39°	321°
6	0,0293	0,0294	0,171	30°30'	30°30'
7	0	0,0149	0,122	90°	90°

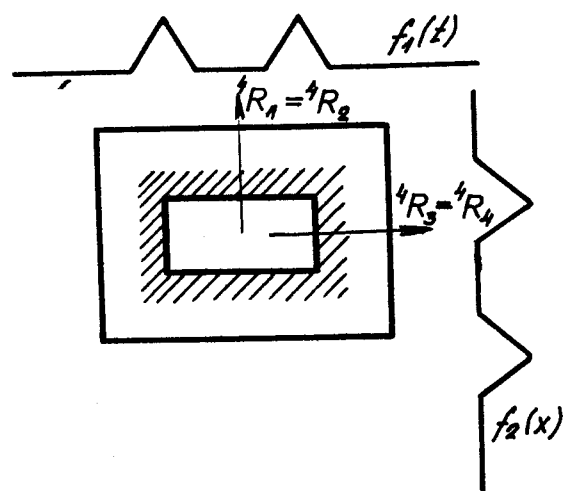
obr./IV/28

lze psát funkci f_1/t též takto:

$$f_1(t) = 0,334 + 0,328 \sin(\omega t + 63^\circ 10') + \\ + 0,313 \sin(2\omega t + 126^\circ) + 0,287 \sin(3\omega t + 187^\circ 35') + \\ + 0,248 \sin(4\omega t + 249^\circ) + 0,172 \sin(5\omega t + 321^\circ) + \\ + 0,071 \sin(6\omega t + 30^\circ 30') + 0,122 \sin(7\omega t + 90^\circ)$$

Tímto vyjádřením máme dokonalou představu o poloze každé harmonické složky.

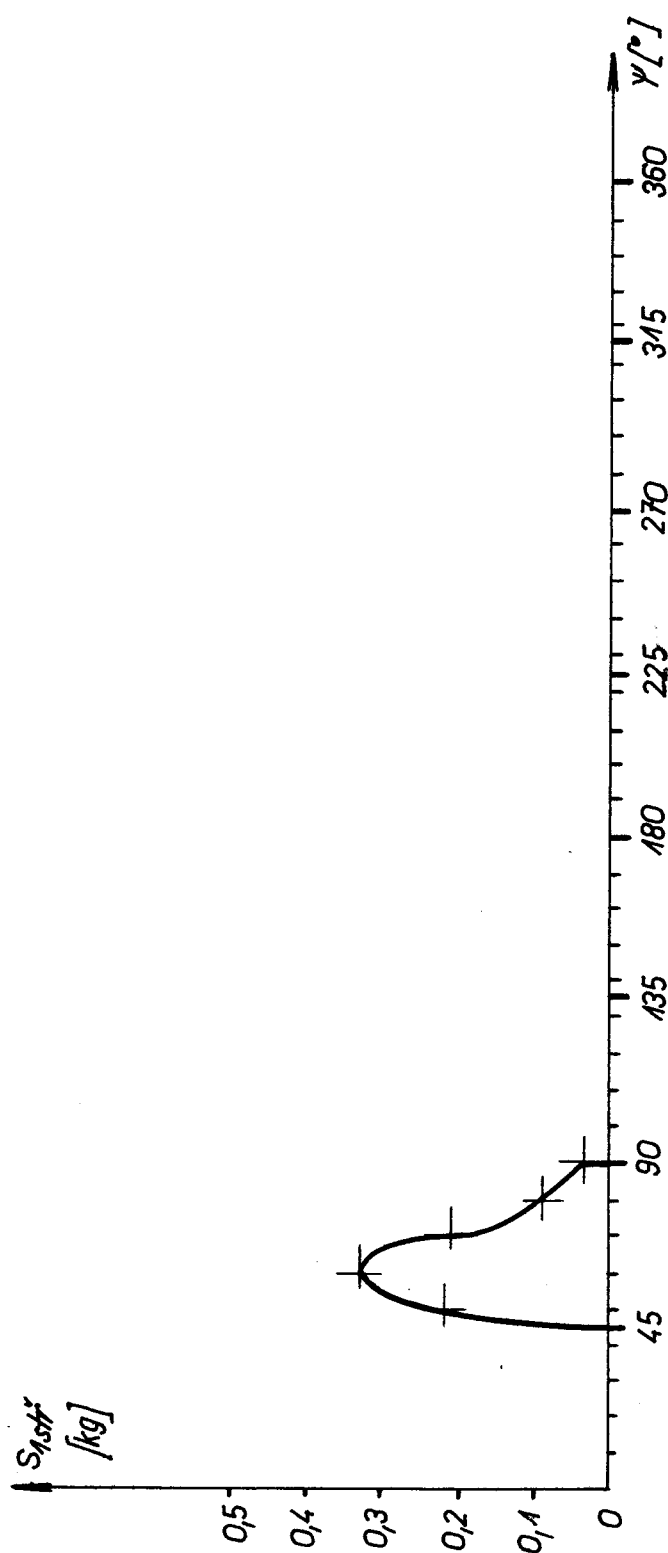
Nyní si musíme ještě zjistit průběh sil ve svíslém směru. Tyto síly jsou opět vyvozeny od namáhání stonku a jsou charakterisovány funkcí f_2/t .



obr./IV/29

Tato funkce f_2 je dána zatížením od sil F_1 , resp. F_2 viz stať III obr.7. obr.8. Tyto hodnoty si vynásobíme délkou m a, abychom tak zjistili celkové síly. Nyní si vypočítáme střední hodnoty sil F_1, F_2 a jejich hodnoty si zaneseme do grafu obr./IV/30 a obr./IV/31.

A nyní, kdy máme zjištěny všechny koeficienty viz



obr./IV/30

Průběh zatížení na celý nůž

VŠST LIBEREC	Kinematické a dynamické posouzení lánacího a stíracího ústrojí pro přípravu stonku k získání dlouhého vlákna	DP -- STR. 113
		9. ŘÍJNA 1965 František Sassmann

VŠST LIBEREC	Kinematické a dynamické posouzení lánacího a stíracího ústrojí pro přípravu stonku k získání dlouhého vlákna	DP -- STR. 113
		9. ŘÍJNA 1965 František Sassmann

VŠST LIBEREC	Kinematické a dynamické posouzení lánacího a stíracího ústrojí pro přípravu stonku k získání dlouhého vlákna	DP -- STR. 113
		9. ŘÍJNA 1965 František Sassmann

VŠST LIBEREC	Kinematické a dynamické posouzení lánacího a stíracího ústrojí pro přípravu stonku k získání dlouhého vlákna	DP -- STR. 113
		9. ŘÍJNA 1965 František Sassmann

VŠST LIBEREC	Kinematické a dynamické posouzení lánacího a stíracího ústrojí pro přípravu stonku k získání dlouhého vlákna	DP -- STR. 113
		9. ŘÍJNA 1965 František Sassmann

[illegible]

VŠST LIBEREC

Kinematické a dynamické po-
souzení lámacího a stíracího
ustrojí pro přípravu stonku
k získání dlouhého vlákna

