

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra textilních a oděvních strojů

Ing. Martin Bílek

Analýza brdového listu tkacího stoje

Doktorská disertační práce

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



3146071339

Vědní obor: 23 – 03 – 9 stavba výrobních strojů a zařízení

Školitel: Doc. Ing. Jiří Mrázek, CSc.

U 331 S

KTS
M82. [96] p.
obr. grafy, tab.

PODĚKOVÁNÍ

Mé poděkování patří

mému školiteli Doc. Ing. Jiřímu Mrázkovi, CSc. za pomoc a cenné rady při tvorbě této práce

Doc. Ing. Jaroslavu Beranovi, CSc. za pomoc při řešení výpočetní části matematického modelu

Ing. Zdeňku Vítámvásovi za pomoc při měření

pracovníkům VUTS a.s. Liberec za zapůjčení části výrobní dokumentace ke stroji ALPHA 190

mé rodině za podporu při tvorbě této práce

Obsah:

Obsah	1
Použité označení	3
1. Úvod	6
2. Současný stav problematiky	10
2.1 Konstrukce brdového listu	10
2.2 Rozbor používaných profilů činků a krajnic	15
2.3 Současná řešení spojení činku a krajnice	24
3. Cíl disertační práce	32
4. Způsob vypracování disertační práce	36
5. Základní rozbor konstrukce listu	39
5.1 Zatížení brdového listu	40
a) setrvačné síly	40
b) elastické síly od osnovních nití	42
c) třecí síly	44
5.2 Matematický model prošlupního mechanismu s analýzou pohybu nitěnky během tkacího cyklu	45
a) Upravené prošlupní zařízení stroje PN 170	46
b) Prošlupní zařízení stroje ALPHA 190	48
5.3 Stanovení vstupních parametrů výpočtu	51
5.4 Výsledky výpočtů dynamických modelů	54
5.5 Referenční hodnota zatížení	64
6. Matematický model brdového listu	66
6.1 Chování pružně uloženého nosníku	67
6.1.1 Výpočet deformace nosníku	68
6.1.2 Výpočet vlastních frekvencí nosníku	72
6.2 Aplikace předchozí kapitoly na rám brdového listu	83
6.3 Analýza rámu listu	85
6.3.1 Analýza statické tuhosti rámu listu	85
a) rám listu se závěsy na dolním činku (varianta A). ..	86
b) rám listu se závěsy v místě rohového spoje dolního činku a krajnice (varianta B)	88
c) rám listu se závěsy na krajnici	90
6.3.2 Analýza vlastních frekvencí rámu listu	96

6.4 Srovnání výsledků analytických výpočtů a výpočtů a výpočtů pomocí MKP	103
6.5 Měření deformací a vlastních frekvencí na brdovém listu	106
7. Vliv změny parametrů konstrukce na chování rámu listu.	109
7.1 Analýza konstrukce listu	112
8. Dynamické chování brdového listu	128
a) změna frekvence zatěžování	129
b) analýza deformací brdového listu při zatížení definovaném v čase	133
c) nevhodné pracovní podmínky pro brdový list	137
9. Závěr	141
Seznam použité literatury.....	144
Resumé	147

Použité označení:

symbol	popis	Jednotka
γ	úhel rozevření prošlupu	0
φ	úhel pootočení kliky mechanismu	0
ω	úhlová rychlost kliky	min^{-1}
Ω	hodnota vlastní frekvence	Hz
λ	konstanta pro výpočet vlastní frekvence	1
Φ	vůle v kloubu mechanismu	rad^{-1}
η	ztrátový součinitel	1
μ	1. převodová funkce	1
ν	2. převodová funkce	1
α, β, γ	úhly definující konstrukci prošlupných. mech.	rad
φ_{Ahc}	natočení profilu činku	rad
φ_{Ak}	natočení profilu rajnice	rad
α_i	konstanta pro výpočet vlastní frekvence	1
Δl	prodloužení osnova	mm
a	zrychlení příslušné částí listu	m.s^{-1}
A	integrační konstanta	1
a	rozměr listu	Mm
$A_1 - A_6$	Grigorievovo označení pomocných funkcí pro Krylovovy funkce	1
a_{lis}	zrychlení listu	m.s^{-2}
a_{nit}	zrychlení nítěnky	m.s^{-2}
B	integrační konstanta	1
b	rozměr listu	Mm
b	tlumení soustavy	
b_p	poměrný útlum	1
C	integrační konstanta	1
c	délka krajnice	Mm
c	torzní tuhost	Nm.rad^{-1}
c	rozměr listu	Mm
C_1	integrační konstanta	1
c_1, c_2	pružinová konstanta - tuhost proti natočení konce nosníku	Nm.rad^{-1}
C_2	integrační konstanta	1
C_3	integrační konstanta	1
C_4	integrační konstanta	1
C_{imflex}	imflexní bod přechodové křivky	Nm.rad^{-1}
c_k	torzní tuhost krajnice	
c_s	torzní tuhost spoje	
D	integrační konstanta	1
e	rozměr listu	mm
E_1, E_2	Youngův modul v ohybu	Mpa
f	rozměr listu	mm
F	zatěžující síla	N
F_{di}	síla dle D'alembertova principu	N
F_{norm}	reakce mezi nítěnkou a listem	N

F_{os}	síla v osnově	N
F_p	síla předpětí v osnově	N
G	váha profilu na jednotku délky	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$
g	tíhové zrychlení	$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$
h	zdvih listu	mm
H	konstanta tuhosti	
I	hmotový moment setrvačnosti	kgm^2
I_c	kvadratický moment v ohybu činku	mm^4
I_k	Kvadratický moment v ohybu krajnice	mm^4
I_x, I_y	Kvadratický moment v ohybu	mm^4
k_1, k_2	Pružinová konstanta - tuhost pružných podpor	$\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$
K_1-K_8	Výpočtové konstanty	
k_o	Tahová tuhost osnovy	$\text{N} \cdot \text{m}^{-1}$
l	délka činku	mm
$l_{2p},$ $l_3,$ $l_4,$ $l_{4p},$ $l_5,$ $l_6,$ $l_{61},$ $l_a,$ $l_b,$ $l_7,$ l_{7p}	rozměry jednotlivých členů mechanismu	m
L_c	délka činku	mm
L_k	délka krajnice	mm
m_1	jednotková hmotnost nosníku	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$
M_a, M_b	ohybový moment	Nm
M_c	jednotková hmotnost činku	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$
M_k	jednotková hmotnost krajnice	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-1}$
m_{nit}	hmotnost nitěnky	g
N	empirický součinitel tlumení	
n_{nit}	počet nitěnek	ks
P_{10}^M	přenosové matice soustavy	
P_{12}^M	přenosové matice soustavy	
P_{23}^M	přenosové matice soustavy	
Q	činitel jakosti soustavy	1
q_a	spojité obtížení od zrychlení listu	$\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$
q_c	zatižení od dynamické síly působící na činek	$\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$
q_{dc}^{DU}	výsledné zatižení dolního činku v dolní úvrati	$\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$
q_{dc}^{HU}	výsledné zatižení dolního činku v horní úvrati	$\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$
q_{di}	spojité obtížení od dynamických sil	$\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$
q_{Gc}	zatižení od tíhy činků	$\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$
q_{hc}^{DU}	výsledné zatižení horního činku v dolní úvrati	$\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$
q_{hc}^{HU}	výsledné zatižení horního činku v horní úvrati	$\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$
q_N	zatižení od dynamické síly působící na nitěnky	$\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$
q_o	zatižení od osnovy	$\text{N} \cdot \text{mm}^{-1}$
S	plocha profilu	mm^2
S	Krylovovy funkce	1

T	Krylovovy funkce	1
U	Krylovovy funkce	1
v	rychlost listu	$m.s^{-1}$
V	Krylovovy funkce	1
v_{list}	velikost vůle v uchycení nítěnky na list	mm
$v_{očka}$	velikost niťového oka	mm
w	průhyb činku	mm
x	bezrozměrná délková proměnná	1
x	posunutí	mm

1. Úvod

Brdový list je specifickou součástí prošlupního mechanismu tkacího stroje.

Princip výroby tkaniny spočívá v technologické operaci, kdy do brdovým listem vytvořeného klínovitého prostoru podélné soustavy nití (tzv. osnovy) je příčně zanesena nit (útek), která je dopravena (přiražena) k předchozím.

Stroj na výrobu tkanin - stav je vybaven základními mechanismy, zajišťujícími jeho správnou a bezproblémovou funkci:

- zařízení pro vytváření řízeného rozevirání osnovních nití (vytváření tzv. prošlupu) - prošlupní mechanismus
- zařízení pro zanášení útku - prohozní mechanismus
- zařízení pro příraz útku - přírazový mechanismus
- zařízení pro ovládání osnovy a tkaniny (osnovní vál a jeho regulátor, zbožový vál s regulátorem včetně odtahu a balení tkaniny
- kontrolními zařízeními pro přetrh útku a osnovy, dolet zanašeče aj.

Výroba tkanin je nejstarší a nejrozšířenější technologií výroby textilních výrobků. Nejstarší důkazy o existenci tkacího stavu a to ve svislém uspořádání tkací roviny pocházejí ze čtvrtého tisíciletí před naším letopočtem. Osnovu zavěšenou ve svislé poloze napínalo závaží. Útek se proplétal pomocí jehly nebo cívky a zatlačoval se k předešlým tyčí. Ve třetím století tohoto letopočtu se v Evropě začal používat jednoduchý prošlupní mechanismus vynalezený v Číně. Jednotlivé nitě osnovy byly navedeny do nítěnek upevněných v rámech - brdových listech. Později byly tyto brdové listy nahoře spojeny lankem vedeným přes kladku. Zdvih listů ovládal tkadlec nohama, bidlo s paprskem rukou. Pravidelné vytváření prošlupu a příraz útku

značně zlepšily kvalitu vyráběné tkaniny. Teprve v 18. století byl vynalezen člunek, který se prohazoval pomocí jednoduchého mechanismu. Postupným vývojem stavu došlo ke zkonstruování tří základních mechanismů tkacího stroje: mechanismu vytváření prošlupu, mechanismu prohozu útku a mechanismu přirazu útku. Tím byly vytvořeny předpoklady pro sestavení tkacího stroje ve kterém byl ruční pohon nahrazen motorovým. Postupným zdokonalováním stroje byl vyřešen problém barevné záměny útku, zastavení stavu při nedoletu člunku, přetrhu útku a další.

Největší rozvoj tkacích strojů začal ve 20. století. Je charakterizován především celou řadou nových principů zanášení útku, neboť vysoká hmotnost člunku byla omezením rychlosti stavu. Proto se konstruktéři snažili o sestavení jiného způsobu zanášení útku. Byl vyvinut postupně jehlový, skřipcový, pneumatický a hydraulický tkací stroj. Tyto nové techniky zanášení útku tuto nevýhodu odstranily. Nástupem elektroniky a automatizace do tkací techniky byla a stále je většina důležitých mechanických řídicích systémů nahrazována elektronickými.

V současnosti je patrný nástup výpočetní techniky do oblasti tkaní. Dosavadní vývoj ukazuje, že elektronika a počítače budou sloužit stále častěji nejenom ke kontrole a zajištění funkce jednotlivých mechanismů, ale i k samočinné regulaci výrobního procesu. V současné době je již samozřejmostí vybavení stroje mikroprocesorovým řídicím systémem s možností zapojení jednotlivých strojů do hierarchicky vyšších řídicích systémů. To vede k optimalizaci chodu tkalcovny a k minimalizaci obsluhy. Plně automatizovaná tkalcovna (na rozdíl od přádelny) je však vzhledem k vyšší složitosti struktury otázkou příštího tisíciletí. Avšak i dnes je patrný počátek částečné automatizace obslužných prací (manipulace s osnovními a zbožovými vály, navádění osnovy, párání špatně zaneseného útku atd.)

Odborníci předpokládají, že i v budoucnosti zůstane výroba tkanin nejmasovější technologií pro výrobu plošných textilií, přestože ji ve stále vyšší míře nahrazují technologie nové (pleteniny, pletenotkaniny, plošné textilie vzniklé lepením, prošíváním aj.) . V průběhu 70. a 80. let byly zkonstruovány tkací stroje využívající víceprošlupných principů. Vývoj však ukázal, že tyto stroje nepřinesly očekávanou revoluci do oboru tkací techniky. Jak ukázala výstava textilní techniky ITMA 95, která se konala v Miláně, ve středu zájmu textilních odborníků a výrobců textilních strojů zůstala jednodušší tkací technika. Pouze firma Sulzer Rütli přišla s novým konstrukčním řešením staršího principu víceprošlupního tkacího stroje. Řešení tohoto principu pro průmyslové využití je však v počátcích vývoje. Dosavadní víceprošlupní tkací stroje s sebou přinesly na jedné straně zvýšení produktivity, na straně druhé podstatné zvýšení konstrukční složitosti a tím i ceny stroje i snížení univerzálnosti a operativnosti výroby.

České tkací stroje díky neustálému vývoji patří svými parametry (jak ukázala poslední výstava ITMA 95) stále mezi světový standard. Hlavními oblastmi vývoje tkacích strojů v České republice zůstávají pneumatické a hydraulické tkací stroje. Zde jsou špičkové hodnoty otáček stroje u světových výrobců 2000 min^{-1} (hydraulický stav) resp. 1500 min^{-1} (vzduchové stavy).

Vzhledem ke stoupající rychloběžnosti jednodušších tkacích strojů rostou nároky na optimální vyřešení nejvíce namáhaných konstrukčních uzlů. Jejich nedokonalé řešení snižuje výkon stroje jako celku. K jednomu z nejvíce namáhaných mechanismů tkacího stroje patří také prošlupní mechanismus. Prošlupní zařízení pomocí brdových listů s nítěnkami rozevírá osnovu a vytváří tak klínový prostor pro zavedení útku. Technická úroveň prošlupního ústrojí má vysoký vliv na kvalitu tkaniny a výkon tkacího stroje. Od vzniku

nápadu na počátku vývoje stavu neprošel tento mechanismus principiální změnou.

Bezčlunkové zanášení útku a optimalizace přírazového mechanismu s sebou přineslo radikální zvýšení rychloběžnosti stavů a předstihlo vývoj prošlupních zařízení včetně vývoje a konstrukce brdového listu. Svou strukturou je jedním z mechanismů, který limituje zvyšování pracovních rychlostí stavu. Nedílnou součástí tohoto mechanismu je brdový list. Právě problematikou konstrukce brdového listu se bude především zabývat tato práce.

2. Současný stav problematiky

2.1 Konstrukce brdového listu

Brdový list se nazývá součást prošlupního mechanismu tkacího stroje upevňující nitěnky do společného rámu. Nitěnky ovládají na tkacím stroji zdvih soustavy osnovních nití. Osnovní nitě vytvářejí prošlupní prostor důležitý pro spolehlivý prohoz útkové nitě.

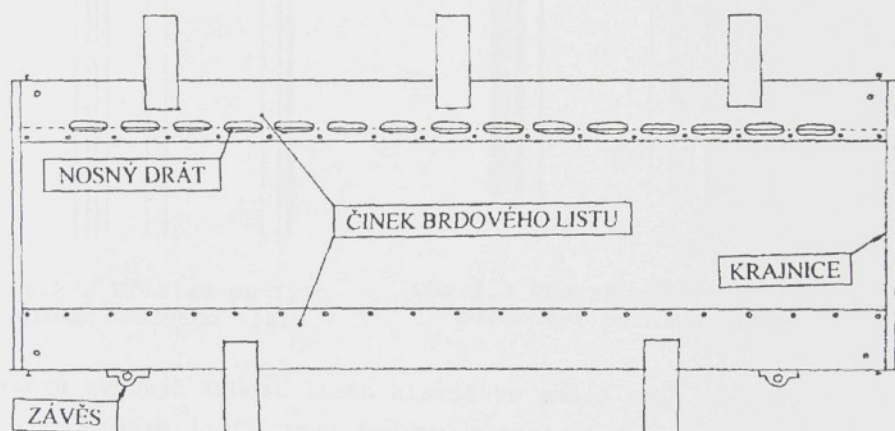
V minulosti se používaly tkací listy vázané z dřevěných nosníků a nitěnek. Byly lehké a snadno se skladovaly. Vzhledem k použitému materiálu měly menší životnost a menší hustotu nitěnek. Proto byly zavedeny listy rámové dříve vyráběné opět ze dřeva. Dnes se v praxi používají výhradně listy kovové. Nejpoužívanějším materiálem jsou slitiny hliníku, ojediněle se používají listy z ocelových profilů. Dnes někteří výrobci okrajově používají i jiných materiálů, např. kompozitů využívajících skleněných vláken. Vyvíjeny jsou listy, které jsou částečně nebo úplně vyráběny z uhlíkových vláken. Tento materiál je výrazně lehčí a tužší než do současnosti používané materiály. Nevýhodou těchto brdových listů je zatím vysoká cena.

Z konstrukčního hlediska jsou nejdůležitějšími prvky brdového listu horní a dolní nosník (nazývaný čínek, viz.Obr.2.2) a krajnice. Tuhost rámu a jeho hmotnost jsou nejdůležitějšími vlastnostmi brdových listů - při tkaní musí být jejich průhyb i chvění minimální. Nadměrná hmotnost listů zvyšuje nejen zatížení prošlupního mechanismu, ale má negativní vliv na zatížení vlastního listu a tím i na jeho životnost. Chvění listů zvyšuje hlučnost stavu a má nepříznivý vliv na chvění osnovy a tím na tvorbu tkaniny. Způsob zatížení rámu listu je dán umístěním závěsů, které určuje působíště vnějších sil na tkací list. Na Obr.2.1 je schematicky zobrazen brdový list tkacího stavu.

Obvykle jsou tkací listy připojeny na prošlupní zařízení dvěma závěsy buď na spodním nosníku (spodní čínek),

nebo na krajnicích. Bylo vyvinuto několik typů těchto závěsů. Místo připojení je u starších tkacích strojů na dolním činku, u strojů novější koncepce na krajnicích, popř. ve střední části krajnic.

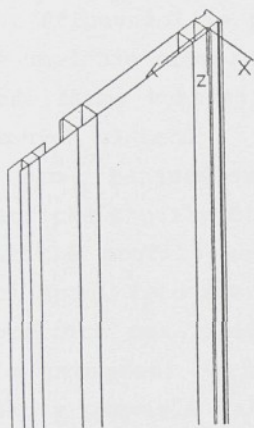
Tkací list musí také splnit podmínku, aby se neprohýbal ve směru kolmém na svůj pohyb. Při vybočení by mohl zachytit o sousední list. Proto se na stavech větších pracovních šířek opatřují horní nosníky jednotlivých tkacích listů tzv. náběhy. Náběhy se vyrábí ze dřeva nebo umělé hmoty s nízkou hodnotou součinitele tření.



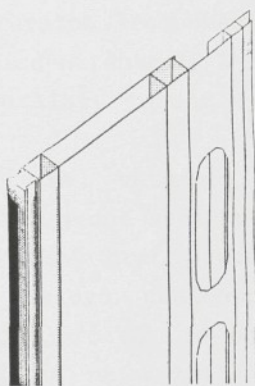
Obr.2.1 Brdový list pro tkací stroje

Pro snížení hlučnosti listů se dutiny v profilu činku vyplňují speciální hmotou. Tato hmota způsobuje snížení vibrací činku a tím i hluku, který listy vyzařují do okolí. V současnosti se vyrábí velké množství profilů činku v závislosti na délce brdového listu, zatížení, pracovních otáček, typu stroje atd.

Důležitým prvkem konstrukce mající velký vliv na tuhost celého rámu jak je výše popsáno je spojení činků s krajnicí. Charakter spojení určuje přenos sil a momentů mezi jednotlivými komponenty listu. Při větších pracovních šířkách listů se vkládají mezi horní a dolní čínek středové výztuhy,



Obr.2.2 Příklad profilu činku brdového listu



Obr.2.3 Charakteristický tvar odlehčení horního činku

které zvyšují tuhost listu hlavně ve směru jeho pohybu.

Brdové listy jsou vedeny v postranních vedeních. Díky zajištění bezproblémového provozu musí být zajištěna vůle ve vedení, ta je však zároveň příčinou vzniku rázů během pohybu listu.

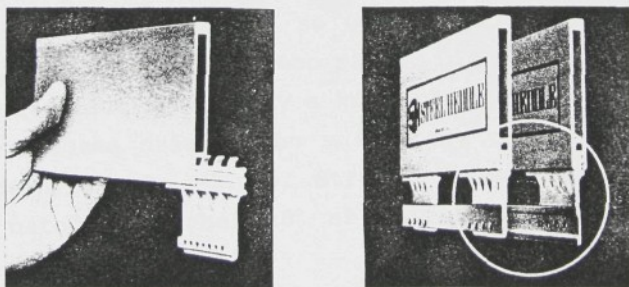
Významným budičem rázů jsou i nítěny, které vyvolávají svým přeskupováním silový impuls. Vysoký nesouměrný průhyb horního a dolního činku s sebou přináší nutnost vyšší vůle v uchycení nítěnek k nosným drátům brdového listu (viz. Obr.2.5,2.6). Tím dochází nejen ke zvýšení hlučnosti při vymezování této vůle, ale vzniklý silový impuls zvyšuje dynamické zatížení vlastních brdových listů.

Nítěny jsou zavěšeny na nosném drátu obdelníkového průřezu. Pro nítěny jezdcové je nosný drát připevněn tzv.

posuvnými jezdci k činku. Pro nítěny bezjezdcové je přinýtován přímo k profilu činku nebo ke sponě pevně spojené s činkem. Pro jezdcové nosné dráty se používají symetrické profily činku. Jezdce se vyrábějí převážně z umělé hmoty. Ty díky materiálu ze kterého jsou vyrobeny částečně eliminují přenášení hluku z nítěnek a nosných drátů do rámu brdového listu. Připevnění je prováděno převážně šroubováním k činku, které umožňuje provozní manipulaci s nítěnkami. V současnosti některé firmy vybavují své brdové listy jezdci vyrobenými z uhlíkových vláken.

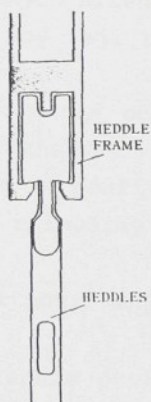
Pro bezjezdcové nítěny se většinou používají asymetrické profily činku s přesahem jedné stěny profilu nebo symetrické profily ke kterým je nosný drát pevně přichycen pomocí spon. Tyto spony jsou buď ocelové, umělohmotné nebo z kompozitních materiálů. Asymetrické profily se používají ve dvojím provedení - horní nosník má na rozdíl od dolního nosníku v převislé části profilu otvory sloužící k odlehčení činku (viz. Obr.2.3).

Firma STEEL HEDDLE přišla s novým patentovaným řešením této konstrukční skupiny. Upevňuje nítěny na nosný drát, který je přinýtován k umělohmotným nosičům, které se zasunou do profilu a proti axiálnímu posunutí jsou zachyceny pomocí čtyř ohebných zarážek (viz. Obr.2.4).

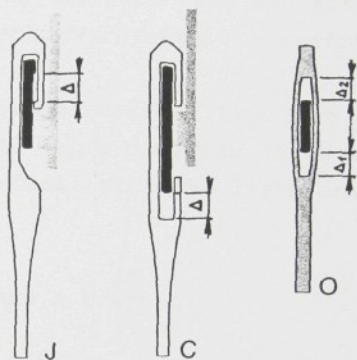


Obr.2.4 Řešení uchycení nosného drátu firmy STEEL HEDDLE

Výjimkou připevňování nítěnek v rámu listu je řešení firmy Maruyama. Ta upevňuje nítěnky přímo v profilu činku. Na koncích nítěnek je připevněn umělohmotný nosič, který se nasune do profilu činku (viz Obr.2.5). Tento způsob upevnění snižuje váhu listu dle firemní literatury až o 20%, snižuje úroveň hluku vyzařujícího z listu a zvyšuje trvanlivost listu. Tento způsob upevnění nítěnek je patentován.



Obr.2.5 Řešení firmy uchycení nítěnek firmy MARUYAMA



Obr.2.6 Typy oček u vyráběných nítěnek

V současnosti se používají upravené bezjezdcové brdové listy pro naváděcí systém Staubli (dříve Zelveger-Uster) i systém Barber-Colman. Díky tomu mají tyto listy charakteristické konstrukční prvky.

Na tkacích strojích se používají nítěnky ocelové vyrobené z drátu nebo ocelového pásku. Dle typu nosného drátu je můžeme rozdělit na nítěnky s koncovým očkem otevřeným (pro bezjezdcové nosné dráty) nebo s koncovým očkem uzavřeným ve tvaru obdelníku nebo elipsy. Střední nitové očko je oproti koncovým natočeno o úhel 15° až 45° . Rozměry nítěnek jsou určeny normou.

U nítěnek otevřených se používají dva typy zobrazené na Obr.2.6: typ C a typ J. Většina výrobců tkacích strojů používá nítěnky s délkou 330mm, v Evropě převládá J-profil, v

USA C-profil. V nabídce většiny firem je možné nalézt i nítěnky s jinými délkami např. 260mm, 280mm, 300mm atd.

Nítěnky jsou vyráběny z vysocepevnostních ocelových pásků, povrchově upravených proti korozi nebo z pásků ze speciálních nerezavějících ocelí. Lisovaná niťová očka mají zaoblený a leštěný povrch (jsou tepelně a povrchově upraveny), který nerozdirá procházející osnovní niť. Niťová očka plochých nítěnek jsou většinou umístěna 10mm nad středem nítěnky, aby její těžší část nítěnku vyrovnávala a snižovala její chvění.

V současné době existuje veliké množství typů brdových listů v závislosti na typu stroje, délce brdového listu atd. Stále více se používá nahrazování částí brdového listu novými materiály s lepšími vlastnostmi.

2.2 Rozbor používaných profilů činků a krajnic

Základním prvkem konstrukce listu je jeho rám. Ten je sestaven z činků a krajnic. V úvodní části této práce provedeme podrobnější rozbor v současnosti používaných profilů činku a krajnice.

Vzhledem ke svému specifickému tvaru jsou činky vysoce namáhanou částí rámu listu. V nabídce jednotlivých evropských firem lze nalézt unifikované tvary profilů používaných většinou výrobci. Někteří nabízejí i své speciální tvary profilů činků. K nejznámějším výrobcům patří např. ACTEX, Grob, Fröhlich, Schmeing, Verbrugge, Zibiro, TTP Elitex a další.

Podíváme-li se na historický vývoj tvaru činku můžeme říci, že význam této části tkacího listu stoupl značnou měrou v posledním desetiletí vzhledem k radikálnímu zvýšení výkonu tkacích strojů. Na počátku vývoje byla tato součást z důvodu snadné výroby stroje a následně i obsluhy stavu vyráběna ze dřeva. Právě výhodou nízké hmotnosti a snadnou přístupností materiálu se dřevo stalo na dlouhou dobu jediným používaným materiálem. Na druhé straně mělo nedostatečnou pevnost i

odolnost a nevyhovovalo podmínkám provozu strojů při vyšších pracovních frekvencích, proto byly tyto dřevěné nosníky postupně nahrazovány jinými materiály. Zezačátku ocelí a s rozvojem výroby hliníkových slitin byly nahrazeny duralem. Ten je pro vyšší odolnost upraven eloxováním. Na vývoji materiálů ze kterých jsou činky vyráběny je patrný posun k materiálům, které zaručují nízkou hmotnost součástí při její vysoké tuhosti (lamináty, kompozity aj.).

Vývoj tvaru profilu činky prošel ještě radikálnějším zdokonalením a zvýšením tuhosti. Zatímco ještě před dvaceti lety se používaly činky s oválným profilem, který zaručoval kvadratický moment průřezu v ohybu v rozpětí 50000 až 80000 mm⁴, dnes se běžné hodnoty této průřezové veličiny pohybují ve dvou- až čtyřnásobcích této hodnoty. Špičkové hodnoty dosahují až desetinásobku původních hodnot. S hodnotou průřezových modulů pro ohyb i krut roste i měrná hmotnost jednoho metru nosníku a tím i celkové zatížení celého proslupního zařízení. Pro snížení hlučnosti listů se dutiny vyplňují speciální hmotou potlačující vibrace činky.

Na Obr.2.7 jsou zobrazeny porovnávané profily předních světových výrobců textilního příslušenství. Jsou rozděleny do dvou kategorií dle tvaru na symetrické a asymetrické tvary profilu. Jsou zde profily využívané v minulosti nebo u dnešních nízkovýkonných strojů (např. Bürckle 60x9, TTP 60x9, Zibiro 70x9). Naopak mezi činky s nejtuzším profilem můžeme zařadit Schmeing 150x9 (asymetrický) a Zibiro 120x9 (symetrický), které svými kvadratickými momenty průřezu v ohybu převyšují ty nejméně tuhé více než desetkrát. Charakteristické hodnoty profilů jsou seřazeny v Tab.2.1. Jsou zde hodnoty ploch profilů, kvadratické momenty v ohybu k osám x a y (počítány k těžišti profilu), poměrné hodnoty I k ploše (využití materiálu), procentní vyjádření I k nejvyšší hodnotě a hmotnost jednoho metru daného profilu. Následující Obr.2.8 a 2.9 uvádí srovnání hodnot kvadratického průřezového modulu profilů a poměrné hodnoty I_x k ploše profilu. Byl

počítán pouze hliníkový profil bez nosného drátu. Nosný drát u asymetrických profilů zvyšuje jejich tuhost a stabilitu. U symetrických listů je to naopak prvek, který zvyšuje jednotkovou hmotnost listu, přičemž se tuhost zvyšuje neznatelně. Pozn.: Nosné dráty jsou vyrobeny z uhlíkové nebo nerezové oceli. U symetrických profilů s jezdcí se používá nosných drátů s průřezem 9x1,5 mm. U symetrických profilů se sponami a u asymetrických profilů se využívá nosných drátů s profilem 16x2,1 (pro nítěnku tvaru J) nebo 22x1,7 (pro nítěnku tvaru C). U asymetrických profilů jsou tyto nosné dráty připevněny k profilu činkou nýtováním.

Z Obr. 2.7 a Tab. 2.1 je patrné, že v současnosti lze profily rozdělit do několika pevnostních řad. Nejmeně tuhá je řada s výškou profilu 60 až 80mm, dále následuje řada s výškou 90 až 96mm. Dnešním standartem pro vysokovýkonné tkací stroje je řada s výškou profilu 120mm. Z Tab. 2.1 je viditelné jaký profil je z hlediska využití materiálu nejvhodnější.

Rozptyl tuhosti posuzovaných profilů je značný. Srovnání je provedeno pro výšku asymetrického profilu 120. Zde je rozdíl tuhostí nejviditelnější (viz. Tab.2.2). Je patrné, že rozdíl I_x nejtužšího a nejmeně tuhého profilu totožné výšky je více než 25%, přičemž zvýšení měrné hmotnosti jednoho metru profilu nízké (10%). Je patrné, že pro účelné využití materiálu je nejvhodnější používat profily s vyšší hodnotou I_x .

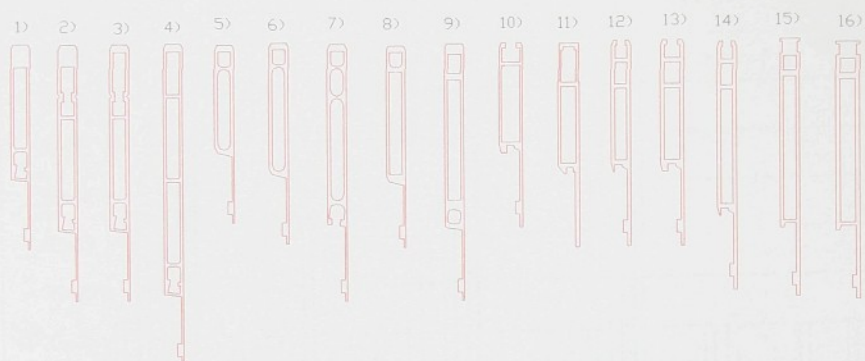
typ profilu	výrobce	I_x		Jednotková hmotnost	
		[mm ⁴]	[%]	[kg/m]	[%]
120x9	TTP Elitex	497070	127	1,06	110
	ZIBIRO	391510	100	0,96	100

Tab. 2.2 Srovnání profilů s výškou 120mm

Volba profilu je mnohdy závislá na typu spoje činku a krajnice, kterého daný výrobce používá, neboť řada výrobců tvar profilu činku uzpůsobuje pro využití při konstrukci spoje.

	Typ	Profil	S	lx	ly	ly/S	lx/S	ly	lx	G
			[mm ²]	[mm ⁴]	[mm ⁴]	[mm ²]	[mm ²]	[%]	[%]	[kg/m]
1	asym	Schmeing 96x9	319,11	233740	3486,2	732,5	10,9	41,53%	29,72%	0,861597
2	asym	Schmeing 120/3x9	404,11	462980	4568,4	1145,7	11,3	54,43%	58,87%	1,091097
3	asym	Schmeing 120/2x9	365,11	394310	4445	1080,0	12,2	52,96%	50,14%	0,985797
4	asym	Schmeing 150x9	457,56	786420	5749,3	1718,7	12,6	68,50%	100,00%	1,235412
5	asym	Zibiro 85x9	238,4	128920	2734,6	540,8	11,5	32,58%	16,39%	0,64368
6	asym	Zibiro 96x9	271,0	191450	3220,4	706,5	11,9	38,37%	24,34%	0,7317
7	asym	Zibiro 120x9	357,4	391510	3871,9	1095,4	10,8	46,13%	49,78%	0,96498
8	asym	Actex 96x9	286,2	198160	3302,2	692,4	11,5	39,34%	25,20%	0,772767
9	asym	Actex 120x9	394,3	440380	4466,4	1116,8	11,3	53,21%	56,00%	1,064637
10	asym	TTP 86x11	235,4	141130	4293,2	599,5	18,2	51,15%	17,95%	0,63558
11	asym	TTP 96x10	272,0	175770	3877,1	646,2	14,3	46,19%	22,35%	0,7344
12	asym	TTP 96x9	313,9	214590	3527,3	683,7	11,2	42,02%	27,29%	0,847476
13	asym	TTP 96x11-II	335,4	227410	5939,3	678,0	17,7	70,76%	28,92%	0,90558
14	asym	TTP 106x9	383,9	387600	4497	1009,7	11,7	53,58%	49,29%	1,036476
15	asym	TTP 120x9	393,9	497070	4490,1	1261,9	11,4	53,49%	63,21%	1,06353
16	asym	TTP 120x11	490,7	569120	8377	1159,9	17,1	99,80%	72,37%	1,324755
a	sym	Schmeing 60x9	127,94	40677	1329,6	317,9	10,4	15,84%	5,17%	0,345438
b	sym	Schmeing 72x9	208,52	71115	1715,6	341,0	8,2	20,44%	9,04%	0,563004
c	sym	Schmeing 84x9	244,52	135850	2773,5	555,6	11,3	33,04%	17,27%	0,660204
d	sym	Zibiro 76x9	275,6	148640	3388,6	539,3	12,3	40,37%	18,90%	0,74412
e	sym	Zibiro 84x9	305,6	194990	3731,8	638,1	12,2	44,46%	24,79%	0,82512
f	sym	Zibiro 96x9	341,6	280400	4244,8	820,8	12,4	50,57%	35,66%	0,92232
g	sym	Zibiro 120x9	437,0	558350	5334,2	1277,7	12,2	63,55%	71,00%	1,1799
h	sym	Zibiro 52x11	264,5	56928	3716,8	215,2	14,1	44,28%	7,24%	0,711415
i	sym	Zibiro 70x9	333,5	124690	4401,8	373,9	13,2	52,44%	15,86%	0,90045
j	sym	Zibiro 80x9	401,3	196790	5287,9	490,4	13,2	63,00%	25,02%	1,08351
k	sym	Zibiro 80x11	426,9	218020	8393,5	510,7	19,7	100,00%	27,72%	1,15263
l	sym	Burckle 60x9	155,61	52143	1440,9	335,1	9,3	17,17%	6,63%	0,420147
m	sym	Burckle 75x8	210,7	101540	1614,8	481,9	7,7	19,24%	12,91%	0,56889
n	sym	Burckle 90x9	247,8	193210	2593,4	779,7	10,5	30,90%	24,57%	0,66906
o	sym	TTP 48x9	136,5	23942	1234,5	175,4	9,0	14,71%	3,04%	0,36855
p	sym	TTP 96x9	280,27	203630	3259,5	726,5	11,6	38,83%	25,89%	0,756729
r	sym	TTP 84x9	336,8	213980	4114,9	635,3	12,2	49,02%	27,21%	0,90936
s	sym	TTP 90 x9	329,8	264030	4025,6	800,6	12,2	47,96%	33,57%	0,89046

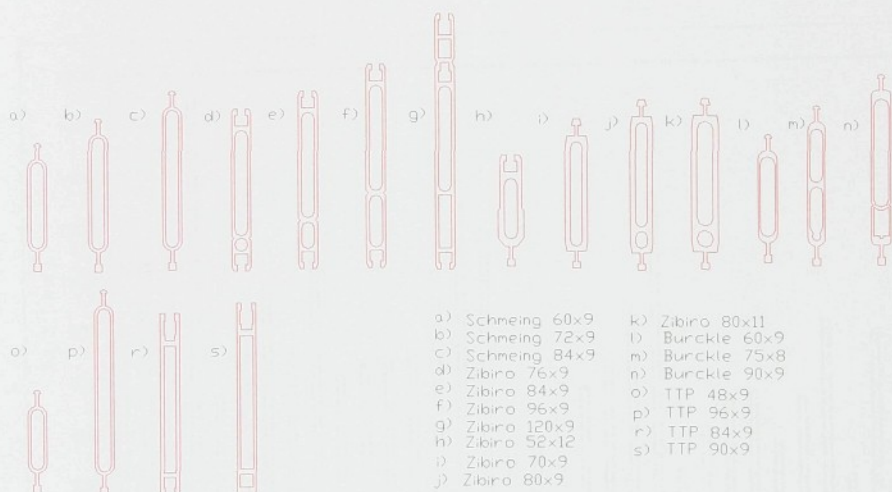
Tab.2.1 Průřezové veličiny profilů z Obr.2.7



- 1) Schmeing 96x9
 2) Schmeing 120x9-III
 3) Schmeing 120x9-II
 4) Schmeing 150x9
 5) Zibiro 85x9
 6) Zibiro 96x9

- 7) Zibiro 120x9
 8) Actex 96x9
 9) Actex 120x9
 10) TTP 86x11
 11) TTP 96x10
 12) TTP 96x9

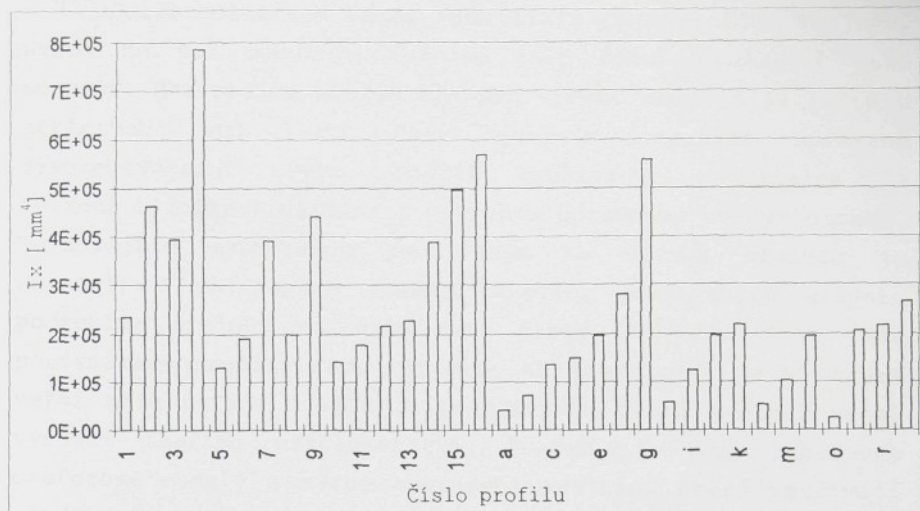
- 13) TTP 96x11
 14) TTP 106x9
 15) TTP 120x9
 16) TTP 120x11



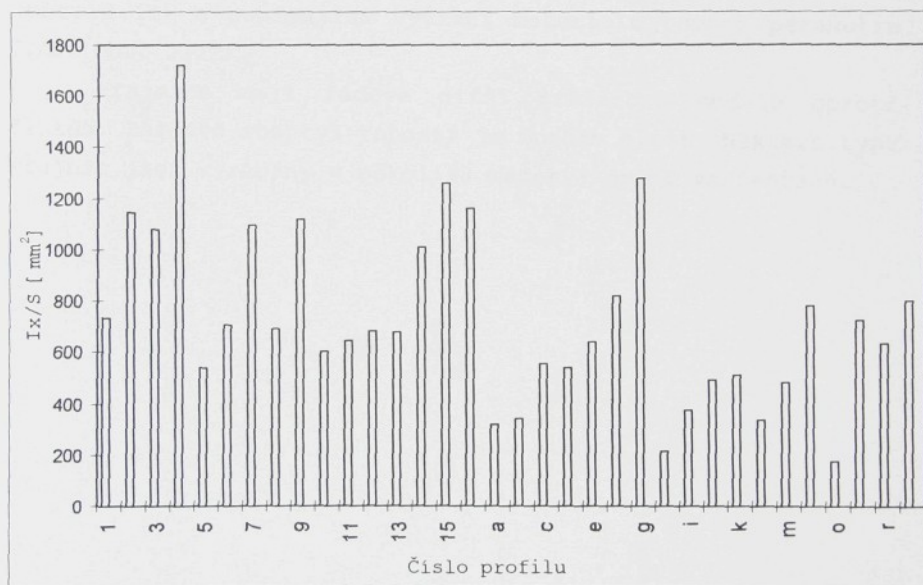
- a) Schmeing 60x9
 b) Schmeing 72x9
 c) Schmeing 84x9
 d) Zibiro 76x9
 e) Zibiro 84x9
 f) Zibiro 96x9
 g) Zibiro 120x9
 h) Zibiro 52x12
 i) Zibiro 70x9
 j) Zibiro 80x9

- k) Zibiro 80x11
 l) Burckle 60x9
 m) Burckle 75x8
 n) Burckle 90x9
 o) TTP 48x9
 p) TTP 96x9
 r) TTP 84x9
 s) TTP 90x9

Obr. 2.7 Základní profily činků předních evropských výrobců



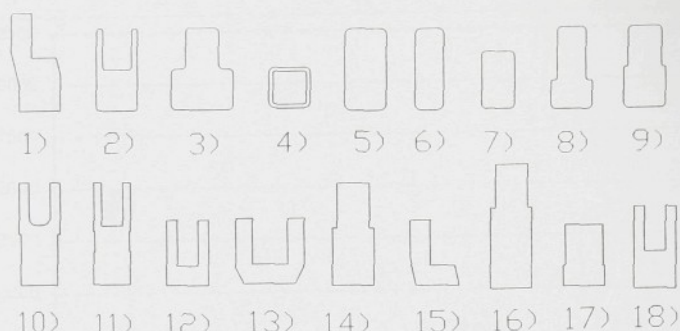
Obr.2.8 Hodnoty kvadratického průřezového modulu profilů v ose x



Obr.2.9 Hodnoty kvadratického průřezového modulu profilů v ose x vztahované k ploše profilu

Další důležitou částí rámu listu je krajnice. Stejným, avšak ne tak mohutným vývojem jako činek prošla i tato součást. Materiálem používaným pro výrobu krajnic je ještě u některých typů listů řady výrobců speciálně upravené vysocepevnostní dřevo. Dalším používaným materiálem je tvrzená hliníková slitina s povrchem upraveným tvrdým eloxem. Nejnovějším materiálem používaným na výrobu krajnic je kompozit z uhlíkových vláken. Profily používaných krajnic podrobíme stejným rozborům jako činky. Na Obr. 2.10 jsou porovnávány profily řady výrobců. Na krajnicích je v mnohem větší míře patrná unifikace používaných tvarů krajnic všemi výrobci tkacího příslušenství. V Tab.2.3 jsou zobrazeny průřezové moduly a měrné hmotnosti krajnic, které používají přední firmy. I zde byly pro názornost vytvořeny grafy srovnávající tuhosti profilů k ose x pomocí parametru I_x (Obr. 2.11) a popisující využití materiálu pomocí parametru I_x/S (Obr. 2.12).