DP — STR. 114

9. ŘÍJNA 1965

František Sassmann

x	$f(x) \sin \frac{\pi x}{3}$	$f(x)$	$\sin \frac{7\pi x}{18}$	$f(x) \sin \frac{2\pi x}{18}$	$\sin \frac{4\pi x}{9}$	$f(x) \sin \frac{\pi x}{9}$	$\sin \frac{\pi x}{2}$	$f(x) \sin \frac{\pi x}{2}$	$\cos \frac{\pi x}{18}$	$f(x) \cos \frac{\pi x}{18}$	$\cos \frac{2\pi x}{9}$	$f(x) \cos \frac{\pi x}{9}$
0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0
1	0	0	0,93969	0	0,98481	0	1	0,98481	0,98481	0	0,93969	0
2	0	0	0,64279	0	0,34202	0	0	0	0,93969	0	0,76604	0
3	0	0	-0,50000	0	-0,86603	0	-1	0	0,86603	0	0,50000	0
4	0	0	-0,98481	0	-0,64279	0	0	0	0,76604	0	0,17365	0
5	-0,99226	0,222	-0,17365	-0,03855	0,64279	0,14270	1	0,22200	0,64279	0,14270	-0,17365	-0,03855
6	0	0,332	0,86603	0,28752	0,86603	0,28752	0	0	0,50000	0,16620	-0,50000	-0,16620
7	0,99226	0,222	0,76604	0,17006	-0,34202	-0,07592	-1	-0,22200	0,34202	0,07593	-0,76604	-0,17006
8	0,07881	0,091	-0,34202	-0,03842	-0,98481	-0,08962	0	0	0,17365	0,01580	-0,93164	-0,08531
9	0	0,038	-1	-0,03860	0	0	1	0,03860	0	0	-1	-0,03860
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
...	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
...	0,07881	0,9056	0,34931	0,26467	0,03860	0,40043	-0,49872	-0,49872	-0,49872	-0,49872	-0,49872	-0,49872

pokračování

x	$f(x)$	$\cos \frac{f(x)}{6}$	$f(x) \cos \frac{f(x)}{6}$	$\cos \frac{2f(x)}{9}$	$f(x) \cos \frac{2f(x)}{9}$	$\cos \frac{5f(x)}{18}$	$f(x) \cos \frac{5f(x)}{18}$
0	0	1	0	1	0	1	0
1	0	0,86603	0	0,76604	0	0,64274	0
2	0	0,50000	0	0,17365	0	-0,47365	0
3	0	0	0	-0,50000	0	-0,86603	0
4	0	-0,50000	0	-0,93969	0	-0,93969	0
5	0,222	-0,86603	-0,19216	-0,93969	-0,20864	-0,34202	-0,07593
6	0,332	-1	-0,33200	-0,50000	-0,16600	0,50000	0,16600
7	0,222	-0,86603	-0,19226	0,17365	0,03855	0,98484	0,20863
8	0,091	-0,50000	-0,045	0,64274	0,05849	0,76604	0,05849
9	0,0386	0	0	1	0	0	0
10	0		0		0		0
11	0		0		0		0
∴	0		0		0		0
	0,9056		-0,66152		-0,27757		0,37844
			$-b_3 = 0,018$		$-b_4 = 0,008$		$b_5 = 0,0105$

tabulka obr./IV/31, lze nahradit naší periodickou funkcí touto Fourierovou řadou.

$$\begin{aligned} /71/ \quad f_2(x) = & 0,025 + 0,011 \sin \frac{\pi x}{18} + 0,019 \sin \frac{\pi x}{9} - \\ & - 0,003 \sin \frac{\pi x}{6} - 0,018 \sin \frac{2\pi x}{9} - 0,013 \frac{5\pi x}{18} + \\ & + 0,011 \cos \frac{\pi x}{9} - 0,014 \cos \frac{\pi x}{9} - 0,018 \cos \frac{\pi x}{6} - \\ & - 0,008 \cos \frac{2\pi x}{9} + 0,001 \cos \frac{5\pi x}{18} \end{aligned}$$

a pro $\omega t = \frac{2\pi x}{36}$ píšeme

$$\begin{aligned} /72/ \quad f_2(t) = & 0,025 + 0,011 \sin \omega t + 0,019 \sin 2\omega t - \\ & - 0,003 \sin 3\omega t - 0,018 \sin 4\omega t - 0,013 \sin 5\omega t + \\ & + 0,011 \cos \omega t - 0,014 \cos 2\omega t - 0,018 \cos 3\omega t - \\ & - 0,008 \cos 4\omega t + 0,01 \cos 5\omega t \end{aligned}$$

a pomocí úpravy dle obr./IV/32

k	A_k	B_k	A_k^2	φ_k
1	0,0110	0,0110	0,000121	4,0
2	+0,0190	-0,0140	0,000362	1,358
3	-0,0080	-0,0180	0,000064	0,167
4	-0,0080	-0,0080	0,000064	2,250
5	-0,0130	0,0105	0,000169	1,238

k	B_k^2	$A_k^2 + B_k^2$	r_k	γ_k	ψ_k
1	0,000121	0,000242	0,0163	45°	45°
2	0,000196	0,000558	0,0236	53°35'	126°25'
3	0,000064	0,000333	0,0184	9°30'	189°30'
4	0,000064	0,000398	0,0197	66°	246°
5	0,000169	0,000279	0,0167	51°	309°

obr./IV/32

lze tedy také psát

$$f_2(t) = 0,025 + 0,015 \sin(\omega t + 45^\circ) + 0,024 \cdot \\ /73/ \sin(2\omega t + 126^\circ 25') + 0,018 \sin(3\omega t + 184^\circ 30') + \\ + 0,02 \sin(4\omega t + 246^\circ) + 0,017 \sin(5\omega t + 309^\circ)$$

Rovnice /73/ resp. /72/ a rov. /70/ resp. /69/ jsou tedy funkcemi průběhu složek sil vznikající při lámání a potírání stonku. Tyto síly jsou v rovinách kolmých na sebe. Vibrační nůž, na nějž působí tyto síly je přenáší podle zákona akce a reakce, na podložku po níž se smýká. Tato reakce násobená součinitelem tření f dává třecí sílu. To tedy znamená, že proti pohybu vibračního nože bude působit nejen směrová síla pružiny, ale též třecí síly. Obě třecí síly, jejichž průběh je funkcemi $f_1/t/$ a $f_2/t/$ jsou souhlasného směru, lze je nahradit výslednou třecí silou. To znamená, že bereme funkci $f_1/t/$ a $f_2/t/$. Výsledná funkce je tedy:

$$f(t) = f_1(t) + f_2(t) = 0,334 + 0,293 \sin \omega t + 0,25 \sin 2\omega t - \\ - 0,038 \sin 3\omega t - 0,231 \sin 4\omega t - 0,108 \sin 5\omega t + \\ + 0,01 \sin 6\omega t + 0,122 \sin 7\omega t + 0,118 \cos \omega t - 0,181 \cos 2\omega t - \\ - 0,284 \cos 3\omega t - 0,089 \cos 4\omega t + 0,134 \cos 5\omega t + 0,171 \cos 6\omega t + \\ + 0,025 + 0,011 \sin \omega t + 0,019 \sin 2\omega t - 0,003 \sin 3\omega t - \\ - 0,018 \sin 4\omega t - 0,013 \sin 5\omega t + 0,011 \cos \omega t - 0,014 \cos 2\omega t - \\ - 0,018 \cos 3\omega t - 0,008 \cos 4\omega t + 0,01 \cos 5\omega t$$

$$\text{tedy } f(t) = 0,359 + 0,304 \sin \omega t + 0,269 \sin 2\omega t -$$

$$/74/ - 0,044 \sin 3\omega t - 0,249 \sin 4\omega t - 0,131 \sin 5\omega t + \\ + 0,010 \sin 6\omega t + 0,122 \sin 7\omega t + 0,159 \cos \omega t -$$

$$-0,195 \cos 2\omega t - 0,302 \cos 3\omega t - 0,097 \cos 4\omega t + \\ + 0,144 \cos 5\omega t + 0,171 \cos 6\omega t$$

pomocí tabulky obr./IV/33

k	A_k	B_k	γ_k	ρ_k°
1	0,304	0,159	1,910	0,0925
2	0,269	-0,195	1,380	0,0725
3	-0,041	-0,302	0,136	0,0016
4	-0,249	-0,097	2,565	0,0622
5	-0,131	0,144	0,910	0,0172
6	0,010	0,171	0,058	0,0001
7	0,122	0	∞	0,0119

k	B_k^2	$A_k^2 + B_k^2$	r_k	β_k	γ_k
1	0,02525	0,11775	0,342	62°25'	62°25'
2	0,03820	0,11070	0,332	57°5'	125°33'
3	0,00250	0,04418	0,306	7°45'	187°45'
4	0,00942	0,07162	0,267	68°45'	248°45'
5	0,02075	0,03795	0,194	42°15'	317°45'
6	0,02075	0,02935	0,171	3°20'	3°20'
7	0	0,01490	0,122	90°	90°