Krajnice mají řádově nižší průřezové moduly oproti činkům. Zároveň rozptyl tuhostí je mnohem nižší. Některé typy krajnic jsou vyráběny v několika materiálových variantách.

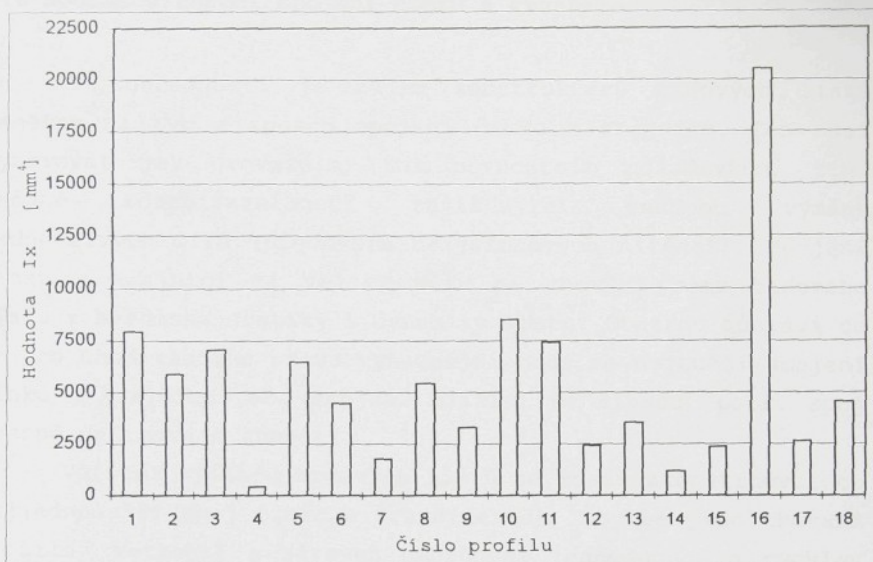


- 1) Zibiro 5x10x24 (TTP) 11) Schmeing 9x10x25.II
 2) Zibiro 7x10x20.I 12) Schmeing 5x10x16
 3) Zibiro 8x15x20 13) Schmeing 16x16
 4) Zibiro 10x10 14) Schmeing 7.8x10x25
 5) Zibiro 10x20 15) Schmeing 5x11x16
 6) Zibiro 7x20 16) Schmeing 7.8x11x30
 7) Zibiro 8x14 17) TTP 15x10x9
 8) Zibiro 7x10x20.II 18) TTP 20x10x11
 9) Zibiro 7x10x20.III
 10) Schmeing 9x10x25.I

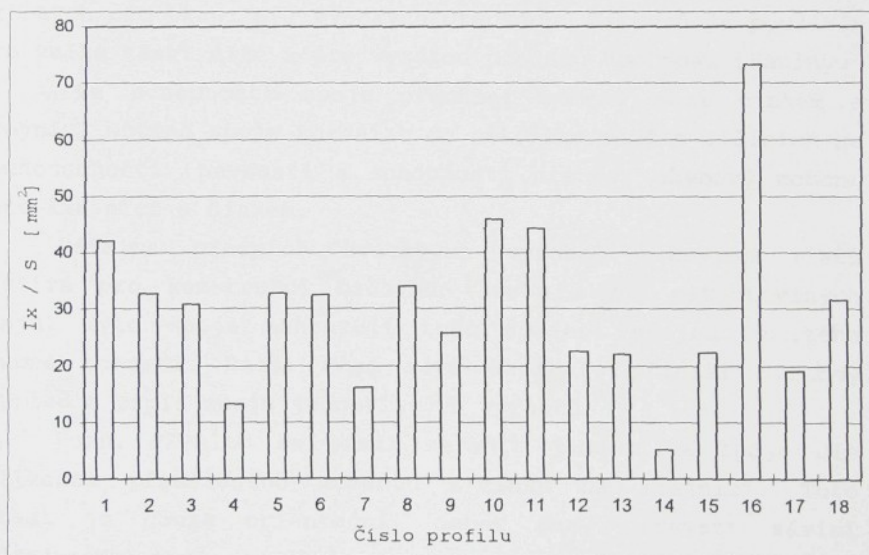
Obr. 2.10 Profily posuzovaných krajnic

Profil		S	lx	ly	lx/S	ly/S	ly	lx	G
		[mm ²]	[mm ⁴]	[mm ⁴]	[mm ²]	[mm ²]	[%]	[%]	[kg/m]
1	Zibiro 5x10x24	188,3	7916,5	1622,9	42,0	8,6	32,79%	93,28%	0,5084
2	Zibiro 7x10x20 - I	179,1	5858,8	1242,8	32,7	6,9	25,11%	69,04%	0,4836
3	Zibiro 8x15x20	229,1	7047,2	3193,5	30,8	13,9	64,52%	83,04%	0,6186
4	Zibiro 10x10	34,3	452,6	452,6	13,2	13,2	9,14%	5,33%	0,0925
5	Zibiro 10x20	198,0	6478,0	1990,7	32,7	10,1	40,22%	76,33%	0,5346
6	Zibiro 7x20	138,0	4478,9	551,5	32,5	4,0	11,14%	52,78%	0,3726
7	Zibiro 8x14	111,1	1788,3	584,6	16,1	5,3	11,81%	21,07%	0,3
8	Zibiro 7x10x20-II	160,1	5437,8	938,9	34,0	5,9	18,97%	64,08%	0,4323
9	Zibiro 7x10x20-III	129,6	3323,4	1371,5	25,6	10,6	27,71%	39,16%	0,35
10	Schmeing 9x10x25.I	185,2	8486,5	1687,8	45,8	9,1	34,10%	100,00%	0,5001
11	Schmeing 9x10x25.II	167,9	7422,1	1347,9	44,2	8,0	27,23%	87,46%	0,4533
12	Schmeing 5x10x16	106,7	2403,1	1297,2	22,5	12,2	26,21%	28,32%	0,2881
13	Schmeing 16x16	160,0	3531,1	4949,4	22,1	30,9	100,00%	41,61%	0,4319
14	Schmeing 7.8x10x25	225,8	1146,4	1601,7	5,1	7,1	32,36%	13,51%	0,6097
15	Schmeing 5x11x16	105,5	2354,5	960,9	22,3	9,1	19,42%	27,74%	0,2848
16	Schmeing 7.8x10x30	279,7	20512,0	2060,9	73,3	7,4	41,64%	241,70%	0,7552
17	TTP 15x10x9	140,0	2662,2	1024,2	19,0	7,3	20,69%	31,37%	0,378
18	TTP 20x10x11	145,0	4576,0	1552,1	31,6	10,7	31,36%	53,92%	0,3915

Tab. 2.3 Průřezové veličiny profilů z Obr. 2.10



Obr.2.11 Hodnoty kvadratického průřezového modulu profilů v ose x



Obr. 2.12 Hodnoty kvadratického průřezového modulu profilu krajnice v ose x vztažené k ploše profilu

2.3 Současná řešení spojení činku a krajnice

V současnosti je zájem konstruktérů brdových listů zaměřen na typ a způsob spojení činku a krajnice. Ten musí vyhovovat jak provozním, tak pevnostním požadavkům, tzn. snadné rozebíratelnosti zajišťující snadnou výměnu jednotlivých dílů (především bezjezdcových nítěnek). Spojení činku s krajnicí má veliký vliv na chování rámu brdového listu z hlediska statiky i dynamiky listu. Otázkou zůstává co je pro chod tkacího stavu výhodnější, zda co nejtužší spojení činku a krajnice nebo spojení blížíící se kloubu, popř. spoj přesně definované tuhosti.

Většina výrobců brdových listů se snaží zkonstruovat co nejjednodušší spoj činku a krajnice tak, aby se jeho chování blížilo vetknutí a zároveň umožňoval jednoduchou a rychlou demontáž v textilním provozu. Brdový list s velmi tuhým spojem nachází použití na vysokovýkonných tkacích strojích určených pro tkaní při vysokých otáčkách. Zároveň je používán pro velké tkací šíře a pro vysokou plošnou hmotnost tkaniny.

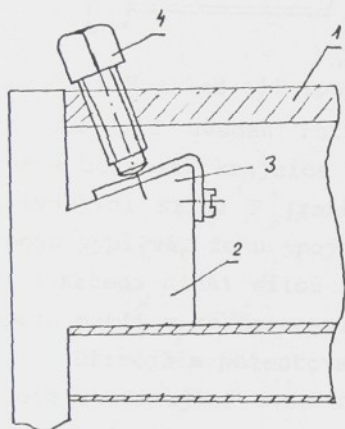
Dle schopnosti spoje přenášet moment mezi činkem a krajnicí můžeme spoje rozdělit do několika skupin lišících se jednoduchostí, pevností a schopností přenést ohybový moment mezi krajnicí a činkem.

Většina předních světových výrobců brdových listů používá pro konstrukci brdového listu svých patentovaných spojů. Tyto spoje nahrazují tuhé spojení spojem určitého stupně tuhosti. Další část této kapitoly přináší stručný přehled a popis spojů jednotlivých výrobců.

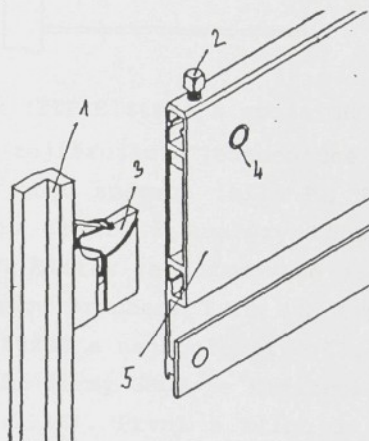
Pozn. Přehled se snaží seřadit jednotlivé spoje dle velikosti přenášeného momentu z činku na krajnici. Toto pořadí je pouze orientační, neboť daný parametr závisí nejenom na typu použitého spoje, ale také na ostatních konstrukčních parametrech brdového listu. Pro přesné seřazení spojů dle jejich tuhosti by navíc bylo nutné provést jejich měření a to při stejných podmínkách.

První skupinou jsou spoje používané u vysocenamáhaných brdových listů schopné přenést vysoké hodnoty krouticího momentu mezi čínkem a krajnicí.

Nejrozšířenější tuhý spoj, používaný celou řadou výrobců pro vysoce namáhané brdové listy je patentovaný spoj předního evropského výrobce firmy Grob ze Švýcarska. Ta jako první přišla s tuhým spojením čínku a krajnice. Zobrazení principu spoje je na Obr.2.13. Na krajnici 2 je vytvořen výstupek se šikmou plochou 3, ten je upevňován a vtahován do čínku 1 silou vyvozenou šroubem 4.



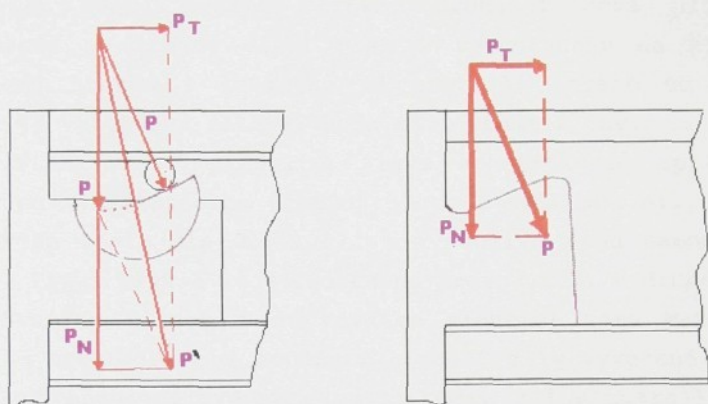
Obr.2.13 Spoj fy GROB var.1



Obr.2.14 Spoj Dynatex

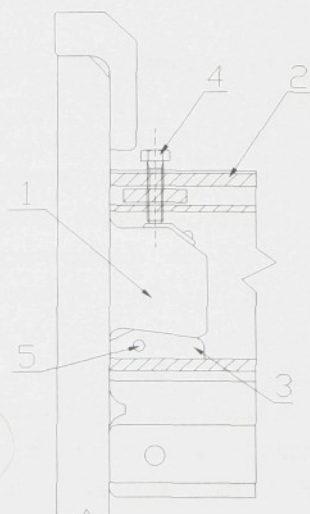
Podobně tuhý spoj je patentován a vyráběn českou firmou TTP Elitex.a.s. Spoj nese označení DYNATEX. Princip spojení je na Obr.2.14. Na krajnici 1 je vytvořen speciální nos s lůžkem pro půlměsíček. Nový princip spoje je založen na přenosu sil vyvozených šroubem 2 pomocí půlměsíčku 3 opírajícím se o nýt 4 vlisovaný do čínku 5. Tento způsob je vhodný z hlediska přenosu sil. Přestože je šroub umístěn kolmo na podélnou osu čínku rozklad sil na půlměsíčku 3 vyvíjí značnou sílu na zatahování krajnice do profilu čínku.

Oba spoje mají podobnou filosofii principu a to, že vyvozená síla např. šroubem velmi pevně uchytlí krajnici v dutině čínku v ose čínku i v ose krajnice. Pro názornost je



Obr.2.15 Rozklad sil spoje Dynatex (TTP Elitex) a spoje GROB na Obr.2.15 uveden rozklad sil zajišťující jednoznačné a pevné uchycení krajnice k činku v obou směrech (síla P_N , P_T) upevňující silou P (zanedbáme vliv tření) Z analýzy těchto spojů vyplývá, že u spoje firmy TTP Elitex je požadované síly P_N dosaženo nižší silou P vyvozovanou šroubem. Tyto dva typy spojů patří v současnosti mezi nejtužší a nejspolehlivější.

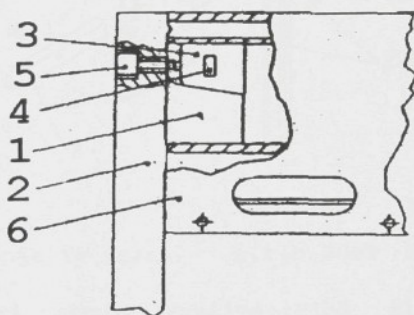
Dřívějším patentovaným řešením firmy GROB je konstrukce spoje využívající dvou klínů (Obr.2.16). První z klínů 3 je pomocí nýtu 5 pevně uchycen k činku 2. Svou dolní plochou se



Obr.2.16 Spoj fy GROB var.2

opírá o žebro profilu činku. Druhá klínová plocha je vytvořena na spodní části nosu 1 vytvořeného na krajnici. Působení šroubu 4 ležícího na protější straně od dolního klínu je vytvořena silová vazba mezi oběma klíny.

Firma ACTEX přišla s jiným konstrukčním zpracováním principu využívajícího šikmých ploch k rozkladu sil. Využívá klínového spoje dle Obr.2.17, kde používá dvou samostatných klínů. První klín 1 je vytvořen na krajnici 2. V druhém klínu 3 je vsazen článek 4 se závitem sloužící jako matice pro šroub 5 spojující obě součásti. Pomocí síly vyvozené šroubem 5 je vytvořena silová vazba mezi oběma klíny opírající se o žebrování profilu. Rozklad sil je definován velikostí úhlu klínů.



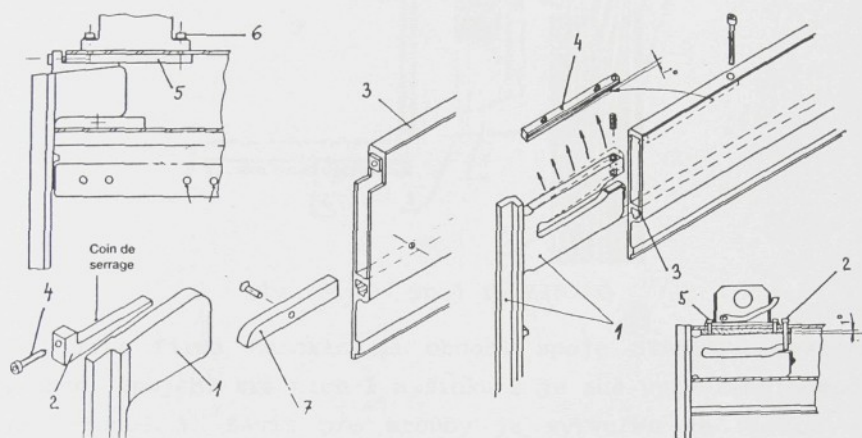
Obr. 2.17 Spoj fy ACTEX

Jiná varianta předchozího řešení je konstrukčně zpracována firmou Bürckle (Obr.2.18a). Toto spojení se používá u brdových listů typové řady 3002 a výrobce jej doporučuje pro vysokovýkonné tkací stroje. Nos na krajnici 1 má horní část tvořenu úkosem. Silové spojení je vytvořeno pomocí klínku 2 vtahovaného do činku 3 pomocí šroubu 4 a mezičlenu 5 ve kterém je vytvořen závit pro šroub. Mezičlen je přišroubován do profilu činku pomocí dvou šroubků 6.

Další skupina spojů nachází uplatnění většinou při středních zatížení u běžných provozních podmínek.

Firma Bürckle má takový spoj zkonstruován pro typovou řadu 3001 (Obr.2.18b). Na krajnici 1 je vytvořen podlouhlý

nos, který je rozdělen na dvě větve. Obě dvě větve jsou od sebe odtahovány pomocí šroubu 2. Opěrem o žebrovaní činku 3 je vyvozena síla na upevnění krajnice. Pro zvýšení efektu je horní větev opírána o mezičlen 4 se zkosením 1° . Mezičlen je upevněn k činku pomocí šroubů 5.

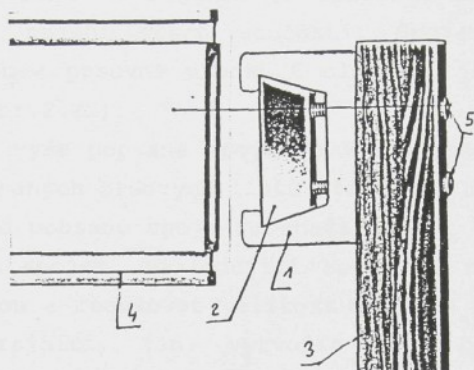


Obr.2.18 Spoje Fy Bürckle a) typ 3002 b) typ 3001

Další příklad spoje využívajícího klínového efektu přinesla firma Zibiro. Obdoba spoje firmy Burckle pro řadu 3001. Pouze nos se dvěmi větvemi je nahrazen umělohmotnou vložkou 1 do které je vložen ocelový klínek 2. Ten je tažen dvěma šrouby směrem ke krajnici 3 a rozepírá větve nosu opírající se o žebra profilu činku 4. Díky tomu je vytvořena silová vazba mezi krajnicí a činkem. Spoj je vyobrazen na Obr.2.19.

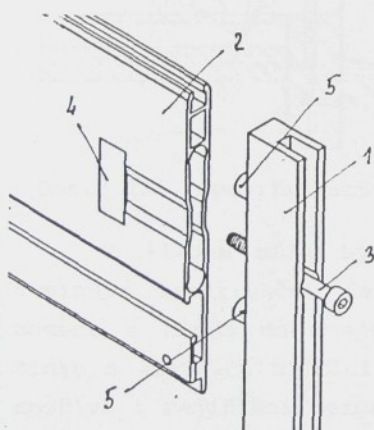
Spoj českého výrobce TTP Elitex a.s. označený jako STANDARD se využívá pro běžné provozní podmínky a střední velikost otáček stavu (viz. Obr.2.20). Je typickým příkladem spoje s nižší schopností přenášet ohybový moment mezi krajnicí a činkem. Jeho princip je založen na přichycení krajnice 1 k činku 2 šroubem 3 rovnoběžným s podélnou osou

činku. V činku je vsazen ocelový článek 4 se závitem, který slouží jako matice pro stahovací šroub. Dva čepy 5 zajišťují správnou polohu krajnice a činku - sousost matky a šroubu.

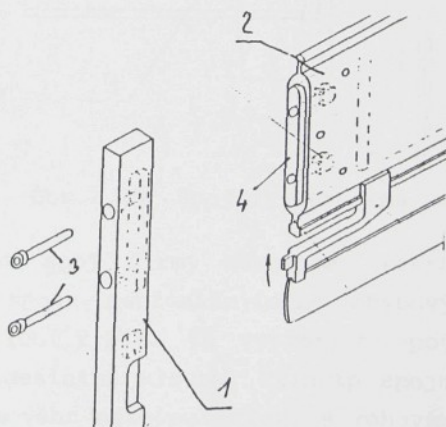


Obr. 2.19 Spoj fy ZIBIRO

Také firma Burckle má obdobu spoje STANDARD českého výrobce. Spojení krajnice 1 a činku 2 je zde vytvořeno pomocí dvou šroubů 3. Závit pro šrouby je vytvořen ve vložce 4, která je do profilu činku upevněna třemi nýty. Na středění spoje je využito osazení. Tento spoj je vyobrazen na Obr.2.21. a využívá se u brdových listů typové řady 2000.



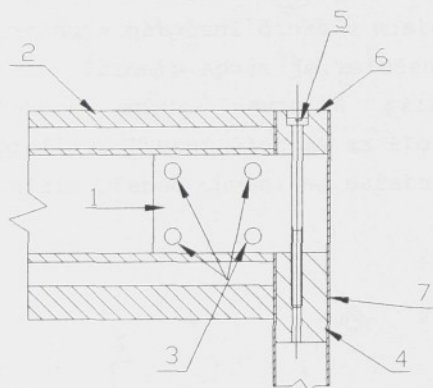
Obr.2.20 Spoj Fy TTP Elitex
typ STANDARD



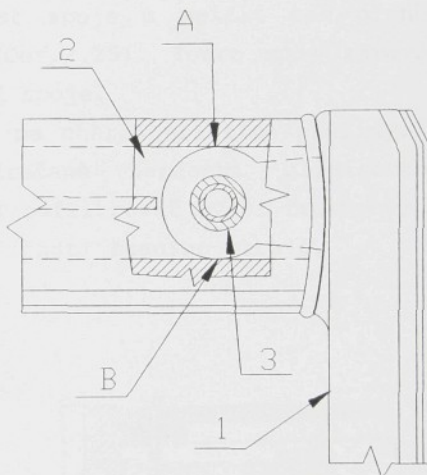
Obr.2.21 Spoj Fy Bűrckle
typ 2000

Firma Maruyama používá princip připevnění vložky 1 přímo do činku 2 pomocí čtyř nýtů 3. Dutá krajnice 7 má v sobě zalisovanou vložku 4 ve které je vytvořen závit pro šroub 5 zajišťující spojení všech součástí. Spojení je zajištěno pomocí šroubu a posuvné vložky 6 sloužící jako podložka pro šroub (viz Obr.2.22).

Poslední výše popsané spoje se v současné době používají u nízce namáhaných brdových listů při tkaní nižšími otáčkami. Všechny dosud popsané spoje se snaží spojit činek a krajnici co nejtužším spojem. Následující spoje se naopak snaží jít opačnou cestou a redukovat velikost momentu přecházejícího z činku na krajnici, tzn. vytvořit spoj blížíci se svým chováním kloubu.



Obr.2.22 Spoj fy Maruyama



Obr.2.23 Spoj fy Maruyama

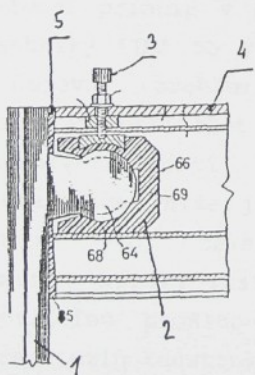
Příkladem může být opět spoj firmy Maruyama, která vyvinula konstrukční řešení spoje nepřenášejícího ohybový moment z činku do krajnice (Obr.2.23). Ta vytvořila spoj činku s krajnicí blížíci se ideálnímu kloubu. Princip spoje spočívá v zajištění bezproblémového natočení činku v rohovém spoji. Toho je dosaženo zvláštním typem nosu vytvořeném na krajnici 1 zakončeném kruhovým tvarem se středem ležícím

právě v polovině vzdálenosti mezi žebry činku 2. Nos se potom zároveň odvaluje po žebrech činku v místech označených A,B. Spojení činku a krajnice je provedeno pomocí průchozího čepu 3.

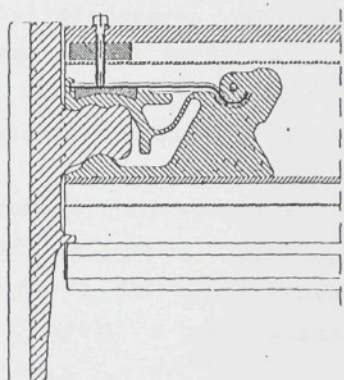
Podobného principu popsaného výše použila i firma KOGYO. Opět využívá nosu vyrobeného na krajnici 1 s kruhovým zakončením. Ten je vložen do mezičlenu z plastu 2. Na tento mezičlen působí šroub 3 kolmý na podélnou osu činku a spolu s žebrem profilu činku 4 svírá kruhovou plochu nosu krajnice. Předpětím šroubu je možné definovat velikost třecí síly a tudíž měnit tuhost spojení. Proti omačkání konce činku jsou tyto konce chráněny plastickou záslepkou 5. Tento spoj vyobrazuje Obr.2.24.

Firma VERBRUGGE navrhla konstrukci spoje umožňující měnit v určitém rozsahu tuhost spoje a snížit tak přenos momentu z činku na krajnici (Obr.2.25). Tento spoj zároveň umožňuje natočení činku v místě spoje.

Princip spoje je založen na charakteristice pružiny. U tohoto spoje nevzniká přidružené namáhání hliníkového profilu. Pružný člen má za úkol odfiltrovat vyšší frekvence a snížit přenos chvění na ostatní části tkacího stroje.



Obr.2.24 Spoj fy. KOGYO



Obr.2.25 Spoj fy. Verbrugge

3. Cíl disertační práce

V minulé kapitole byl popsán současný stav konstrukce brdového listu včetně aktuálního stavu vývoje spoje činku s krajnicí.

Zásadní výhody i nevýhody dnešního řešení prošlupního zařízení jsou založeny na zajištění primární funkce brdového listu: zabezpečení tvorby klínovitého prostoru pro zavedení útkové nitě a tím provázání osnovních nití. To je umožněno zdvihem listů, který je uskutečňován vratným pohybem mechanismu pro tvorbu prošlupu. Vratný pohyb s sebou nese vyšší nároky na mechanismy a zvyšuje dynamické zatížení na jednotlivé části stroje oproti rotačnímu pohybu. Základní otázkou tedy zůstává možnost nahrazení vratného pohybu.

Dle pomyslného hierarchického rozdělení problematiky řešení prošlupu můžeme dnes rozdělit tuto oblast do tří stupňů vývoje konstrukce. Nejvyšším stupněm vývoje prošlupního zařízení je paradoxně jeho odstranění z konstrukce stroje ve stávajícím uspořádání a nahrazení tohoto konstrukčního uzlu jiným, např. využívajícím rotačního pohybu. To s sebou samozřejmě přináší ideově nové principy v technice tkaní a zároveň velké konstrukční změny svázané s částečnou změnou stávající technologie. Možným řešením se může stát rotační víceprošlupní princip v podobě jak byl představen na výstavě tkací techniky ITMA 95 v Miláně firmou SULZER RUTTI. Avšak i zde se objevují problémy s tkaním některých typů látek a především s možností tkát různé vazby, dostavy, barevné variace - tedy s univerzálností.

Hierarchicky níže je položen druhý stupeň vývoje tohoto mechanismu: vývoj celého konstrukčního uzlu: prošlupní mechanismus - brdový list. To si klade za cíl zkonstruování nového principu prošlupního zařízení spolu s optimalizací polohy všech uzlů konstrukce.

Nejniže je položen třetí stupeň vývoje, který se zabývá konstrukcí optimálního brdového listu pro již existující

prošlupní mechanismus umožňující co nejlepší dynamické podmínky pro provoz stroje. Vzhledem ke stávajícímu stupni vývoje nestandardních typů tkacích strojů a naléhavosti problematiky konstrukce brdových listů se tato práce zabývá druhou a třetí etapou řešení prošlupných zařízení.

Řešení prošlupných zařízení tkacího stavu můžeme rozdělit na konstrukční řešení zdvihového mechanismu a na řešení brdového listu. Tato práce se z větší části zabývá řešením problematiky brdového listu. Problematiku rámu brdového listu je možné rozdělit do několika dílčích problémů.

Primárním problémem je samotná konstrukce brdového listu. Jedním z významných problémů je otázka typu spoje činku a krajnice. V současné době není známa žádná práce zabývající se vlivem tuhosti spoje činku brdového listu a krajnice na chování rámu listu jako celku. Ve většině prací, které se zabývaly touto problematikou se spojení činku s krajnicí nahrazovalo buď kloubem nebo absolutním vetknutím. Oba dva způsoby nahrazení jsou zidealizované. „Optimální“ tuhost spoje je dnes diskutovanou oblastí v konstrukci brdových listů. Právě proto je prvním cílem této práce nalezení algoritmu pro posuzování brdových listů z hlediska jejich vlastností. Na základě odvození řady matematických modelů a rozboru výpočtů na nich provedených se tato práce zevrubně zabývá touto oblastí z několika úhlů pohledu a analyzuje:

1. vliv tuhosti spoje na dynamické chování brdového listu a jeho deformace
2. vliv jednotlivých parametrů částí brdového listu (tuhostí jednotlivých členů, typu materiálu, rozměrů aj.) na velikost deformace a vlastní frekvence.

Tento rozbor nám potom definuje „optimální“ tuhost spoje, tzn. vhodnou tuhost spoje pro maximální životnost a nejvhodnější vlastnosti brdového listu, protože ne vždy je maximální tuhost i tuhostí optimální.

K popisu dynamických vlastností listu s proměnlivě tuhými spoji činku a krajnice práce využívá modální analýzy součástí a ukazuje vlastní frekvence a deformaci horního a dolního činku v závislosti na daném tvaru frekvence.

Další diskutovanou oblastí při řešení brdového listu je i otázka místa svázání konstrukce brdového listu se zvedacím zařízením. Důležitým problémem je místo uchycení listu na prošlupní mechanismus a také typ uchycení, které musí plně splňovat dané technologické i provozní kritéria. Při zvyšování otáček tkacího stroje nabývá na důležitosti řešení konstrukce listu v návaznosti na charakteristiky prošlupního zařízení, např. s ohledem na dané průběhy kinematických veličin. Při řešení těchto úkolů částečně využívá metody konečných prvků a ukazuje metodiku hodnocení těchto výpočtů.

Sekundárním, neméně důležitým problémem, je vhodná volba materiálu jednotlivých částí nově navržených brdových listů. Tyto by měli splňovat řadu podmínek, mezi jinými nízkou měrnou hmotnost (snížení dynamických sil), vysokou pevnost na jednotku hmotnosti (vlastní frekvence), vysokou schopnost útlumu vibrací (hlučnost) nebo odolnost proti opotřebení (životnost). Zároveň však musí mít celá konstrukce na paměti ekonomickou rentabilitu výroby i provozu.

Je velice složité formulovat podmínky, podle nichž by mohl být brdový list obecně hodnocen. Mezi základní kritéria posuzování bychom mohli zařadit například minimální rozdíl deformace horního a dolního činku listu (to umožňuje použít nítěnky s menší vůlí a tak snížit silový impuls vznikající po vymezení této vůle v průběhu zdvihu), hmotnost listu, hodnotu vlastních frekvencí, schopnost útlumu výkmitů atd. Je potřeba nalézt vhodná kritéria pro posuzování listů v závislosti na pracovních podmínkách ve kterých bude list používán.

Velký počet rozdílných principů tkacích strojů a variant prošlupních mechanismů znesnadňuje vyřešit zcela jednoznačně obecně optimální brdový list. Cílem práce pak je, navrhnout postup pro výběr vhodného brdového listu z hlediska jeho

dynamických vlastností pro známý typ prošlupního mechanismu a známé pracovní podmínky.

Pro ilustraci navrženého postupu je provedeno řešení brdového listu pro konkrétní prošlupní mechanismus.

4. Způsob zpracování disertační práce

V důsledku stále se zvyšující rychloběžnosti tkacích strojů je nutné zdokonalovat konstrukci brdových listů. Tato práce se především zabývá statickým a dynamickým rozbořem chování brdového listu v závislosti na daném proslupním mechanismu a následně optimalizací jeho konstrukce.

Jednou z důležitých konstrukčně-výpočtových etap je sestavení vhodného matematického modelu, který s dostatečnou přesností popisuje danou problematiku. Zjišťování jednotlivých posuzovaných parametrů lze provádět i měřeními na skutečné součásti. Tento způsob je však náročný po časové i ekonomické stránce vzhledem k rozmanitosti typů brdových listů. Bylo by nutné vyrobit potřebné součásti v různých konstrukčních variantách, tyto varianty změřit a získané výsledky z měření vyhodnotit, navrhnout úpravy, optimalizovat a celý koloběh měření opakovat.

Pro zkrácení etapy analýzy součásti je proto vhodné navrhnout matematický model vhodně simulující chování součásti a podrobit ho rozboru. Právě stanovení zjednodušujících předpokladů je jeden z nejzávažnějších aspektů při sestavování modelu. Přitom přijatá zjednodušení nesmí zásadně ovlivnit věrnost modelu v porovnání se skutečností a musí být vždy kompromisem mezi požadovanou přesností řešení a věrností popisu problematiky.

Vždy je nejdůležitější otázkou, zda má být navržený model složitý nebo jednoduchý. Pokud zvolíme cestu podstatného zjednodušení dostáváme jednoduchý model, který však málo souhlasí se skutečnou součástí. Není však také účelné sestavovat složitý matematický model, který s sebou přináší náročná a obtížná řešení.

Ekonomické hledisko této etapy je nepopiratelné. Vhodně sestavený matematický model nám dovolí sledovat chování součásti při změně rozměrů, struktury, popř. topologie součásti, a to při nízkých finančních a časových nákladech.

Zároveň nám umožňuje nahlédnout do širších souvislostí konstrukce součástí.

Z těchto důvodů byla zvolena cesta tvorby řady matematických modelů popisujících tuto problematiku. Díky rozvoji výpočetní techniky se v řadě případů vyskytla možnost využití počítačů při řešení těchto úloh. Je nepopiratelné, že sestavené matematické modely je nutno porovnat s praktickými měřeními na konkrétních součástech a zpětně doložit s jakou mírou přesnosti jsou analytické výpočty a tedy závěry získávány.

Sestavením matematického modelu pro brdový list můžeme sledovat různé modifikace rámu listu při změně vstupních parametrů např. použitém materiálu, tvaru profilu činku a krajnice, rozměrů aj. v závislosti na zatížení. Všechny výpočty je možné zrealizovat v celém rozsahu možných tuhostí spoje krajnice s čínkem.

Pro popis dynamických vlastností součástí využijeme analýzy vlastních tvarů kmitání součástí, tzn. rozložení složitého kmitavého procesu na dílčí příspěvky. Důslednou analýzou dynamického chování lze zjistit slabá a nejvíce namáhaná místa v konstrukci. Zároveň je možné odkrýt rezervy v řešení konstrukce a zároveň snížit úroveň hluku, který vyzařují při pohybu do okolí. Tato analýza umožňuje definovat změny dynamických vlastností součástí, odhadovat chování zkoumaného objektu při změnách pracovních či provozních podmínek nebo pro modelování odezev na předpokládané vnější síly.