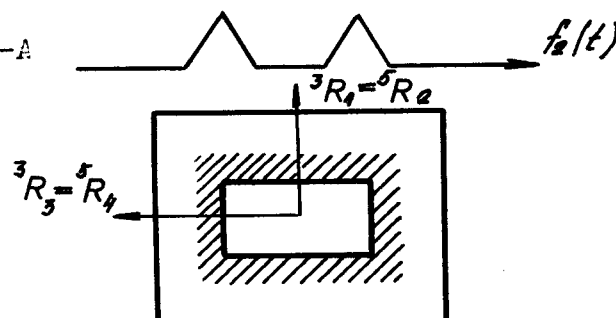
obr./IV/33

Lze vyjádřit funkci $f_v/t/$ též takto

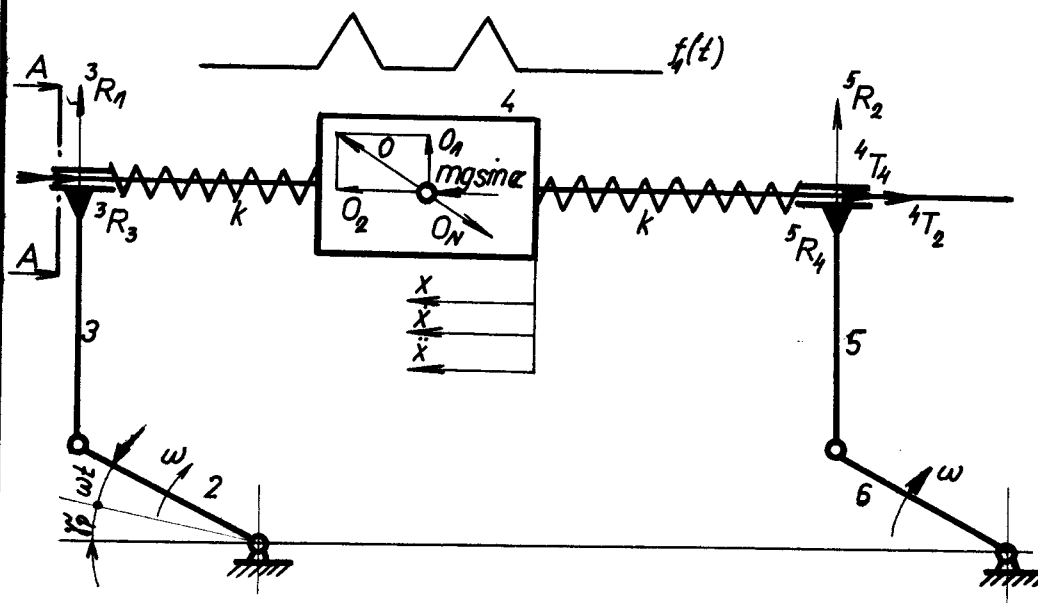
$$f_v(t) = 0,359 + 0,342 \sin(\omega t + 62^\circ 25') + \\ /75/ + 0,332 \sin(2\omega t + 125^\circ 55') + 0,306 \sin(3\omega t + 187^\circ 45') \\ + 0,267 \sin(4\omega t + 248^\circ 45') + 0,194 \sin(5\omega t + 317^\circ 45') \\ + 0,171 \sin(6\omega t + 3^\circ 20') + 0,122 \sin(7\omega t + 90^\circ)$$

Nyní si znázorníme kmitání nože a sestavíme jeho pohybovou rovnici v obr./IV/34

pohled A-A



obr./IV/34



obr./IV/34

Na obr./IV/34 vidíme, že na kmitající těleso nepůsobí jen odstředivá síla O_1 /svými složkami/, do směru pohybu složkou O_2 a do směru kolmého na směr pohybu složkou O_I /,ale též silami kolmými na směr pohybu/ na obr. jsou znázorněny křivkami $f_I/t/$ a $f_2/t/$. Tyto síly $f_I/t/$ a $f_2/t/$ způsobují reakce, které znásobené třecím koeficientem dávají třecí síly, jejichž směry jsou proti smyslu pohybu tělesa 4.

Vyjádříme si jednotlivé síly/složky/ působící na kmitající těleso 4

$$O_1 = mr\omega^2 \sin \omega t$$

$$O_2 = mr\omega^2 \cos \omega t$$

$${}^3R_1 + {}^5R_2 + {}^3R_3 + {}^5R_4 = 0,359 + 0,304 \sin \omega t + 0,269 \cdot$$

$$\sin 2\omega t - 0,047 \sin 3\omega t - 0,249 \sin 4\omega t - 0,137 \cdot$$

$$/176/ \sin 5\omega t + 0,010 \sin 6\omega t + 0,122 \sin 7\omega t + 0,159 \cos \omega t -$$

$$- 0,195 \cos 2\omega t - 0,302 \cos 3\omega t - 0,097 \cos 4\omega t +$$

$$+ 0,144 \cos 5\omega t + 0,171 \cos 6\omega t$$

k těmto reakcím 4R_1 , 4R_2 , 4R_3 , 4R_4 přísluší třecí síly

$${}^4T_1 + {}^4T_2 + {}^4T_3 + {}^4T_4 = 0,359 \cdot f + 0,304 \cdot f \sin \omega t +$$

$$+ 0,269 f \sin 2\omega t - 0,047 f \sin 3\omega t - 0,249 f \sin 4\omega t -$$

$$/177/ - 0,137 f \sin 5\omega t + 0,010 f \sin 6\omega t + 0,122 f \sin 7\omega t +$$

$$+ 0,15 f \cos \omega t - 0,195 f \cos 2\omega t - 0,302 f \cos 3\omega t -$$

$$- 0,097 f \cos 4\omega t + 0,144 f \cos 5\omega t + 0,171 f \cos 6\omega t +$$

$$+ m\omega^2 \sin \omega t f$$

potom pohybová rovnice je

$$kx + m\ddot{x} = m\omega^2 \cos \omega t - 0,359 f - 0,304 f \sin \omega t -$$

$$/178/ - 0,269 f \sin 2\omega t + 0,047 f \sin 3\omega t + 0,249 f \sin 4\omega t +$$

$$+ 0,137 f \sin 5\omega t - 0,010 f \sin 6\omega t - 0,122 f \sin 7\omega t -$$

$$- 0,159 f \cos \omega t + 0,195 f \cos 2\omega t + 0,302 f \cos 3\omega t +$$

$$+ 0,097 f \cos 4\omega t - 0,144 f \cos 5\omega t - 0,171 f \cos 6\omega t -$$

$$m\omega^2 f \sin \omega t + mg \sin \alpha$$

po úpravě

$$m\ddot{x} + kx = mg \sin \alpha - 0,359 f + (m\omega^2 - 0,159 f) \cdot$$

$$\cos \omega t + 0,195 f \cos 2\omega t + 0,302 f \cos 3\omega t +$$

$$\begin{aligned}
 & + 0,097 f \cos 4\omega t - 0,144 f \cos 5\omega t - 0,179 f \cdot \\
 & \cdot \cos 6\omega t - (0,304 f + m r \omega^2 f) \sin \omega t - \\
 /79/ & - 0,269 f \sin 2\omega t + 0,041 f \sin 3\omega t + 0,249 f \cdot \\
 & \cdot \sin 4\omega t + 0,131 f \sin 5\omega t - 0,090 f \sin 6\omega t - \\
 & - 0,122 f \sin 7\omega t
 \end{aligned}$$

na pravé straně je síla již si můžeme vyjádřit
Fourierovou řadou

$$/80/ \quad P(t) = P_0 + \sum_{q=1}^6 P_{Aq} \cos q \omega t + \sum_{q=1}^7 P_{Bq} \sin q \omega t$$

a protože rovnice /c/ je lineární, bude mít řeše-
ní ve tvaru součtu partikulárních řešení pro
jednotlivé části Fourierovy řady ve tvaru

$$/81/ \quad x(t) = A_0 + \sum_{q=1}^6 A_q \cos q \omega t + \sum_{q=1}^7 B_q \sin q \omega t$$