V důsledku neustálého zvyšování pracovních otáček tkacího stroje je nutné optimálně vyřešit jednotlivé pracovní části stroje. Právě proto je nutné konstruovat brdový list ve spojitosti s daným prošlupním mechanismem.

Pro hodnocení jednotlivých typů brdových listů v závislosti na časově proměnném zatížení, které je definováno konstrukcí prošlupního mechanismu a pracovními podmínkami byly sestaveny dva matematické modely. Dynamický model prošlupního zařízení určuje časové zatížení brdového listu. To definuje

zatižení vlastního brdového listu, které je řešeno pomocí metody konečných prvků. Matematický model prošlupního mechanismu je sestaven pomocí Lagrangeových rovnic II.druhu a vyřešen pomocí výpočetní techniky s pomocí metody Runge-Kutta čtvrtého stupně.

Pro ilustraci navrženého postupu je provedeno řešení konkrétního brdového listu pro tkací stroj ALPHA 190 s jeho specificky konstruovaným prošlupním mechanismem schopným pracovat i při velmi vysokých pracovních otáčkách a pro optimalizovaný prošlupní mechanismus stroje PN 170.

Při výpočtech používáme programovacího jazyka Turbo Pascal 6.0 pro PC, software pro řešení konečněprvkových úloh ALGOR a Pro/MECHANICA. Pro dílčí řešení matematických problémů byl použit software FAMULUS a MapleV. Bylo využito výpočetní techniky Katedry textilních a oděvních strojů.

5. Základní rozbor konstrukce brdového listu

Základní myšlenkou této práce je analýza konstrukce rámu brdového listu. Základními analyzovanými veličinami budou parametry charakterizující tuhost rámu:

- průhyb horního a dolního činku a rozdíl těchto průhybů. Tyto veličiny nám definují statickou tuhost rámu listu s ohledem na celkovou koncepci rámu a tuhost spoje.
- Dále budeme zjišťovat vlastní frekvence rámu listu. Tato hodnota nám bude definovat základní vlastnosti dynamické tuhosti, resp. poddajnosti z hlediska kmítočtového pásma. Zároveň nám určí pásma frekvencí, které jsou pro brdový list nebezpečné. Pozn.: v dalším textu je termín statická tuhost nahrazen zkráceným termínem tuhost.

V úvodu této práce je potřebné provést rozbor silových poměrů na brdovém listu během otáčky hlavního hřídele. Je důležitá důkladná analýza zatížení listu, především v obou krajních polohách, kdy je maximální hodnota zrychlení, tzn. v polohách dolní a horní úvrati listu. Toto zatížení nám bude sloužit jako referenční hodnota pro výpočty listu v první části této práce.

Z technologického hlediska tvorby tkaniny je nutné zajistit dostatečnou dobu „klidu“ v úvratích při zdvihu, resp. poklesu soustavy nití, která je důležitá pro bezproblémové zanesení útku. Tato podmínka ovlivňuje časový průběh zdvihu listu a tím následně definuje zrychlení jednotlivých členů mechanismu i průběh zrychlení brdového listu. Na průběhu a velikosti zrychlení listu závisí jeho celkové zatížení.

Existuje řada možností, jak zajistit tvorbu žádané závislosti zdvihu listu na pootočení hlavního hřídele. Zcela obecně je možné prošlupní mechanismus rozdělit na část hnací a část transformační. Hnací částí prošlupního mechanismu je ve většině případů kloubový nebo vačkový mechanismus. Pro vysokootáčkové tkací stavy se většinou využívá mechanismu kloubového.

Transformační část prošlupního mechanismu se ve většině případů skládá z kloubových mechanismů, které transformují rotační pohyb náhonového mechanismu na posuvný vratný pohyb tkacího listu. Na konstrukci těchto mechanismů závisí průběh zatížení brdového listu.

5.1 Zatížení brdového listu

Při rozboru namáhání rámu tkacího listu budeme uvažovat se setrvačnými silami, s hmotností jednotlivých součástí, elastickými silami od osnovních nití a se silami tření v bočním vedení. Většina velikostí těchto zatížení je během tkacího cyklu časově proměnná v závislosti na poloze listu. Z rozboru zatížení tkacího listu je patrné, že jde o úlohu, během níž se mění zatížení se smyslem zrychlení a střídavě je méně či více zatěžován horní, resp. dolní čínek. Dále je z rozboru silového zatížení patrné, že dominantním zatížením u vysokootáčkových tkacích strojů jsou setrvačné síly působící na horní, resp. dolní čínek.

Následující podrobnější rozbor jednotlivých zatížení působících na rám listu nám umožní blíže popsat výpočet velikosti těchto sil.

a) Setrvačné síly

Setrvačné síly jsou nejdůležitější složkou zatížení rámu listu. Vyplývají z vlastních hmot jednotlivých částí brdového listu (činku, krajnic, nítěnek ap.). Jsou přímo úměrné velikosti zrychlení součástí. Tyto zatížení lze modelovat jako spojitá obtížení působící na příslušnou část tkacího listu. Při rozboru vlivu jednotlivých parametrů zjednodušíme toto zatížení na celou délku činku.

Jednotlivé části zatížení:

- dynamická síla vyplývající z hmotnosti činku
- dynamická síla od tíhy nítěnek (vzpěrová a ohybová tuhost nítěnek způsobuje, že se tyto síly v daném okamžiku

přenášejí pouze na čínek s nímž má díky zrychlení silovou vazbu.

- dynamická síla vznikající v závislosti na hmotnosti krajnice

Jednotlivé složky dynamického zatížení je možné spočítat dle rovnice:

$$F_{di} = -m_i \cdot a, \text{ resp. } q_{di} = -M_i \cdot a, \text{ kde}$$

F_{di} složka dynamické síly dle D'Alembertova principu [N]

q_{di} složka spojitého obtižení [N.m⁻¹]

m_i hmotnost příslušné části listu [kg]

M_i jednotková hmotnost příslušné části listu [kg.m⁻¹]

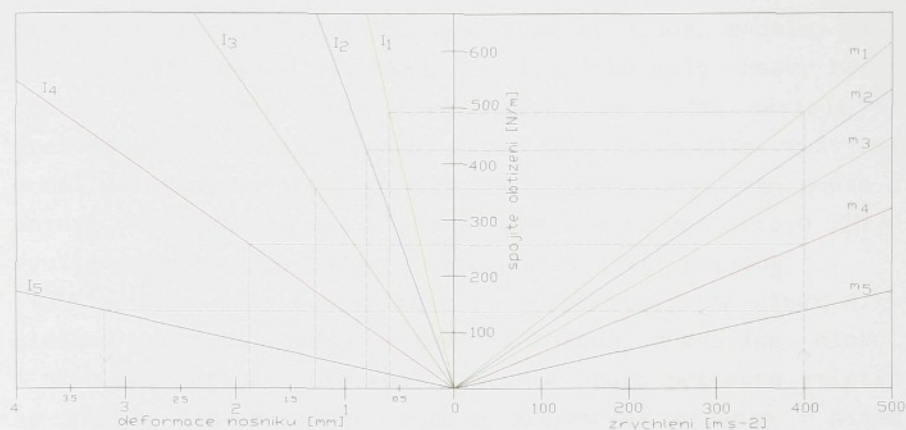
a zrychlení příslušné části listu [m.s⁻²]

Pro názorný rozbor vlivu rozměrových a hmotových charakteristik čínek na velikost dynamické síly můžeme použít hodnot z Tab.2.1. Provedeme rozbor pěti profilů, které budou charakterizovat jednotlivé pevnostní skupiny čínek brdových listů. Seznam profilů je v Tab.5.1.

	Typ číunku	Hodnota I_x [mm ⁴]	Hmotnost 1m profilu číunku M [kg.m ⁻¹]	poměr $P=I_x/M$ [mm ⁴ .m.kg ⁻¹]
1.	Schmeing 150x9	786420	1,23	639366
2.	TTP 120x9	497070	1.063	467610
3.	TTP 90x9	264030	0,89	296663
4.	Zibiro 85x9	128920	0,64	201437
5.	Schmeing 60x9	40677	0,345	117904

Tab.5.1 Charakteristické hodnoty porovnávaných profilů

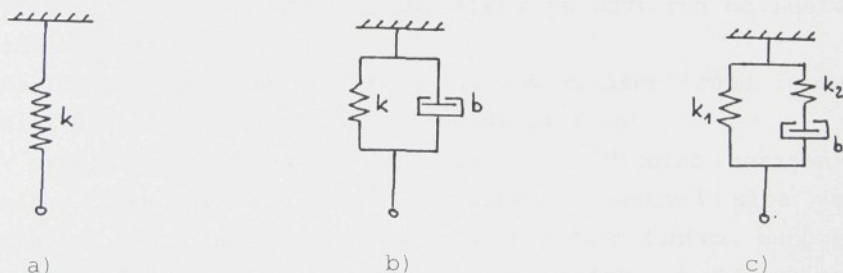
Provedený jednoduchý rozbor velikosti spojitého obtižení způsobeného dynamickými účinky na čínek a následný rozbor velikosti deformace nosníku tímto spojitým obtižením je zobrazen na Obr.5.1. Je viditelný nárůst dynamické síly u vyšších pevnostních řad čínek, ale následný nižší průhyb těchto nosníků. Průhyb číunku je spočítán pro čínek délky 1500mm uvažujeme-li, že se chová jako nosník staticky určité uložený svými kraji na podporách.



Obr.5.1 Hodnota spojitého obložení a velikost průhybu činků dle Tab.5.1

b) Elastické síly od osnovních nití

Jednotlivou osnovní nit nebo soustavu osnovních nití je možné nahradit modelem, který nám přibližuje chování nitě, resp. soustavy nití při zatěžování. Existuje řada různých modelů popisujících chování příze. Nejjednodušší model je založen na principu Hookova zákona (viz. Obr.5.2a) uvažující pouze s prodloužením vláken. Modelem Kelvinovým můžeme navíc



Obr.5.2 Modely chování příze

popsat i tlumení nití (viz. Obr.5.2b). Někdy se používá i modelu tříčlankového popisujícího navíc i princip „ztuhnutí“ osnovy při vyšší frekvenci zatěžování nitě (viz. Obr.5.2c).

Pro případ odvození zatěžujících sil na brdový list u mechanismu stroje ALPHA 190 využijeme Kelvinova modelu, tzn. v dané úloze nepředpokládáme, že elastické síly osnovy budou funkcí úhlové rychlosti stavu, resp. že budou závislé na frekvenci zatěžování. V první části této práce dále využijeme model založený na principu Hookova zákona - uvažujeme pouze s možným prodloužením nití. Pro případ mechanismu stroje PN170 využijeme změřených hodnot osnovní síly (viz. příloha 1).

Elastické síly osnovních nití se přenášejí na činek díky nítěnce a tudíž vždy pouze na jeden z dvojice činků. Z hlediska zatížení brdového listu je proto potřebné zjistit se kterým činkem, resp. nosným drátem má nítěnka v daném okamžiku silovou vazbu. Se kterým činkem bude mít nítěnka vazbu závisí na velikosti, resp. poměru dvou sil:

1) dynamické síly od váhy nítěnky - F_{DN}

2) složky osnovní síly ve směru pohybu listu - F_0

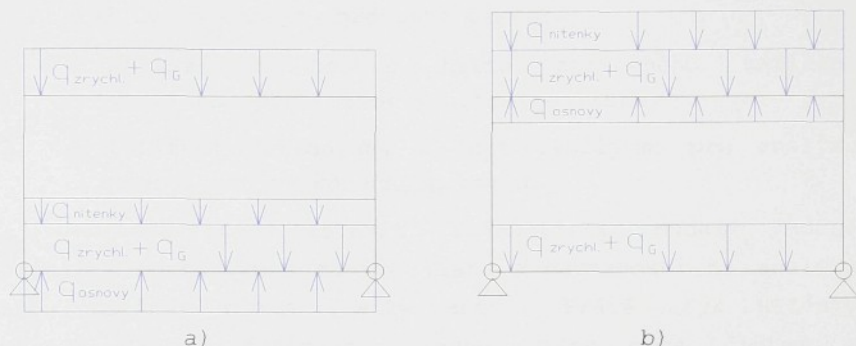
Teoreticky nastávají dva případy (zanedbáme-li tíhu nítěnky):

- 1) $F_{DN} < F_0$ - síla osnovy je větší než dynamická síla nítěnky. Síla od osnovy překoná sílu dynamickou a stáhne nítěnku na nosný drát činku, který je ve směru zdvihu nití.
- 2) $F_{DN} > F_0$ - síla osnovy je nižší než dynamická síla nítěnky. Síla od osnovy nepřekoná sílu dynamickou a nítěnka přeskočí na nosný drát činku, který je odvrácen od směru zdvihu nití.

Na Obr.5.3 je vidět rozdíl v silovém zatížení rámu listu v dolní úvratí u obou případů silového zatížení.

V prvním případě (viz. Obr.5.3a) je viditelné zatížení dolního činku od síly osnovy i nítěnek. Osnovní síla je dominující a nítěnka má silovou vazbu z dolním činkem. Naopak v druhém případě (viz. Obr.5.3b) je nítěnka zavěšena na nosném drátě horního činku a síly se přenášejí na horní činek. Avšak v obou případech je viditelné, že zatížení horního činku je v dolní úvratí vyšší než u dolního činku.

V prvním případě osnova odlehčuje dolní čínek, v druhém případě nítěnky více zatěžují horní čínek.



Obr.5.3 Silové zatížení brdového listu

Podobný rozbor je možné provést i pro případ horní úvratí. V tomto případě by opět namáhání dolního číniku bylo vyšší než horního číniku. Vzhledem k výše uvedeným skutečnostem je nutné provést důkladnou analýzu pohybu nítěnky mezi oběma činky.

c) Třecí síly

Při rozboru daného problému můžeme rozdělit síly tření na dvě části. První je síla vzniklá vlastním třením krajnic o sebe resp. o vedení. Druhou třecí silou je síla vzniklá třením náběhů mezi sebou. Můžeme předpokládat konstantní velikost těchto sil během pohybu. Síly pouze mění svůj směr působení v závislosti na smyslu pohybu listu. Působí proti směru pohybu listu. Z hlediska zjednodušení fáze analýzy rámu brdového listu zanedbáme tření náběhů

Díky nutnosti provést analýzu pohybu nítěnky a analýzu velikosti zrychlení brdového listu během tkacího cyklu je vhodné obě analýzy propojit. Zjistíme průběh zatížení listu během otáčky stavu, přičemž při odvození budeme uvažovat s vlivem řady nelinearit vyskytujících se v systému (tuhosti členů, tlumení soustavy, vůle). Zároveň v daném matematickém modelu provedeme analýzu chování nítěnky v průběhu chodu

mechanismu a zjištěné informace použijeme pro úpravu silového zatížení mechanismu. Hodnoty silového zatížení využijeme pro jednotlivé kroky analýzy brdového listu:

1. Maximálních hodnot takto zjištěného zatížení využijeme pro rozbor konstrukce listu.
2. Zatížení definované v čase využijeme pro analýzu pomocí metody konečných prvků.

Je důležité sestavit matematický model vhodně popisující mechanismus zdvihu listu v návaznosti na analýzu pohybu nítěnky během otáčky stavu. Právě styk nítěnky s nosným drátem definuje silovou vazbu mezi čínkem a nítěnkou. Tato vazba nám potom bude určovat velikost zatížení daného činku. Tento rozbor je blíže popsán v další části této kapitoly. Při výpočtu zavedeme zjednodušení tím, že předpokládáme dopadnutí všech nítěnek na nosný drát současně. Zanedbáme časový posun dopadu nítěnky umístěné uprostřed listu od dopadu nítěnky na okraji listu.

5.2 Matematický model prošlupního mechanismu s analýzou pohybu nítěnky během tkacího cyklu

Pro zjištění zatěžující síly na horní a dolní čínek během otáčky listu byl sestaven matematický model prošlupního mechanismu s vazbou na brdový list a na pohyb nítěnky během tkacího cyklu. Sledovaný systém je komplikovaný co do počtu členů, kinematických dvojic a provázanosti řešení jednotlivých diferenciálních rovnic. Vlastní matematický model prošlupního mechanismu je vytvořen za následujících podmínek:

a) hmoty listu a členů mechanismu sloužících ke zdvihu listu jsou redukovány do hmotných bodů na koncích zdvihových (úhlových) pák

b) ojnice mechanismu jsou uvažovány jako dokonale tuhé a pro matematický popis jsou nahrazeny dvěma hmotnými body

c) tuhost vahadel na členech 2, 4, 6 je nahrazena torzní tuhostí **c**

d) ve výpočtu jsou uvažovány vůle v kinematických dvojicích na členech 2, 4

e) všechny stupně modelu jsou tlumeny viskózním tlumením s koeficienty tlumení **b**

Pro sestavení pohybových rovnic takto definovaného systému bylo využito Lagrangeových rovnic II. druhu ve tvaru

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{dK}{d\dot{q}_i} \right) - \frac{\partial K}{\partial q_i} = Q - \frac{\partial U}{\partial q_i} - \frac{\partial R}{\partial \dot{q}_i} \quad [5.1]$$

kde $i = 2, 4, 6$. (K-kinetická energie, U-potenciální energie, R - disipativní funkce)

Sestavení pohybových rovnic provedeme pro dva prošlupní mechanismy lišící se počtem členů. První mechanismus bude čtyřčlenný mechanismus vyvinutý ve VUTS a.s. Druhým mechanismem je optimalizovaná varianta šestičlenného prošlupního mechanismu pro stroj PN 190 navržený a zkonstruovaný Katedrou textilních a oděvních strojů.

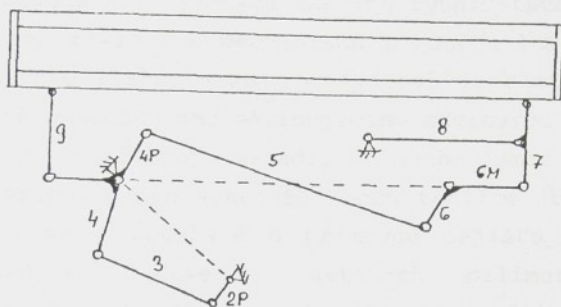
Popis jednotlivých mechanismů s odvozením pohybových rovnic diferenciálních rovnic je v další části této kapitoly.

a) Upravené prošlupní zařízení stroje PN 170

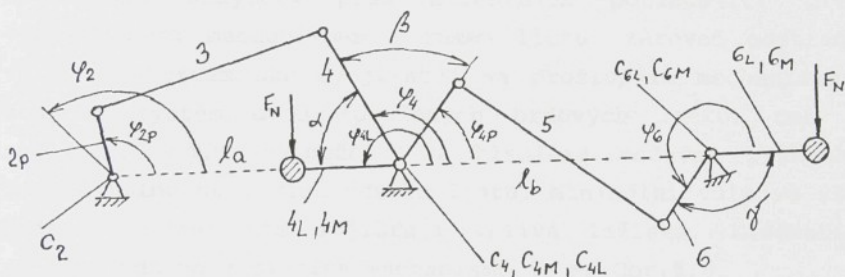
Toto prošlupní zařízení je plnohodnotnou náhradou původního mechanismu, který pro vedení listu plně využíval oboustranného vedení umístěného na rámu stroje. Toto vedení muselo mít pro bezchybnou funkci konstrukční vůli, jenž byla příčinou vzniku rázů.

Upravené řešení odstraňuje problémy dynamických rázů ve vedení přidáním dalšího mechanismu k jedné straně mechanismu (viz. Obr.5.4). Boční vedení je nahrazeno optimalizovaným čtyřčlenným kloubovým přímovodem, který zaručuje pohyb bodu závěsu listu s přesností od 0,07 do 0,3 mm v závislosti na velikosti zdvihu mechanismu..

sestavení pohybových rovnic pro šestičlenný mechanismus:



Obr. 5.4 Kinematické schéma šestičlenného mechanismu



Obr. 5.5 Matematický model šestičlenného mechanismu

Pro mechanismus popsaný dle Obr.5.4 a 5.5 můžeme využitím rovnice [5.1] psát následující pohybové rovnice pro jednotlivé členy mechanismu:

$$\dot{\phi}_{2P}^2(I_{2P} + I_4 \mu_{24}^2) = -I_4 \mu_{24}^2 \dot{\phi}_{2P}^2 - c_2(\phi_{2P} - \phi_2) + c_4 \mu_{24}(\phi_{4P} - \phi_4 + \beta) + b_2(\dot{\phi}_{2P} - \dot{\phi}_2) + b_4 \mu_{24}(\dot{\phi}_{4P} - \dot{\phi}_4) \quad [5.2]$$

$$\begin{aligned} \dot{\varphi}_{4P}^2(I_{4P} + I_6 \cdot \mu_{46}^2) = & I_6 \mu_{46} \nu_{46} \dot{\varphi}_{4P}^2 - c_4(\varphi_{4P} - \varphi_4 + \beta) + c_{6L} \mu_{46}(\varphi_{6L} - \varphi_6 - \gamma) + c_{6M} \mu_{46}(\varphi_{6M} - \varphi_6 - \gamma) - \\ & b_4(\dot{\varphi}_{4P} - \dot{\varphi}_4) + b_{6L} \mu_{46}(\dot{\varphi}_{6L} - \dot{\varphi}_6) + b_{6M} \mu_{46}(\dot{\varphi}_{6M} - \dot{\varphi}_6) \quad [5.3] \end{aligned}$$

$$\ddot{\varphi}_{4L} I_{4L} = -c_{4L}(\varphi_{4L} - \varphi_4 - \alpha) - b_{4L}(\dot{\varphi}_{4L} - \dot{\varphi}_4) - M_{4L} + F_N R_{4L} \cos \varphi_{4L} \quad [5.4]$$

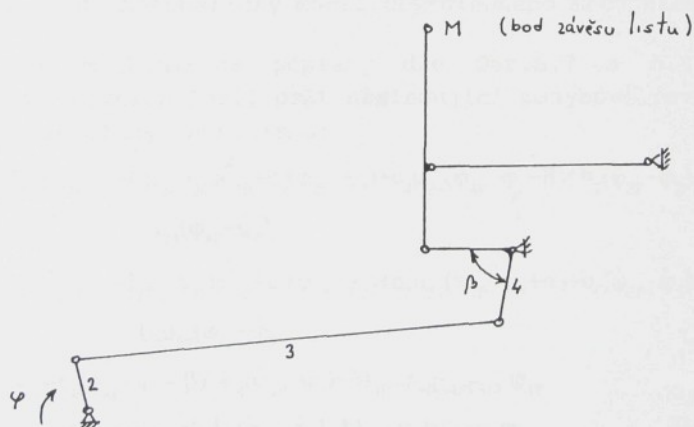
$$\ddot{\varphi}_{4M} I_{4M} = -c_{4M}(\varphi_{4M} - \varphi_4 - \alpha) - b_{4M}(\dot{\varphi}_{4M} - \dot{\varphi}_4) - M_{4M} + F_N R_{4L} \cos \varphi_{4L} \quad [5.5]$$

$$\ddot{\varphi}_{6L} I_{6L} = -c_{6L} (\varphi_{6L} - \varphi_6 - \gamma) - b_{6L} (\dot{\varphi}_{6L} - \dot{\varphi}_6) - M_{6L} + F_N R_{6L} \cos \varphi_{6L} \quad [5.6]$$

$$\ddot{\varphi}_{6M} I_{6M} = -c_{6M}(\varphi_{6M} - \varphi_6 - \gamma) - b_{6M}(\dot{\varphi}_{6M} - \dot{\varphi}_6) - M_{6M} + F_N R_{6L} \cos \varphi_{6L} \quad [5.7]$$

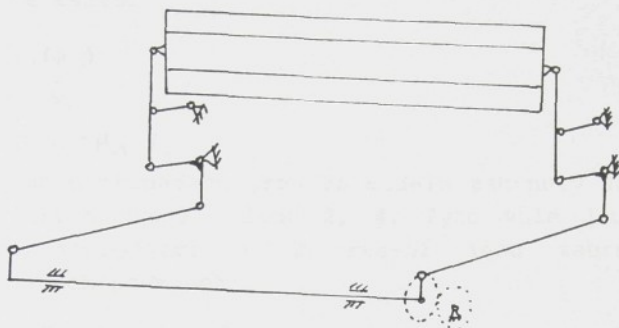
b) Prošlupní zařízení stroje ALPHA 190

Toto prošlupní zařízení navržené ve VÚTS a.s. je určeno pro tkání plátna při vysokých tkacích rychlostech. Je tvořeno dvěma systémy rovinných mechanismů pohánějících každý jednu stranu brdového listu. Každý ze systémů je složen z hnacího čtyřkloubového mechanismu definujícího zdvihovou závislost. S ním spojený čtyřčlenný vahadlový mechanismus zabezpečuje přímočarý vratný pohyb koncového bodu těhlice (bod závěsného oka). Jedná se v podstatě o přímovod zajišťující přesnost přímého pohybu řádově v setinách milimetru (pozn.: optimalizovaný mechanismus vykazuje teoretickou maximální odchylku od přímky 0.01mm). Brdové listy jsou u tohoto mechanismu uchyceny přes silentblok potlačující přenos vibrací mezi mechanismem a rámem listu, zároveň odstraňuje vůle v závěsném oku dvojlistu. Na prošlupním mechanismu je uchycen systém dvou sdružených brdových listů, což nám zajišťuje vyšší bezpečnost z hlediska možných průhybů v rovině kolmé na rovinu zdvihu listu. Minimální vůle ve všech bodech uložení nám zajišťují valivá ložiska. Kinematické schéma jednoho z dvojice mechanismů je na Obr.5.6.

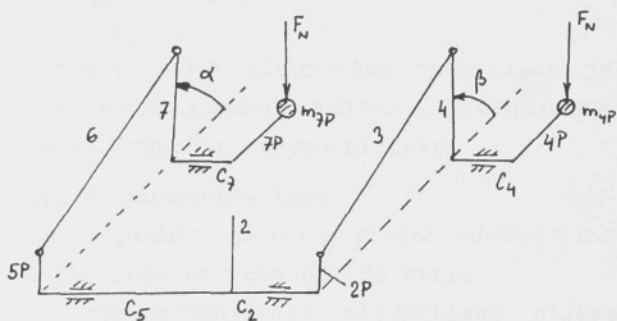


Obr.5.6 Kinematické schéma prošlupního mechanismu

sestavení pohybových rovnic pro čtyřčlenný mechanismus:



Obr. 5.7 Kinematické schéma čtyřčlenného mechanismu



Obr. 5.8 Matematický model čtyřčlenného mechanismu

Pro mechanismus popsany dle Obr.5.7 a 5.8 můžeme využitím rovnice [5.1] psát následující pohybové rovnice pro jednotlivé členy mechanismu:

$$\ddot{\varphi}_{2P}(I_{2P}+I_4 \cdot \mu_{24}^2) = -I_4 \mu_{24} v_{24}^2 \varphi_{2P}^2 - c_2(\varphi_{2P} - \varphi_2) + c_4 \mu_{24}(\varphi_{4P} - \varphi_4 + \beta) + b_2(\dot{\varphi}_{2P} - \dot{\varphi}_2) + b_4 \mu_{24}(\dot{\varphi}_{4P} - \dot{\varphi}_4) \quad [5.8]$$

$$\ddot{\varphi}_{5P}(I_{5P}+I_7 \cdot \mu_{57}^2) = -I_7 \mu_{57} v_{57}^2 \varphi_{5P}^2 - c_5(\varphi_{5P} - \varphi_2) + c_7 \mu_{57}(\varphi_{7P} - \varphi_7 + \alpha) + b_5(\dot{\varphi}_{5P} - \dot{\varphi}_5) + b_7 \mu_{57}(\dot{\varphi}_{7P} - \dot{\varphi}_7) \quad [5.9]$$

$$\ddot{\varphi}_{4P} I_{4P} = -c_4(\varphi_{4P} - \varphi_4 + \beta) - b_4(\dot{\varphi}_{4P} - \dot{\varphi}_4) - M_{4P} + F_N R_{4P} \cos \varphi_{4P} \quad [5.10]$$

$$\ddot{\varphi}_{7P} I_{7P} = -c_7(\varphi_{7P} - \varphi_7 + \alpha) - b_7(\dot{\varphi}_{7P} - \dot{\varphi}_7) - M_{7P} + F_N R_{7P} \cos \varphi_{4P} \quad [5.11]$$

V pohybových rovnicích byly použity následující převodové funkce ve tvaru:

$$\begin{aligned}\varphi_j &= f_{ij} \cdot (\varphi_{iP}) \\ \dot{\varphi}_j &= \mu_{ij} \cdot \dot{\varphi}_{iP} \\ \ddot{\varphi}_j &= \nu_{ij} \dot{\varphi}_{iP}^2 + \mu_{ij} \cdot \ddot{\varphi}_{iP}\end{aligned}\quad [5.12]$$

V obou případech jsou do modelu zahrnuty vůle v čepech kinematických dvojic členů 2, 4. Tyto vůle jsou nahrazeny úhlovými výchylkami a do řešení jsou zahrnuty pomocí následujících podmínek:

$$\begin{aligned}|\varphi_{iP} - \varphi_i| &\leq \Phi_i \Rightarrow \varphi_{iP} - \varphi_i = 0 \\ \varphi_{iP} - \varphi_i &> \Phi_i \Rightarrow \varphi_{iP} - \varphi_i = \varphi_{iP} - \varphi_i - \Phi_i \\ \varphi_{iP} - \varphi_i &< -\Phi_i \Rightarrow \varphi_{iP} - \varphi_i = \varphi_{iP} - \varphi_i + \Phi_i\end{aligned}\quad [5.13]$$

kde $i = 2, 4$.

Matematický model kloubového mechanismu je doplněn o diferenciální rovnici pohybu nítěnky. Zavedeme zjednodušující předpoklady pro výpočet pohybu nítěnky:

- a) rám listu je absolutně tuhý
 - b) let nítěnky probíhá pouze v rovině zdvihu listu a nítěnka se během svého letu nevychyluje do stran
- Na základě zjednodušujících předpokladů píšeme pohybovou rovnici popisující chování nítěnky během otáčky stavu :

$$m_n \cdot a_n = F_0(t) - m_n \cdot g, \quad [5.14]$$

kde m_n hmota nítěnky
 a_n zrychlení nítěnky
 g tíhové zrychlení
 $F_0(t)$.. síla osnovy

Podmínky pro řešení dané rovnice vyplývají ze silové rovnováhy na nítěnce a zohledňují konstrukční vůli při uchycení nítěnky na nosný drát a velikost nitového oka. Působení nitového oka je zahrnuto do výpočtu pomocí následujících podmínek:

$$\begin{aligned}|x_{\text{nítěnky}}| &\leq v_{\text{oka}} \Rightarrow x_{\text{osnovy}} = 0 \\ x_{\text{nítěnky}} &> v_{\text{oka}} \Rightarrow x_{\text{osnovy}} = x_{\text{nítěnky}} - v_{\text{oka}} \\ x_{\text{nítěnky}} &< -v_{\text{oka}} \Rightarrow x_{\text{osnovy}} = x_{\text{nítěnky}} + v_{\text{oka}}\end{aligned}\quad [5.15]$$

Bylo nutné definovat 3 souřadné systémy pro výpočet pohybu nítěnky:

1. souřadný systém listu (x_{listu})
2. souřadný systém nítěnky ($x_{\text{nítěnky}}$)
3. souřadný systém nitě (x_{osnovy})

Vstupní parametry pro výpočet jsou zadávány ve třech navzájem se ovlivňujících oblastech :

- a) rozměrové a hmotové parametry prošlupního mechanismu.
- b) rozměrový a hmotový popis nítěnky a listu, včetně popisu uchycení listu na zdvihové zařízení.
- c) popis síly v osnově během otáčky hnacího hřídele.

Z výpočtů provedených pomocí sestavených matematických modelů prošlupního mechanismu určíme:

1. silové zatížení listu v čase. To se skládá z časového rozložení síly od nítěnky a ze zrychlení listu. Těchto hodnot zatížení využijeme v následné citlivostní a následné dynamické analýze brdového listu.

2. míru nebezpečí vybuzení nebezpečných přídavných kmitů. Na základě hmotnosti listu a nítěnek, tuhosti jednotlivých členů mechanismu, velikosti vůlí v soustavě a pracovních podmínkách soustavy určíme velikost a frekvenci přídavných kmitů superponujících se na základní křivku zrychlení. Frekvence těchto kmitů by měla být odlišná od vlastní frekvence brdového listu.

5.3 Stanovení vstupních parametrů výpočtu

Pro numerické řešení daného mechanismu je nutné určit vstupní parametry výpočtu.

- a) Rozměrové a hmotové parametry prošlupního mechanismu

Vzhledem ke známým rozměrům a konstrukci prošlupných mechanismů je nutné zjistit hmotové momenty setrvačnosti, torzní tuhost jednotlivých částí, koeficienty tlumení daných součástí.

- Hmotové momenty setrvačnosti jednotlivých členů mechanismu jsou vypočteny běžnými analytickými postupy. U mechanismu ALPHA 190 navíc využijeme možnosti analyzovat rozložení hmoty součástí pomocí objemových modelů vytvořených pomocí programu Pro/ENGINEER (Viz Příloha 2). Výkresové dokumentace k mechanismům byly poskytnuty VUTS a.s. Liberec (stroj ALPHA 190) a katedrou textilních a oděvních strojů TU v Liberci (stroj PN 170).
- Torzní tuhosti členů mechanismu byla zjištěna přepočtem z ohybové tuhosti součástí. Opět i zde bylo využito programu Pro/ENGINEER spolu s programem Pro/MECHANICA. Objemové modely byly z programu Pro/ENGINEER transformovány do programu Pro/MECHANICA kde byly tuhosti jednotlivých členů počítány za pomoci metody konečných prvků (Viz Příloha 2).
- Hodnoty koeficientů tlumení b byly určeny ze skutečně naměřených kinematických závislostí pomocí logaritmického dekrementu. Koeficienty tlumení lze určit z logaritmického dekrementu na základě vypočtených hodnot tuhosti a hmotového momentu setrvačnosti. Uvažujeme-li sinusový průběh kmitu můžeme vycházet z pohybové rovnice:

$$\ddot{\varphi} + 2N \dot{\varphi} + \Omega^2 = 0 \quad [5.16]$$

$$\text{kde} \quad 2N = \frac{b}{I}, \quad \Omega^2 = \frac{C}{I}$$

Koeficient tlumení je potom možné psát ve tvaru

$$b = \frac{\ln 2}{\pi} \sqrt{CI} \quad [5.17]$$

uvažujeme-li případ, kdy je následující amplituda kmitu poloviční vzhledem k předchozí. Daného předpokladu využijeme při řešení úlohy. Vstupní parametry prošlupných mechanismů jsou uvedeny v Tab. 5.2.

	parametr	hodn.	jedn.		parametr	hodn.	jedn.
6 č l e n	l_{2P}	2e-2	m	4 č l e n	l_{2P}, l_{5P}	3,5e-2	m
	l_3	6,5e-2	m		l_3, l_6	5,64e-1	m
	l_4	1,17e-1	m		l_4, l_7	1,532e-1	m
	l_{4P}	1,25e-1	m		l_{4P}, l_{7P}	0,17053e-1	m
	l_5	6,054e-1	m		l_a	6,09e-1	m
	l_6	1,25e-1	m		C_2	1e5	Nm.rad ⁻¹
	l_{6L}	2,6e-1	m		C_4, C_7	3e5	Nm.rad ⁻¹
	l_a	1,33e-1	m		I_{2P}	8e-2	kg.m ²
	l_b	6,55e-1	m		I_4	1,7e-2	kg.m ²
	C_2	1e5	Nm.rad ⁻¹		I_{4P}, I_{7P}	3,012e-1	kg.m ²
	C_4	3,2e5	Nm.rad ⁻¹		n_{nit}	1050	ks
	C_{4P}	3,5e5	Nm.rad ⁻¹				
	C_6	1,3e4	Nm.rad ⁻¹				
	I_{2P}	1,41e-3	kg.m ²				
	I_4	2,49e-2	kg.m ²				
	I_6	4e-2	kg.m ²				
	n_{nit}	600	ks				

Tab. 5.2 Rozměrové a hmotové parametry prošlupních mechanismů

b) Rozměrový a hmotový popis nítěnky a brdového listu

Při volbě rozměrů brdového listu a nítěnky vyjdeme z rozměrů dle Tab. 5.3. Jedná se o brdový list sestavený z profilu TTP Elitex 90x9 s běžným typem krajnice a nítěnky.

parametr	ozn.	jedn.	hodnota
délka činku	l	mm	2000
délka krajnice	c	mm	500
kvadratický moment v ohybu-činek	I_c	mm ⁴	264000
kvadratický moment v ohybu-krajnice	I_k	mm ⁴	7500
jednotková hmotnost - činek	M_c	kg/m	0,89
jednotková hmotnost - krajnice	M_k	kg/m	0,45
hmotnost nítěnky	m_{nit}	g	1,8
vůle v uchycení v listu	v_{list}	mm	1,8
velikost nitového oka	v_{oka}	mm	5

Tab. 5.3 Rozměrový a hmotový popis brdového listu

c) Popis síly v osnově

Zavedli jsme předpoklad, že velikost osnovní síly nezávisí na úhlové rychlosti kliky, tzn. že velikost složky osnovní síly ve směru pohybu listu při daném zdvihu listu je u všech výpočtů totožná. Vstupní parametry průběhu osnovní síly jsou uvedeny v Příloze 1. V případě stroje PN 170 bylo použito skutečných hodnot osnovní síly naměřených na tomto pneumatickém tkacím stroji při tkaní bavlny. V případě stroje ALPHA jsme zjišťovali velikost osnovní síly pomocí výpočtu.

Základní varianty výpočtu jsou provedeny pro otáčky stavu 1000 min^{-1} (tzn. Počet zdvihů listu při tkaní plátnové vazby 500 min^{-1}). Další varianty výpočtu jsou provedeny pro otáčky stroje 800, 1200, 1400, 1600 min^{-1} . Výsledky těchto výpočtů jsou shrnuty v Příloze 3.

5.4 Výsledky výpočtů dynamických modelů

Pro řešení sestavených diferenciálních rovnic popisujících dynamické vlastnosti prošlupního mechanismu byly sestaveny programy pomocí programovacího jazyka Turbo Pascal. Sestavené rovnice byly řešeny metodou Runge-Kutta 4.řádu. Výstup z programu byl proveden pomocí výstupních dat do souboru a výstupní grafické závislosti byly programem konvertovány do formátu DXF a dále upravovány pomocí programu AutoCAD R14.

Na základě sestavených matematických modelů je možné sledovat vliv celé řady parametrů, např. pružnosti jednotlivých členů mechanismu na chování celého systému. Průběh zrychlení zdvihací páky prošlupního mechanismu je na Obr. 5.9 (stroj ALPHA 190) a Obr. 5.10 (stroj PN 170). V obou případech je viditelná deformace průběhu zrychlení způsobená vlivem zatížení, pružností členů a tlumením. Teoretickým průběhem je nazván průběh zrychlení bez uvažování nelinearit

a pružnosti v systému. Skutečným průběhem je nazváno zrychlení v případě, že uvažujeme s nelinearitami a pružností v systému.

Při výpočtu byly dále sledovány průběhy následujících veličin:

- rychlost listu a nítěnky, rozdíl jejich rychlostí
- zrychlení listu a nítěnky
- dráha listu a nítěnky, rozdíl jejich drah, velikost síly od osnovy ve směru pohybu nítěnky, velikost reakce mezi listem (nosným drátem) a nítěnkou.

Základními výstupy se staly vzhledem k následující analýze brdového listu:

- časové závislosti zrychlení
- reakce, která se vytváří mezi nítěnkou a nosným drátem (součet dynamické síly od nítěnky, váhy nítěnky a složky osnovní síly v ose pohybu listu).

Byly vytvořeny grafy průběhů velikosti sledovaných veličin u obou mechanismů. Příklady grafů jsou zobrazeny na Obr. 5.11 až 5.13 (stroj ALPHA 190) a na Obr. 5.14 až 5.16 (stroj PN 170). Tyto grafy se týkají v obou případech otáček hřídele 1000 min^{-1} . Grafy spolu s tabulkami hodnot pro ostatní analyzované otáčky jsou zahrnuty v Příloze 3. Maximální hodnoty zrychlení a normálové reakce styku nítěnky a nosného drátu jsou shrnuty v Tab.5.4. Při vyhodnocování silového zatížení brdového listu je nutné si uvědomit, že hlavní zatěžující síly jsou odvislé od velikosti zrychlení. Velikost amplitudy zrychlení v případě teoretického průběhu roste se čtvercem kruhové frekvence (resp. otáček).

Pozn.: Vzhledem k přehlednosti jednotlivých výstupů bylo umístěno v Obr. 5.9 až 5.22 více sledovaných parametrů do jednoho grafu. Jednotlivé velikosti byly přepočítány pomocí koeficientů (viz. Např. Obr.5.13). Jednotky v případě těchto grafických závislostí jsou následující: dráha listu, nítěnky, rozdíl jejich drah - m, rychlost listu a nítěnky, rozdíl jejich rychlostí - m.s^{-1} , zrychlení listu a nítěnky - m.s^{-2} , velikost síly od osnovy ve směru pohybu nítěnky, velikost reakce mezi listem (nosným drátem) a nítěnkou - N/nit

		počet zdvihů listu [min ⁻¹]					
		Otáčky	400 [min ⁻¹]	500 [min ⁻¹]	600 [min ⁻¹]	700 [min ⁻¹]	800 [min ⁻¹]
4 č l e n	a _{MAX} [m.s ⁻²]	73,75	115,64	164,61	228,44	298,80	
	a _{MIN} [m.s ⁻²]	-71,91	-112,6	-162,64	-220,99	-287,84	
	F _{N HU} [N]	6,908	74,96	173,30	280,34	404,06	
	F _{N DU} [N]	50,365	124,85	219,53	337,89	470,63	
6 č l e n	a _{MAX} [m.s ⁻²]	105.57	154.03	186.00	310.11	445.16	
	a _{MIN} [m.s ⁻²]	-149.97	-245.26	-344.25	-480.61	-668.35	
	F _{N HU} [N]	117.82	167.15	203.38	320.97	473.69	
	F _{N DU} [N]	103.19	204.65	307.5	456.02	638.19	

Tab. 5.4 Hodnoty zatížení brdového listu

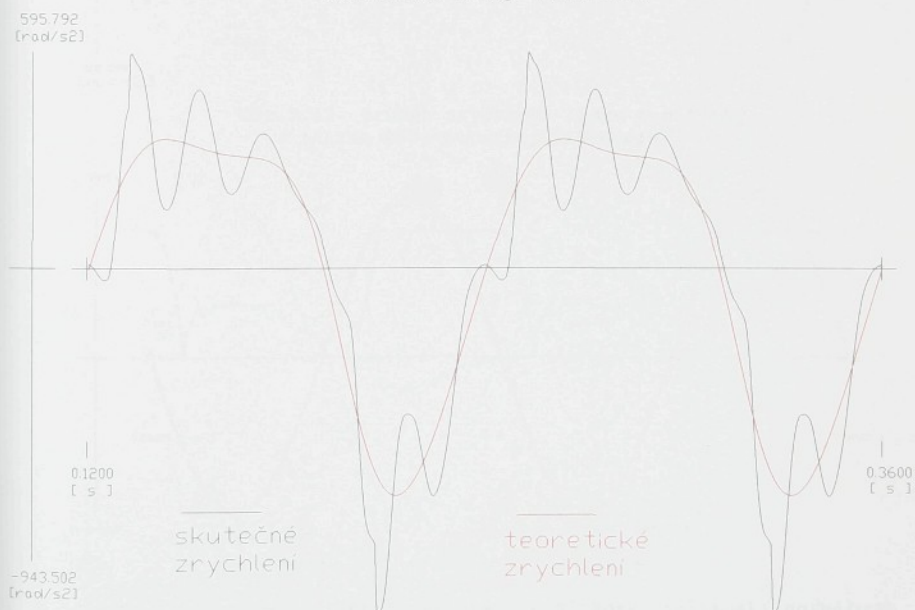
Daným matematickým modelem je možné analyzovat řadu dalších parametrů při běhu prošlupního mechanismu.

V této práci je nutné blíže rozebrat vliv vůle v uchycení nítěnky na nosný drát. Provedeme analýzu pohybu nítěnky při změně velikosti vůle u stroje PN 170 při otáčkách stroje 1200 min⁻¹. Na Obr.5.17 až 5.19 je vidět průběh sledovaných veličin při velikosti vůle v uchycení 0.5 mm. Na Obr.5.20 až 5.22 je vidět průběh sledovaných veličin při velikosti vůle v uchycení 2.5 mm. V příloze 3 jsou vykresleny grafy pro jiné velikosti vůle v uchycení nítěnky na listu. Rozdíl rychlostí nítěnky a listu při dopadu nítěnky na nosný drát je v Tab.5.5. Na Obr. 5.23 a 5.24 je zobrazen rozdíl rychlostí listu a nítěnky v časové rovině. Je viditelné, že čím menší bude vůle v uchycení tím nižší bude rozdíl rychlostí při dopadu nítěnky a tudíž také bude nižší silový impuls, který nítěnka vytváří při dopadu na nosný drát činku brdového listu.

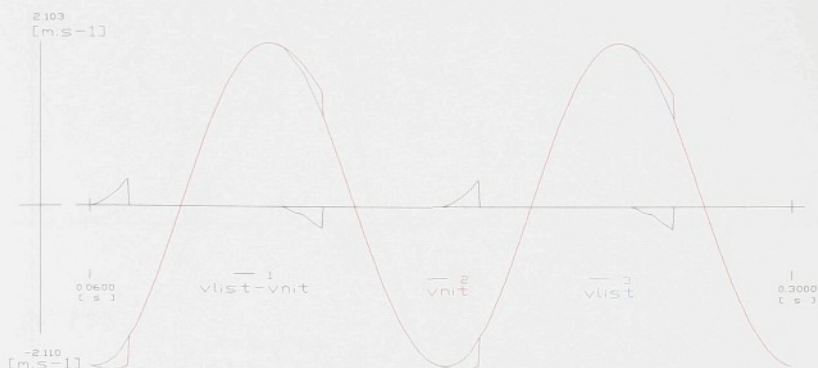
Naopak se zvyšováním vůle v uchycení se zvyšuje namáhání celého prošlupního mechanismu. Z tohoto závěru vyplývá, že čím nižší bude vůle v uchycení nítěnky na brdový list, tím nižší bude silové zatížení celého systému prošlupního mechanismu - brdový list - nítěnka - osnova.



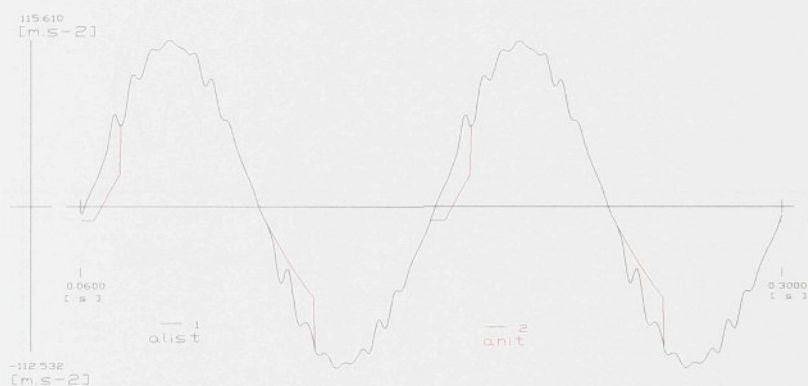
Obr.5.9 Průběhy teoretického a skutečného zrychlení vahadla 41 mechanismu stroje ALPHA 190



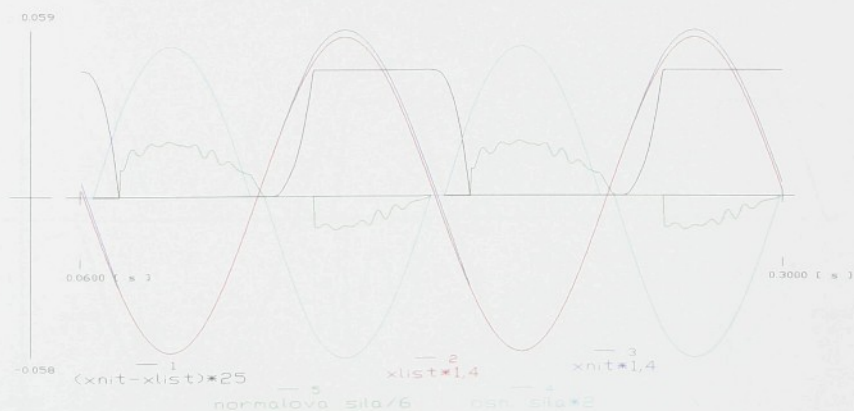
Obr.5.10 Průběhy teoretického a skutečného zrychlení vahadla 61 mechanismu stroje PN 170



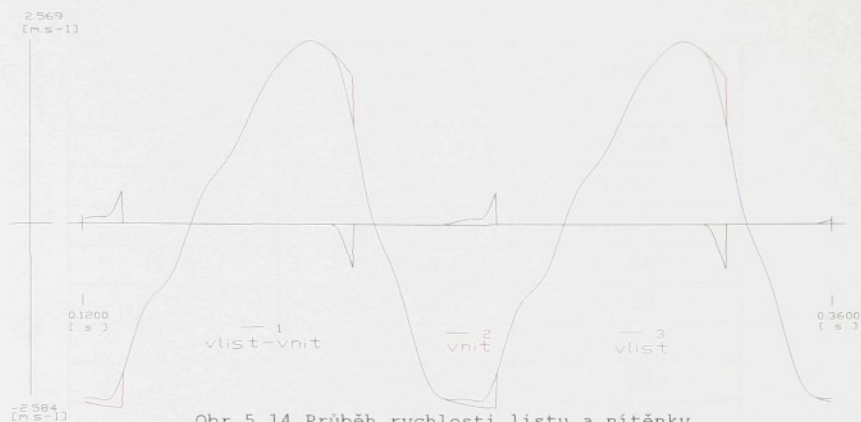
Obr.5.11 Průběh rychlosti listu a niténky
(ALPHA 190, ot.stroje 1000 min⁻¹)



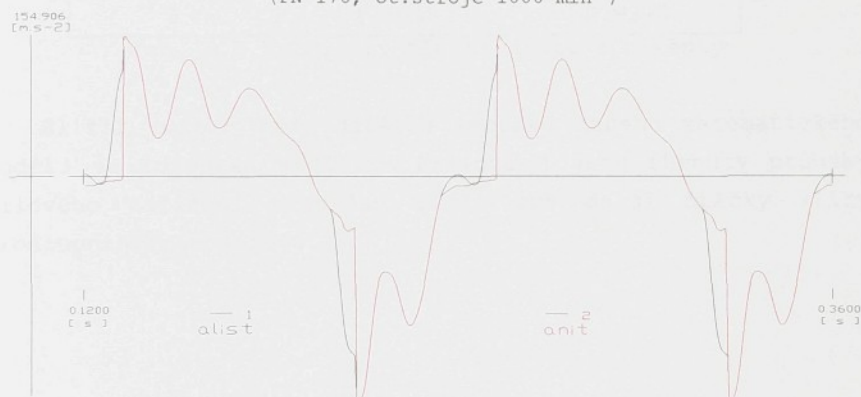
Obr.5.12 Průběh zrychlení listu a niténky
(ALPHA 190, ot.stroje 1000 min⁻¹)



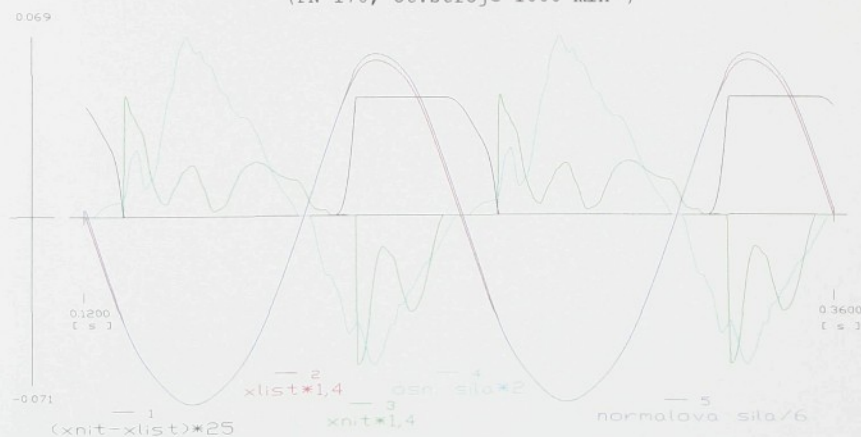
Obr.5.13 Průběh dráhy listu a niténky, velikosti normálové reakce mezi listem a niténkou, velikosti osnovní síly
(ALPHA 190, ot.stroje 1000 min⁻¹)



Obr.5.14 Průběh rychlosti listu a nitěnky
(PN 170, ot.stroje 1000 min⁻¹)



Obr.5.15 Průběh zrychlení listu a nitěnky
(PN 170, ot.stroje 1000 min⁻¹)



Obr.5.16 Průběh dráhy listu listu a nitěnky, velikosti normálové
reakce mezi listem a nitěnkou, velikosti osnovní síly
(PN 170, ot.stroje 1000 min⁻¹)

Vůle [mm]	$ \Delta v_{HU} $ [m.s ⁻¹]	$ \Delta v_{DU} $ [m.s ⁻¹]
0.25	0.1075	0.1304
0.5	0.2154	0.1907
1	0.4875	0.2676
1.5	0.5974	0.3685
2	0.7166	0.5177
2.5	0.8429	0.6192
3	0.9756	0.7248
3.5	1.1108	0.8332
4	1.2053	0.9373

Tab. 5.5 Rozdíl rychlostí listu a nítěnky

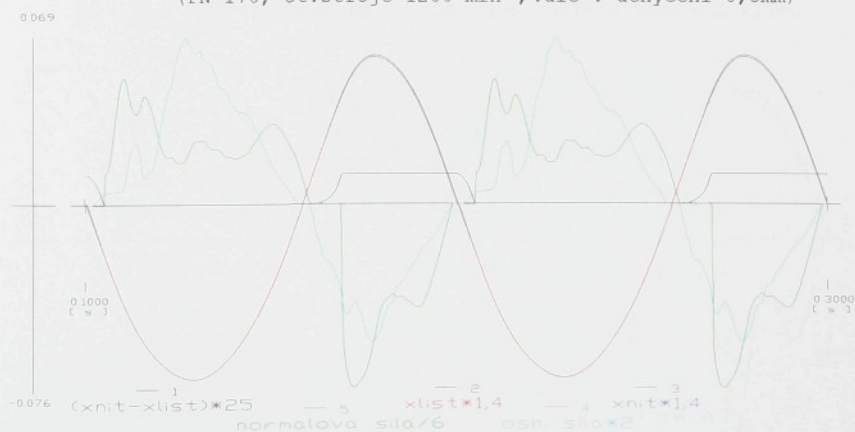
Bližší rozbor řady dalších aspektů daného matematického modelu je rozebrán v [2]. V Příloze 4 jsou shrnuty průběhy silového zatížení brdového listu pro další otáčky kliky prošlupního mechanismu.



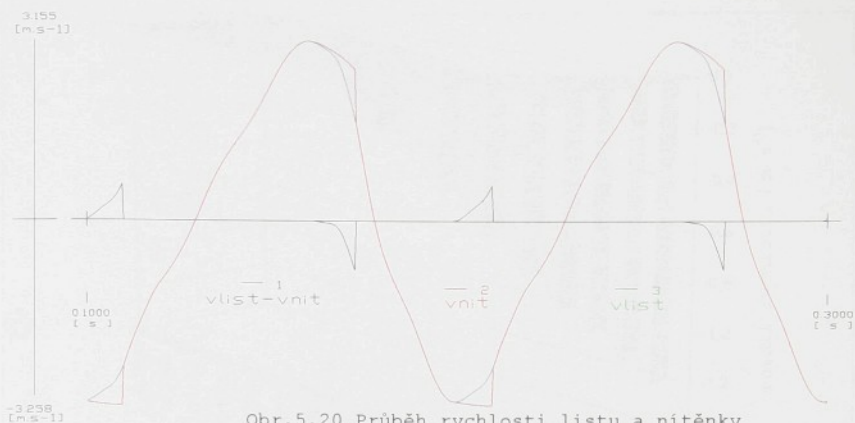
Obr.5.17 Průběh rychlosti listu a nitěčky
(PN 170, ot.stroje 1200 min^{-1} , vůle v uchycení $0,5 \text{ mm}$)



Obr.5.18 Průběh zrychlení listu a nitěčky
(PN 170, ot.stroje 1200 min^{-1} , vůle v uchycení $0,5 \text{ mm}$)



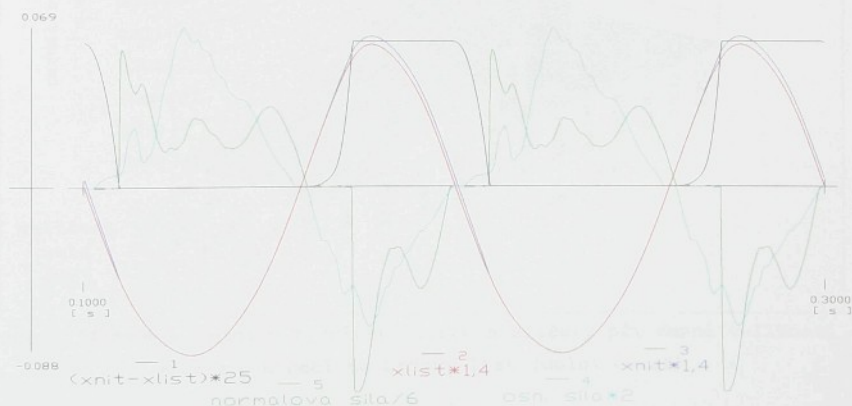
Obr.5.19 Průběh dráhy listu a nitěčky, velikosti normálové reakce
mezi listem a nitěčkou, velikosti osnovní síly
(PN 170, ot.stroje 1200 min^{-1} , vůle v uchycení $0,5 \text{ mm}$)



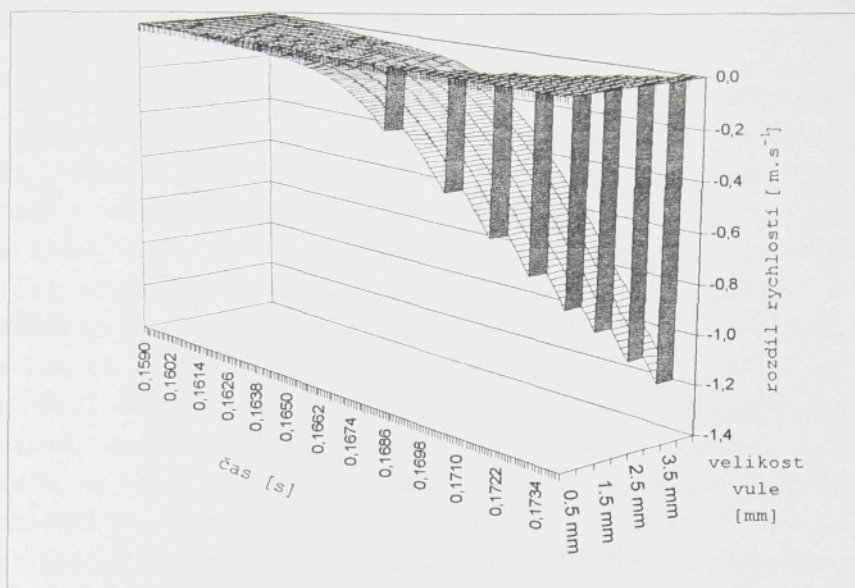
Obr.5.20 Průběh rychlosti listu a nitěčky
(PN 170, ot.stroje 1200 min⁻¹, vůle v uchycení 2,5mm)



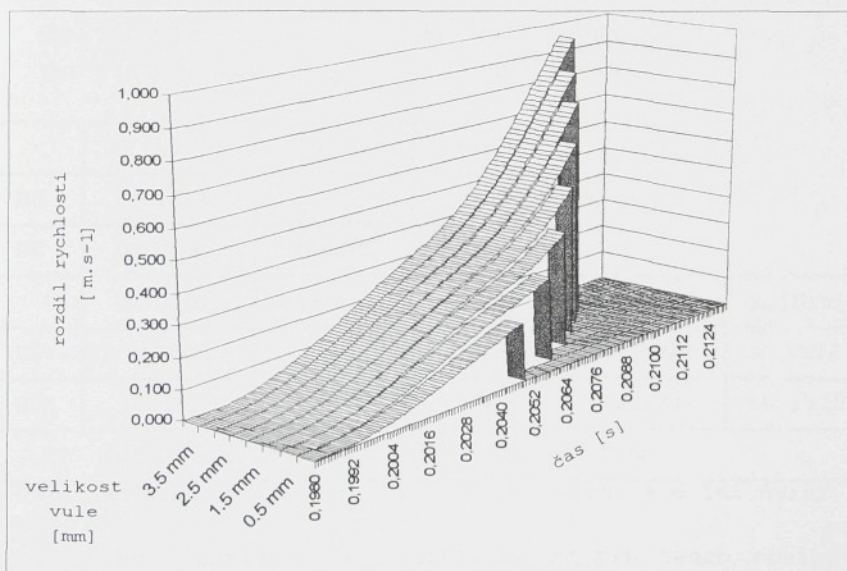
Obr.5.21 Průběh zrychlení listu a nitěčky
(PN 170, ot.stroje 1200 min⁻¹, vůle v uchycení 2,5mm)



Obr.5.22 Průběh dráhy listu a nitěčky, velikosti normálové reakce
mezi listem a nitěčkou, velikosti osnovní síly
(PN 170, ot.stroje 1200 min⁻¹, vůle v uchycení 2,5mm)



Obr.5.23 Průběh rozdlilu rychlostí listu a nitěnky při změně velikosti vule v uchycení na brdový list (horní úvrať)



Obr.5.24 Průběh rozdlilu rychlostí listu a nitěnky při změně velikosti vule v uchycení na brdový list (dolní úvrať)

5.3 Referenční hodnota zatížení

Pro zatížení brdových listů v úvodní části této práce využijeme krajních hodnot namáhání tkacího stroje ALPHA 190 při otáčkách stroje 1000 min^{-1} . Velikosti sil stanovíme ve shodě s rozбором zatížení popsaném v kapitole 5.1. Stanovíme zatížení rámu listu definované v závislosti na pootočení kliky prošlupního mechanismu. Jako referenční hodnotu pro následující výpočty budeme uvažovat rám listu s hodnotami parametrů zatížení a konstrukce dle Tab. 5.3. Jedná se o zatížení rámu listu pro tkaní bavlněného materiálu plátňovou vazbou. Celkový počet osnovních nití 4200, celkový počet listů 4, síla předpětí osnovy 1960N. Vypočítané proměnné zatížení je zobrazeno na Obr. 5.25. Maximální hodnoty zatížení z matematického modelu jsou v Tab.5.6. Z provedeného silového rozboru vyplývá, že se jedná o typ zatížení brdového listu dle Obr.5.3b. Spojité obtížení pro horní i dolní úvrat' můžeme spočítat pomocí vzorců:

$$q_{HC}^{HU} = q_A^{HU} + q_{G\check{c}}$$

$$q_{HC}^{DU} = q_A^{HU} + q_{G\check{c}} + q_{FH\check{c}}$$

$$q_{D\check{c}}^{HU} = q_A^{HU} + q_{G\check{c}} + q_{FH\check{c}}$$

$$q_{HC}^{DU} = q_A^{HU} + q_{G\check{c}}$$

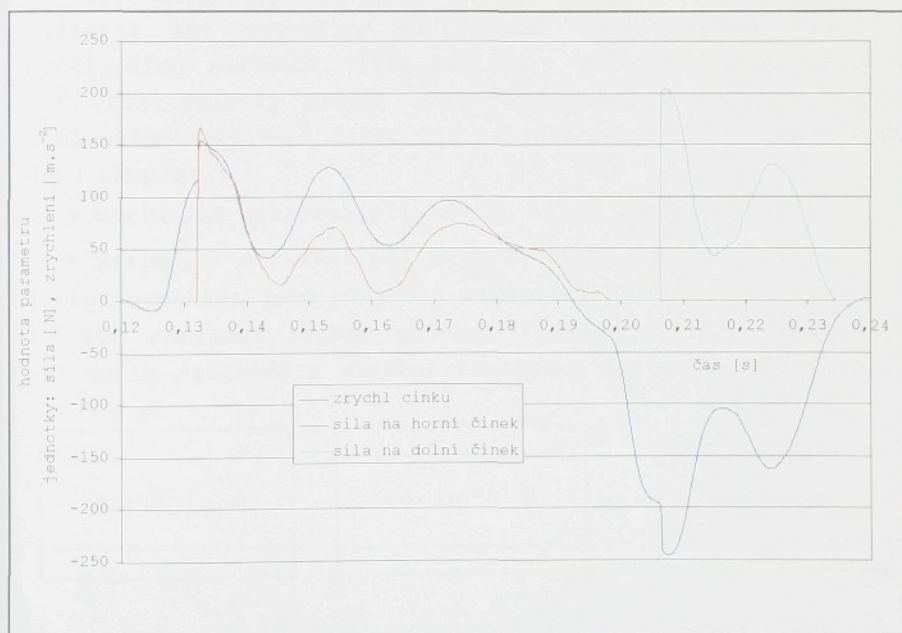
	A [$\text{m} \cdot \text{s}^{-2}$]	F _{HC} [N]	F _{D_č} [N]		
HU	-112.6	0	74.96		
DU	115.6	124.85	0		
	q _A [N/m]	q _{FHC} [N/m]	q _{FD_č} [N/m]	q _{HC} [N/m]	q _{D_č} [N/m]
HU	0.1002	0	0.0375	0.0909	0.1284
DU	-0.1029	-0.0624	0	-0.1746	-0.1122
q _{G_č} = -n _{nit} · m _{nit} · g / l = -0,00927 N/m					

Tab.5.6 Hodnoty výpočtu zatížení pro horní a dolní úvrat'

Z rozboru zatížení je viditelné, že pro tento zdvihový mechanismus vychází maximální zatížení v dolní úvratí.



Obr. 5.25 Průběh velikosti zrychlení a síly na horní a dolní čínek během otáčky stroje (ALPHA 190, otáčky stroje 1000 min^{-1})



Obr. 5.26 Průběh velikosti zrychlení a síly na horní a dolní čínek během otáčky stroje (PN 170, otáčky stroje 1000 min^{-1})

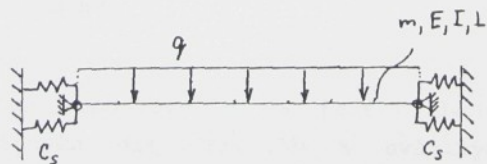
budeme dále považovat za symetrický a zavedeme předpoklad, že se list deformuje a kmitá pouze v rovině pohybu listu. Ve shodě se závěry vyplývajícími z práce [10] zavedeme předpoklad, že chování spoje v celém rozsahu možných zatížení je možné linearizovat. Dále předpokládáme shodnou tuhost spoje pro oba směry zatížení.

Nosníky budeme považovat za pružná tělesa, tzn. za tělesa, která se mohou v celém svém objemu pružně deformovat a za tělesa mající hmotnost rozloženu v celém objemu rovnoměrně. Kmitání takto definovaných pružných těles se někdy nazývá kmitáním těles při nekonečném množství stupňů volnosti.

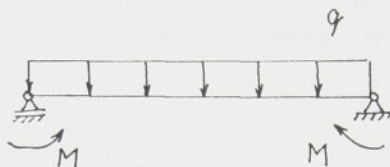
Pro výše uvedený popis matematického modelu s danými zjednodušujícími podmínkami odvodíme vztahy pro výpočet námi hledaných parametrů. Budeme postupovat v několika krocích, které nám budou postihovat vliv jednotlivých parametrů a my budeme schopni vlastnosti dané soustavy lépe analyzovat. Začneme s analýzou modelu samostatného nosníku uchyceného na pružných podporách. Tento model následně rozšíříme na výpočet celé konstrukce rámu listu.

6.1 Chování pružně uloženého nosníku

Pro primární modelování chování činku je možné představit si tuto součást jako samostatný nosník zatížený spojitým obtížením a dalšími silami, který je spojen se základem pomocí torzních pružin. Pružiny nám nahrazují tuhost krajnice spolu s vlivem tuhosti spoje. Schéma tohoto uspořádání je na Obr.6.2a. Pro výpočet lze toto uskupení popsat dle Obr.6.2b, kde vlastnosti pružin popisuje moment M . Spojité obtížení q zde reprezentuje zatížení. Velikost q lze získat způsobem popsaným v kapitole 5. Moment M je nutné počítat na základě dále popsaných rovnic.



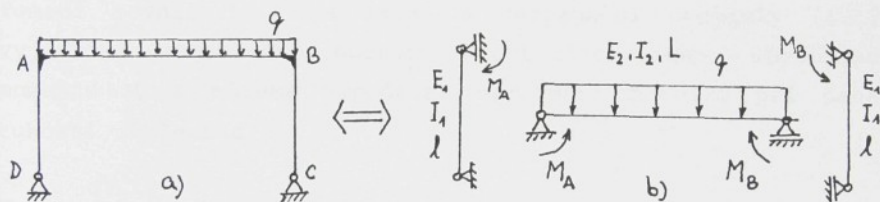
Obr.6.2a Schéma uložení činku



Obr.6.2b Výpočtové schéma uložení činku

6.1.1 Výpočet deformace nosníku

V úvodu této problematiky je nutné aspoň v krátkosti popsat problematiku nosníků, které nejsou uloženy typickými vazebnými členy (kloub, vetknutí), ale jsou spojeny spojem definované tuhosti. Tato problematika není v současné literatuře vhodným způsobem popsána. Jeden z možných způsobů nahrazení torzní pružiny je vyobrazen na Obr. 6.3a, kde je



Obr.6.3 Matematický model pro výpočet momentů působících na nosník uložený danou tuhostí

tuhost spoje s rámem definována tuhostí nosníků (AD, BC), které jsou pevně spojeny se zkoumaným nosníkem. Tuto úlohu lze jednoduše vyřešit za předpokladu rovnosti natočení nosníků v místě uložení A (viz. Obr.6.4). Pozn.: reakce v uložení zanedbáváme.

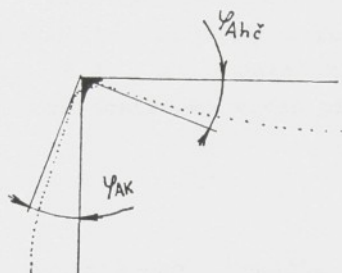
$$\varphi_{Ahc} = \varphi_{Ak} \quad [6.1]$$

Úloha se potom transformuje na řešení dvou samostatných nosníků zatížených dle Obr.6.3b a svázaných deformační podmínkou dle [6.1]. Pomocí Mohrovy metody v pružnosti a

pevnosti jednoduchým způsobem vyřešíme natočení profilů v bodě A. Uvažujeme-li stejnou hodnotu Youngova modulu E u obou nosníků a hodnotu L jako délku řešeného nosníku můžeme psát následující rovnice:

$$\varphi_{Ahc} = \frac{qL^3}{24E_2I_2} - \frac{M_aL}{2E_2I_2} \quad [6.2]$$

$$\varphi_{AK} = \frac{M_a l}{3E_1I_1} \quad [6.3]$$



Obr.6.4 Deformační podmínka výpočtu modelu dle Obr.6.3

Pomocí rovnic [6.2] a [6.3] a deformační podmínky [6.1] vyjádříme vztah pro hodnotu kroutícího, resp. ohybového momentu M_a a můžeme vypočítat deformaci nosníku při dané tuhosti uložení c .

$$M_a = \frac{qL^3I_1}{8I_2l + 12I_1L} \quad [6.4]$$

$$w_{hc} = \frac{5qL^4}{384 \cdot E_2I_2} - \frac{M_aL^2}{8E_2I_2} \quad [6.5]$$

$$c = \frac{3E_1I_1}{l} \quad [6.6]$$

Použijeme-li příklad činku TTP 90x9 (profil dle Obr. 2.7 ozn.s) se spojitým obtížením $q=187$ N/m délky 2000 mm vyrobený z hliníku vychází nám závislost hodnoty momentu a deformace na tuhosti spoje dle Obr. 6.6 a 6.7.

Na Obr 6.6 je viditelná charakteristická křivka deformace. Lze vypočítat její krajní hodnoty, které se

asymptoticky blíží hraničním stavům uložení; případu uložení vetknutím a uložení kloubem. Tyto hodnoty deformace lze zjistit pomocí vztahů:

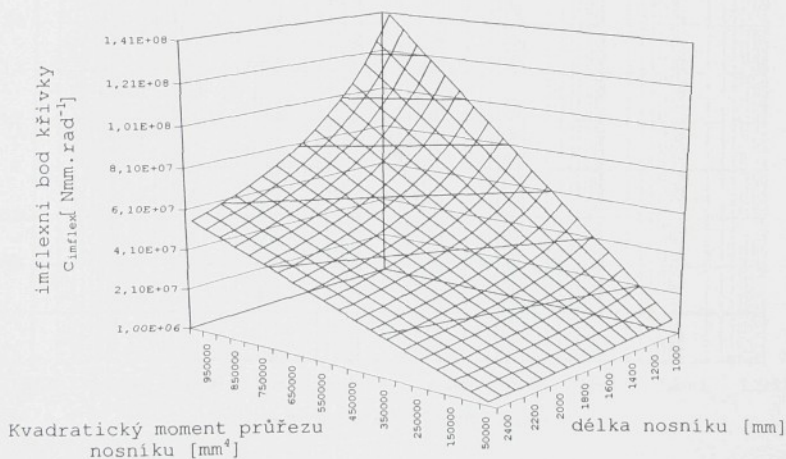
$$w_{\max} \approx \frac{5ql^4}{384 \cdot EI} \quad \dots \text{uložení kloubové} \quad [6.7]$$

$$w_{\min} = \frac{ql^4}{384 \cdot EI} \quad \dots \text{uložení vetknutím} \quad [6.8]$$

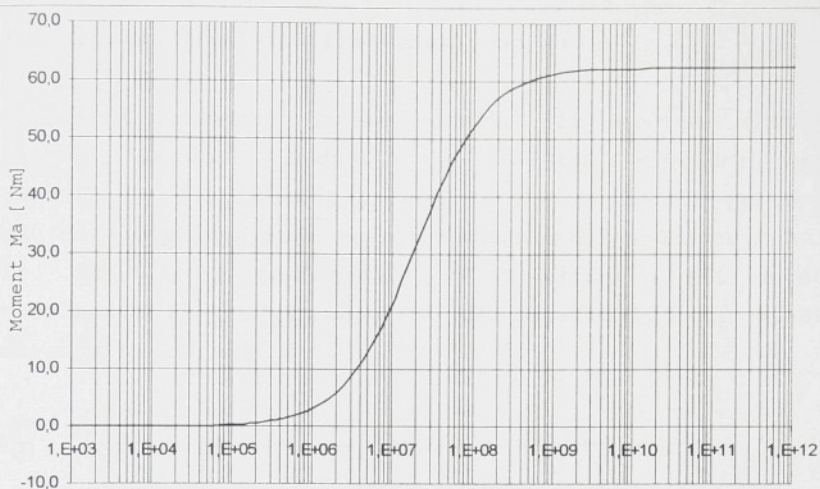
Charakteristickým rysem je inflexní bod křivky deformace jehož hodnotu lze spočítat za použití rovnice [6.4] a [6.6]. Derivací rovnice [6.4] a dosazením vztahu [6.6] do zderivovaného výsledku dostáváme vztah pro výpočet inflexního bodu ve tvaru:

$$C_{\text{imflex}} = 2 \cdot E \cdot I_2 / L \quad [6.9]$$

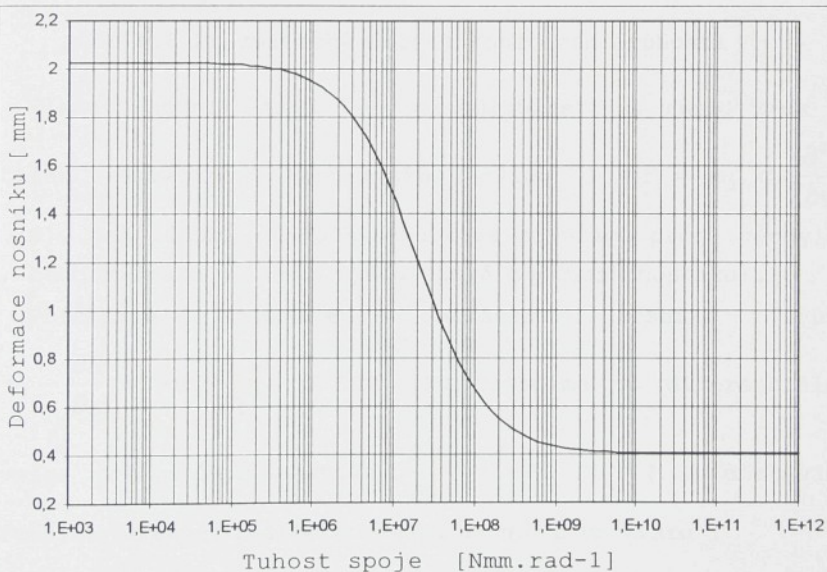
V případě námi uvažovaného výpočtu je tato hodnota $C_{\text{imflex}} = 1,85E7 \text{ Nmm} \cdot \text{rad}^{-1}$ ($E = 70\,000 \text{ Mpa}$, $I_2 = 264\,000 \text{ mm}^4$, $L = 2000 \text{ mm}$). Na Obr.6.5 je trojrozměrný graf zobrazující inflexní bod přechodové křivky charakterizující nám vliv deformace nosníku na tuhosti spoje při změně jednotlivých parametrů.



Obr.6.5 Posun inflexního bodu přechodové křivky při změně parametrů nosníku



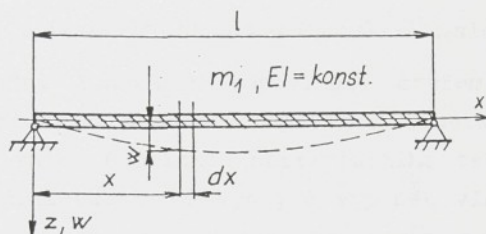
Tuhost spoje [$\text{Nmm}\cdot\text{rad}^{-1}$]
 Obr.6.6 Závislost momentu M_a na tuhosti spoje



Tuhost spoje [$\text{Nmm}\cdot\text{rad}^{-1}$]
 Obr.6.7 Závislost deformace nosníku na tuhosti spoje

6.1.2 Výpočet vlastních frekvencí nosníku

Vlastní frekvence daného nosníku lze spočítat obdobným způsobem. Hraniční hodnoty pro uložení kloubem, resp. vetknutím se zjistí opět pomocí teorie pružnosti pevnosti. Uvažujeme-li prizmatický nosník s konstantní hodnotou tuhosti (viz. Obr.6.8) a zanedbáme-li vliv příčných sil rotační setrvačnosti na průhyb nosníku lze odvodit hodnotu vlastní frekvence následovně.