Jednotlivé neznámé integrační konstanty A_0, A_q, B_q
získáme dosazením do původní rovnice a porovná-
ním obou jejích stran. Dvojnásobným derivováním
podle času získáme pro A_0

$$x_0 = A_0$$

$$x_0 = 0$$

$$x_0 = 0$$

dosadíme-li

$$m \cdot 0 + k A_0 = P_0$$

a z toho

/82/ $A_0 = \frac{P_0}{k}$ kde $P_0 = mgs \sin \alpha - 0,359f$

dvojnásobným derivováním q -tého členu Fourierovy řady získáme

$$x_q = A_q \cos q\omega t + B_q \sin q\omega t$$

$$\dot{x}_q = -A_q q\omega \sin q\omega t + q\omega B_q \cos q\omega t$$

$$\ddot{x}_q = -q^2\omega^2 A_q \cos q\omega t - q^2\omega^2 B_q \sin q\omega t$$

tedy

$$\ddot{x}_q = -q^2\omega^2 [A_q \cos q\omega t + B_q \sin q\omega t]$$

a dosadíme-li

$$m q^2 \omega^2 [-A_q \cos q\omega t - B_q \sin q\omega t] +$$

$$+ k [A_q \cos q\omega t + B_q \sin q\omega t] = P_{Aq} \cos q\omega t + P_{Bq} \sin q\omega t$$

a aby rovnice byla splněna, musí platit

$$\cos q\omega t = 0 \quad \sin q\omega t = 1$$

$$\sin q\omega t = 0 \quad \cos q\omega t = 1$$

takže členy při sinových a kosinových členech se musí rovnat

$$A_q (k - m q^2 \omega^2) = P_{Aq}$$

$$B_q (k - m q^2 \omega^2) = P_{Bq}$$

a tedy

$$A_q = \frac{P_{Aq}}{k - m q^2 \omega^2} \quad ; \quad B_q = \frac{P_{Bq}}{k - m q^2 \omega^2}$$

a dosadíme-li integrační konstanty A_0, A_q, B_q do rov. /81/ dostaneme

/83/
$$x(t) = \frac{P_0}{k} + \sum_{q=1}^6 \frac{P_{Aq}}{k - m q^2 \omega^2} \cos q\omega t + \sum_{q=1}^7 \frac{P_{Bq}}{k - m q^2 \omega^2} \cdot \sin q\omega t$$

a toto nyní upřesníme pro náš skutečný případ

$$\begin{aligned}
 x(t) = & \frac{mg \sin \alpha - 0,359f}{k} + \frac{(mr\omega^2 - 0,15f)}{k - m\omega^2} \cdot \cos \omega t + \\
 & + \frac{0,195f}{k - m4\omega^2} \cdot \cos 2\omega t + \frac{0,302f}{k - m9\omega^2} \cos 3\omega t + \\
 /84/ & + \frac{0,097f}{k - 16m\omega^2} \cos 4\omega t - \frac{0,144f}{k - 25m\omega^2} \cos 5\omega t - \\
 & - \frac{0,171f}{k - 36m\omega^2} \cos 6\omega t - \frac{(0,304 + mr\omega^2 f)}{k - m\omega^2} \cdot \sin \omega t - \\
 & - \frac{0,269f}{k - 4m\omega^2} \cdot \sin 2\omega t + \frac{0,049f}{k - 9m\omega^2} \sin 3\omega t + \\
 & + \frac{0,249f}{k - 16m\omega^2} \sin 4\omega t + \frac{0,131f}{k - 25m\omega^2} \sin 5\omega t - \\
 & - \frac{0,090f}{k - 36m\omega^2} \sin 6\omega t + \frac{0,122f}{k - 49m\omega^2} \sin 7\omega t
 \end{aligned}$$

Nyní provedeme řešení pro skutečný případ, přesněji řečeno pro vibrační nůž I se třemi hranami.

Pro zadané hodnoty

$f = 0,15$... součinitel smykového tření

$m = 0,000682 \text{ kg sec}^2 / \text{cm}$

$g = 981,5 \text{ cm/sec}^2$

$k = 15 \text{ kg/cm}$

$= 42 \text{ I/cm}$

jsou jednotlivé konstanty

$$x_0 = \frac{mg \sin \alpha - 0,359f}{k} = \frac{0,000682 \cdot 981,5 \cdot 0,42262 - 0,359 \cdot 0,15}{15}$$

$$x_0 = 0,044 \text{ cm}$$

$$x_0 = 0,044 \text{ cm}$$

$$A_1 = \frac{mr\omega^2 - 0,159f}{k - m\omega^2} = \frac{0,000682 \cdot 2,5 \cdot 42^2 - 0,159 \cdot 0,15}{15 - 0,000682 \cdot 1764} = 0,215 \text{ cm}$$

$$A_1 = 0,215 \text{ cm}$$

$$A_2 = \frac{0,145 \cdot 0,15}{15 - 4 \cdot 0,000682 \cdot 1764} = 0,00288 \text{ cm}$$

$$A_2 = 0,00288 \text{ cm}$$

$$A_3 = \frac{0,302 \cdot 0,15}{15 - 9 \cdot 0,000682 \cdot 1764} = 0,00965 \text{ cm}$$

$$A_3 = 0,00965 \text{ cm}$$

$$A_4 = \frac{0,097 \cdot 0,15}{15 - 16 \cdot 0,000682 \cdot 1764} = -0,00348 \text{ cm}$$

$$A_4 = -0,00348 \text{ cm}$$

$$A_5 = -\frac{0,144 \cdot 0,15}{15 - 25 \cdot 0,000682 \cdot 1764} = 0,00144 \text{ cm}$$

$$A_5 = 0,00144 \text{ cm}$$

$$A_6 = -\frac{0,171 f}{k - 36 m \omega^2} = \frac{0,171 \cdot 0,15}{36 \cdot 0,000682 \cdot 1764 - 15} = 0,000594 \text{ cm}$$

$$A_6 = 0,000594 \text{ cm}$$

$$B_1 = -\frac{(0,304 + 0,000682 \cdot 2,5 \cdot 1764 \cdot 0,15)}{15 - 0,000682 \cdot 1764} = -0,055 \text{ cm}$$

$$B_1 = -0,055 \text{ cm}$$

$$B_2 = -\frac{0,269 \cdot 0,15}{15 - 4 \cdot 0,000682 \cdot 1764} = -0,00398 \text{ cm}$$

$$B_2 = -0,00398 \text{ cm}$$

$$B_3 = \frac{0,049 \cdot 0,15}{15 - 9 \cdot 0,000682 \cdot 1764} = 0,00147 \text{ cm}$$