Obr.6.8 Prizmatický nosník konstantní tuhosti

Element nosníku mezi řezy na odlehlosti x , resp. $x+dx$ je zatížen elementární dynamickou silou $dF = m_1 \cdot dx \frac{\partial^2 w}{\partial t^2}$ [6.10], jež působí dle D'Alembertova principu proti výchylce tj, nahoru (pozn.: m_1 ...jednotková hmotnost nosníku).

Příslušné spojité obtížení nosníku bude

$$q = -\frac{\partial F}{\partial x} = -m_1 \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} \quad [6.11].$$

To dosadíme do diferenciální

rovnice pro průhyb nosníku $\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} = \frac{q}{EI}$ [6.12] a dostáváme parciální homogenní diferenciální rovnici ve tvaru :

$$\frac{\partial^4 w}{\partial x^4} + \frac{m_1}{EI} \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = 0 \quad [6.13]$$

Tu lze Fourierovou metodou převést na tvar:

$$\frac{\partial^4 w(x)}{\partial x^4} - \lambda^4 w(x) = 0 \quad [6.14], \quad \text{kde } \lambda^4 = \Omega^2 \frac{m_1}{EI} \quad [6.15]$$

Rovnici [X14] řešíme s použitím Eulerových vztahů a dostáváme rovnici průhybové čáry ve tvaru:

$$w(x) = C_1 \cosh \lambda x + C_2 \sinh \lambda x + C_3 \cos \lambda x + C_4 \sin \lambda x \quad [6.16]$$

Spočítáme její první a druhou derivaci:

$$w'(x) = \lambda C_1 \sinh \lambda x + \lambda C_2 \cosh \lambda x - \lambda C_3 \sin \lambda x + \lambda C_4 \cos \lambda x \quad [6.17]$$

$$w''(x) = \lambda^2 C_1 \cosh \lambda x + \lambda^2 C_2 \sinh \lambda x - \lambda^2 C_3 \cos \lambda x - \lambda^2 C_4 \sin \lambda x \quad [6.18]$$

Čtyři integrační konstanty odpovídají čtyřem podmínkám. S využitím okrajových podmínek obdržíme soustavu lineárních homogenních rovnic. Podmínkou netriviálního řešení je nulová hodnota determinantu. Z té vyplývá výpočet vlastních hodnot λ_1 , resp. s využitím [6.15] výpočet vlastních frekvencí Ω_1 .

Jednotlivé případy:

a) kloubové uložení

- okrajové podmínky: $w(0)=0, w''(0)=0, w(L)=0, w''(L)=0$
- determinant:
$$\begin{vmatrix} \sinh \lambda L & \sin \lambda L \\ \sinh \lambda L & -\sin \lambda L \end{vmatrix} = 0$$
- řešení determinantu: $\sinh \lambda L \cdot \sin \lambda L = 0$
- řešení rovnic: $\lambda_1 = k \cdot \frac{\pi}{L}$ pro $k=1, 2, 3, \dots$

b) uložení vetknutím

- okrajové podmínky: $w(0)=0, w'(0)=0, w(L)=0, w'(L)=0$
- determinant:
$$\begin{vmatrix} \cosh \lambda L + \cos \lambda L & \sinh \lambda L + \sin \lambda L \\ \sinh \lambda L - \sin \lambda L & \cosh \lambda L + \cos \lambda L \end{vmatrix} = 0$$
- řešení determinantu: $\cosh \lambda L \cdot \cos \lambda L = 1$
- řešení rovnic: $\lambda_1 = k \cdot \frac{\pi}{L}$ pro $k=1.5, 2.5, 3.5, \dots$

Hodnoty vlastních kruhových frekvencí se asymptoticky blíží k hodnotám:

$$\Omega_i = \alpha_i^2 \cdot \pi^2 \sqrt{\frac{EI}{ml^3}} \quad [6.19]$$

Hodnoty α_i pro vypočítané krajní případy uložení jsou následující:

$\alpha_i = 1, 2, 3, 4, 5, \dots$ uložení kloubové

$\alpha_i = 1.5, 2.5, 3.5, \dots$ uložení vetknutím

Předpokládáme-li, že nosník je uchycen k základu pomocí pružných elementů můžeme zjistit vlastní frekvence modifikací rovnice [6.16]. Jestliže souřadnice x vhodně kombinujeme můžeme definovat tzv. Krylovovy funkce $[S(\lambda x), T(\lambda x), U(\lambda x), V(\lambda x)]$.

$$S(\lambda x) = \frac{1}{2} (\cosh \lambda x + \cos \lambda x)$$

$$T(\lambda x) = \frac{1}{2} (\sinh \lambda x + \sin \lambda x) \quad [6.20]$$

$$U(\lambda x) = \frac{1}{2} (\cosh \lambda x - \cos \lambda x)$$

$$V(\lambda x) = \frac{1}{2} (\sinh \lambda x - \sin \lambda x)$$

Derivováním přecházejí tyto funkce jedna v druhou (až na multiplikativní konstantu). Partikulární řešení rovnice [6.14] jsme popisovali rovnicí [6.16]. Nyní můžeme tuto rovnici popsat následujícím tvarem využívajícím Krylovovy funkce:

$$w(x) = A \cdot S(\lambda x) + B \cdot T(\lambda x) + C \cdot U(\lambda x) + D \cdot V(\lambda x) \quad [6.21]$$

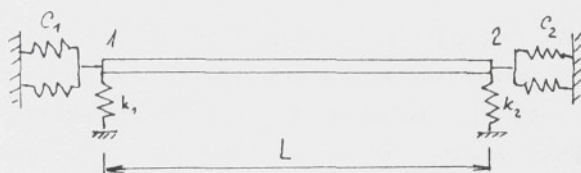
Pro usnadnění dalších výpočtů je vhodné zavést další pomocné funkce, které opět odvodil Krylov. Jejich zápis nacházíme ve vztazích [6.22]. V prvním sloupci je tzv. Grigorievovo označení, ve druhém sloupci je rozepsána funkce pomocí goniometrických a hyperbolických funkcí. Ve třetím sloupci je vyjádření pomocí Krylovových funkcí.

$$\begin{aligned}
 A_1(\lambda x) &= \cos \lambda x \cdot \cosh \lambda x + 1 & = 2 \cdot [S^2(\lambda x) - V(\lambda x) \cdot T(\lambda x)] \\
 A_2(\lambda x) &= \cos \lambda x \cdot \cosh \lambda x - 1 & = 2 \cdot [T(\lambda x) \cdot V(\lambda x) - U^2(\lambda x)] \\
 A_3(\lambda x) &= 2 \cdot \cos \lambda x \cdot \cosh \lambda x & = 2 \cdot [S^2(\lambda x) - U^2(\lambda x)] \quad [6.22] \\
 A_4(\lambda x) &= 2 \cdot \sin \lambda x \cdot \sinh \lambda x & = 2 \cdot [S^2(\lambda x) - V^2(\lambda x)] = \\
 & & = 4 \cdot [T^2(\lambda x) - S(\lambda x) \cdot U(\lambda x)] = \\
 & & = 4 \cdot [S(\lambda x) \cdot T(\lambda x) - V^2(\lambda x)]
 \end{aligned}$$

$$A_5(\lambda x) = \cos \lambda x \cdot \sinh \lambda x + \sin \lambda x \cdot \cosh \lambda x = 2 \cdot [S(\lambda x) \cdot T(\lambda x) - U(\lambda x) \cdot V(\lambda x)]$$

$$A_6(\lambda x) = \sin \lambda x \cdot \cosh \lambda x - \cos \lambda x \cdot \sinh \lambda x = 2 \cdot [T(\lambda x) \cdot U(\lambda x) - S(\lambda x) \cdot V(\lambda x)]$$

Při odvozování případu uložení dle Obr.6.9 využijeme principu popsaného [8], který pružné uložení nosníku vhodným způsobem zobecňuje. Na obrázku zobrazují tuhosti k_1, k_2 pružné



Obr. 6.9 Pružně uložený nosník

podpory v místech 1 a 2. Tuhosti c_1, c_2 potom tuhost proti natočení konce nosníku v místech 1 a 2. Tento nosník má následující okrajové podmínky:

$$\begin{aligned}
 E \cdot I \cdot w''(0) &= c_1 \cdot w'(0) \\
 E \cdot I \cdot w'''(0) &= k_1 \cdot w(0)
 \end{aligned} \quad [6.23]$$

$$\begin{aligned}
 E \cdot I \cdot w''(L) &= c_1 \cdot w'(L) \\
 E \cdot I \cdot w'''(L) &= k_1 \cdot w(L)
 \end{aligned} \quad [6.24]$$

Místo proměnné x , která se mění od nuly do L je vhodnější zavést bezrozměrnou proměnnou $\bar{x}$, která se mění v intervalu $\langle 0, 1 \rangle$.

$$\bar{x} = \frac{x}{L} \quad [6.25]$$

Potom můžeme rovnici [6.21] přepsat do tvaru:

$$w(\bar{x}) = [A. S(\lambda\bar{x}) + B. T(\lambda\bar{x}) + C. U(\lambda\bar{x}) + D. V(\lambda\bar{x})] \quad [6.26]$$

Derivaci rovnice [6.26] podle x a využitím vztahu [6.25] dostáváme postupně následující vztahy pro jednotlivé deformační a silové veličiny nosníku:

$$w'(\bar{x}) = \frac{\lambda}{L} [A. V(\lambda\bar{x}) + B. S(\lambda\bar{x}) + C. T(\lambda\bar{x}) + D. U(\lambda\bar{x})] \quad [6.27]$$

$$M(\bar{x}) = -EIw''(\bar{x}) = \frac{\lambda^2}{L^2} [A. U(\lambda\bar{x}) + B. V(\lambda\bar{x}) + C. S(\lambda\bar{x}) + D. T(\lambda\bar{x})] \quad [6.28]$$

$$Q(\bar{x}) = -EIw'''(\bar{x}) = \frac{\lambda^3}{L^3} [A. T(\lambda\bar{x}) + B. U(\lambda\bar{x}) + C. V(\lambda\bar{x}) + D. S(\lambda\bar{x})] \quad [6.29]$$

Využijeme-li rovnic [6.27] až [6.29] na vyjádření okrajových podmínek [6.23] dostáváme konstanty C a D rovnice [6.21]. Vyjádřením okrajových podmínek [6.24] a položením determinantu při neznámých A a B rovným nule dostáváme rovnici [6.30] z jejichž kořenů je možno určit vlastní frekvence nosníku.

$$\begin{aligned} & \lambda^{10} (U^2 - TV) + \lambda^9 (H_1 + H_2) (UV - ST) - \lambda^8 H_1 H_2 (T^2 - V^2) - \lambda^7 (K_1 + K_2) (TU - SV) + \\ & + \lambda^6 (K_1 H_2 + K_2 H_1) (S^2 - V^2) + \lambda^6 (K_1 H_1 + K_2 H_2) (S^2 - TV) + \lambda^3 H_1 H_2 (K_1 + K_2) (ST - \\ & UV) + \lambda^4 K_1 K_2 (T^2 - V^2) + \lambda^3 K_1 K_2 (H_1 + H_2) (TU - SV) - \lambda^2 K_1 K_2 H_1 H_2 (TV - U^2) = 0 \end{aligned} \quad [6.30]$$

kde hodnoty K_1 , K_2 , H_1 , H_2 , znamenají vztahy:

$$K_1 = \frac{k_1 L}{EI}, \quad K_2 = \frac{k_2 L}{EI}, \quad H_1 = \frac{c_1 L}{EI}, \quad H_2 = \frac{c_2 L}{EI} \quad [6.31]$$

Tento tvar frekvenční rovnice zjednodušíme pomocí vztahů [6.22]. Využijeme-li označení Grigorieva můžeme psát tuto rovnici ve tvaru:

$$\begin{aligned} & K_1 H_1 (A_1 \lambda^6 + A_5 \lambda^5 H_2 + A_6 \lambda^3 K_2 - A_2 \lambda^2 K_2 H_2) - \\ & - K_1 (A_6 \lambda^7 - A_3 \lambda^6 H_2 - A_4 \lambda^4 K_2 - A_6 \lambda^3 K_2 H_2) - \\ & - H_1 (A_5 \lambda^9 + A_4 \lambda^8 H_2 - A_3 \lambda^6 K_2 - A_5 \lambda^5 K_2 H_2) - \\ & - (A_2 \lambda^{10} + A_5 \lambda^9 H_2 + A_6 \lambda^7 K_2 - A_1 \lambda^6 K_2 H_2) = 0 \end{aligned} \quad [6.32]$$

Rovnice [6.30], resp. [6.32] jsou obecným řešením frekvenční rovnice, kterou můžeme řešit jakýkoliv případ brdového listu. Těmito rovnicemi můžeme řešit např. dlouhé listy, využívající středových výztuh. Je nutné pouze znát přesné hodnoty jednotlivých tuhostí k_1 , k_2 , c_1 , c_2 .

V případě zjednodušeného rámu listu, který řešíme, můžeme předpokládat tuhosti $k_1, k_2 = \infty$. Celou rovnici [6.32] proto můžeme vydělit součinem K_1, K_2 . Uvažujeme-li hodnotu tuhosti $c_1 = c_2 = c$ dostáváme [6.33] vztah pro výpočet kruhových frekvencí rámu listu.

$$\lambda^2 A_4 + 2\lambda H A_6 - H^2 A_2 = 0 \quad [6.33]$$

Pro srovnání s metodou řešení pomocí rovnice [6.16] je možné tímto způsobem vypočítat i případy krajních uložení (kloub, vetknutí).

kloub: podmínky: $K_1, K_2 = \infty$.

$$H_1, H_2 = 0.$$

frekvenční rovnice: $A_4 \lambda^4 = 0 \Rightarrow \sin \lambda = 0$

vetknutí: podmínky: $K_1, K_2 = \infty$.

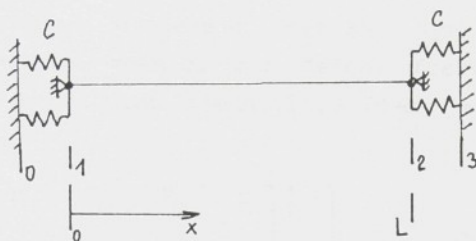
$$H_1, H_2 = \infty.$$

frekvenční rovnice: $A_2 \lambda^2 = 0 \Rightarrow \cos \lambda \cdot \cosh \lambda = 1$

Další možností řešit daný problém je varianta řešení uzpůsobená pro využití počítače - metoda přenosových matic. Opět vycházíme ze vztahu [6.21]. Integrační konstanty A až D vyjádříme pomocí okrajových podmínek [6.34].

$$w(0)=0, w''(0)=0, w(L)=0, w''(L)=0 \quad [6.34]$$

Vytvoříme přenosovou matici pro situaci na Obr.6.10



Obr.6.10 Model uložení pro řešení přenosovými maticemi

Můžeme psát řešení frekvenční rovnice tohoto nosníku:

$$[0, \varphi_3, 0, Q_3]^T = P_{23} P_{12} P_{10} [0, \varphi_0, 0, Q_0]^T \quad [6.35]$$

Maticе P_{23} , P_{10} vyjadřují přenosovou (přechodovou) matici pro otáčivě pružnou podporu. Zde se mění jen ohybový moment v závislosti na úhlu sklonu ohybové čáry o hodnotu $(-c \cdot w')$.

$$P_{23} = P_{10} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -c & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Přenosovou matici P_{12} pro prizmatický nosník konstantní tuhosti můžeme psát ve tvaru (s použitím Krylovových funkcí a vztahu [6.25]):

$$P_{12} = \begin{bmatrix} S & \frac{L}{\lambda} T & -\frac{L^2}{\lambda^2 EI} U & -\frac{L^3}{\lambda^3 EI} V \\ \frac{\lambda}{L} V & S & -\frac{L}{\lambda EI} T & -\frac{L^2}{\lambda^2 EI} U \\ -\frac{\lambda^2}{L^2} EIU & -\frac{\lambda}{L} EIV & S & \frac{L}{\lambda} T \\ -\frac{\lambda^3}{L^3} EIT & -\frac{\lambda^2}{L^2} EIU & \frac{\lambda}{L} V & S \end{bmatrix}$$

Vyřešením rovnice [6.35] dostáváme hodnoty vlastních frekvencí pružně uloženého nosníku. Vynásobíme-li matice $P_{23}P_{12}P_{10}$ dostáváme rovnici pro řešení frekvenční rovnice s následující strukturou (jednotlivé členy matice jsou psány symbolicky):

$$\begin{bmatrix} 0 \\ \varphi_3 \\ 0 \\ Q_3 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} & P_{14} \\ P_{21} & P_{22} & P_{23} & P_{24} \\ P_{31} & P_{32} & P_{33} & P_{34} \\ P_{41} & P_{42} & P_{43} & P_{44} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ \varphi_0 \\ 0 \\ Q_0 \end{bmatrix}$$

Soustavu dvou homogenních rovnic dostaneme z prvního a třetího řádku matice

$$0 = P_{12} \cdot \varphi_0 + P_{14} \cdot Q_0 \quad [6.36]$$

$$0 = P_{32} \cdot \varphi_0 + P_{34} \cdot Q_0$$

kde jednotlivé prvky matice znamenají vztahy:

$$\begin{aligned} P_{12} &= P_{34} = \frac{L(cLU + T\lambda EI)}{EI\lambda^2} \\ P_{14} &= -\frac{L^3 V}{\lambda^3 EI} \\ P_{32} &= \frac{2\lambda EI cSL + \lambda^2 E I^2 V + c^2 L^2 T}{L\lambda EI} \end{aligned} \quad [6.37]$$

Frekvenční rovnici dostaneme z anulovaného determinantu těchto rovnic:

$$P_{12} \cdot P_{34} - P_{14} \cdot P_{32} = 0 \quad [6.38]$$

Dosažením vztahu [6.37] a po upravení této složité rovnice dostáváme vztah:

$$\lambda^2(T^2 - V^2) + 2\lambda \frac{cL}{EI}(UT - SV) + \frac{c^2L^2}{E^2I^2}(U^2 - VT) = 0 \quad [6.39]$$

Použitím vztahu [6.31] a využitím označení Grigorieva v rovnicích [6.22] můžeme tuto rovnici převést na tvar, který jsme vyřešili pomocí Krylovových funkcí [6.33].

Je patrné, že způsob řešení úlohy přenosovými maticemi je obdobný způsobu řešení této problematiky pomocí Krylovových funkcí. Velkou výhodou je však možnost nasazení výpočetní techniky při odvozování složitých vztahů a hlavně při násobení matic. To rozhodujícím dílem přispívá k rychlejšímu dosažení výsledku. Při odvozování vztahů jsme využili možností nabízející program MAPLE V 3.0. Příklad zápisu dané úlohy je v Příloze 4.

Pro výpočet vlastních frekvencí pružně uloženého nosníku využijeme rovnici [6.15] převedenou do tvaru rovnice [6.19]. Pomocí frekvenční rovnice [6.33] budeme počítat součin $(\alpha \cdot \pi)$ díky kterému můžeme zjistit vlastní frekvence dle rovnice [6.19]. Pro řešení rovnice [6.33] využijeme program FAMULUS 3.1. Vyřešením této rovnice dostáváme hodnotu součinu $(\alpha \cdot \pi)$ v závislosti na tuhosti spoje, hodnotě kvadratického momentu v ohybu a délce nosníku.

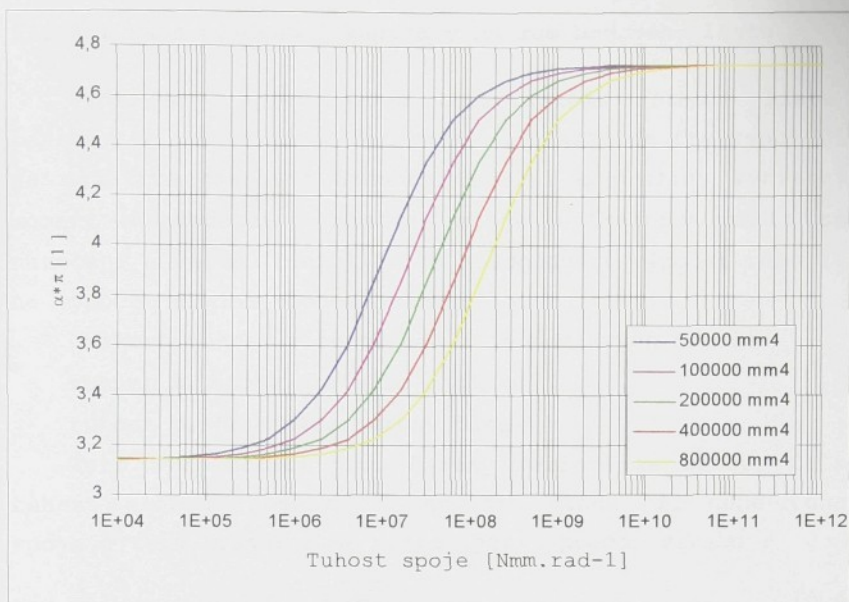
Například hodnoty $\alpha \cdot \pi$ (viz. rce [6.19]) pro nosník délky 2m, hodnotou $I=264000 \text{ mm}^4$ vyrobený z hliníku ($E=73000 \text{ Mpa}$) a danou proměnnou tuhostí pružiny c jsou zobrazeny v Tab. 6.1. Na Obr.6.11 je zobrazen vliv velikosti kvadratického momentu průřezu v ohybu I nosníku na hodnotu $(\alpha \cdot \pi)$ měníme-li tuhost pružiny c a na Obr.6.12 vliv změny délky nosníku na tutéž hodnotu.

c [Nmmrad ⁻¹]	$\alpha \cdot \pi$ [1]	c [Nmmrad ⁻¹]	$\alpha \cdot \pi$ [1]	c [Nmmrad ⁻¹]	$\alpha \cdot \pi$ [1]
2.000E+3	3.141659	4.096E+6	3.264252	8.388E+9	4.719257
4.000E+3	3.141725	8.192E+6	3.366546	1.677E+10	4.724629
8.000E+3	3.141857	1.638E+7	3.529254	3.355E+10	4.727330
1.600E+4	3.142121	3.276E+7	3.754165	6.710E+10	4.728684
3.200E+4	3.142649	6.553E+7	4.014103	1.342E+11	4.7293620
6.400E+4	3.143704	1.310E+8	4.259661	2.684E+11	4.7297020
1.280E+5	3.145808	2.621E+8	4.449972	5.368E+11	4.7298710
2.560E+5	3.149995	5.242E+8	4.575005	1.073E+12	4.7299560
5.120E+5	3.158287	1.048E+9	4.648098	2.147E+12	4.7299990
1.024E+6	3.174558	2.097E+9	4.687860	4.294E+12	4.7300200
2.048E+6	3.205900	4.194E+9	4.708634	8.589E+12	4.7300310

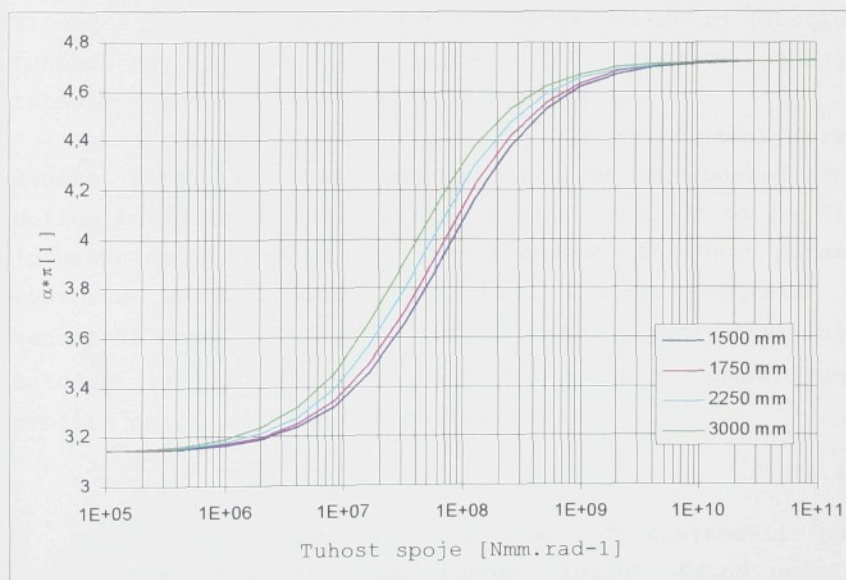
Tab.6.1 Hodnoty $(\alpha \cdot \pi)$ pro výpočet vlastních frekvencí nosníku

Analyzujeme-li závislosti na Obr.6.11 a 6.12 docházíme k následujícím důležitým závěrům:

1. v obou případech zůstávají minimální a maximální hodnoty křivek neměnné. Minimální hodnota se asymptoticky blíží případu uchycení kloubem. Maximální hodnota se asymptoticky blíží případu vetknutí.
2. zvyšujeme-li hodnotu tuhosti nosníku (činku) dosahujeme totožných hodnot $(\alpha \cdot \pi)$ u vyšších tuhostí c (imflexní bod křivky se posunuje k vyšším tuhostem spoje)
3. zvyšujeme-li délku nosníku posouváme imflexní bod křivky směrem k nižším hodnotám tuhosti spoje (totožných hodnot $(\alpha \cdot \pi)$ dosahujeme u nižších tuhostí c)
4. Vliv parametru I nosníku na posun křivky je řádově vyšší než vliv délky nosníku.



Obr.6.11 Závislost koeficientu ($\alpha \cdot \pi$) na tuhosti spoje a kvadratickém momentu průřezu v ohybu ($L=2000\text{mm}$)



Obr.6.12 Závislost koeficientu ($\alpha \cdot \pi$) na tuhosti spoje a délce nosníku ($I = 264\,000\text{ mm}^4$)

6.2 Aplikace předchozí kapitoly na rám brdového listu

Vzhledem k předchozímu teoretickému rozboru listu je patrné, že pro výpočet deformací a vlastních frekvencí činků je důležité stanovit hodnotu tuhosti c pružiny vytvářející moment M působící v místech spoje s krajnicí proti směru natočení nosníku (činku) a tím zjednodušit výpočet rámu listu na výpočet pružně uloženého nosníku.

Celková tuhost c se skládá z jednotlivých částí:

tuhost c_s spoje krajnice a činku

tuhost c_k (krajnice, druhý čínek)

Tyto dvě tuhosti jsou řazeny sériově za sebou. Celková tuhost uložení nosníku s chováním činku při dané tuhosti spoje a typu krajnice se proto zjistí pomocí vztahu :

$$\frac{1}{c} = \frac{1}{c_s} + \frac{1}{c_k} \approx c = \frac{c_s \cdot c_k}{c_s + c_k} \quad [6.40]$$

Tuhost spoje c_s volíme v celém rozsahu možných tuhostí. To znamená začínáme hodnotou tuhosti spoje blížícího se kloubu a končíme hodnotou tuhosti spoje vetknutím (absolutní tuhost spoje činku a krajnice). Při výpočtech uvažujeme tuhosti v intervalu $2E3$ až $2E12$ Nmm rad^{-1} .

Tuhost c_k je konstantní a určují ji konstrukční rozměry daného rámu. Pro její výpočet zvolíme předpoklad [6.1] definující stoprocentní přestup momentu z krajnice na čínek (neuvažujeme tuhost spoje). Zcela obecně lze tento parametr vypočítat pomocí momentu $\bar{M}$ (který krajnice vytváří jako reakci na dané jednotkové zatížení činku) a jemu příslušející natočení profilu $\bar{\varphi}$ krajnice v místě spoje s čínkem. Tuhost profilu potom spočítáme dle vztahu

$$c_k = \frac{\bar{M}}{\bar{\varphi}} \quad [6.41]$$

Tato hodnota tuhosti však platí, zatěžujeme-li pouze nosník u kterého zjišťujeme tuhost uložení. Druhý nosník v rámu není zatížen.

Další možností zjistit deformace rámu listu je vytvořit matematický model rámu listu, který v sobě přímo zahrnuje tuhost spoje. Při odvozování modelu rámu listu v daném uspořádání konstrukčních parametrů předpokládáme obecnou platnost rovnice [6.42], která nám zahrnuje vliv tuhosti krajnice při stoprocentním přenosu momentu z krajnice na činek.

$$\varphi_{A\check{C}} = \varphi_{AK} \quad [6.42]$$

Chceme-li navíc v této rovnici přenosu momentu postihnout i vliv tuhosti spoje rozšíříme tuto rovnici o další člen vyjadřující vliv přenosu momentu přes spojení činku s krajnicí.

$$\varphi_{A\check{C}} = \varphi_{AK} + \varphi_{AS}, \quad \varphi_{AS} = \frac{M_a}{c}, \quad \text{kde} \quad [6.43]$$

M_a ... moment přenášejíící se z krajnice na činek

c ... tuhost spoje

Toto je obecná rovnice platící pro řešení všech tří typů rámu.

Můžeme přistoupit k řešení rozboru silového přenosu v rámu a následnému výpočtu průhybu a vlastních frekvencí horního a dolního činku. Deformace nosníku budeme počítat využitím rovnice [6.43]. Vlastní frekvence činků spočítáme využitím rovnice [6.33] a dosazením tuhosti spirálové pružiny zjištěné pomocí vztahu 6.40.

6.3 Analýza rámu listu

Analýzu rámu listu provedenou v této práci můžeme rozdělit do dvou hlavních skupin:

- a) analýzu statické tuhosti konstrukce

Tato analýza nám bude charakterizovat tuhost konstrukce rámu. Základními hodnotami které budeme posuzovat jsou deformace horního a dolního činku spolu s rozdílem těchto deformací.

- b) rozbor vlastních frekvencí součástí - rozbor dynamické tuhosti konstrukce

Tato analýza bude sloužit k popisu dynamických vlastností rámu brdového listu. Právě hodnota vlastních frekvencí pro nás bude základní informací pro posuzování brdových listů.

V další části práce se budeme zabývat odvozením vztahů pro výpočet obou analýz. Tyto vztahy budou odvozeny pro typy rámu zobrazených v úvodu Kap.6.

6.3.1 Analýza statické tuhosti rámu listu

Při této analýze použijeme druhou variantu řešení dle Kap. 6.2. Budeme uvažovat podmínky řešení této úlohy s využitím modifikované deformační podmínky [6.43] přepsané do vztahů:

$$\varphi_{AC} = \varphi_{AK} + \varphi_{AS} \quad [6.44]$$

$$\varphi_{BC} = \varphi_{BK} + \varphi_{BS} ,$$

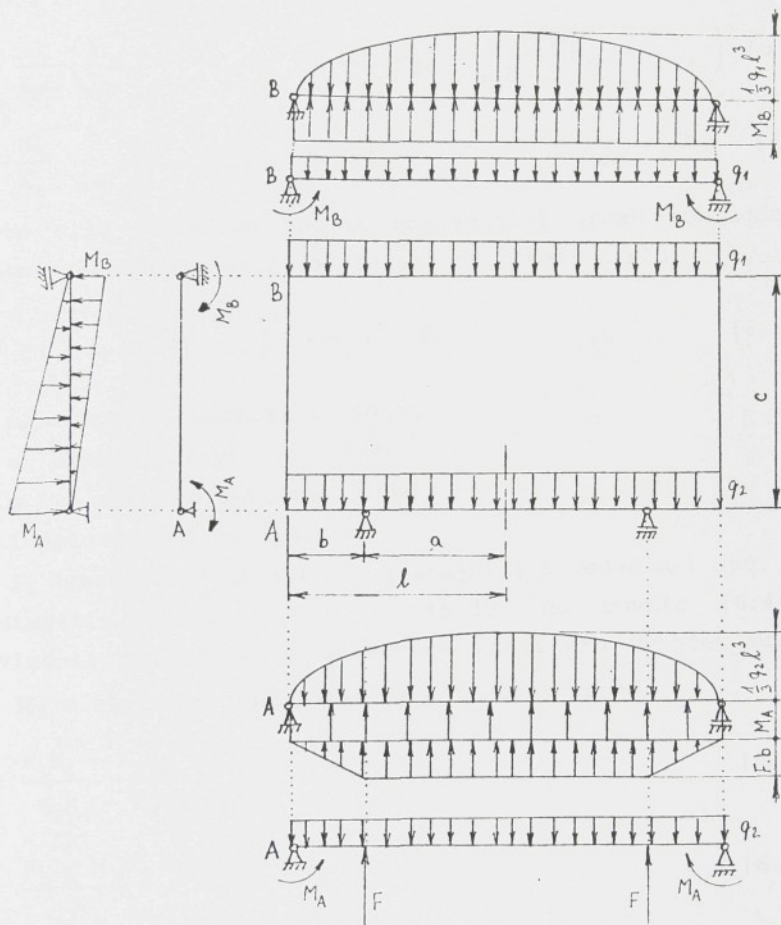
kde první index znamená označení místa spoje a druhý index pootočení příslušné části listu (č-činek, s-spoj, k-krajnice). Uvažujeme-li tuhost spojů v místech A i B totožnou můžeme potom zjednodušeně psát označení pro pootočení spoje:

$$\varphi_{AS} = \varphi_{BS} = \varphi_s$$

Pozn. Vzhledem k symetričnosti dané úlohy při výpočtu uvažujeme s řešením poloviny modelu. Používáme následující indexy parametrů charakterizujících tuhost nosníků: I_1, E_1 ... činek; I_2, E_2 ... krajnice

a) rám listu se závěsy na dolním čínku (varianta A)

Prvním z typů brdového listu je rám, který má umístěny závěsy přímo na dolním čínku. Uvažujeme rozměrový popis rámu brdového listu dle Obr.6.13.



Obr. 6.13 Rozměrový popis rámu (var. uchycení A)

Pro popis rámu využijeme metod popsanych v kapitole 5.3.1.1. Pro natočení nosníků dle rovnice [6.44] můžeme psát následující rovnice:

$$\varphi_{AC} = \frac{1}{E_1 I_1} \left(\frac{1}{3} q_2 l^3 - M_A l - F \frac{b^2}{2} - F b a \right)$$

[6.45]

$$\varphi_{BC} = \frac{1}{E_1 I_1} \left(\frac{1}{3} q_1 l^3 - M_B l \right) \quad [6.46]$$

$$\varphi_{AK} = \frac{1}{E_2 I_2} \left(\frac{1}{3} M_{AC} - \frac{1}{6} M_{BC} \right) \quad [6.47] \quad \varphi_{BK} = \frac{1}{E_2 I_2} \left(\frac{1}{3} M_{BC} - \frac{1}{6} M_{AC} \right) \quad [6.48]$$

$$\varphi_{AS} = \frac{M_A}{C_s} \quad [6.49] \quad \varphi_{BS} = \frac{M_B}{C_s} \quad [6.50]$$

Pro sílu F můžeme napsat následující vztah zohledňující působení všech námi uvažovaných sil na závěsy listu:

$$F = \sum_{i=1}^n F_i = (q_1 + q_2) \cdot l + m_k a - F_r \quad [6.51]$$

kde m_k označuje hmotnost krajnice

a označuje zrychlení listu

q_1, q_2 spojitě obtižení činku

l polovina délky činku

F_r označuje třecí sílu mezi krajnicí a vedením listu

Dosadíme-li vztahy [6.45] až [6.50] do rovnic [6.44] a upravíme-li tyto rovnice dostáváme vztah pro výpočet momentu M_A a M_B v závislosti na zatížení a tuhosti spoje.

$$M_A = \frac{K_1 K_4 - K_3 K_5}{K_2 K_4 - K_3^2} \quad [6.52]$$

$$M_B = \frac{K_5 - M_A K_3}{K_4} \quad [6.53]$$

kde konstanty K_0 až K_5 znamenají následující vztahy:

$$K_0 = \frac{c}{3E_2 I_2} \quad [6.54] \quad K_1 = \frac{1}{E_1 I_1} \left[F \left(\frac{b^2}{a} + b a \right) - \frac{1}{3} q_2 l^3 \right] \quad [6.55]$$

$$K_2 = -\frac{1}{E_1 I_1} - K_0 - \frac{1}{c_s} \quad [6.56] \quad K_3 = \frac{K_0}{2} \quad [6.57]$$

$$K_4 = -\frac{1}{E_1 I_1} - K_0 - \frac{1}{c_s} \quad [6.58] \quad K_5 = \frac{1}{E_1 I_1} \left[-\frac{1}{3} q_1 l^3 \right] \quad [6.59]$$

Nyní můžeme počítat deformace horního a dolního činku využitím hodnot momentu M_A , resp. M_B pomocí rovnic [6.60] a [6.61].

Deformace horního činku:

$$w_{Hc} = \frac{1}{E_1 I_1} \left(\frac{5}{24} q_1 l^4 - \frac{1}{2} M_B l^2 \right) \quad [6.60]$$

Deformace dolního činku

$$w_{Dc} = \frac{1}{E_1 I_1} \left(\frac{5}{24} q_2 l^4 - \frac{1}{2} M_A l^2 - Fb \left(\frac{b^3}{3} + a \left(b + \frac{a}{2} \right) \right) \right) \quad [6.61]$$

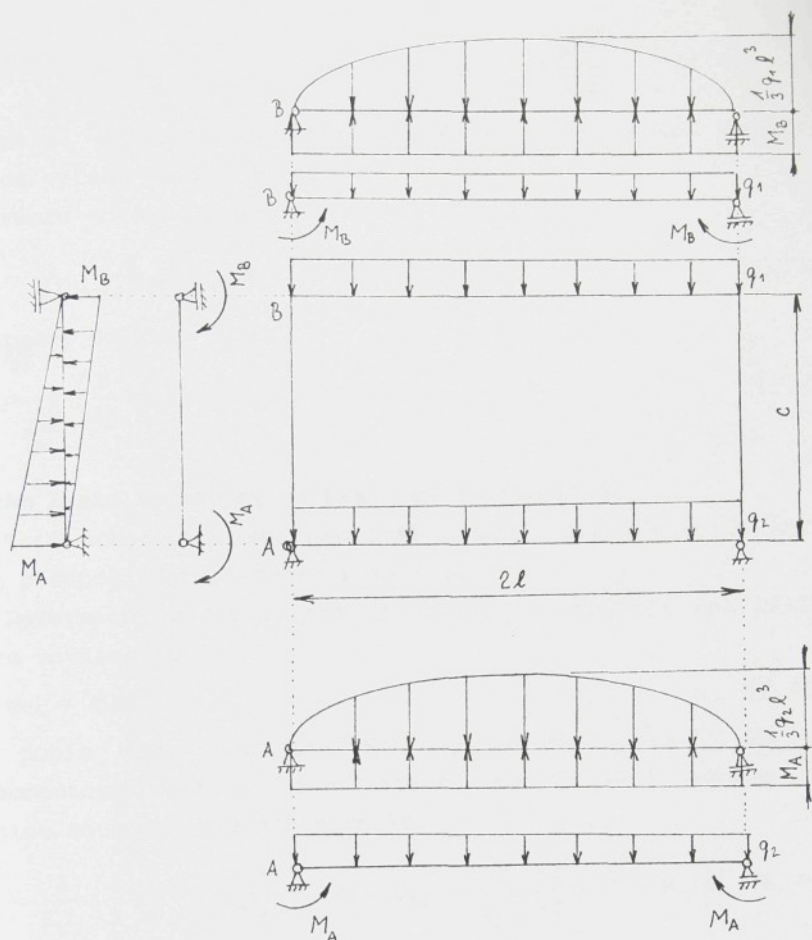
b) rám listu se závěsy v místě rohového spoje dolního činku a krajnice (varianta B)

Toto konstrukční uspořádání uchycení brdového listu je mezním stavem ostatních dvou případů. Tato konstrukční varianta nastává blíží-li se rozměr **b** varianty 1 a rozměr **e** varianty 3 nule. Uchycení rámu na zdvihový mechanismus je přímo na krajnici v blízkosti rohového spoje. Popíšeme-li toto uspořádání rozměry dle Obr. 6.14 můžeme s využitím metody popsané v kapitole 6.2 opět psát deformační rovnice vyjádřené v předchozí části kapitoly vztahy [6.44].