$$B_3 = 0,00147 \text{ cm}$$

$$B_4 = \frac{0,249 \cdot 0,15}{15 - 19,2} = -0,0089 \text{ cm}$$

$$B_4 = -0,0089 \text{ cm}$$

$$B_5 = \frac{0,137 \cdot 0,15}{15 - 25 \cdot 0,000682 \cdot 1764} = -0,00131 \text{ cm}$$

$$B_5 = -0,00131 \text{ cm}$$

$$B_6 = -\frac{0,010 \cdot 0,15}{15 - 36 \cdot 0,000682 \cdot 1764} = 0,0000347 \text{ cm}$$

$$B_6 = 0,0000347 \text{ cm}$$

$$B_7 = \frac{0,122 \cdot 0,15}{49 \cdot 0,000682 \cdot 1764 - 15} = 0,000416 \text{ cm}$$

$$B_7 = 0,000416 \text{ cm}$$

dosazením těchto vypočítaných konstant do původní rovnice /84/ máme

$$x = 0,041 + 0,295 \cos \omega t + 0,00288 \cos 2\omega t +$$

$$/85/ \quad + 0,00965 \cos 3\omega t - 0,00144 \cos 4\omega t +$$

$$+ 0,00144 \cos 5\omega t + 0,000544 \cos 6\omega t - 0,055 \sin \omega t -$$

$$- 0,00398 \sin 2\omega t + 0,00147 \sin 3\omega t - 0,0089 \sin 4\omega t -$$

$$- 0,00139 \sin 5\omega t + 0,0000347 \sin 6\omega t + 0,000416 \sin 7\omega t$$

Nyní si zjistíme výchylku x pro různé úhly

obr./IV/35

		$\omega t = 0$	$\omega t = \frac{\pi}{6}$	$\omega t = \frac{\pi}{4}$	$\omega t = \frac{\pi}{3}$	$\omega t = \frac{\pi}{2}$
x	cm	0,27447	0,19291	0,08316	-0,0217	0,0518
S	kg	4,15000	2,90000	1,25000	-0,32600	0,93000
${}^4T_1 + {}^4T_3$	kg	0,01805	0,09530	0,2437	0,24743	0,39616

obr./IV/35

pro $\omega t = 0$ z rovnice 85 plyně pro x

$$x = 0,041 + 0,215 + 0,00288 + 0,00965 - 0,00144 +$$

$$+ 0,00144 + 0,000544 = \underline{0,27447 \text{ cm}}$$

a pro třecí síly

$$\omega t = 0 \quad {}^4T_1 + {}^4T_2 + {}^4T_3 + {}^4T_4 =$$

$$= (0,359 \cdot 0,15 + 0,159 \cdot 0,15 - 0,145 \cdot 0,15 - 0,302 \cdot 0,15 -$$

$$- 0,097 \cdot 0,15 + 0,144 \cdot 0,15 - 0,171 \cdot 0,15 + 0) = 0,0361 \text{ kg}$$

$$\frac{1}{2}({}^4T_1 + {}^4T_2 + {}^4T_3 + {}^4T_4) = \frac{1}{2} 0,0361 = \underline{0,01805 \text{ kg}}$$

Ostatní nebudeme zde řešit, jsou uvedeny v tabulce obr./IV/35.

Pro názornost si zjistíme počáteční fáze ψ jednotlivých harmonických budící síly-viz obr./IV/36.

$$x = 0,27447 \text{ cm}$$

$$\frac{{}^4T_1 + {}^4T_2 + {}^4T_3 + {}^4T_4}{2} = 0,01805 \text{ kg}$$

k	A_k	B_k	A_k^2	B_k^2
1	0,21500	-0,05500	0,04550	0,003075
2	0,00288	-0,00398	0,000008	0,000015
3	0,00965	0,00147	0,000093	0,0000021
4	-0,00144	-0,00890	0,000002	0,000079
5	0,00144	-0,00131	0,000002	0,0000017
6	0,00059	0,000034	0,0000003	0,000000001

k	$A_k^2 + B_k^2$	r_k	φ_k	γ_k	η_k
1	0,048575	0,220	3,940	104°20'	75°40'
2	0,000024	0,0049	0,725	134°05'	35°55'
3	0,000014	0,0097	6,550	81°15'	81°15'
4	0,000010	0,0031	0,182	189°10'	9°10'
5	0,000003	0,00144	1,100	132°10'	47°50'
6	0,0000003	0,00059	17,100	86°40'	86°40'

obr. /IV/36

a lze nyní psát rovnici /85/

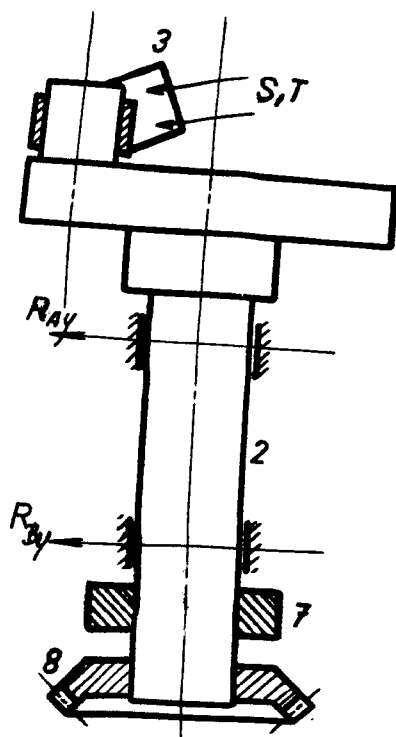
$$\begin{aligned}
 x = & 0,041 + 0,22 \sin(\omega t + 104^\circ 20') + 0,0049 \\
 & \cdot \sin(2\omega t + 134^\circ 05') + 0,00972 \sin(3\omega t + 81^\circ 15') + \\
 & + 0,00316 \sin(4\omega t + 189^\circ 10') + 0,00194 \sin \\
 & (5\omega t + 132^\circ 10') + 0,000595 \sin(6\omega t + 86^\circ 40')
 \end{aligned}$$

čímž máme dokonalý přehled o poloze jednotlivých harmonických.

B/ Namáhání klikového hřídele

Nyní, kdy máme zjištěny velikosti direkčních sil pružin a velikosti třecích sil, můžeme přistoupit k výpočtu namáhání klikového hřídele.

Abychom mohli řešit velikosti reakcí v ložiskách, případně velikost ohybových a kroutících momentů, zakresleme si všechny působící síly na hřídel do obr./IV/37.



obr./IV/37

Překresleme si ještě těleso 3 do obr./IV/38.

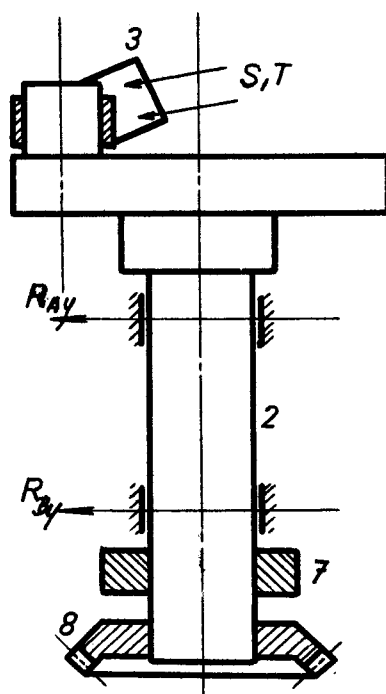
Silové poměry, jež na něj působí/tlačná direkční