Jedinou změnou při odvození vztahů je nulová hodnota síly F . Proto je nutné pouze změnit rovnice pro pootočení činku v místě A. Pro natočení činku v místě A můžeme psát následující rovnici:

$$\varphi_{Ac} = \frac{1}{E_1 I_1} \left(\frac{1}{3} q_2 l^3 - M_A l \right) \quad [6.62]$$

Ostatní rovnice zůstávají stejné a můžeme tudíž využít vztahů [6.46] až [6.50]. Dosadíme-li vztahy [6.62] a [6.46] až [6.50] do rovnic [6.44] a upravíme-li tyto rovnice dostáváme vztah pro výpočet momentu M_A a M_B v závislosti na zatížení a tuhosti spoje.



Obr. 6.14 Rozměrový popis rámu (var. uchytení B)

$$M_A = \frac{K_1 K_4 - K_3 K_5}{K_2 K_4 - K_3^2} \quad [6.63]$$

$$M_B = \frac{K_5 - M_A K_3}{K_4} \quad [6.64]$$

kde konstanty K_0 až K_5 znamenají následující vztahy:

$$K_0 = \frac{c}{3E_2 I_2} \quad [6.65]$$

$$K_1 = -\frac{q_2 l^3}{3E_1 I_1} \quad [6.66]$$

$$K_2 = -\frac{1}{E_1 I_1} - K_0 - \frac{1}{c_s} \quad [6.67]$$

$$K_3 = \frac{K_0}{2} \quad [6.68]$$

$$K_4 = -\frac{1}{E_1 I_1} - K_0 - \frac{1}{C_s} \quad [6.69] \quad K_5 = -\frac{q_1 l^3}{3E_1 I_1} \quad [6.70]$$

Maximální deformaci horního a dolního činku potom spočítáme pomocí vztahů [6.71] a [6.72]:

Deformace horního činku:

$$w_{HC} = \frac{1}{E_1 I_1} \left(\frac{5}{24} q_1 l^4 - \frac{1}{2} M_B l^2 \right) \quad [6.71]$$

Deformace dolního činku

$$w_{DC} = \frac{1}{E_1 I_1} \left(\frac{5}{24} q_2 l^4 - \frac{1}{2} M_A l^2 \right) \quad [6.72]$$

c) rám listu se závěsy na krajnici (varianta C)

Toto uchycení listu popíšeme rozměry dle Obr.6.15. Můžeme opět předpokládat platnost rovnic [6.44].

Deformační podmínku pro rovnováhu na krajnici lze psát ve tvaru rovnice [6.73]:

$$\varphi_{CL} = \varphi_{CP} \quad [6.73]$$

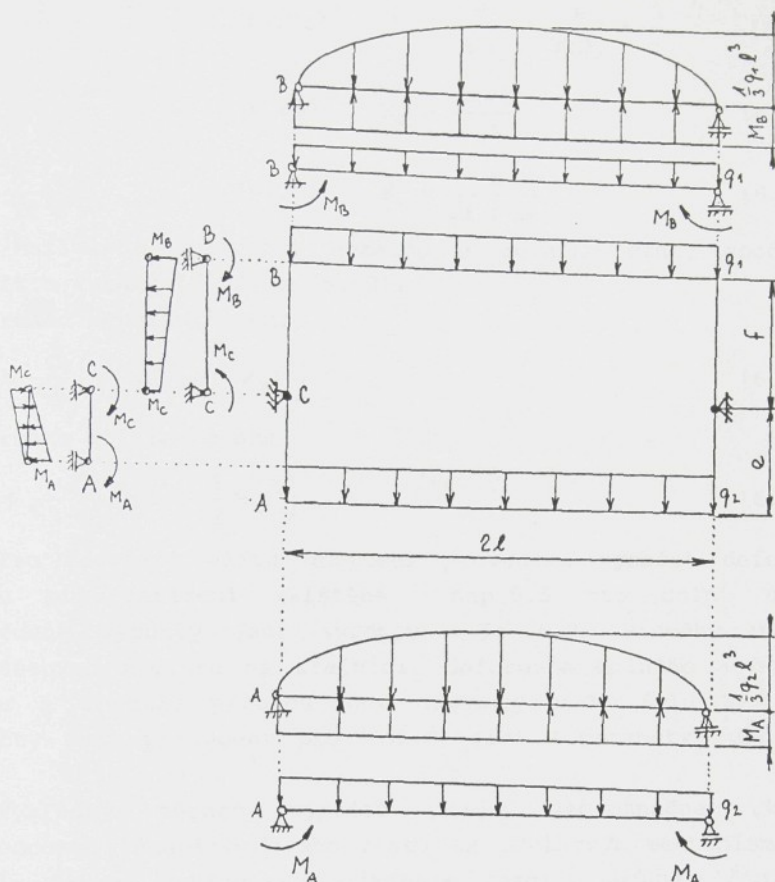
Pro popis rámu využijeme Mohrovy metody spolu s aplikací třímomentové rovnice. Pro situaci na Obr.6.15 můžeme psát rovnice natočení průřezů nosníku:

$$\varphi_{AC} = \frac{1}{E_1 I_1} \left(\frac{1}{3} q_2 l^3 - M_A l \right) \quad [6.74] \quad \varphi_{BC} = \frac{1}{E_1 I_1} \left(\frac{1}{3} q_1 l^3 - M_B l \right) \quad [6.75]$$

$$\varphi_{AK} = \frac{1}{E_2 I_2} \left(\frac{1}{3} M_A e - \frac{1}{6} M_c e \right) \quad [6.76] \quad \varphi_{BK} = \frac{1}{E_2 I_2} \left(\frac{1}{3} M_B f - \frac{1}{6} M_c f \right) \quad [6.77]$$

$$\varphi_{CL} = \frac{1}{E_2 I_2} \left(\frac{1}{3} M_c f + \frac{1}{6} M_B f \right) \quad [6.78] \quad \varphi_{CP} = \frac{1}{E_2 I_2} \left(-\frac{1}{3} M_c e + \frac{1}{6} M_A e \right) \quad [6.79]$$

$$\varphi_{AS} = \frac{M_A}{C_s} \quad [6.80] \quad \varphi_{BS} = \frac{M_B}{C_s} \quad [6.81]$$



Obr. 6.15 Rozměrový popis rámu (var. uchycení C)

Dosadíme-li vztahy [6.74] až [6.81] do rovnic [6.44] a [6.73], vyřešíme-li tyto rovnice dostáváme vztah pro výpočet momentu M_A a M_B v závislosti na zatížení rámu a tuhosti spoje.

$$M_A = \frac{K_3 - M_B(K_1 - K_2K_B)}{K_2K_7} \quad [6.82]$$

$$M_B = \frac{K_3K_4 + K_3K_5K_7 - K_2K_6K_7}{K_1K_4 + K_1K_5K_7 - K_2K_4K_B} \quad [6.83]$$

kde konstanty K_1 až K_8 znamenají následující vztahy:

$$K_1 = \frac{1}{E_1I_1} + \frac{f}{3E_2I_2} + \frac{1}{c_s} \quad [6.84]$$

$$K_2 = \frac{f}{6E_2I_2} \quad [6.85]$$

$$K_3 = \frac{q_1 l^3}{3E_1 I_1} \quad [6.86] \quad K_4 = \frac{1}{E_1 I_1} + \frac{e}{3E_2 I_2} + \frac{1}{c_3} \quad [6.87]$$

$$K_5 = -\frac{e}{6E_2 I_2} \quad [6.88] \quad K_6 = \frac{q_2 l^3}{3E_1 I_1} \quad [6.89]$$

$$K_7 = \frac{e}{2f + 2e} \quad [6.90] \quad K_8 = \frac{f}{2f + 2e} \quad [6.91]$$

Maximální deformaci horního a dolního činku spočítáme využitím vztahů [6.92] a [6.93].

Deformace horního činku:

$$w_{Hc} = \frac{1}{E_1 I_1} \left(\frac{5}{24} q_1 l^4 - \frac{1}{2} M_B l^2 \right) \quad [6.92]$$

Deformace dolního činku

$$w_{Dc} = \frac{1}{E_1 I_1} \left(\frac{5}{24} q_2 l^4 - \frac{1}{2} M_A l^2 \right) \quad [6.93]$$

Pro srovnání vlivu uchycení provedeme výpočet deformací listu pro zatížení zjištěná v Kap.5.5 pro dolní úvrať. Provedené výpočty jsou shrnuty v Tab.6.2. Průběhy momentů přenáššených z činku na krajnici, deformace dolního a horního činku a rozdíl průhybů jsou shrnuty v Obr.6.16 až 6.18. Výpočty jsou provedeny pro brdový list s parametry dle Tab. 5.3.

Výsledky těchto výpočtů zcela jednoznačně ukazují nevhodnost svázání brdového listu se zdvihovým mechanismem na dolním činku. Z hlediska eliminace rozdílu průhybů činků je toto řešení nejméně vhodnou variantou uchycení. Zcela jednoznačně bude charakter průhybu činků zcela odlišný než v případech varianty uchycení B a C.

U varianty uchycení A dochází k nesymetrickému průhybu činků, čímž se výrazným způsobem zvyšuje rozdíl deformací horního a dolního činku.

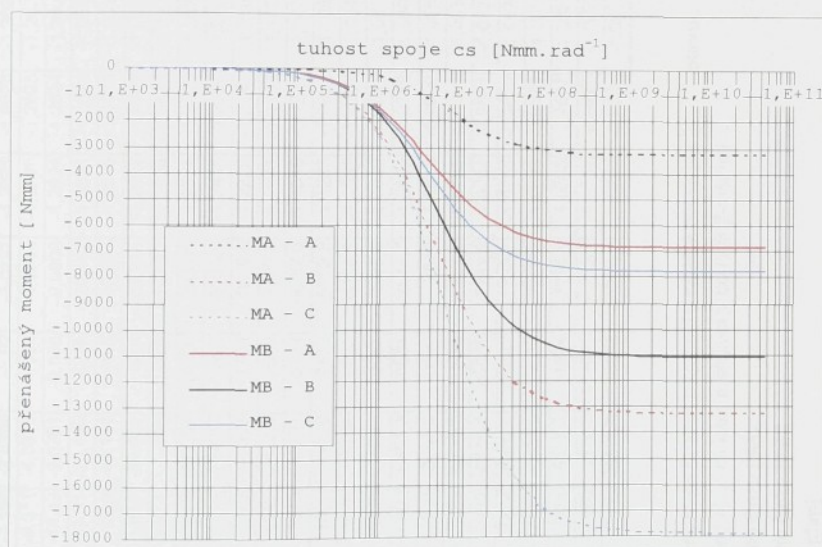
Zcela obecně může být velikost rozdílu průhybu horního a dolního činku pro případ silového zatížení dle Kap. 5.5 u varianty uchycení A trojího druhu v závislosti na hodnotě parametru **b** (místa uchycení listu na dolním činku):

- rozdíl deformací je záporný ($b < b_{MEZ}$) - nitěnka je namáhána na vzpěr
- rozdíl deformací je nulový ($b = b_{MEZ}$)

- rozdíl deformací je kladný ($b > b_{MEZ}$) - nítěnka je namáhána na tah

Hodnota b_{MEZ} - vzdálenost kloubů při které je rozdíl deformací činků nulový závisí na konstrukčních dispozicích listu a velikosti zatížení.

Nejnebezpečnější je případ, kdy je nítěnka namáhána na tah. Stoupne-li maximální rozdíl deformace horního a dolního činku k hodnotě velikosti vůle v uchycení nítěnky na rám listu objeví se reálná hrozba destrukce nítěnky. Toto nebezpečí má za následek nutnost vytvoření vyšší konstrukční vůle v uchycení nítěnek na nosný drát (viz. Obr. 1.6). Velikost vůle má výrazný vliv na velikost silového zatížení celého rámu listu jak vyplývá ze sestavených matematických modelů prošlupných mechanismů.



Obr.6.16 Průběh velikosti přenášeného momentu v závislosti na tuhosti spoje

Cs	M _A - A	M _A - B	M _A - C	M _B - A	M _B - B	M _B - C	D _{HC} - A	D _{HC} - B	D _{HC} - C	D _{DC} - A	D _{DC} - B	D _{DC} - C	delta A	delta B	delta C
1,0E+03	-0,1179	-3,1557	-3,156	-2,0195	-2,02	-2,0197	-1,2626	-1,2626	-1,2626	-0,3070	-1,9728	-1,9728	-0,9555	-0,71020	-0,71020
2,0E+03	-0,2363	-6,3097	-6,311	-4,0375	-4,039	-4,0384	-1,2625	-1,2625	-1,2625	-0,3070	-1,9727	-1,9727	-0,9555	-0,71017	-0,71017
4,5E+03	-0,5348	-14,187	-14,19	-9,0761	-9,086	-9,0809	-1,2624	-1,2624	-1,2624	-0,3070	-1,9725	-1,9725	-0,9553	-0,71009	-0,71009
1,0E+04	-1,2035	-31,481	-31,51	-20,129	-20,18	-20,152	-1,2621	-1,2621	-1,2621	-0,3070	-1,9720	-1,9720	-0,9551	-0,70992	-0,70992
2,0E+04	-2,4611	-62,793	-62,9	-40,114	-40,3	-40,206	-1,2615	-1,2615	-1,2615	-0,3070	-1,9712	-1,9712	-0,9546	-0,70962	-0,70961
4,5E+04	-5,8336	-140,34	-140,9	-89,455	-90,4	-89,914	-1,2602	-1,2602	-1,2602	-0,3069	-1,9691	-1,9690	-0,9533	-0,70888	-0,70885
1,0E+05	-14,324	-307,4	-310,1	-195	-199,5	-197,17	-1,2574	-1,2572	-1,2573	-0,3067	-1,9645	-1,9645	-0,9507	-0,70731	-0,70717
2,0E+05	-33,036	-599,28	-609,3	-377,07	-393,8	-385,08	-1,2520	-1,2520	-1,2522	-0,3062	-1,9566	-1,9564	-0,9463	-0,70467	-0,70416
4,5E+05	-93,354	-1269,4	-1314	-784,57	-856,5	-818,29	-1,2414	-1,2395	-1,2405	-0,3045	-1,9385	-1,9373	-0,9369	-0,69906	-0,69682
1,0E+06	-259,68	-2505,4	-2675	-1503	-1763	-1619,4	-1,2220	-1,2149	-1,2188	-0,3000	-1,9051	-1,9005	-0,9219	-0,69014	-0,68166
2,0E+06	-576,17	-4182,5	-4646	-2422,8	-3080	-2697,9	-1,1971	-1,1793	-1,1896	-0,2915	-1,8597	-1,8472	-0,9056	-0,68039	-0,65753
4,5E+06	-1192,7	-6704,5	-7873	-3721	-5194	-4267,6	-1,1619	-1,1221	-1,1472	-0,2748	-1,7915	-1,7598	-0,8872	-0,66937	-0,61268
1,0E+07	-1907,5	-9175,2	-11356	-4926	-7372	-5708,2	-1,1293	-1,0632	-1,1082	-0,2554	-1,7246	-1,6656	-0,8739	-0,66145	-0,55743
2,0E+07	-2427,4	-10827	-13878	-5706	-8869	-6600,6	-1,1082	-1,0227	-1,1084	-0,2414	-1,6799	-1,5974	-0,8669	-0,65725	-0,51334
4,5E+07	-2825,5	-12040	-15839	-6269	-9983	-7213,4	-1,0930	-0,9925	-1,0675	-0,2306	-1,6471	-1,5443	-0,8624	-0,65458	-0,47686
1,0E+08	-3036	-12667	-16892	-6557,3	-10564	-7514,7	-1,0852	-0,9768	-1,0593	-0,2249	-1,6301	-1,5158	-0,8603	-0,65332	-0,45652
2,0E+08	-3129,6	-12943	-17364	-6683,9	-10820	-7644	-1,0818	-0,9699	-1,0558	-0,2224	-1,6227	-1,5030	-0,8594	-0,65249	-0,44723
4,5E+08	-3183,8	-13102	-17639	-6756,5	-10968	-7717,3	-1,0798	-0,9659	-1,0538	-0,2209	-1,6184	-1,4956	-0,8589	-0,65236	-0,44178
1,0E+09	-3208	-13174	-17763	-6789,1	-11035	-7749,9	-1,0789	-0,9641	-1,0529	-0,2203	-1,6164	-1,4923	-0,8587	-0,65236	-0,43932
2,0E+09	-3218,1	-13203	-17814	-6802,5	-11082	-7793,3	-1,0786	-0,9633	-1,0526	-0,2200	-1,6156	-1,4909	-0,8586	-0,65230	-0,43830
4,5E+09	-3223,7	-13219	-17842	-6809,9	-11077	-7770,8	-1,0784	-0,9629	-1,0524	-0,2198	-1,6152	-1,4901	-0,8585	-0,65227	-0,43773
1,0E+10	-3226,1	-13227	-17855	-6813,2	-11084	-7774,1	-1,0783	-0,9627	-1,0523	-0,2198	-1,6150	-1,4898	-0,8585	-0,65226	-0,43748
2,0E+10	-3227,1	-13229	-17860	-6814,6	-11087	-7775,4	-1,0782	-0,9627	-1,0523	-0,2197	-1,6149	-1,4896	-0,8585	-0,65226	-0,43738
4,5E+10	-3227,7	-13231	-17863	-6815,3	-11088	-7776,2	-1,0782	-0,9626	-1,0522	-0,2197	-1,6149	-1,4896	-0,8585	-0,65225	-0,43732

legenda: M_A moment přenášený mezi činkem a krajnicí v bodě A [Nmm rad⁻¹]

M_B moment přenášený mezi činkem a krajnicí v bodě B [Nmm rad⁻¹]

D_{HC} deformace horního činku [mm]

D_{DC} deformace dolního činku [mm]

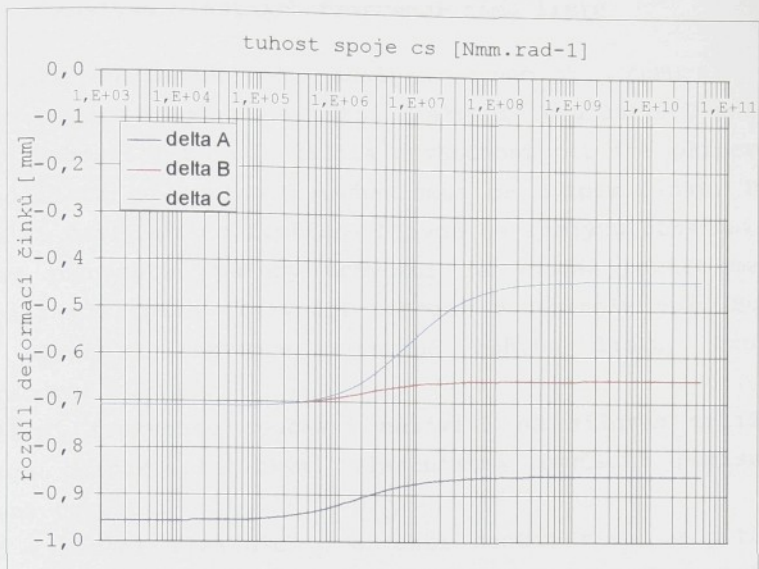
delta rozdíl deformací [mm]

barva var A uchycení na dolním činku

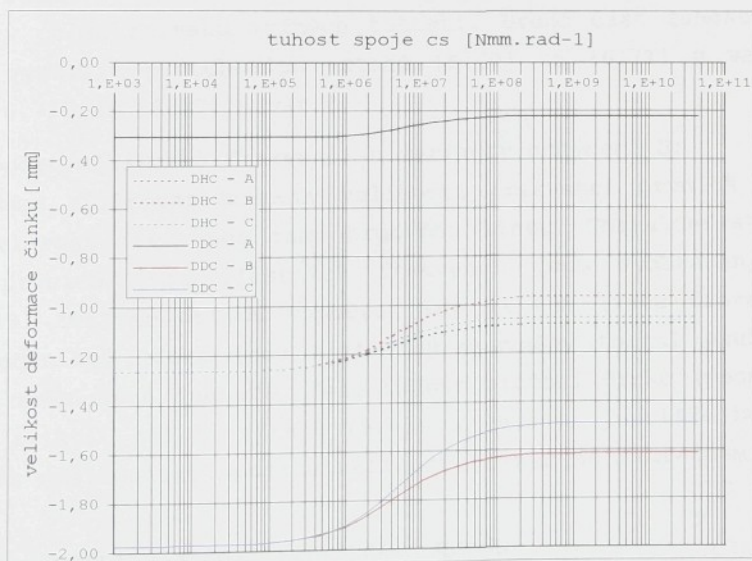
var B uchycení v místě spoje dolního činku a krajnice

var C uchycení na krajnici

Tab.6.2 Data výpočtu deformace brzdových listů



Obr.6.17 Průběh rozdílu deformace horního a dolního činku v závislosti na tuhosti spoje



Obr.6.18. Průběh deformace horního a dolního činku v závislosti na tuhosti spoje

6.3.2 Analýza vlastních frekvencí rámu listu

Základní hodnotou při analýze dynamické tuhosti rámu brdového listu je hodnota vlastní frekvence součásti. U analýzy statické tuhosti rámu se ukázala nevhodnost použití připevnění brdového listu na zdvihový mechanismus na dolním činku. Proto se v další části práce zaměříme hlavně na analýzu uchycení B a C. Právě pro tyto způsoby uchycení je vhodné použít metody zjišťování vlastních frekvencí popsané v kapitole 6.2. Budeme hledat vlastní frekvence v rovině pohybu listu, tzn. v jeho pracovní rovině.

Vlastní frekvence součásti nezávisí na silovém zatížení, ale jsou charakteristickými vlastnostmi součásti popisující rozložení tuhosti.

Pro zjištění vlastních frekvencí daného rámu je potřebné zjistit tuhost uložení nosníku (činku) v závislosti na tuhosti zbývající části rámu. Ta se dle předpokladu rovnice [6.40] skládá ze dvou částí. První část je tuhost rohového spoje. Tu volíme v celém rozsahu možných tuhostí. Druhá část tuhosti se zjistí využitím předchozích vztahů [6.62] až [6.72] u var.B, resp. [6.73] až [6.93] u var.C.

Výpočet vlastních frekvencí u varianty uchycení B:

Budeme zjišťovat hodnoty velikosti frekvencí prvních dvou tvarů vlastní frekvence rámu brdového listu. Charakteristické tvary prvních dvou vlastních frekvencí jsou vyobrazeny na Obr.6.19. Zvolíme metodu výpočtu, kdy si rám listu nahradíme dvěma nosníky, které jsou k základu upevněny torzní pružinou přesně definované tuhosti. Tuto tuhost uložení činku (nosníku) můžeme zjistit pomocí vztahů [6.63] a [6.64], jestliže budeme uvažovat následující spojitě zatížení činků na skutečném rámu listu:

- první vlastní frekvence: $q_1 = -q_2$
- druhá vlastní frekvence: $q_1 = q_2$

Tato podmínka však platí za následujících předpokladů:

- a) charakteristiky horního i dolního činku jsou totožné, tzn. tuhost a měrná hmotnost obou činků jsou stejné

b) zanedbáme boční deformaci rámu listu v obou rovinách kolmých na pohyb listu, tzn. zajímá nás pouze vlastní frekvence v rovině pohybu listu

Díky specifickému uložení vychází tuhosti pružin v místech A i B totožné. Díky tomuto výsledku předpokládáme, že vlastní frekvence horního i dolního činku je totožná. Tvar prvních dvou vlastních frekvencí, které počítáme jsou vyobrazeny na Obr.6.19. Při první vlastní frekvenci nosníky kmitají v protifázi, při druhé vlastní frekvenci kmitají ve fázi. Na obou tvarech je zcela zřejmé, jakou roli zde má tuhost krajnice a spoje. Zcela obecně lze říci, že budeme-li mít spoj blížíci se kloubu nebo velice nízkou tuhost krajnice, splynou nám obě vlastní frekvence v jednu. A naopak čím tužší bude krajnice a čím vyšší moment dokáže spoj přenést, tím se nám budou hodnoty vlastních frekvencí vzdalovat.

Algoritmus výpočtu vlastních frekvencí je následující:

1. Na základě daného jednotkového zatížení určíme natočení ϕ činku v místě spoje a moment M , který toto natočení způsobil.
2. Vypočítáme tuhost c_k využitím rovnice [6.41]
3. Spočítáme celkovou tuhost uložení nosníku pomocí vztahu [6.40]
4. Vyřešením frekvenční rovnice [6.33] spočítáme hodnotu $(\alpha.\pi)$
5. Dosazením hodnoty $(\alpha.\pi)$ do rovnice [6.19] vypočítáme vlastní frekvenci rámu brdového listu.

.Výpočet vlastních frekvencí u varianty uchycení C:

Pro zjištění vlastních frekvencí daného rámu je potřebné zjistit tuhost uložení nosníku (činku) v závislosti na zbývajících částech listu. V daném případě uložení opět jako u varianty B určíme první dvě vlastní frekvence rámu listu. V tomto případě se jedná o vlastní frekvence horního, resp. dolního činku (viz. Obr.6.20). Využijeme obdoby výpočtu

varianty B lišícího se pouze v jednotkovém zatížení listu. Zde rám zatížíme pouze spojitým obtížením dle vztahu $q_1=q_2$.

U této varianty uložení není hodnota tuhosti pružiny v místech uložení A i B totožná. Proto počítáme vlastní frekvenci zvlášť pro horní a dolní čínek. Pozn. pouze v případě uchycení listu uprostřed krajnice se velikost tuhosti pružin v místech A i B rovná a výpočet vlastních frekvencí u varianty C nám přechází na zvláštní případ výpočtu frekvencí varianty B.

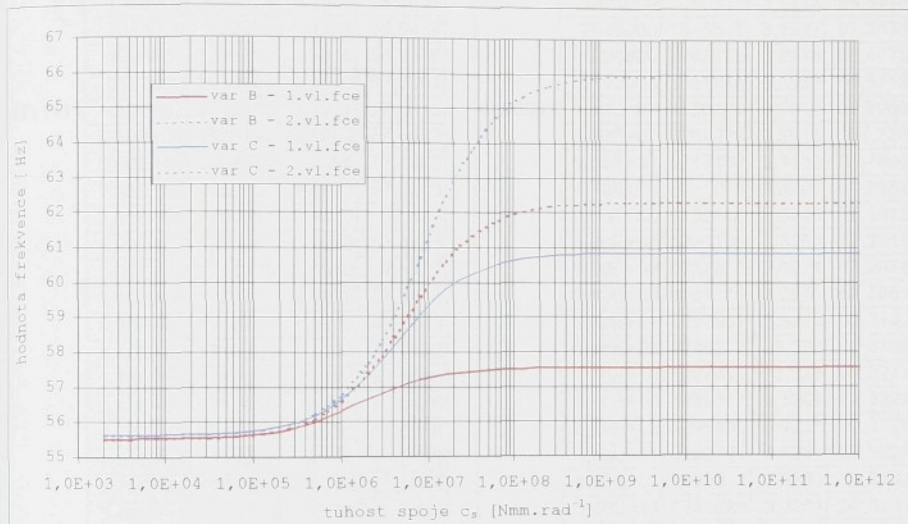
Používáme stejný algoritmus výpočtu jako u varianty B s tím rozdílem, že v tomto případě zjišťujeme tuhost pružiny působící v bodech A i B a následně počítáme vlastní frekvence příslušného činku.

Vypočítáme vlastní frekvence pro případ činku dle Tab.5.3 a to v případě, že je uchycen na zvedací mechanismus dle var. B a C ($e=150$, $f=350$). Tabulka 6.3 zobrazuje vypočtené hodnoty tuhosti c_K v bodě A i B, volené tuhosti rohového spoje c_s , celkové tuhosti c , parametru $(\alpha.\pi)$ a vlastní frekvence pro případ uložení B. Tabulka 6.4 uvádí tytéž hodnoty pro případ uložení C. V Obr. 6.21 jsou zobrazeny křivky závislosti prvních dvou vlastních frekvencí rámu listu při změně tuhosti spoje c_s . Závislosti jsou provedeny opět pro případ uložení B a C.

Vzhledem ke specifickým tvarům vlastních frekvencí a předpokladu možných vybuzečných kmitů je možné porovnávat hodnoty 2. vlastní frekvence u var. B a obou vlastních frekvencí u var. uchycení C. Je vidět, že velikost vlastních frekvencí u varianty C se budou měnit v závislosti na poloze bodu uchycení listu na krajnici. Je patrné, že 1.vl. frekvence u var. uchycení C bude vždy nižší než 2.vl. frekvence u varianty uchycení B.

Je zřejmé, že blíží-li se tuhost spojení činku a krajnice kloubovému spoji jedná se o výpočet kloubově uloženého nosníku. U obou variant uchycení listu mají obě vlastní frekvence stejnou velikost. Teprve se vzrůstem tuhosti spoje k hodnotě $1E6 \text{ Nmm.rad}^{-1}$ začíná mít tato tuhost vliv na tuhost celého rámu listu. Předpokládáme-li tuhost spoje v rozsahu hodnot $1,2E7$ až

$3E7 \text{ Nmm.rad}^{-1}$ (spoj TTP Elitex typ STANDARD, resp. DYNATEX viz. [10]) lze konstatovat, že při daných konstrukčních parametrech brdového listu se nacházíme nad imflexním bodem přechodové křivky závislosti hodnoty frekvence na tuhosti spoje. Imflexní bod se nachází v rozsahu hodnot $2E6$ až $8E6 \text{ Nmm.rad}^{-1}$ v závislosti na typu uložení a vlastní frekvenci. Bližší rozbor dynamického chování listu je proveden v další části této práce.



Obr.6.21 Hodnoty 1. a 2.vlastní frekvence rámu listu (var.C)

1. vlastní frekvence

ck	cs	c	alfa*pi	omega
1711111	2000	1998	3,1417	55,5369
	4000	3991	3,1417	55,5394
	8000	7963	3,1419	55,544
	16000	15852	3,1421	55,5535
	32000	31413	3,1427	55,5726
	64000	61693	3,1437	55,6094
	128000	119091	3,1457	55,6791
	256000	222684	3,1492	55,8041
	512000	394082	3,155	56,0102
	1024000	640624	3,1633	56,3043
	2048000	932230	3,1729	56,6476
	4096000	1206919	3,1819	56,9676
	8192000	1415456	3,1886	57,2081
	1,60E+07	1549305	3,1929	57,3615
	3,30E+07	1626193	3,1953	57,4492
	6,60E+07	1667572	3,1966	57,4963
	1,30E+08	1689061	3,1973	57,5208
	2,60E+08	1700014	3,1976	57,533
	5,20E+08	1705545	3,1978	57,5395
	1,00E+09	1708323	3,1979	57,5427
	2,10E+09	1709716	3,1979	57,5441
	4,20E+09	1710413	3,198	57,5449
	8,40E+09	1710762	3,198	57,5452
	1,70E+10	1710937	3,198	57,5456
	3,40E+10	1711024	3,198	57,5456
	6,70E+10	1711067	3,198	57,5456
	1,30E+11	1711089	3,198	57,5456
	2,70E+11	1711100	3,198	57,5456
	5,40E+11	1711106	3,198	57,5456
	1,10E+12	1711108	3,198	57,5456

2. vlastní frekvence

ck	cs	c	alfa*pi	omega
6300000	2000	1999	3,1417	55,5369
	4000	3997	3,1417	55,5394
	8000	7990	3,1419	55,544
	16000	15959	3,1422	55,5539
	32000	31838	3,1427	55,573
	64000	63356	3,1438	55,6115
	128000	125451	3,1459	55,6865
	256000	246004	3,15	55,8325
	512000	473517	3,1577	56,1054
	1024000	880830	3,1713	56,5876
	2048000	1545568	3,1927	57,3572
	4096000	2482185	3,2218	58,4075
	8192000	3561248	3,2538	59,5713
	1,60E+07	4550309	3,2817	60,5969
	3,30E+07	5284079	3,3016	61,334
	6,60E+07	5747492	3,3138	61,7896
	1,30E+08	6011076	3,3207	62,0457
	2,60E+08	6152148	3,3243	62,1815
	5,20E+08	6225196	3,3262	62,2518
	1,00E+09	6262375	3,3271	62,2874
	2,10E+09	6281131	3,3276	62,3053
	4,20E+09	6290551	3,3279	62,3143
	8,40E+09	6295272	3,328	62,3188
	1,70E+10	6297635	3,328	62,3211
	3,40E+10	6298817	3,3281	62,3222
	6,70E+10	6299409	3,3281	62,3229
	1,30E+11	6299704	3,3281	62,3229
	2,70E+11	6299852	3,3281	62,3233
	5,40E+11	6299926	3,3281	62,3233
	1,10E+12	6299963	3,3281	62,3233

Tab.6.3 Hodnoty výpočtu 1. a 2.vlastní frekvence rámu listu (var.B)



1.vlastní frekvence



2.vlastní frekvence

Obr.6.19 Tvary prvních dvou vlastních frekvencí při uchycení varianty B

1. vl. fce horní cinek

ck	cs	c	alfa*pi	omega
4702703	2000	1999	3,1417	55,642
	4000	3997	3,1417	55,6444
	8000	7986	3,1419	55,6493
	16000	15946	3,1421	55,659
	32000	31784	3,1427	55,6783
	64000	63141	3,1438	55,7165
	128000	124608	3,1459	55,7912
	256000	242784	3,1499	55,9343
	512000	461730	3,1573	56,1975
	1024000	840897	3,1699	56,6477
	2048000	1426686	3,1889	57,3295
	4096000	2189217	3,2129	58,1932
	8192000	2987625	3,237	59,0703
	1,64E+07	3653918	3,2564	59,7819
	3,28E+07	4112497	3,2695	60,2613
	6,55E+07	4387842	3,2772	60,5453
	1,31E+08	4539820	3,2814	60,7009
	2,62E+08	4619826	3,2836	60,7824
	5,24E+08	4660896	3,2847	60,8241
	1,05E+09	4681706	3,2853	60,8453
	2,10E+09	4692181	3,2856	60,8559
	4,19E+09	4697436	3,2857	60,8612
	8,39E+09	4700068	3,2858	60,8639
	1,68E+10	4701385	3,2858	60,8652
	3,36E+10	4702044	3,2858	60,8659
	6,71E+10	4702373	3,2858	60,8663
	1,34E+11	4702538	3,2858	60,8664
	2,68E+11	4702620	3,2858	60,8665
	5,37E+11	4702662	3,2858	60,8665
	1,07E+12	4702682	3,2858	60,8666

2. vl. fce dolní cinek

ck	cs	c	alfa*pi	omega
10249000	2000	2000	3,1417	55,6420
	4000	3998	3,1417	55,6444
	8000	7994	3,1419	55,6493
	16000	15975	3,1421	55,6590
	32000	31900	3,1427	55,6784
	64000	63603	3,1438	55,7170
	128000	126421	3,1459	55,7934
	256000	249761	3,1501	55,9427
	512000	487639	3,1582	56,2285
	1024000	930982	3,1729	56,7536
	2048000	1706911	3,1978	57,6500
	4096000	2926433	3,2352	59,0040
	8192000	4552849	3,2817	60,7142
	1,64E+07	6304871	3,3282	62,4461
	3,28E+07	7807014	3,3654	63,8490
	6,55E+07	8862801	3,3902	64,7935
	1,31E+08	9505545	3,4048	65,3527
	2,62E+08	9863192	3,4128	65,6589
	5,24E+08	10052000	3,4169	65,8194
	1,05E+09	10150000	3,4191	65,9016
	2,10E+09	10199000	3,4201	65,9432
	4,19E+09	10224000	3,4207	65,9641
	8,39E+09	10236000	3,4209	65,9746
	1,68E+10	10243000	3,4211	65,9799
	3,36E+10	10246000	3,4212	65,9825
	6,71E+10	10247000	3,4212	65,9838
	1,34E+11	10248000	3,4212	65,9845
	2,68E+11	10248000	3,4212	65,9848
	5,37E+11	10249000	3,4212	65,9850
	1,07E+12	10249000	3,4212	65,9851

Tab.6.4 Hodnoty výpočtu 1. a 2. vl. frekvence rámu listu
var. C (c=350mm, d=150mm)

1.vlastní frekvence



2.vlastní frekvence

Obr.6.20 Tvary prvních dvou vlastních frekvencí při uchycení
varianty C

Na Obr.6.5 jsou zobrazeny charakteristické tvary deformací rámu v horní a dolní úvrati a tvary prvních dvou vlastních frekvencí v rovině pohybu listu. Vše je provedeno pro zkoumané varianty uchycení listu na prošlupní mechanismus. Z obrázku je patrný zcela odlišný charakter deformace u varianty uchycení A a velká shoda tvaru deformací u variant uchycení B a C.

	deformace HU	deformace DU	1.vlastní fce.	2.vlastní fce.
v a r A				
v a r B				
v a r C				

Obr.6.21 Charakteristické tvary deformací a vlastních frekvencí rámu listu

6.4 Srovnání výsledků analytických výpočtů a výpočtů pomocí metody konečných prvků

V předchozích oddílech této kapitoly jsme odvodili analytický výpočet deformací činků a vlastních frekvencí rámu listu. Tyto výpočty provedeme za stejných podmínek i pomocí metody konečných prvků (MKP) využitím komerčního programu řešícího danou problematiku. Srovnáním výpočtů zjistíme přesnost analyticky provedených výpočtů včetně vhodnosti uvažovaných předpokladů a zjednodušení při těchto výpočtech. Těchto poznatků využijeme při volbě vhodného software pro řešení další části této práce.

Při hledání vhodného programu pro modelování uvedeného problému se projevil veliký rozdíl ve snadnosti ovládání jednotlivých programů a možnosti řešit vhodným způsobem takto postavenou úlohu. Nejsnazší řešení daného problému nabízí programový produkt Pro/MECHANICA. Ten má velkou výhodu díky svému typu elementu nahrazujícího chování lineární pružiny. U tohoto prvku je možné definovat hodnotu tuhosti ve třech prostorových osách (tažná, resp. tlačná pružina) i tuhost pro přenos kroutícího momentu opět ve třech osách (torzní pružina). Tento prvek umožňuje spojit touto vazbou jak libovolný bod součásti k rámu, tak i dva body mezi sebou. Velká výhoda. Podobný prvek existuje i v dalších programech, avšak ty nenabízejí tak uživatelsky příjemné prostředí jako Pro/MECHANICA.

Důležitou informací pro porovnání výsledků a věrohodnosti dosažených výsledků analytických výpočtů a výpočtů pomocí MKP je způsob sestavení modelů a podmínky při výpočtech. Tyto informace jsou shrnuty v následujících bodech:

Způsob sestavení modelů a podmínky při výpočtu:

- analytický model: výpočet proveden ve shodě s teoretickými předpoklady dle předchozích kapitol. Při výpočtu byl použit program Famulus v.3.1 a Excel v.97, oba programy pro operační systém DOS, resp. Windows.
- Pro/MECHANICA: model sestavený ze dvou typů prvků (beam a spring). Čínek nahrazen 16 elementy typu nosník (beam), krajnice nahrazena 10 elementy typu nosník

(beam). Simulace tuhosti spoje, tzn. zajištění přesně definovaného silového a momentového přenosu mezi krajnicí a činkem je zajištěn díky elementu pružina (spring). Zatižení horního a dolního činku je přiřazeno přímo na geometrii popisující a definující tvar činku (charakter spojitého obtižení - zatižení na jednotku délky).

Tento software jako jediný využívá při řešení úloh MKP p-metody. To umožňuje sestavit model s nižším počtem elementů při zajištění stejné přesnosti výpočtu jako u zbývajících programů.