síla pružin S a třecí síla T /jsou složitější a představu vlivem tělesa 3,

B/ Namáhání klikového hřídele

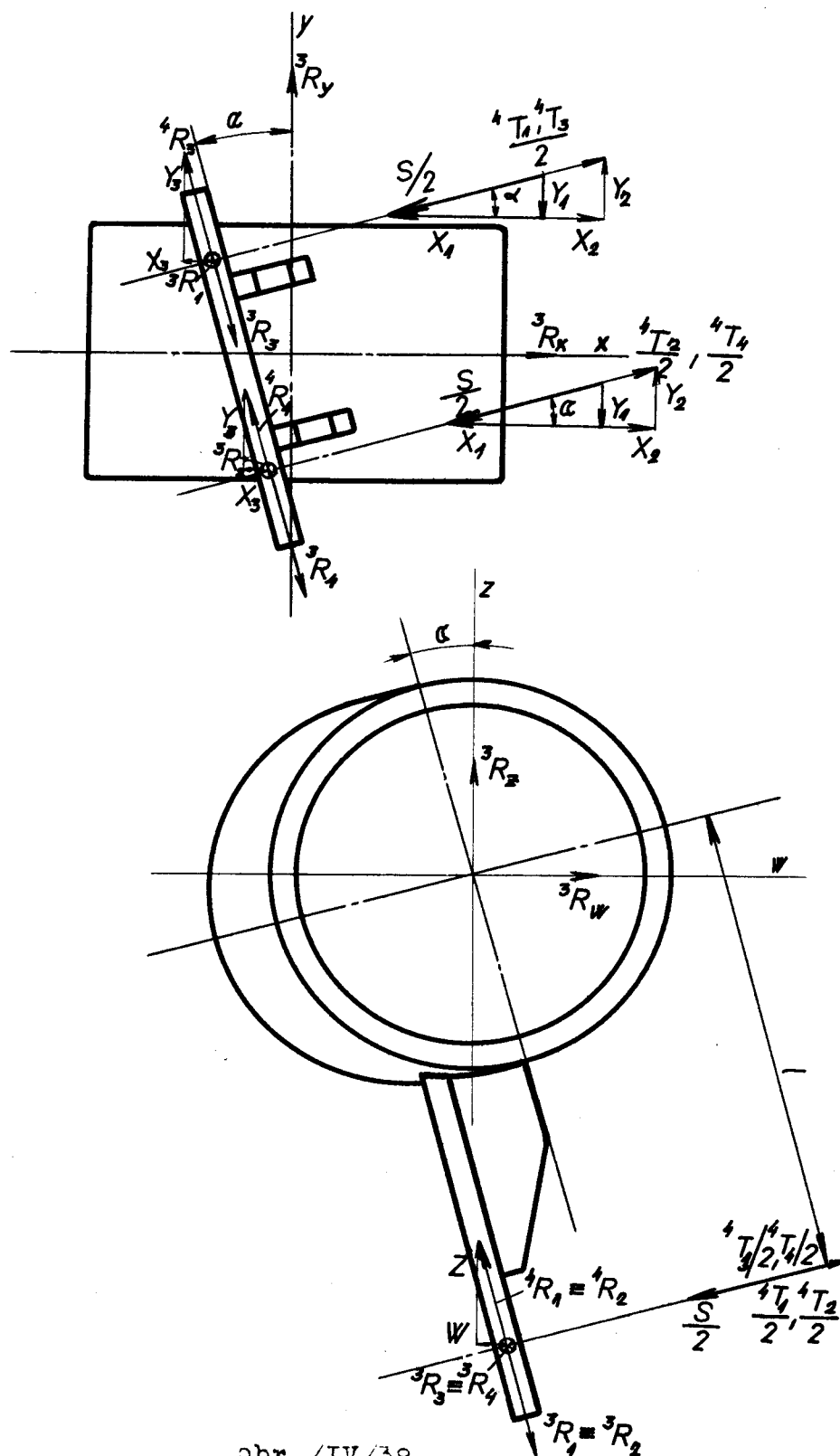
Nyní, kdy máme zjištěny velikosti směrných sil pružin a velikosti třecích sil, můžeme přistoupit k výpočtu namáhání klikového hřídele.

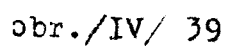
Abychom mohli řešit velikosti reakcí v ložiskách, případně velikost ohybových a kroutících momentů, zakresleme si všechny působící síly na hřídel do obr./IV/37.

obr./IV/37

Překresleme si ještě těleso 3 do obr./IV/38.

Silové poměry, jež na něj působí/tlačná směrná síla pružin S a třecí síla T /jsou složitější a náročnější na přesnou představu vlivem tělesa 3, které je tvarově velmi složité.





Z obr./IV/38 vidíme;

na těleso 3 /resp.5 / působí tyto síly:

třecí síly ${}^4T_1, {}^4T_2, {}^4T_3, {}^4T_4$

tlačné síly směru S

síly od tělesa 4 ... ${}^4R_1, {}^4R_2, {}^4R_3, {}^4R_4$

Tyto síly si rozložíme do dvou na sebe kolmých rovin. Jedna rovina je xy a druhá wz. To znamená, že klikový hřídel bude namáhán též ve dvou rovinách viz obr./IVI/ 39.

Sestavme si nyní reakce pro těleso 3 podle obr. /IV/38

a/ reakce v rovině xy

$$/87/ \quad {}^3R_y + Y_3 - Y_1 + Y_2 - Y_1 + Y_2 + Y_3 = 0$$

$$\text{resp. } {}^3R_y = 2[Y_1 - Y_2 - Y_3]$$

$$\text{a} \quad {}^3R_x = X_2 - X_1 + X_2 - X_1 - X_3 - X_3 = 0$$

$$\text{resp. } {}^3R_x = 2[X_1 + X_3 - X_2]$$

/88/

b/ reakce v rovině wz

$${}^3R_w + 2[{}^4T_3 + {}^4T_4 + {}^4T_1 + {}^4T_2] \cos \alpha -$$

$$\text{resp. } -2 \frac{S}{2} \cos \alpha - 2W = 0$$

$$/89/ \quad {}^3R_w = 2 \frac{S}{2} \cdot \cos \alpha + 2W - [{}^4T_3 + {}^4T_4 + {}^4T_1 + {}^4T_2] \cos \alpha$$

$$\text{a} \quad {}^3R_z + 2Z + [{}^4T_1 + {}^4T_2 + {}^4T_3 + {}^4T_4] \sin \alpha -$$

$$\text{resp. } -2 \frac{S}{2} \sin \alpha = 0$$

$$/90/ \quad {}^3R_z = S \sin \alpha - 2Z - [{}^4T_1 + {}^4T_2 + {}^4T_3 + {}^4T_4] \sin \alpha$$

kde jednotlivé hodnoty X a Y, W a Z znamenají

$$\begin{aligned} X_1 &= \frac{S}{2} \cos \alpha \\ /91/ \quad X_2 &= \frac{{}^4T_1 + {}^4T_3}{2} \cos \alpha = \frac{{}^4T_2 + {}^4T_4}{2} \cos \alpha \\ X_3 &= \frac{{}^4R_3 \sin \alpha}{1} = \frac{{}^4R_4 \sin \alpha}{1} \end{aligned}$$

a

$$\begin{aligned} Y_1 &= \frac{S}{2} \sin \alpha \\ /92/ \quad Y_2 &= \frac{{}^4T_1 + {}^4T_3}{2} \cos \alpha = \frac{{}^4T_2 + {}^4T_4}{2} \cos \alpha \\ Y_3 &= {}^4R_4 \cos \alpha = {}^4R_3 \cos \alpha \end{aligned}$$

a

$$\begin{aligned} W &= {}^4R_1 \sin \alpha = {}^4R_2 \sin \alpha \\ /93/ \quad Z &= {}^4R_1 \cos \alpha = {}^4R_2 \cos \alpha \end{aligned}$$

Než přikročíme k vlastnímu výpočtu, shrneme si potřebné hodnoty s nimiž budeme dále počítat.