Využita verze programu 18 a 20 pro operační systém UNIX.

Věrnost výpočtů MKP a analytického řešení:

Pro toto srovnání využijeme program Pro/MECHANICA. Tento program nám umožní jednoduchým a přesným způsobem modelovat všechny námi požadované analýzy rámu brdového listu. Výsledky srovnání analytických výpočtů s výpočty pomocí MKP jsou shrnuty v Tab.6.5.

Počítali jsme více variant, které nám ukázaly jednoznačnost analytického řešení i výsledků konečněprvkové analýzy v celém uvažovaném rozsahu parametrů. Odchylka analytických výsledků a výsledků MKP se pohybuje řádově v desetinách procent. Maximální odchylka se blíží hodnotě 2,9%. Zároveň se ukázala vhodnost analytického řešení vzhledem k rychlosti dosažení výsledků a nízkým nárokům na výkon počítače. Analytický výpočet trval na počítači s procesorem Intel Pentium a taktovací frekvencí 90 Mhz řádově sekundy. Výpočet pomocí MKP probíhal na pracovní stanici SGI s procesorem R5000 a taktovací frekvencí 100 MHz přibližně 1 až 1,5 minuty. Oproti tomu tvorba programu pro analytický výpočet byla časově asi 5-krát náročnější než tvorba modelu v preprocesoru programu Pro/MECHANICA, ale při změně délkových rozměrů rámu listu je analytický model univerzálnější - mizí nutnost tvorby nového výpočtového modelu na rozdíl od preprocesoru Pro/MECHANICA.

Výše uvedený rozbor ukázal vysokou shodu výsledků analytického řešení a řešení pomocí MKP při použití programu Pro/MECHANICA.

podmínky	tuhost	def. Hč	□	def. Dč	□	1.vl.fce	□	2.vl.fce	□	typ
výpočtu	spoje	[mm]	[%]	[mm]	[%]	[Hz]	[%]	[Hz]	[%]	výpočtu
var.B Ič=128620 mm ⁴	cs=1E3	4,27	0,000	2,599	0,000	39,345	0,000	39,345	0,000	Pro/Mech
		4,283	0,304	2,591	-0,308	39,35	0,013	39,39	0,114	analytika
	cs=1E7	3,323	0,000	1,913	0,000	41,44	0,000	45,21	0,000	Pro/Mech
		3,339	0,481	1,888	-1,307	42,15	1,713	45,19	-0,044	analytik
	cs=1E10	2,99	0,000	1,648	0,000	41,72	0,000	48,17	0,000	Pro/Mech
3,009		0,635	1,608	-2,427	42,67	2,277	48,07	-0,208	analytika	
var.B Ič=264040 mm ⁴	cs=1E3	2,085	0,000	1,278	0,000	56,3	0,000	56,3	0,000	Pro/Mech
		2,098	0,624	1,262	-1,252	56,13	-0,302	56,26	-0,071	analytika
	cs=1E7	1,82	0,000	1,076	0,000	58,05	0,000	60,72	0,000	Pro/Mech
		1,834	0,769	1,063	-1,208	58,15	0,172	60,53	-0,313	analytika
	cs=1E10	1,702	0,000	0,9822	0,000	58,34	0,000	63,18	0,000	Pro/Mech
1,718		0,940	0,963	-1,955	58,52	0,309	62,92	-0,412	analytika	
var.B Ič=497000 mm ⁴	cs=1E3	1,107	0,000	0,6763	0,000	77,25	0,000	77,25	0,000	Pro/Mech
		1,12	1,174	0,671	-0,784	76,61	-0,828	76,91	-0,440	analytika
	cs=1E7	1,027	0,000	0,6186	0,000	78,64	0,000	80,58	0,000	Pro/Mech
		1,039	1,168	0,609	-1,552	78,12	-0,661	80,01	-0,707	analytika
	cs=1E10	0,985	0,000	0,5859	0,000	78,9	0,000	82,54	0,000	Pro/Mech
0,99		0,508	0,574	-2,031	78,38	-0,659	81,87	-0,812	analytika	
var.C Ič=264040 mm ⁴ f=187,5 mm	cs=1E3	2,085	0,000	1,409	0,000	56,300	0,000	56,3	0,000	Pro/Mech
		2,1009	0,763	1,417	0,568	56,180	-0,213	56,21	-0,160	analytika
	cs=1E7	1,753	0,000	1,238	0,000	60,220	0,000	61,4	0,000	Pro/Mech
		1,772	1,084	1,246	0,646	60,300	0,133	61,57	0,277	analytika
	cs=1E10	1,555	0,000	1,178	0,000	62,050	0,000	65,01	0,000	Pro/Mech
1,582		1,736	1,185	0,594	62,390	0,548	65,76	1,154	analytika	
var.A Ič=264040 mm ⁴ b=190,5 mm ⁴	cs=1E3	2,071	0,000	-0,164	0,000					Pro/Mech
		2,0855	0,700	-0,169	2,861					analytika
	cs=1E7	1,8764	0,000	-0,196	0,000					Pro/Mech
		1,8835	0,378	-0,200	2,302					analytika
	cs=1E10	1,805	0,000	-0,232	0,000					Pro/Mech
1,8126		0,421	-0,238	2,808					analytika	
Společné parametry při výpočtech:						I _k =7500mm ⁴ , q _{dc} =0,185N/mm, q _{pc} =0,125N/mm				
						L _{čínku} =2000mm, L _{krajnice} =500mm				

Tab.6.5 Srovnání výpočtu MKP a analytického řešení

6.5 Měření deformací a vlastních frekvencí brdového listu

K ověření výsledků vyplývajících z matematických vztahů je nutné porovnat tyto hodnoty s výsledky měření na skutečné součásti. K danému měření využijeme brdové listy zapůjčené výrobcem brdových listů TTP Elitex a.s. Je nutné upravit podmínky měření, tak abychom zajistili věrnost výsledků vzhledem k předpokladům výpočtu a uchycení na proslupní mechanismus.

Pro měření byly použity 3 typy brdových listů:

- brdový list se spojem STANDARD a krajnicí s profilem č.1 dle Obr. 2.10.
- brdový list se spojem DYNATEX a krajnicí s profilem č.15 dle Obr. 2.10.
- brdový list se spojem DYNATEX a vyztuženou ocelovou krajnicí s profilem odpovídající tuhosti hliníkové krajnice $I=38\,570\text{ mm}^4$.

Ve všech případech bylo použito činku č. 12 dle Obr.2.7 s nosným drátem $16 \times 2,1$ z nerezové oceli. Parametry měřených listů jsou shrnuty v Tab. 6.6.

			spoj STANDARD	spoj DYNATEX	spoj DYNATEX upravená krajnice
2L	délka činku	mm	2112	2036	2048
c	délka krajnice	mm	425	425	423
$I_{H\check{C}}$	kvadr. moment v ohybu horního činku	mm^4	596600		
$I_{D\check{C}}$	kvadr. moment v ohybu dolního činku	mm^4	621200		
I_K	kvadr. moment v ohybu krajnice	mm^4	8703	2349	13040
$E_{\text{činku}}$	Youngův modul činku	Mpa	71000		
E_{krajnice}	Youngův modul krajnice	Mpa	71000		210000
F	zatěžující síla	N	223		
Cs	tuhost spoje	$\frac{\text{N}\cdot\text{mm}}{\text{rad}}$	1,2E7	3,0E7	

Tab. 6.6 Parametry měřených listů

Při měření deformací jsme využili závaží zavěšeného ve středu horního činku. Deformace byla měřena číselnikovým úchylkoměrem umístěným opět ve středu horního činku.

Při měření vlastních frekvencí jsme využili přístrojové vybavení měřicí laboratoře KTS. Použili jsme tenzometrický snímač zrychlení BWH 301 s parametry:

pracovní frekvenční pásmo 0-350 Hz

rezonanční kmitočet 600Hz

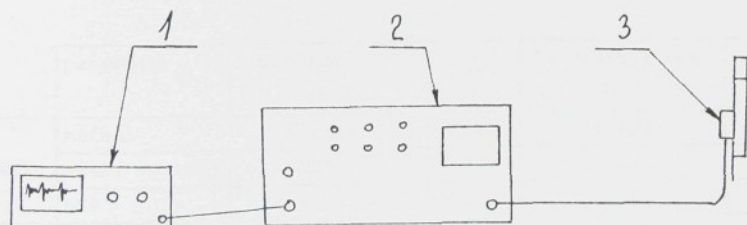
max. zrychlení 1000ms^{-2}

hmotnost 40g

Tento snímač jsme umístili na čínek brzdového listu pomocí příločky a šroubů. Výhody použitého snímače: nízká hmotnost, optimální pracovní kmitočtový rozsah, dobrá manipulace při upevnění, téměř lineární charakteristika.

Dále využijeme tenzometrickou aparaturu UM 131. Jedná se o tříkanálový střídavý měřicí můstek o nosné frekvenci 5000Hz. Pracovní frekvenční rozsah 1-1200 Hz.

Pro záznam a zobrazení výsledků měření využijeme paměťový osciloskop TEKTRONIX 2230. Schematické zobrazení měření je na Obr.6.22. Fotografie měření je na Obr. 6.23.



Obr.6.22 Schematické znázornění zapojení přístrojů při měření zrychlení činku (1. osciloskop TEKTRONIX, 2. tenzometrická aparatura UM 131, 3.snímač zrychlení BWH 301)



Obr. 6.23 Měření vlastních frekvencí brdového listu

Takto zjištěná data jsme následně porovnali s výpočty pomocí analytických modelů a pomocí MKP. Změřené a vypočítané hodnoty deformací a vlastních frekvencí jsou shrnuty v Tab.6.7. Provedená měření ověřila vysokou shodu výsledků výpočtů a měření.

	parametr	deformace HČ [mm]	Δ [%]	1. vlastní fce. [Hz]	Δ [%]
STANDARD	měření	0,986	0	62,90	0
	anal. výpočet	0,968	-1,8	61,93	-1,5
	MKP	0,972	-1,4	62,50	-0,6
DYNATEX	měření	0,892	0	66,50	0
	anal. výpočet	0,903	1,2	67,12	0,9
	MKP	0,910	0,8	66,96	0,7
DYNATEX s úpravou krajnice	měření	0,756	0	73,05	0
	anal. výpočet	0,776	2,5	72,60	-0,6
	MKP	0,783	3,5	71,80	-1,7

Tab. 6.7 Srovnání výpočtů a měření

7. Vliv změny parametrů konstrukce na chování rámu listu

V předchozích kapitolách jsme odvodili výpočty deformací a vlastních frekvencí pro jednotlivé uchycení rámu listů na zdvihový mechanismus. Algoritmy výpočtů a odvozené vztahy využijeme při rozboru konstrukce rámu. Základním závěrem tohoto rozboru budou doporučení, jak jednoduchým způsobem zvýšit tuhost rámu listu, aniž bychom radikálně zvyšovali váhu listu. Dalším výsledkem budou zcela obecné závislosti v konstrukci rámu listu vyplývající z rozboru matematických modelů.

Použijeme označení jednotlivých variant uchycení listu na prošlupní mechanismus dle Kap. 6.3.1. Pro zatížení horního a dolního činku v horní a dolní úvratí využijeme opět spojitého obtížení zjištěného v Kap. 5.5. shrnutého v Tab.5.6. Pro referenční hodnoty nám bude sloužit rám listu s parametry shrnutými v Tab.7.1. Pro zjišťování vlivu daného parametru budou ostatní hodnoty potřebné pro výpočet neměnné a uvažovány dle této tabulky.

parametr		hodnota
délka činku	L_c	2000 mm
délka krajnice	L_k	500 mm
kvadr.modul průřezu v ohybu činku	I_c	264000mm^4
kvadr.modul průřezu v ohybu krajnice	I_k	7500mm^4
Youngův modul pružnosti v tahu	E	70000 MPa
jednotková hmotnost činku	M_c	0,89 kg/m
jednotková hmotnost krajnice	M_k	0,5 kg/m
Vzdálenost uchycení na dolním činku (var.A)	b	$0,095 \cdot L_c$
Vzdálenost od horního činku při uchycení na krajnici (var.C)	f	$0,6 \cdot e$ $3 \cdot L_k / 8$

Tab.7.1 Referenční hodnoty pro výpočty

Jednotlivé parametry konstrukce můžeme rozdělit u všech tří variant uchycení do dvou hlavních oddílů:

- a) hlavní rozměrové parametry - jedná se o hlavní délkové rozměry u kterých je předpoklad, že radikální změna hodnot je nemožná vzhledem k použité technologii tkaní a předpokladům bezchybné tvorby látky.

- *délka činku* - tato hodnota je závislá na šíři tkaného zboží a typu tkacího stroje.
- *délka krajnice* - tento parametr je odvislý od celkové konstrukce listu (počtu použitých listů, délce a druhu

uchycení nítěnek, volbě použitých profilů činku, typu tkaného materiálu atd.)

- b) konstrukční proměnné - jedná se o parametry konstrukce rámu listu u kterých je možná variace hodnot bez omezení diktovaných technologií procesu tkaní.

- Ohybová tuhost profilu činku ($E_c I_c$)
- Ohybová tuhost profilu krajnice ($E_k I_k$)
- místo uchycení na zdvihový mechanismus (nezjišťujeme u var.B)

Zvláštním parametrem, který budeme měnit v celém rozsahu možných hodnot u každého proměnného parametru je velikost tuhosti spoje. Právě informace o chování rámu listu při změně tohoto parametru v závislosti na změně dalšího parametru nám zodpoví otázku, kdy je nutné počítat rám listu s uvažováním tuhosti spoje a kdy je možné tuhost spoje při výpočtu zanedbat. Je potřebné uvést předpoklady a omezení za jakých bude rozbor probíhat:

ad a) *vliv změny délky činku* - protože je spojitě obtíženo definováno na jednotku délky předpokládáme měnící se hodnotu absolutního zatížení listu v závislosti na délce činku.

vliv změny délky krajnice - hmotnost krajnice se odvíjí od délky krajnice a jednotkové hmotnosti krajnice

ad b) *změna ohybové tuhosti profilu činku* - předpokládáme pouze změnu kvadratického průřezového modulu v ohybu činku I_c (hodnota $E_c = \text{konst.} = 70000 \text{ MPa}$) přičemž plocha profilu činku zůstává konstantní. Tento předpoklad je důležitý s ohledem na výpočet vlastních frekvencí rámu listu a stanovení síly v oddíle 5.5. V tomto předpokladu se jedná o určité zjednodušení, ve skutečnosti se při snižující se hodnotě kvadratického průřezového modulu v ohybu snižuje i jednotková hmotnost činku. Ve svém důsledku tento předpoklad znamená, že používáme profilů činku s různou hodnotou I_c a konstantní hodnotou jednotkové hmotnosti.

změna ohybové tuhosti profilu krajnice - i zde předpokládáme pouze změnu parametru I_k (hodnota $E_s = \text{konst.} = 70000 \text{MPa}$) tzn., silové zatížení od dynamické síly krajnice je pro výpočet var.A konstantní.

Intervaly změny zvolených parametrů konstrukce vycházejí z konstrukčních a technologických hledisek. Bereme do úvahy v současné době používané profily činku a krajnice. Porovnáváné délky činku mají maximální délku v okolí hodnoty, kdy se začínají používat středové spojnice. U ohybové tuhosti profilu činku vycházíme z hodnot profilů uvedených v úvodu této práce. Pouze u hodnot I_k jsme z důvodu vysoké důležitosti zvolili horní hranici intervalu několikanásobně vyšší než se v současnosti používá při konstrukci brdových listů. Pro parametry uchycení listu na prošlupní mechanismus jsme volili takové hodnoty, aby daný list splňoval podmínku použitelnosti na současných tkacích strojích. Přesné hodnoty intervalů jsou uvedeny v Tab.7.2 a v legendě Tab.7.3 a 7.4.

Z hlediska přehledné prezentace výsledků byly vytvořeny trojrozměrné grafy vykreslující vliv tuhosti spoje a intervalu změny daného parametru na zjišťovanou hodnotu deformace, resp. vlastní frekvence. Příklady grafů pro deformace činků v dolní úvrati a vlastní frekvence jsou na Obr.7.1 až 7.4. Vypočtené hodnoty pro dané grafy shrnují tabulky 7.5 až 7.8. Ostatní důležité grafy jsou zařazeny do přílohy 6. Dále byly nejdůležitější hodnoty informující o strmosti křivek a vlivu všech uvedených parametrů na chování rámu listu zahrnuty do několika přehledných tabulek, které jsou s doprovodným textem uvedeny v další části této kapitoly a v kapitolách uvádějících vyhodnocení a praktické použití následujících zjištění. Tyto tabulky nám přehledně zobrazují hodnoty všech posuzovaných hodnot deformací a vlastních frekvencí u dolní a horní hranice intervalu používáme-li spoje blížícího se svou tuhostí kloubu a spoje s tuhostí přibližujícího se rohovému vetknutí. Vyjádřeno jiným způsobem, přenáší-li nám spoj nulově nebo stoprocentně moment mezi krajnicí a činkem. Z daných hodnot je patrné, který

zkoumaný parametr má na deformace , resp. vlastní frekvence nejvyšší vliv a který parametr má vliv neznatelný.

Pro názornost byly pro případ uchycení var.C a tuhost spoje $c_s=1\text{El1 Nmm.rad}^{-1}$ vytvořeny grafy citlivostních funkcí proměnných parametrů (ohybové tuhosti profilu činku a krajnice, délky činku a krajnice, vlivu uchycení). Analýza citlivosti parametrů byla zpracována pro vliv proměnných na maximální průhyb činku (Obr. 7.5), maximální rozdíl průhybu činků (Obr. 7.6) a na 2.vl. frekvenci (Obr. 7.7). Další kapitola nám přiblíží rozbor závislostí.

parametr		min. hodnota	max. hodnota
délka činku	L_c	1200 mm	2400 mm
délka krajnice	L_k	300 mm	600 mm
kvadr.modul průřezu v ohybu činku	I_c	150000mm^4	$900\,000\text{mm}^4$
kvadr.modul průřezu v ohybu krajnice	I_k	1000mm^4	37000mm^4
vzdálenost uchycení od krajnice	b	0mm	300mm
vzdálenost uchycení od horního činku	e	100mm	400mm

Tab.7.2 Rozsah změny posuzovaných parametrů

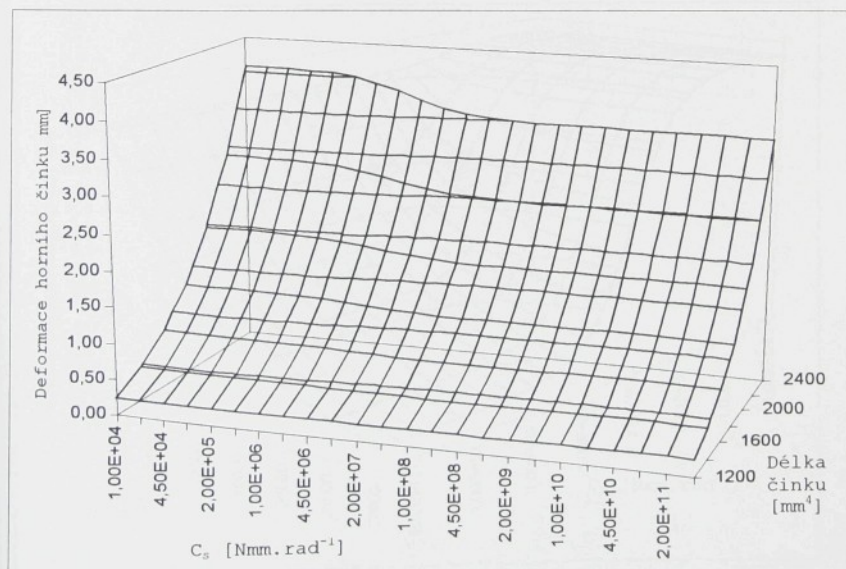
7.1 Analýza konstrukce listu

Po analýze grafů shrnutých v příloze je možné definovat následující obecné závislosti v konstrukci rámu brdového listu:

hodnocený konstrukční parametr	č. grafu v příloze
<u>vliv délky činku:</u>	
• <i>průhyb činků:</i> průhyb stoupá se třetí mocninou délky činku.	P.6.12
• <i>vlastní frekvence:</i> Se stoupající délkou činku podstatně klesá absolutní hodnota vlastních frekvencí.	P.6.19 P.6.20
• <i>tuhost spoje:</i> vliv tuhosti spoje na rozdíl deformací se projeví až u rámu s délkou převyšující hodnotu L_{MEZ} . Ta je závislá na celkové konstrukci rámu listu. Při hodnotě nižší než L_{MEZ} se hodnota rozdílu horního a dolního činku v závislosti na tuhosti spoje mění velice neznatelně. Pozn.: s tuhostí spoje a krajnice vždy výrazně klesá absolutní průhyb činků. Příklady hodnot L_{MEZ} pro variantu uchycení B ($I_k=7500\text{mm}^4$): $I_c=264000\text{mm}^4$ $L_{MEZ}=1500\text{mm}$ $I_c=600000\text{mm}^4$ $L_{MEZ}=2050\text{mm}$	P.6.11 P.6.12

délka činku	1200 [mm]	1400 [mm]	1600 [mm]	1800 [mm]	2000 [mm]	2200 [mm]	2400 [mm]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	Deformace horního činku [mm]						
1,00E+04	0,2550	0,4725	0,8060	1,2909	1,9675	2,8805	4,0794
2,00E+04	0,2550	0,4723	0,8057	1,2904	1,9667	2,8791	4,0774
4,50E+04	0,2548	0,4720	0,8050	1,2892	1,9646	2,8758	4,0722
1,00E+05	0,2545	0,4712	0,8036	1,2866	1,9602	2,8687	4,0612
2,00E+05	0,2539	0,4699	0,8011	1,2821	1,9526	2,8565	4,0424
4,50E+05	0,2526	0,4671	0,7956	1,2723	1,9359	2,8297	4,0012
1,00E+06	0,2503	0,4623	0,7862	1,2553	1,9074	2,7840	3,9309
2,00E+06	0,2475	0,4563	0,7745	1,2345	1,8724	2,7280	3,8451
4,50E+06	0,2437	0,4481	0,7587	1,2063	1,8253	2,6533	3,7312
1,00E+07	0,2402	0,4407	0,7445	1,1813	1,7837	2,5876	3,6318
2,00E+07	0,2380	0,4359	0,7355	1,1654	1,7575	2,5466	3,5702
4,50E+07	0,2364	0,4325	0,7290	1,1541	1,7390	2,5177	3,5269
1,00E+08	0,2355	0,4308	0,7257	1,1484	1,7296	2,5031	3,5051
2,00E+08	0,2352	0,4300	0,7243	1,1459	1,7255	2,4967	3,4956
4,50E+08	0,2350	0,4296	0,7235	1,1444	1,7231	2,4930	3,4901
1,00E+09	0,2349	0,4294	0,7231	1,1438	1,7221	2,4914	3,4877
2,00E+09	0,2348	0,4293	0,7230	1,1435	1,7217	2,4907	3,4867
4,50E+09	0,2348	0,4293	0,7229	1,1434	1,7214	2,4903	3,4861
1,00E+10	0,2348	0,4292	0,7228	1,1433	1,7213	2,4902	3,4859
2,00E+10	0,2348	0,4292	0,7228	1,1433	1,7213	2,4901	3,4858
4,50E+10	0,2348	0,4292	0,7228	1,1433	1,7212	2,4901	3,4857
1,00E+11	0,2348	0,4292	0,7228	1,1433	1,7212	2,4901	3,4857
2,00E+11	0,2348	0,4292	0,7228	1,1433	1,7212	2,4900	3,4857
4,50E+11	0,2348	0,4292	0,7228	1,1433	1,7212	2,4900	3,4857

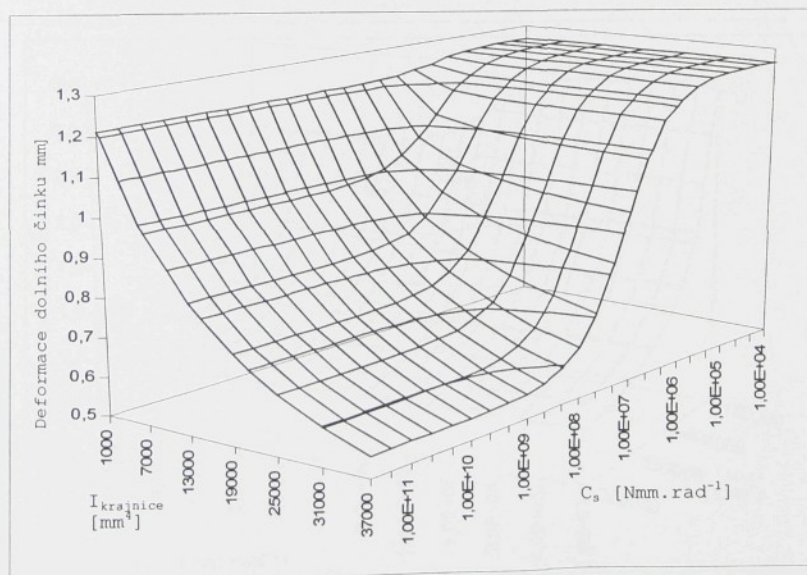
Tab.7.5 Deformace horního činku při změně délky činku (var.A)



Obr. 7.1 Deformace horního činku při změně délky činku (var.A)

I krajnice	1000 [mm ⁴]	7000 [mm ⁴]	13000 [mm ⁴]	19000 [mm ⁴]	25000 [mm ⁴]	31000 [mm ⁴]	37000 [mm ⁴]
C_s [Nmm.rad ⁻¹]	Deformace dolního činku [mm]						
1,00E+04	1,26433	1,26433	1,26433	1,26433	1,26433	1,26433	1,26433
2,00E+04	1,26379	1,26378	1,26378	1,26378	1,26378	1,26378	1,26378
4,50E+04	1,26248	1,26243	1,26242	1,26242	1,26242	1,26242	1,26242
1,00E+05	1,25977	1,25947	1,25945	1,25945	1,25944	1,25944	1,25944
2,00E+05	1,25543	1,25422	1,25413	1,25410	1,25409	1,25408	1,25407
4,50E+05	1,24729	1,24173	1,24129	1,24114	1,24106	1,24101	1,24098
1,00E+06	1,23699	1,21744	1,21525	1,21447	1,21408	1,21386	1,21369
2,00E+06	1,22845	1,18254	1,17486	1,17193	1,17042	1,16951	1,16891
4,50E+06	1,22112	1,12746	1,10229	1,09123	1,08517	1,08141	1,07887
1,00E+07	1,21692	1,07192	1,01554	0,98654	0,96924	0,95789	0,94995
2,00E+07	1,21496	1,03442	0,94744	0,89737	0,86530	0,84324	0,82727
4,50E+07	1,21381	1,00682	0,89146	0,81898	0,76975	0,73443	0,70801
1,00E+08	1,21328	0,99255	0,86030	0,77323	0,71209	0,66713	0,63285
2,00E+08	1,21307	0,98626	0,84606	0,75176	0,68457	0,63456	0,59609
4,50E+08	1,21294	0,98264	0,83772	0,73907	0,66810	0,61493	0,57380
1,00E+09	1,21289	0,98102	0,83395	0,73328	0,66057	0,60591	0,56354
2,00E+09	1,21287	0,98036	0,83239	0,73085	0,65743	0,60215	0,55925
4,50E+09	1,21286	0,97998	0,83152	0,72953	0,65567	0,60005	0,55684
1,00E+10	1,21285	0,97982	0,83113	0,72893	0,65490	0,59911	0,55578
2,00E+10	1,21283	0,97975	0,83097	0,72869	0,65458	0,59873	0,55535
4,50E+10	1,21285	0,97972	0,83089	0,72855	0,65440	0,59852	0,55510
1,00E+11	1,21285	0,97970	0,83085	0,72849	0,65432	0,59843	0,55500
2,00E+11	1,21281	0,97969	0,83083	0,72847	0,65429	0,59839	0,55495
4,50E+11	1,21285	0,97969	0,83082	0,72846	0,65427	0,59837	0,55493

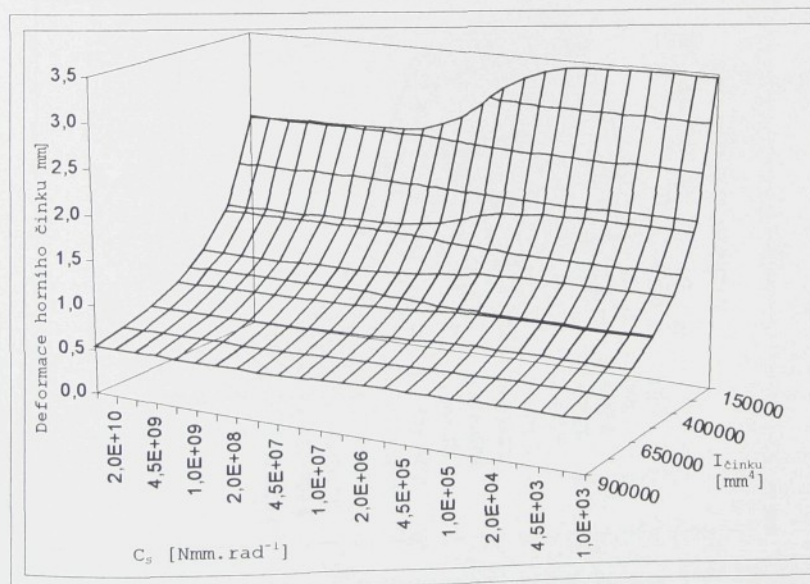
Tab.7.6 Deformace dolního činku při změně $I_{krajnice}$ (var.B)



Obr.7.2 Deformace dolního činku při změně $I_{krajnice}$ (var.B)

$I_{\text{činku}}$ [mm ⁴]	150000	275000	400000	525000	650000	775000	900000
C_s [Nmm.rad ⁻¹]	Deformace horního činku [mm]						
1,0E+03	3,4640	1,8895	1,2990	0,9897	0,7994	0,6705	0,5773
2,0E+03	3,4637	1,8894	1,2990	0,9897	0,7994	0,6704	0,5773
4,5E+03	3,4631	1,8892	1,2989	0,9897	0,7993	0,6704	0,5773
1,0E+04	3,4616	1,8888	1,2987	0,9895	0,7993	0,6704	0,5773
2,0E+04	3,4590	1,8880	1,2983	0,9893	0,7991	0,6703	0,5772
4,5E+04	3,4525	1,8861	1,2974	0,9888	0,7988	0,6700	0,5770
1,0E+05	3,4386	1,8819	1,2956	0,9876	0,7980	0,6695	0,5766
2,0E+05	3,4142	1,8746	1,2919	0,9856	0,7967	0,6686	0,5759
4,5E+05	3,3585	1,8576	1,2838	0,9809	0,7936	0,6664	0,5743
1,0E+06	3,2572	1,8258	1,2685	0,9719	0,7877	0,6622	0,5712
2,0E+06	3,1238	1,7823	1,2472	0,9593	0,7794	0,6563	0,5668
4,5E+06	2,9343	1,7169	1,2145	0,9397	0,7663	0,6470	0,5598
1,0E+07	2,7629	1,6540	1,1821	0,9200	0,7531	0,6375	0,5527
2,0E+07	2,6564	1,6129	1,1605	0,9067	0,7441	0,6311	0,5478
4,5E+07	2,5821	1,5834	1,1448	0,8970	0,7375	0,6263	0,5442
1,0E+08	2,5450	1,5684	1,1367	0,8920	0,7341	0,6238	0,5423
2,0E+08	2,5289	1,5619	1,1332	0,8898	0,7326	0,6227	0,5415
4,5E+08	2,5197	1,5581	1,1312	0,8885	0,7318	0,6221	0,5410
1,0E+09	2,5156	1,5564	1,1303	0,8880	0,7314	0,6218	0,5408
2,0E+09	2,5140	1,5557	1,1299	0,8877	0,7312	0,6217	0,5407
4,5E+09	2,5130	1,5554	1,1297	0,8876	0,7311	0,6216	0,5407
1,0E+10	2,5126	1,5552	1,1296	0,8875	0,7311	0,6216	0,5407
2,0E+10	2,5124	1,5551	1,1296	0,8875	0,7311	0,6216	0,5406
4,5E+10	2,5123	1,5551	1,1296	0,8875	0,7311	0,6216	0,5406

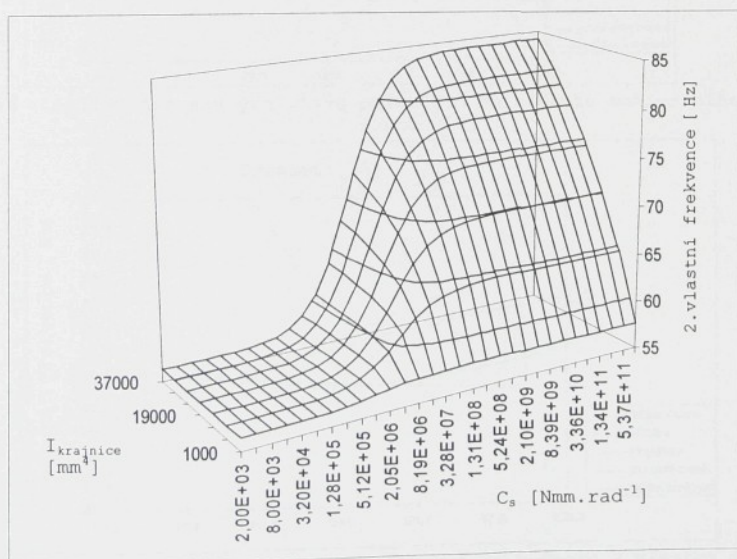
Tab.7.7 Deformace horního činku při změně $I_{\text{činku}}$ (var.C)



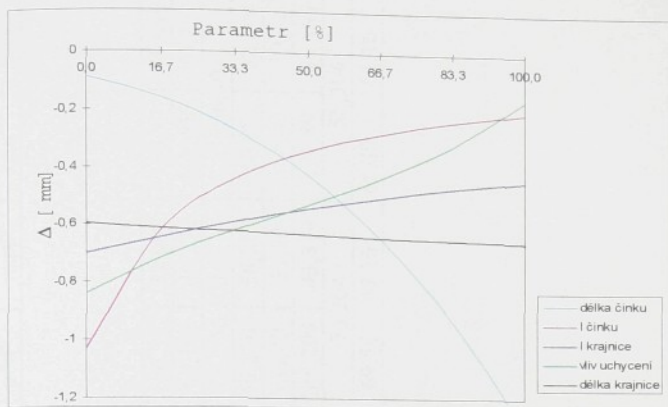
Obr.7.3 Deformace horního činku při změně $I_{\text{činku}}$ (var.C)

I_{krajnice}	1000 [mm ⁴]	7000 [mm ⁴]	13000 [mm ⁴]	19000 [mm ⁴]	25000 [mm ⁴]	31000 [mm ⁴]	37000 [mm ⁴]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	2.vlastní frekvence [Hz]						
1,60E+04	56,322	56,322	56,322	56,322	56,322	56,322	56,322
3,20E+04	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399
6,40E+04	56,3757	56,3793	56,3793	56,3793	56,3793	56,3793	56,3793
1,28E+05	56,4439	56,4583	56,4583	56,4583	56,4583	56,4583	56,4583
2,56E+05	56,5588	56,6055	56,6091	56,6127	56,6127	56,6127	56,6127
5,12E+05	56,7314	56,8898	56,9042	56,9114	56,915	56,9186	56,9186
1,02E+06	56,9547	57,3989	57,4569	57,4822	57,4967	57,5039	57,5076
2,05E+06	57,182	58,2343	58,4313	58,5153	58,5629	58,5921	58,614
4,10E+06	57,3664	59,4287	59,9824	60,2416	60,39	60,4903	60,5572
8,19E+06	57,4894	60,8326	62,0946	62,7626	63,1758	63,4571	63,6589
1,64E+07	57,5655	62,1435	64,4272	65,8072	66,7366	67,4016	67,9045
3,28E+07	57,6054	63,134	66,4832	68,7574	70,403	71,659	72,645
6,55E+07	57,6272	63,7656	67,9636	71,0538	73,4329	75,3321	76,8823
1,31E+08	57,638	64,1285	68,8763	72,5555	75,5022	77,9329	79,9702
2,62E+08	57,6453	64,3238	69,3926	73,4288	76,7441	79,5266	81,8997
5,24E+08	57,6453	64,4234	69,6635	73,9044	77,4277	80,4151	82,9927
1,05E+09	57,6489	64,4733	69,8071	74,151	77,7854	80,887	83,5725
2,10E+09	57,6489	64,5001	69,8789	74,2744	77,9709	81,132	83,874
4,19E+09	57,6489	64,5155	69,9149	74,3403	78,0637	81,2525	84,0272
8,39E+09	57,6489	64,5193	69,9308	74,3733	78,1101	81,3171	84,1061
1,68E+10	57,6489	64,5231	69,9388	74,3856	78,1355	81,3473	84,1455
3,36E+10	57,6489	64,5231	69,9468	74,3939	78,1439	81,3645	84,163
6,71E+10	57,6489	64,527	69,9468	74,398	78,1524	81,3731	84,1718
1,34E+11	57,6489	64,527	69,9468	74,4021	78,1524	81,3731	84,1806

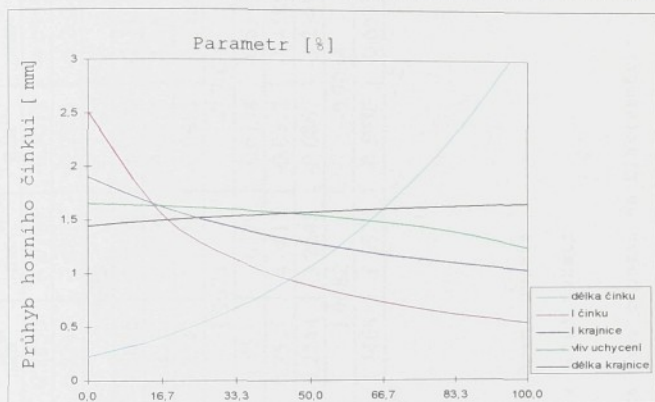
Tab.7.8 2.vlastní frekvence při změně I_{krajnice} (var.C)



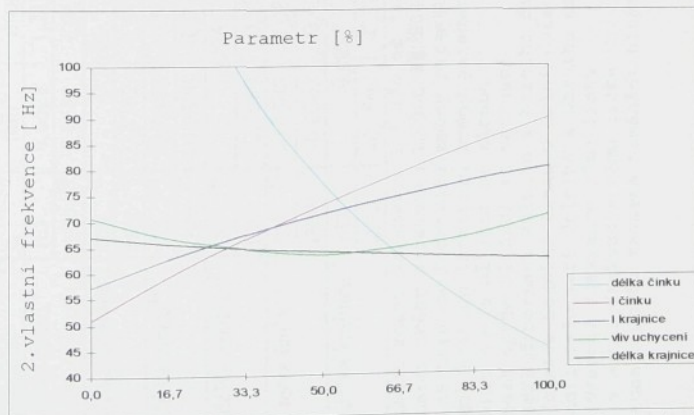
Obr.7.4 2.vlastní frekvence při změně I_{krajnice} (var.C)