$${}^4T_1 + {}^4T_2 + {}^4T_3 + {}^4T_4 = 0,03610 \text{ kg}$$

$$S = 4,15 \text{ kg}$$

$${}^4R_3 + {}^4R_4 = 0,12 \text{ kg}$$

$${}^4R_1 + {}^4R_2 = 0,12 \text{ kg}$$

$$\alpha = 20^\circ \dots \text{pro vibrační nůž I viz stať III}$$

obr.5 se třemi hranami

nyní dosadíme do rovnice /91/

$$X_1 = \frac{4,15}{2} \cdot \cos 20^\circ = \frac{4,15}{2} \cdot 0,93969 = \underline{1,95 \text{ kg}}$$

$$X_2 = \frac{0,01805 \cdot 0,93969}{2} = \underline{0,0085 \text{ kg}}$$

$$X_3 = 0,06 \cdot 0,34202 = \underline{0,0206 \text{ kg}}$$

$$X_1 = 1,95 \text{ kg}$$

$$X_2 = 0,0085 \text{ kg}$$

$$X_3 = 0,0206 \text{ kg}$$

z dosazením do rovnice /92/ plyne

$$Y_1 = 4,15 \cdot 0,34202 = \underline{0,713 \text{ kg}}$$

$$Y_1 = 0,713 \text{ kg}$$

$$Y_2 = \frac{0,01805 \cdot 0,34202}{2} = \underline{0,00309 \text{ kg}}$$

$$Y_2 = 0,00309 \text{ kg}$$

$$Y_3 = 0,06 \cdot 0,93969 = \underline{0,05625 \text{ kg}}$$

$$Y_3 = 0,05625 \text{ kg}$$

z rovnice /93/ dosazením plyne

$$W = 0,06 \cdot 0,34202 = \underline{0,0206 \text{ kg}}$$

$$W = 0,0206 \text{ kg}$$

$$Z = 0,06 \cdot 0,93969 = \underline{0,05625 \text{ kg}}$$

$$Z = 0,05625 \text{ kg}$$

Z těchto hodnot dosazením do rovnice /87/, /88/,

/89/, /90/ získáme velikosti reakcí

$${}^3R_y = 2 [0,713 - 0,00309 - 0,005625] = \underline{1,30732 \text{ kg}}$$

$${}^3R_y = 1,30732 \text{ kg}$$

$${}^3R_x = 2 [1,950 + 0,0206 - 0,0085] = \underline{3,92 \text{ kg}}$$

$${}^3R_x = 3,92 \text{ kg}$$

$${}^3R_w = 4,15 \cdot 0,93969 + 2 \cdot 0,0206 - [0,03610] \cdot 0,93969 = \underline{3,9072 \text{ kg}}$$

$${}^3R_w = 3,9072 \text{ kg}$$

$${}^3R_z = 4,15 \cdot 0,34202 - 2 \cdot 0,05625 - [0,0361] \cdot 0,34202 = \underline{1,30515 \text{ kg}}$$

$${}^3R_z = 1,30515 \text{ kg}$$

Po výpočtu těchto hodnot lze řešit namáhání reakce klikového hřídele.

Nejprve si opět sestavíme rovnice dle obr. /IV/34.

Reakce R_{Ax} , R_{Az} , R_{Bz} , R_{By} , R_{ABx} vyplynou z momentových rovnic k bodům A, B

$$\begin{aligned} /94/ \quad M_B & \dots R_{Ay} \cdot l - O_6(l-h) + O_5(l-i) + {}^2R_y \cdot r + \\ & + ({}^2R_w + {}^2R_x + O_4)(l+k) + O_7 \mu = 0 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_A & \dots R_{By} \cdot l - O_7(l+\mu) + O_6 \cdot h - O_5 \cdot i - {}^2R_y \cdot r - \\ /95/ & - ({}^2R_w + {}^2R_x + O_4)k = 0 \end{aligned}$$

v rovině kolmé

$$\begin{aligned} M_B \dots\dots R_{Ax} \cdot l - {}^2R_z (l+k) &= 0 \\ /96/ \\ M_A \dots\dots R_{Bz} \cdot l - {}^2R_x k &= 0 \end{aligned}$$

Pro tyto uvedené vzorce /rovn. 94, 95, 96 / budeme potřebovat tyto hodnoty:

$$Q_4 = m_4 r \omega^2 = \frac{1,123}{9,81} \cdot 0,025 \cdot 42^2 = 5,05 \text{ kg}$$

$$Q_5 = m_5 r \omega^2 = \frac{0,064}{9,81} \cdot 0,025 \cdot 42^2 = 0,287 \text{ kg}$$

$$Q_6 = m_6 r \omega^2 = \frac{0,988}{9,81} \cdot 0,025 \cdot 42^2 = 4,55 \text{ kg}$$

$$Q_7 = m_7 r \omega^2 = \frac{1,088}{9,81} \cdot 0,025 \cdot 42^2 = 4,91 \text{ kg}$$

$${}^2R_x = 3,92 \text{ kg}$$

$$Q_4 = 5,05 \text{ kg}$$

$$Q_5 = 0,287 \text{ kg}$$

$$Q_6 = 4,55 \text{ kg}$$

$$Q_7 = 4,91 \text{ kg}$$

Řešení bude provedeno pro největší délku /l/ klikového hřídele.

$${}^2R_x = 3,92 \text{ kg}, \quad {}^2R_w = 3,91 \text{ kg}$$

$${}^2R_y = 1,31 \text{ kg}, \quad {}^2R_z = 1,31 \text{ kg}$$

$$l = 398 \text{ mm}, \quad i = 94,5 \text{ mm}$$

$$h = 72,5 \text{ mm}, \quad k = 118,5 \text{ mm}$$

$$t = 5 \text{ mm}, \quad r = 25 \text{ mm}$$

Dosadíme-li tyto hodnoty do rovnice /94/, /95/, /96/,

$$\begin{aligned} R_{Ay} &= \frac{4,55}{39,8} (39,8 + 7,25) - \frac{0,287}{39,8} (39,8 + 9,45) - \\ &\quad - 1,31 \frac{0,025 \cdot 42^2}{39,8} (3,91 + 3,92 + 5,05) \frac{39,8 + 11,85}{39,8} - \\ &\quad - \frac{4,91 \cdot 4,5}{39,8} = -11,513 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$R_{Ay} = -11,513 \text{ kg}$$

$$\begin{aligned} R_{By} &= \frac{4,91}{39,8} (39,8 + 4,5) - \frac{4,55}{39,8} \cdot 7,25 + \frac{0,287}{39,8} \cdot 9,45 + \\ &\quad + \frac{1,31}{39,8} \cdot 2,5 + (3,91 + 3,92 + 5,05) \cdot \frac{11,85}{39,85} = 8,25 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$R_{By} = 8,25 \text{ kg}$$

VŠST LIBEREC

DP — STR. 134

9. ŘÍJNA 1965

$$R_{Az} = \frac{1,31}{39,8} (39,8 + 11,85) = \underline{1,705 \text{ kg}}$$

$$R_{Bz} = \frac{1,31}{39,8} \cdot 11,85 = \underline{0,391 \text{ kg}}$$

$$R_{Az} = \underline{1,705 \text{ kg}}$$

$$R_{Bz} = \underline{0,391 \text{ kg}}$$

Tyto hodnoty jsou hodnotami maximálními pro
osy /x/ a /y/.

V. ZHODNOCENÍ POZNATKŮ A NÁVRHVYUŽITÍ V UVEDENÉM SMĚRU KONSTRUKCE .

Při celkovém hodnocení budeme pro lepší názornost postupovat následovně, hodnocením jednotlivých pracovních prvků.

I/ Vibrační nože

Řešení bylo prováděno velmi důkladně s cílem získat přehled o celkovém namáhání. Podle stávajícího pracovního zatížení lze z vypočtených výsledků říci, že celkové namáhání vibračních nožů není v žádném případě nebezpečné. Tuto rezervu namáhání nám dokumentuje vysoká hodnota bezpečnosti, jež byla pro největší ohybový moment rovna $s = 100$. Je tedy zřejmé, že lze tuto hodnotu bezpečnosti několikanásobně snížit, ovšem musíme mít vždy na zřeteli vliv snižování této hodnoty s na ohybové kmitání vibračních nožů, tak jak bylo provedeno na str. 62 .

2/ Pružiny

Jak víme z předcházejících statí je vibrační nůž vložen mezi pružiny, jejichž charakteristika je středově souměrná k počátku viz obr. /IV/ 18 str. 86 to znamená, že pružiny mohou vyvozovat

pouze direkční tlačné síly. Při řešení kmitání vibračních nožů ve směru vedení jsme v závěru získali hodnoty stlačení x . Tato hodnota x charakterisuje polohu vibračního nože v tom kterém okamžiku pootočení klikového hřídele. To znamená je-li např. vibrační nůž v levé krajní poloze o výchylce x , se přenáší síly úměrné této výchylce přes levou pružinu na těleso 3 a klikový hřídel 2. Podle charakteristiky pružin to znamená, že pravá pružina je zcela odlehčena a délka pravé pružiny v tomto okamžiku je rovna své volné délce. Při pohybu vibračního nože s pravé krajní polohy ke středu se zmenšuje tlačná síla levé pružiny úměrná hodnotám x . V okamžiku, kdy výchylka $x = 0$ přichází teprve vibrační nůž do styku s pravou pružinou nárazem. Zároveň v tomto okamžiku jsou síly v obou pružinách nulové, $x=0$. Při pohybu vibračního nože do pravé krajní polohy nastanou opačné relace. Při uvážení tohoto děje lze říci, že v tomto případě, kdy je vibrační nůž vložen mezi tlačné pružiny, může nastat nežádoucí jev charakteristický svým klepáním, jehož intensita je dána velikostí výchylky x a frekvence je určena budící silou. Abychom odstranili tento případně vzniklý nežádoucí jev, lze užít dvojího způsobu úpravy

a/zafixovat obě pružiny na vibračním noži

a na tělese 3, resp. 5, čímž budou pružiny

pracovat jak jako tlačné tak i jako tažné.

b/vložit vibrační nůž mezi předepjaté /mezi stlačené/pružiny.

3/ Těleso 3,5 a klikové hřídele 2,6

Tyto konstrukční elementy byly zřejmě řešeny více z hlediska spolehlivosti chodu v provozních podmínkách než z hlediska namáhání vlastními dynamickými silami a silami vzniklými při lámání stonku. Dokladem toho je výpočet provedený na str. I27 .

4/ Stonek

Velmi podrobné zhodnocení z hlediska namáhání bylo provedeno v závěru statě III /str.55 /. Na základě tohoto zhodnocení lze souhrně říci, že při tomto způsobu lámání nemůže prakticky nastat přetržení normálně pevného stonku působením osových tažných sil, neboť stonok má mnohonásobně větší pevnost, než je celkové namáhání materiálu vzniklé účinkem vibračních nožů. Dokladem toho jsou vypočtené hodnoty bezpečnosti s . Je ovšem nutnou podmínkou, aby transportní rychlost materiálu byla v souladu se složkou rychlosti vibračních nožů v_x . Nedodržením této podmínky vzniká mnohonásobné zvýšení namáhání materiálu.

Závěrem lze říci, že vibrační zařízení dnešní konstrukce principiálně vyhovuje všem žádaným parametrům a znamená pokrok ve svém oboru. Z hlediska konstrukčního je vibrační zařízení velmi náročné na váhu, což je způsobeno tím, že každá vibrační jednotka má dva náhony. To znamená, že jedna sekce, se stávající ze tří párů vibračních jednotek má celkem 12 náhonů tedy dvanáct klikových hřídelů a 6 vibračních nožů, viz obr./V/ I. Uvědomíme-li si, že v lince pracují dvě sekce/jedna sekce je pro kořenovou část a druhá sekce je pro okvětní část stonku/pak zde tedy máme celkem 24 náhonů, 24 klikových hřídelů, 12 vibračních nožů atd.../ložiska, ozubená kola/.

Z hlediska provedeného výpočtu, který ukázal velké rezervy v namáhání jednotlivých pracovních elementů lze závěrem naznačit jak odstranit nadbytečný počet uvedených pracovních elementů. Rekonstrukce by spočívala

a/místo dvou nožů 2, 3 viz obr./V/I, použít jen jednoho nože, jehož délka by byla součtem délek nožů 2 a 3. Náhon tohoto vibračního nože by byl tvořen pouze hřídelem 3 a 6.

Touto úpravou zcela nijak nenarušíme konstrukci stávajícího zařízení. Byla by provedena pouze demontáž hřídelů 4 a 5 /tzn. i demontáž ozu-

bených kol v náhonové skříní, demontáž ložisek...
Byla by pouze nutná konstrukce nového vibrační-
ho nože.

Nová konstrukce jedné sekce by byla nyní tvoře-
na pouze 8 náhony, 8 klikovými hřídeli, a pouze
4 vibračními noži.

Pro obě sekce to znamená úsporu 8 náhonů, 8 kli-
kových hřídelů, 16 ložiskových těles ... což ve
skutečnosti představuje /kromě vibračních nožů/
celou jednu sekci.

b/rekonstrukce stejná jako v bodě/a/ s
rozdílem v tom, že by byla provedena de-
montáž klikového hřídele 4, 6. Při této
úpravě by byl nový vibrační nůž kratší, než
v případě /a/, tzn., že tuto rekonstrukci
lze provést jen v případě zajištění do-
dávky kratšího lnu.

Zcela novou cestou v tomto oboru by bylo řešení
mechanismu s tělesem 2 hnáným a tělesem 6 vle-
čeným.

SEZNAM LITERATURY

- Koloušek V., Hořejší J., :Úvod do harmonického kmi-
tání, Praha 1954
- Šrejtr J., :Technická mechanika III, Praha 1958
- Kožešník J., :Dynamika strojů Praha 1958
- Timošenko Š., :Kmitání ve strojnictví, Praha 1956
- Gonda J., :Kmitanie pružných těles, Bratislava 1961
- Höschl C., :Nauka o kmitání, Praha 1965
- Binder R., :Mechanika tuhých těles-IV Kmitanie,
Bratislava 1957
- Šalamoun M., :Matematika pro regulaci a automatisaci
Praha 1957
- Weigand A., :Einführung in die Berechnung mecha-
nischer Schwingungen, Berlin 1958
- Charvát J., :Teorie mechanismů, Praha 1964
- Höschl C., :Pevnost a pružnost/skriptum/
- Černoch S., :Strojní technická příručka, Praha
- Rektorys K., :Přehled užité matematiky, Praha 1963
- Valouch M., :Pětimístné logaritmické tabulky,
Praha 1952
- Patent I 022949/1952 -:francouzský patent firmy
Nederlandse Organisatie voor Toege-
pastnaturwetenschappelijk onderzvek
ten behoeve van Nijverheid, Handel en
Verkeer se sídlem v Holansku
- Patent 69I75I-:Vilém Bedřich Jindřich Zegers z
Haagu, Holahsko
- Patent 695090/1940-:Kurt Frische in Bensheim
- VÚLV Šumperk , :Dílčí technická zpráva o výsledcích
ověřování funkční vibrační lamačky
v I-III čtvrtletí 1962
- VÚLV Šumperk , :Technická zpráva etapy A-II, VÚ-
Linka , 30.3.1965