Obr.7.5 Citlivostní analýza vlivu parametrů na maximální rozdíl průhybů



Obr.7.6 Citlivostní analýza vlivu parametrů na hodnotu maximálního průhybu činků



Obr.7.7 Citlivostní analýza vlivu parametrů na hodnotu 2.vlastní frekvence

	parametr	c _s	HU delta ^{7) 12)}		DU def Hc ⁸⁾		DU delta ^{9) 12)}		1. vl.fce ¹⁰⁾		2. vl.fce ¹¹⁾	
			min ³⁾	max ⁴⁾	min ³⁾	max ⁴⁾	min ³⁾	max ⁴⁾	min ³⁾	max ⁴⁾	min ³⁾	max ⁴⁾
Var A	délka činku ¹⁾	IE3 ⁵⁾	0,0621	1,2127	0,2550	4,0794	-0,3073	-4,6959				
		IE10 ⁶⁾	0,0581	1,0679	0,2348	3,4837	-0,2901	-4,2024				
	délka krajnice ²⁾	IE3 ⁵⁾	0,5664		1,9675		-2,290					
Var B		IE10 ⁶⁾	0,4762	0,5175	1,6026	1,7558	-1,9700	-2,1166				
	délka činku ¹⁾	IE3 ⁵⁾	-0,0548	-0,8762	0,2550	4,0796	-0,0911	-1,4579	156,39	39,099	156,39	39,099
		IE10 ⁶⁾	-0,0520	-0,7925	0,2243	3,2329	-0,0865	-1,3186	160,106	40,272	168,406	44,707
Var C	délka krajnice ²⁾	IE3 ⁵⁾	-0,4226		1,9675		-0,7031		56,303		56,303	
		IE10 ⁶⁾	-0,3689	-0,3935	1,455	1,6579	-0,6138	-0,6547	59,276	58,062	66,98	62,145
	délka činku ¹⁾	IE3 ⁵⁾	-0,0548	-0,08766	0,2551	4,0813	-0,0912	-1,4586	156,40	39,10	156,40	39,10
		IE10 ⁶⁾	-0,0362	-0,4246	0,2244	3,2248	-0,0867	-1,2980	166,299	43,819	171,89	46,155
	délka krajnice ²⁾	IE3 ⁵⁾	-0,4227		1,9682		-0,7034		56,304		56,304	
		IE10 ⁶⁾	-0,1697	-0,2448	1,4468	1,6570	-0,5936	-0,6525	69,54	63,76	65,39	61,16

1) rozmezí změny parametru L_k (1200 až 2400 mm)

2) rozmezí změny parametru L_k (300 až 600 mm)

3) dolní hranice intervalu změny parametru

4) horní hranice intervalu změny parametru

5) tuhost spoje bližší se kloubu

6) tuhost spoje bližší se vetknutí

7) rozdíl deformací dolního a horního činku v horní úvratí

8) deformace horního činku v dolní úvratí

9) rozdíl deformací dolního a horního činku v dolní úvratí

10) 1. vlastní frekvence rámu listu

11) 2. vlastní frekvence rámu listu

12) kladná hodnota znamená namáhání nitěnek na tah, záporná na tlak (vzpěr)

Tab.7.3 Hraniční hodnoty výpočtu analýzy citlivosti hlavních rozměrových parametrů

	parametr ¹⁾	C _s	HU delta ⁹⁾¹⁴⁾		DU def. H _c ¹⁰⁾		DU delta ^{11) 14)}		1. vl.fce ¹²⁾		2. vl.fce ¹³⁾	
			min ⁵⁾	max ⁶⁾	min ⁵⁾	max ⁶⁾	min ⁵⁾	max ⁶⁾	min ⁵⁾	max ⁶⁾	min ⁵⁾	max ⁶⁾
Var A	I činku	IE3 ⁵⁾	1,2151	0,2027	3,4617	0,5773	-3,7986	-0,6335				
		IE10 ⁶⁾	1,0162	0,1962	2,7728	0,5517	-3,2453	-0,6157				
	I krajnice ²⁾	IE3 ⁵⁾	0,5638		1,9675		-2,2859					
		IE10 ⁶⁾	0,5557	0,3609	1,9286	1,2505	-2,2569	-1,5638				
Var B	uchycení listu b ³⁾	IE3 ⁵⁾	-0,4226		1,9675		-0,7032					
		IE10 ⁶⁾	-0,3903	1,1840	1,6292	1,7614	-0,6495	-2,7022				
	I činku ¹⁾	IE3 ⁵⁾	-0,7435	-0,1240	3,4617	0,5773	-1,2371	-0,2063	42,441		42,441	
		IE10 ⁶⁾	-0,6448	-0,1208	2,5282	0,5402	-1,0730	-0,2010	44,766		50,860	
Var C	I krajnice ²⁾	IE3 ⁵⁾	-0,4226		1,9675		-0,7031		56,303		56,303	
		IE10 ⁶⁾	-0,4177	-0,3013	1,9079	1,0562	-0,6950	-0,5013	56,634	61,775	57,319	80,228
	I činku ¹⁾	IE3 ⁵⁾	-0,7440	-0,1240	3,4617	0,5773	-1,2380	-0,2063	42,443		42,443	
		IE10 ⁶⁾	-0,2890	-0,0996	2,5124	0,5407	-1,0340	-0,2022	49,624		52,848	
Var C	I krajnice ³⁾	IE3 ⁵⁾	-0,4227		1,96825		-0,7034		56,303		56,303	
		IE10 ⁶⁾	-0,3811	-0,091	1,0909	1,0297	-0,6980	-0,4387	57,124	77,617	57,649	84,18
	uchycení listu e, f ⁴⁾	IE3 ⁵⁾	-0,4227		1,9863		-0,7034		56,304		56,304	
		IE10 ⁶⁾	-0,5597	-0,0377	1,6591	1,2435	-0,8383	-0,1556	70,716	61,153	61,153	70,716

1) rozmezí změny parametru I_k(150000 až 900000 mm⁴)

2) rozmezí změny parametru I_k(1000 až 37000 mm⁴)

3) rozmezí změny parametru b(0 až 300 mm)

4) rozmezí změny parametru e(100 až 400 mm)

5) dolní hranice intervalu změny parametru

6) horní hranice intervalu změny parametru

7) tuhost spoje bližší se kloubu

8) tuhost spoje bližší se vetknutí

9) rozdíl deformací dolního a horního činku v horní úvratí

10) deformace horního činku v dolní úvratí

11) rozdíl deformací dolního a horního činku v dolní úvratí

12) 1. vlastní frekvence rámu listu

13) 2. vlastní frekvence rámu listu

14) kladná hodnota znamená namáhání nitěnek na tah, záporná na tlak (vzpěr)

Tab.7.4 Hraniční hodnoty výpočtu analýzy citlivosti konstrukčních proměnných

hodnocený konstrukční parametr	č. grafu v příloze
při nižších hodnotách tuhosti krajnice je změna hodnot vlastních frekvencí v závislosti na tuhosti spoje téměř nulová (Př. 1 až 3Hz u 1.vlastní frekvence a varianty uchycení B). Význam tuhosti spoje na vlastní frekvence se zvyšuje u menších délek činků a zvyšuje se s tuhostí krajnice.	P.6.21
<u>vliv délky krajnice:</u> <u>průhyb činků:</u> se snižováním délky krajnice klesá deformace, neboť se zvyšuje tuhost krajnice. Avšak vliv je nepodstatný vzhledem k velkému rozpětí intervalu změny hodnot.(pozn.: značný vliv na gradient této změny má ohybová tuhost profilu krajnice) - vliv délky krajnice na všechny posuzované parametry se snižuje při zvýšení tuhosti činku. Nejvyšší vliv krajnice je u varianty uchycení 3. 1.vlastní frekvence- vliv délky krajnice je velice malý (rozdíl frekvence u nejkratší a nejdelší krajnice přibližně 1 až 2 Hz při $I_c=264000\text{mm}^4$ var.B) 2.vlastní frekvence-výraznější vliv než u 1.vlastní frekvence (hodnota výše uvedeného rozdílu je v rozmezí hodnot 4 až 8 Hz). I zde má velký vliv na rozdíl těchto hodnot ohybová tuhost profilu krajnice.	P.6.17 P.6.18 P.6.25 P.6.26
<u>vliv ohybové tuhosti profilu činku</u> <u>průhyb činků:</u> s klesající hodnotou ohybové tuhosti profilu činku progresivně stoupá průhyb činku i rozdíl deformací činků (uvažujeme-li tuhý spoj). <u>vlastní frekvence:</u> 1. a 2. vlastní frekvence se vzrůstající hodnotou ohybové tuhosti profilu činku roste: Př.: $I_c=150000\text{mm}^4$ 1.vl.fce=42Hz $I_c=600000\text{mm}^4$ 1.vl.fce=84Hz při $c_s=1E3$, $I_k=7500\text{mm}^4$, var.B - U var.B má ohybová tuhost profilu činku ve spojitosti s tuhostí spoje nepatrný vliv na 1.vlastní frekvenci (v celém intervalu hodnot tuhosti činku je změna vlastní frekvence v krajních intervalech hodnot tuhosti spoje konstantní př.: $I_k=7500 \Delta\Omega_1 \approx 2\text{Hz}$, $I_k=37000 \Delta\Omega_1 \approx 6\text{Hz}$). Vyšší je rozdíl vlastních frekvencí rámu při změně tuhosti spoje u méně tuhých činků. - Mnohem vyšší vliv tuhosti spoje je patrný u 2. vlastní frekvence. U var.B je právě druhá vlastní frekvence důležitá z hlediska shodnosti tvaru této vlastní frekvence s tvarem deformace od spojitého obtížení. <u>tuhost spoje:</u> se vzrůstající hodnotou I_c klesá význam tuhosti spoje a krajnice. Tyto tuhosti mají vyšší význam u nízkých hodnot tuhosti činku. Pozn.:	P.6.16 P.6.15 P.6.23 P.6.24 P.6.23 P.6.24

uvažujeme-li se stávající hodnotou tuhosti krajnice
(tzn. $I_{\max}=10000\text{mm}^4$)

- vliv tuhosti spoje je odvislý od tuhosti krajnice:
př.: rozdíl 2.vlastní frekvence při tuhosti činku
450000 mm⁴ (var.B)

I krajnice 7500 mm ⁴ -	spoj kloubem73 Hz
	spoj vetknutím ..79 Hz
	rozdíl 6 Hz

I krajnice 37000 mm⁴ - spoj kloubem73 Hz
spoj vetknutím ..95 Hz
rozdiel 22 Hz

vliv ohybové tuhosti profilu krajnice:

- se vzrůstající ohybovou tuhostí krajnice výrazným způsobem klesá průhyb činků a zvyšují se vlastní frekvence u tužších spojů. Při $I_k=37000\text{mm}^4$ (var.B) je rozdíl průhybu kloubového a vetknutého spoje 0.2 mm (-0.7mm, resp. -0.5mm), tzn. rozdíl 29%.

P. 6.13
P. 6.14
P. 6.21
P. 6.22

- vliv tuhosti spoje na hodnotu rozdílu deformací činků má význam až u **výrazně tužších** krajnic než se dnes používají v běžné praxi. Př.: $I_{kmez} = \text{řádově } 8000 \text{ až } 10000 \text{ mm}^4$ při tuhosti činku do 300000 mm^4 . Se zvýšením hodnoty I_c se hodnota I_{kmez} posouvá směrem k vyšším hodnotám tuhosti krajnice.

- rozdíl hodnoty deformací horního a dolního činku v dolní úvratí při změně tuhosti spoje $1E7$ a $1E12$ $Nmmrad^{-1}$ se blíží při tuhosti krajnice $7500mm^4$ hodnotě $1,2\%$ (var2). Při tuhosti činku $37000mm^4$ se tato hodnota již blíží 14% . Je možno říci, že při ohybové tuhosti profilu krajnice $7500 mm^4$ není potřeba využívat absolutně tuhých spojů, neboť i spoj s tuhostí $1E7$ se chová jako spoj s maximální tuhostí. Naopak zvýší-li se ohybová tuhost profilu na $37000mm^4$, tak při použití spoje s tuhostí $1e^7$ se pohybujeme ve střední části přechodové křivky charakterizující nám velikost rozdílu deformace na tuhost spoje. Zde má význam použít maximálně tuhý spoj, protože snížíme rozdíl deformací o dalších 14% .

- Z hlediska výpočtu tuhosti brdového listu je nutné ke každému brdovému listu přistupovat individuálně. Zjednodušení výpočtu pouze na typ spoje simulujícího rohové vetknutí nebo kloub je z hlediska přesnosti výpočtu nevhodné. Vždy závisí na ostatních parametrech konstrukce listu zda je možné tuhost spoje při výpočtu zanedbat. (viz. předchozí bod)

- vliv tuhosti krajnice na 1. a 2. vlastní frekvenci je podobně výrazný:

-u 1.vl.fce stoupá hodnota z nulového rozdílu u uchycení kloubem a vetknutí při nízké tuhosti krajnice až na rozdíl 6Hz u tuhé krajnice. (var.B)

-u 2.vl.fce je tento rozdíl v daném případě až 24 Hz. (var.B)

vliv uchycení:

- Uchytíme-li páky prošlupního mechanismu na krajnici (var. B a C) můžeme konstatovat, že v obou krajních polohách zdvihu listu má deformace činků konkávní(HU), resp. konvexní tvar(DU). U varianty uchycení na dolním činku (var.A) jsou shodné průhyby činků pouze do určité hodnoty **b** vzdálenosti uchycení od krajnice. Pokud se tato hodnota zvýší nad určitou mez nastává deformace činku s kombinací průhybů konvexních a konkávních, tzn. zvýší se rozdíl deformace horního a dolního činku v horní úvratí (vzrůstá nebezpečí namáhání nitěnky na tah a tudíž její destrukce), zatímco v dolní úvratí se zásadním způsobem sníží. Základní poznatek: uchycení na dolním činku je nevhodné z hlediska vyššího rozdílu průhybu činků. Z rozboru velikosti průhybů a následné velikosti rozdílu deformace horního a dolního činku vyplývá, že uchycení na dolním činku (var.A) s sebou přináší vždy vyšší hodnoty deformací než varianty uchycení B a C. Pokud budeme optimalizovat bod uchycení u var.C vzhledem k poměru zatížení horního a dolního činku je možné konstatovat, že rozdíl průhybu u var.C bude vždy menší než u var.B. (viz.Tab.7.10)
- Při nevhodné volbě místa uchycení v případě varianty C vrůstá rozdíl deformace činků. Je nutné najít optimální polohu závěsného bodu s ohledem na minimální rozdíl průhybů v obou krajních polohách mechanismu.

vliv spojitého obtížení:

zde se jedná o rozbor vlivu rozdílu spojitého obtížení horního a dolního činku v obou úvratích pohybu listu. Tento rozbor má vzhledem k výše uvedeným skutečnostem význam pouze u variant uchycení B a C.

- předpokládáme-li stejný rozdíl $\Delta q = q_1 - q_2$ v horní i dolní úvratí můžeme ze vztahů odvodit:

var B - Rozdíl deformací je shodný u horní a dolní úvratí při změně řady parametrů (délka činku, délka krajnice, tuhost činku a tuhost krajnice). Pro velikost rozdílu deformací je důležitá hodnota rozdílu spojitého obtížení horního a dolního činku.

var C - v tomto případě je nejvhodnější umístění závěsu právě v polovině sloupku, kdy je nejmenší rozdíl deformací horního a dolního činku v obou úvratích. Pozn.: Pokud umístíme závěs právě do středu krajnice ($e=f$) můžeme předpokládat tvar a velikost obou vlastních frekvencí shodný s variantou uchycení B.

- předpokládáme-li rozdíl $\Delta q = q_1 - q_2$ v horní i dolní úvratí rozdílný nejvhodnější poloha místa uchycení u var.C je posunutá od středu krajnice směrem k hornímu, resp. dolnímu činku. Směr posunutí je závislý, který rozdíl spojitého obtížení v dané úvratí je vyšší (viz.Tab.7.11).

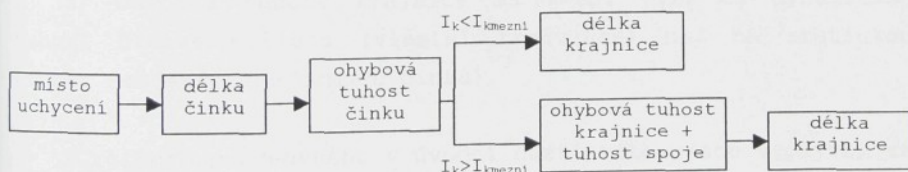
		C_a [Nmm.rad ⁻¹]	Def. Dč [mm]	Def.Hč [mm]	Abs. rozdíl deformaci [mm]	
$I_k=37000\text{mm}^4$ $I_c=264000\text{mm}^4$ $q_{hc}^{HU}=-0,11\text{N/mm}$ $q_{dc}^{HU}=-0,17\text{N/mm}$ $q_{hc}^{DU}=0,185\text{N/mm}$ $q_{dc}^{DU}=0,125\text{N/mm}$ $L_k=2000\text{mm}$ $L_c=500\text{mm}$ $e=f$	Var.B ¹⁾	1E3	HU	-1,916	-1,240	0,676
			DU	1,409	2,085	
		1E10	HU	-1,027	-0,545	0,482
			DU	0,629	1,111	
	Var.C ¹⁾	1E3	HU	-1,916	-1,240	0,676
			DU	1,409	2,085	
		1E10	HU	-0,938	-0,635	0,302
			DU	0,719	1,022	
Pozn.: neuvedené parametry výpočtu dle Tab.7.1						

Tab. 7.10 Rozdíl deformace při rozdílném uchycení brdového listu

HU		DU		Δq_{hu} [N/mm]	Δq_{du} [N/mm]	e_{opt} [mm]	abs Δ [mm]
q_{dc} [N/mm]	q_{hc} [N/mm]	q_{hc} [N/mm]	q_{dc} [N/mm]				
-0,17	-0,13	0,185	0,125	-0,04	0,06	206,75	0,427
-0,17	-0,11	0,185	0,125	-0,06	0,06	250,00	0,507
-0,17	-0,11	0,185	0,145	-0,06	0,04	293,25	0,427
Pozn.: neuvedené parametry výpočtu dle Tab.7.1							

Tab. 7.11 Vliv poměru spojitého obtížení na optimální polohu závěsu brdového listu při uchycení dle. var.C

Velice významným krokem při rozboru závislostí je určení důležitosti vlivu jednotlivých parametrů. Z grafů a tabulek v Příloze 6 a z grafů citlivostní analýzy vyplývá hierarchický žebříček důležitosti jednotlivých proměnných parametrů z hlediska snížení rozdílu deformací horního a dolního činku.



Při návrhu vhodného listu je nutné dodržet následující zákonitosti:

- 1.navrhovat a používat co nejkratší listy s ohledem na technologii tkaní
- 2.volit optimalizované profily z hlediska poměru tuhost x hmotnost
- 3.zvýšit ohybovou tuhost profilu krajnice s ohledem na pevnost a spolehlivost spoje

4. optimalizovat uchycení (nejvhodnější je uchytit rám listu ve střední části krajnice s ohledem na poměr rozdílu zatížení horního a dolního činku v horní a dolní úvrati), tzn. z hlediska konstrukce prošlupního mechanismu.

Při rozboru se ukázal vysoký vliv tuhosti krajnice na všechny posuzované charakteristiky, proto je nutné zmínit se o některých aspektech tohoto vlivu. Na Obr. P.6.66 až P.6.71 jsou vyobrazeny grafy závislostí posuzovaných parametrů při výrazné změně ohybové tuhosti krajnice. Z grafů je patrné výrazné snížení rozdílu deformací při použití extrémně tuhých krajnic a tuhých spojů. Porovnáním závislostí při použití $I_c = 264000 \text{ mm}^4$ a $I_c = 622000 \text{ mm}^4$ můžeme konstatovat:

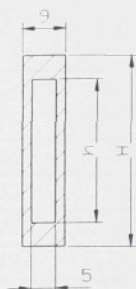
1) při používání nižších ohybových tuhostí činku je vyšší gradient změny posuzovaných parametrů (deformace činku, rozdílu deformací horního a dolního činku, vl. frekvencí) při nižších tuhostích krajnice ($7000 - 25000 \text{ mm}^4$) než používáme-li vyšší ohybové tuhosti činku.

2) při použití nižších ohybových tuhostí činku nemá význam využívat extrémně vysokých ohybových tuhostí krajnice, neboť již nemají význam z hlediska výrazného zvýšení tuhosti rámu jako je tomu u činků s vyššími ohybovými tuhostmi.

3) ohybová tuhost krajnice má větší vliv na dynamickou tuhost brdového listu (vlastní frekvence) než na statickou tuhost součásti (deformace činků).

Z rozboru provedeného v úvodní části této práce vyplývá, že se v současné době používají nejtužší krajnice s hodnotou I v rozmezí hodnot $6000 - 8000 \text{ mm}^4$. Někteří výrobci sice začínají používat u svých tkacích listů pro vysokovýkonné tkací stavy krajnic se zvýšenou hodnotou kvadratického průřezového modulu v ohybu na hranici 20000 mm^4 (viz. Schmeinck), ale předchozí rozbor ukázal, že ani takto tuhá krajnice nám ještě dostatečně nezvýší tuhost rámu. Navíc je potřebné optimalizovat profil krajnice s ohledem na její nízkou hmotnost a vysokou tuhost.

příklad takové krajnice je na Obr.7.8. Hodnoty kvadratického průřezového modulu v ohybu a plochy daného profilu jsou v Tab.7.12.



Obr.7.8 Navržený profil krajnice

H [mm]	h [mm]	I [mm ⁴]	S [mm ³]	M [kg/m]
36	26	27668,7	194,0	0,5235
38	28	32007,3	202,0	0,5431
40	30	36750,0	210,0	0,5667
42	32	41912,7	218,0	0,5883
44	34	47511,3	226,0	0,6099
46	36	53562,0	234,0	0,6315

Tab.7.12 Hodnoty navrženého průřezu krajnice

Budeme-li mít například tři typy činků dle Tab.2.1 můžeme vytvořit rámy listů s podobným chováním pro různé hodnoty ohybové tuhosti činku při zvýšení tuhosti krajnice (Př. vliv na 2.vl.frekvenci viz. Tab. 7.13, tuhost spoje $c_s=1E10 \text{ Nmm.rad}^{-1}$). Z tabulky vyplývá, že můžeme vytvořit dva rámy brdových listů, které mají hodnotu 2.vlastní frekvence na stejné úrovni přestože jejich ohybová tuhost činku je výrazně odlišná. Zvýšení tuhosti rámu dosáhneme použitím tužší krajnice při použití tuhého spoje.

	$I_c [\text{mm}^4]$	$M_c [\text{kg/m}]$	$I_k [\text{mm}^4]$	2.vl.fce [Hz]
var2	264040	0,89	37000	80,23
	497070	1,063	16000	80,78
	497070	1,063	37000	90,42
	786420	1,23	16000	90,64

Tab.7.13 Vliv tuhosti krajnice na vlastní frekvence ($L_c=2000\text{mm}$, $L_k=500\text{mm}$)

Spočítáme-li deformace rámu listu v dolní úvrati pro případ rozboru dle kap. 5.5 a uvažujeme-li proměnnou hodnotu jednotkové hmotnosti a činků dle předchozí tabulky dostáváme hodnoty maximálních deformací a rozdílu deformací pro rámy listů s různou hodnotou tuhosti činku a krajnice dle tab.7.14 při tuhosti spoje $c_s=1E10 \text{ Nmm.rad}^{-1}$. Z daného výpočtu je možné analyzovat, že při zvýšení ohybové tuhosti krajnice (při

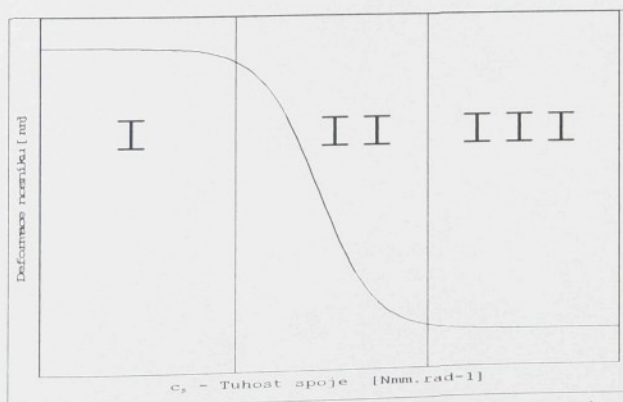
použití tuhého spoje) je možné dosáhnout stejné deformace daného činku při výrazně odlišných tuhostech činku (v našem případě v dolní úvrati). Je však patrné, že nemůžeme dosáhnout stejného rozdílu průhybu činků.

	I_c [mm ⁴]	M_c [kg/m]	I_k [mm ⁴]	q_{hc} [Nmm ⁻¹]	q_{dc} [Nmm ⁻¹]	def. HČ [mm]	rozdíl [mm]
v	264040	0,89	37000	187,62	127,1	1,127	0,486
a	497070	1,063	8000	212,33	151,81	1,121	0,344
r	497070	1,063	37000	212,33	151,81	0,826	0,295
2	786420	1,23	8000	236,18	175,66	0,822	0,222

Tab.7.14 Vliv deformace činku na vlastní frekvence
($L_c=2000\text{mm}$, $L_k=500\text{mm}$)

Není možné zcela obecně říci, který typ spoje je vhodné použít při konstrukci rámu listu. Vždy je důležité v které části přechodové křivky, definující nám závislost hodnoceného parametru na tuhosti spoje, se nalézáme. Interval tuhosti spoje můžeme rozdělit do tří hlavních oblastí (viz. Obr.7.9):

- I. malá tuhost spoje - je výhodné použít malou tuhost krajnice
- II. tuhost spoje při které i malým zvýšením tuhosti krajnice dosáhneme výraznou změnu v tuhosti celého rámu
- III. vysoká tuhost spoje - v celé oblasti tuhosti spojů se rám chová jako tuhý. V tomto případě nemá smysl zvyšovat tuhost spoje ani ohybovou tuhost krajnice.



Obr.7.9 Základní rozdělení intervalu tuhosti spoje

V jaké části grafu se nalézáme závisí (předpokládáme-li konstantní tuhost spoje):

- 1) tuhosti činku - závislost vyplývá z analýzy v Kap.6.1.2 (viz. Obr.6.11) a rovnice 6.9. Čím vyšší ohybová tuhost profilu činku, tím více se imflexní bod přechodové křivky posouvá směrem k vyšším tuhostem c_s . Pro rám listu definovaný Tab.7.1 je možné zjistit hodnotu imflexního bodu pro různé ohybové tuhosti činku:

$$c_{\text{imflex}} = 1,85E7 \text{ Nmm.rad}^{-1} \quad (I_c = 264000 \text{ mm}^4)$$

$$c_{\text{imflex}} = 4,35E7 \text{ Nmm.rad}^{-1} \quad (I_c = 622000 \text{ mm}^4)$$

- 2) tuhosti krajnice - málo tuhá krajnice nám degraduje celkovou tuhost rámu brdového listu, přestože používáme tuhé spoje.

Zvýšením tuhosti krajnice a použitím tuhého spoje zvýšíme tuhost rámu. Tuhý rám se méně deformuje a má vyšší vlastní frekvence oproti méně tuhému provedení. Na druhé straně to s sebou přináší vyšší přenos ohybového momentu z činku na krajnice a nutnost dimenzovat krajnici na toto namáhání. Zároveň je nutné používat tuhé a spolehlivé spoje s ohledem na charakter namáhání. Tyto spoje je nutné pevnostně kontrolovat. Pro zvýšení tuhosti celého rámu nemá smysl používat vysoce tuhé spoje u málo tuhých krajnic.

8. Dynamické chování brdového listu

Pro analýzu chování brdového listu při daných pracovních podmínkách využijeme informací získaných vyřešením matematických modelů popisujících kinematické a silové poměry na výstupních členech prošlupných zařízení (viz. Kap.5). dané informace budou vstupními parametry při výpočtu dané úlohy pomocí MKP.

Provedeme řadu analýz, které nám budou charakterizovat daný list z hlediska dynamických vlastností. Základním parametrem, který je nutno zjistit pro výpočty, je hodnota poměrného útlumu součásti b_p . Pro zjištění dané hodnoty využijeme informací z práce [4,5], kde byla experimentálně zjišťována hodnota ztrátového součinitele součásti η . Ztrátový součinitel listu se zjistí měřením pomocí modální analýzy součásti. Poměrný útlum b_p je možno zjistit ze ztrátového součinitele pomocí rovnice [8.1].

$$b_p = \frac{b}{b_k} = \frac{\eta}{2} \quad [8.1]$$

Tabulka 8.1 uvádí příklady hodnoty poměrného útlumu pro různé typy brdových listů.

			Činitel jakosti	Ztrátový součinitel	Poměrný útlum	
výrobce		profil	Q[1]	η [1]	b_p [1]	b_p [%]
TTP Elitex ¹⁾	asym.	9x120	11,00	0,0909	0,0455	4,55
TTP Elitex ²⁾	asym.	9x120	10,21	0,098	0,049	4,9
TTP Elitex ³⁾	asym.	9x120	15,625	0,064	0,032	3,2
TTP Elitex ⁴⁾	sym.	9x120	4,316	0,2317	0,116	11,6
TTP Elitex ⁵⁾	sym.	9x120	3,082	0,3245	0,162	16,2
Grob ⁶⁾	asym.	9x120	13,88	0,072	0,036	3,6

1) dolní čínek bez vylehčovacích otvorů – hliník, typ výplně dutin – PUR

2) horní čínek s vylehčovacími otvory – hliník, typ výplně dutin – PUR

3) dolní čínek bez vylehčovacích otvorů – hliník, bez výplně

4) čínek z kompozitu, bez výplně

5) čínek z kompozitu, typ výplně dutin – PUR

6) horní čínek firmy Grob – hliník, typ výplně dutin – PUR

- 1) dolní čínek bez vylehčovacích otvorů - hliník, typ výplně dutin - PUR
2) horní čínek s vylehčovacími otvory - hliník, typ výplně dutin - PUR
3) dolní čínek bez vylehčovacích otvorů - hliník, bez výplně
4) čínek z kompozitu, bez výplně
5) čínek z kompozitu, typ výplně dutin - PUR
6) horní čínek firmy Grob - hliník, typ výplně dutin - PUR

Tab.8.1 Hodnoty poměrného útlumu

a) změna frekvence zatěžování

Základní výpočet popisující dynamické vlastnosti dané součásti bude řešení úlohy, kdy se mění frekvence zatěžování listu. Budeme hodnotit odezvu součásti při změně frekvence buzení. Daná úloha využívá informací zjištěných pomocí modální analýzy součásti.

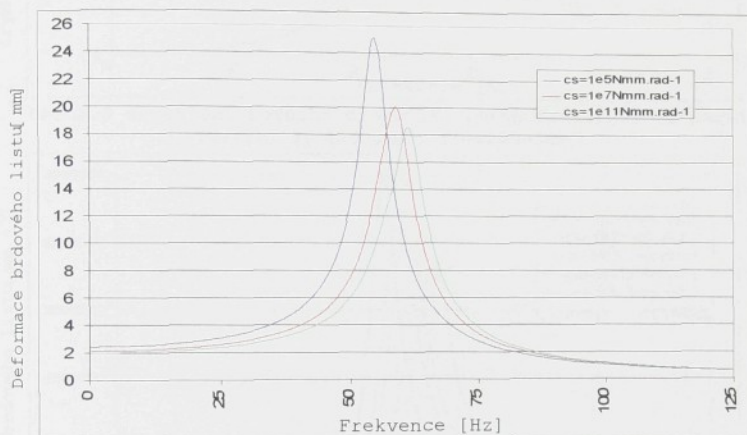
Analýza součásti při změně frekvence nám ukáže průběh dynamické tuhosti (resp. poddajnosti), mobility a akceleraace daného bodu součásti v závislosti na frekvenci zatěžování. Při výpočtech budeme měnit ohybovou tuhost profilu krajnice a tuhost spoje. Budeme vycházet z varianty uchycení B a rozměrů brdového listu dle Tab.7.1. Při výpočtu využijeme modelu sestaveného pro kontrolu analytických výpočtů v Kap.6.4. Opět využijeme programového produktu Pro/MECHANICA. Na model bude působit zrychlení o maximální hodnotě 230 m.s^{-2} . Budeme uvažovat hodnotu poměrného útlumu 4,9%.

Základní hodnoty výpočtů jsou shrnuty v Tab.8.2 (změna I_k a c_s). Obr. 8.1 a 8.2 obsahují grafy průběhu maximální deformace horního činku pro hraniční hodnoty parametrů I_k a I_c , které byly při výpočtu uvažovány. Obr. 8.3 a 8.4 obsahují maximální zrychlení horního činku při změně stejných parametrů. Sledujeme chování bodu horního činku, který se nalézá přesně v polovině horního činku. Další analyzované případy jsou shrnuty v Příloze 7.

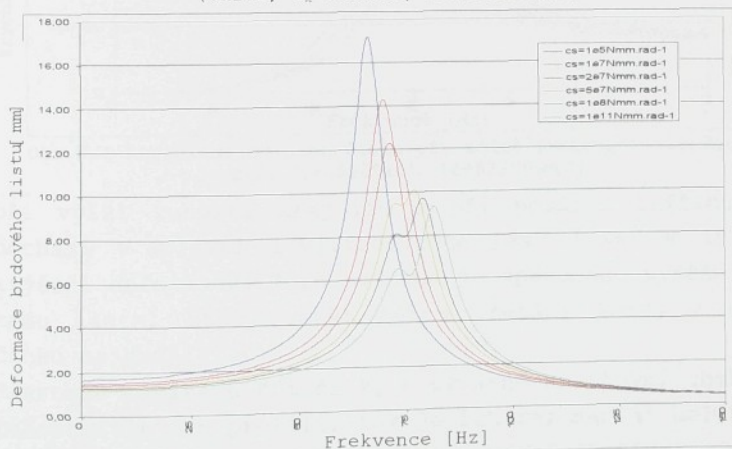
Analyzujeme-li vypočítané průběhy je možné prohlásit:

- 1) činek brdového listu je výrazně jednodmotová soustava
- 2) se vzrůstem tuhosti spoje c_s výrazně klesají maximální amplitudy deformace, rychlosti i zrychlení v rezonanční oblasti činku. Při zvýšení c_s se posouvá hodnota frekvence při které dochází k rezonanci směrem k vyšším hodnotám (ve shodě s analytickými výpočty vlastních frekvencí).

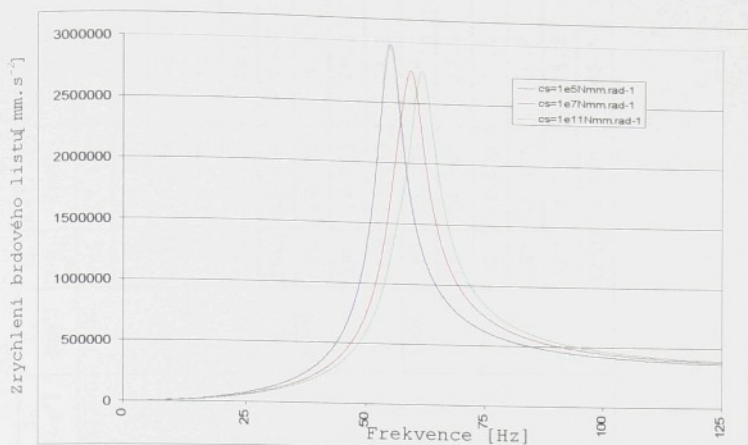
- 3) při zvýšení ohybové tuhosti krajnice roste výrazným způsobem význam tuhosti spoje na chování součásti v rezonanční oblasti. Opět se projevuje přechodová křivka, kdy při nízké změně tuhosti (z hodnoty $1e^7$ na $5e^7$ $\text{Nmm} \cdot \text{rad}^{-1}$) výrazně klesají hodnoty deformací v rezonanční oblasti.
- 4) při zvýšení poměrného útlumu se snižují deformace činku v rezonanční oblasti (ve shodě s teorií o kmitání soustav).



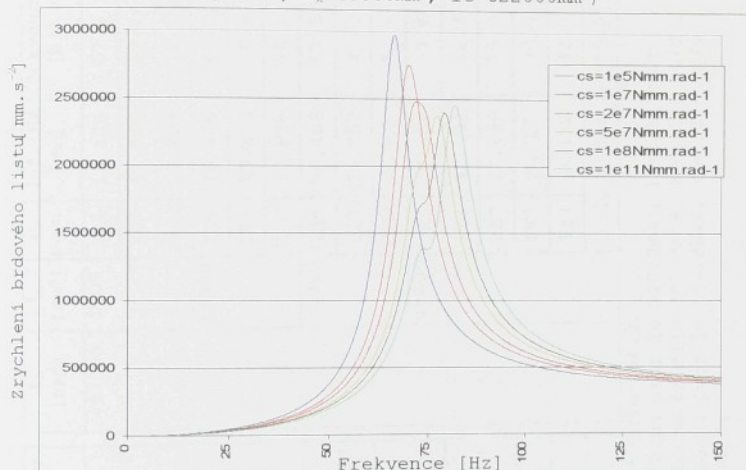
Obr.8.1 Deformace horního činku při změně frekvence zatížení
(var.B, $I_k=7500\text{mm}^4$, $I_{\bar{c}}=264000\text{mm}^4$)



Obr.8.2 Deformace horního činku při změně frekvence zatížení
(var.B, $I_k=45000\text{mm}^4$, $I_{\bar{c}}=622000\text{mm}^4$)



Obr.8.3 Zrychlení horního činku při změně frekvence zatížení (var.B, $I_k=45000\text{mm}^4$, $I_{\text{č}}=622000\text{mm}^4$)



Obr.8.4 Zrychlení horního činku při změně frekvence zatížení (var.B, $I_k=45000\text{mm}^4$, $I_{\text{č}}=622000\text{mm}^4$)

- 5) při vyšší tuhosti krajnice a při použití tužších spojů dochází v oblasti 1.vl.frekvence rámu listu k lokálnímu zvýšení deformace. Toto zvýšení je způsobeno vyšší tuhostí rámu listu, který větší měrou přenáší kmity z dolního činku na horní.
- 6) Přestože počítáme tři činky s výrazně odlišnými ohybovými tuhostmi jejich profilů, tak jejich rezonanční oblast se pohybuje ve stejném intervalu frekvencí (55-85Hz). To je způsobeno vlivem jednotkové hmotnosti profilu, která se zvyšuje se zvýšením ohybové tuhosti.

I_c [mm ⁴]	I_k [mm ⁴]	C_s [Nmm, rad ⁻¹]	def. Hč [mm]	def. Hč frekvence [Hz]	I_c [mm ⁴]	I_k [mm ⁴]	C_s [Nmm, rad ⁻¹]	def. Hč [mm]	def. Hč frekvence [Hz]	I_c [mm ⁴]	I_k [mm ⁴]	C_s [Nmm, rad ⁻¹]	def. Hč [mm]	def. Hč frekvence [Hz]
264000	7500	1E5	25.144	54.7	497000	7500	1E5	16.406	67.6	622000	7500	1E5	17.175	66.1
		1E7	20.070	58.9			1E7	13.819	69.9			1E7	14.888	67.6
		1E11	18.563	61.3			1E11	12.207	72.5			1E11	13.094	68.4
	15000	1E5	25.144	54.7		15000	1E5	16.406	67.6		15000	1E5	17.175	66.1
		1E7	18.935	60.5			1E7	13.200	70.9			1E7	14.329	68.5
		1E11	16.197	65.9			1E11	10.978	76.5			1E11	11.266	73.6
	30000	1E5	25.144	54.7		30000	1E5	16.406	67.6		30000	1E5	17.175	66.1
		1E7	18.172	61.7			1E7	13.050	71.8			1E7	14.201	69.2
		1E11	13.517	72.3			1E11	9.705	81.9			1E11	10.110	78.2
	45000	1E5	25.144	54.7		45000	1E5	16.406	67.6		45000	1E5	17.175	66.1
		1E7	18.016	62.1			1E7	13.161	72.3			1E7	14.306	69.6
		2E7	15.630	66.2			2E7	11.028	75.0			2E7	12.279	71.1
		5E7	13.801	70.8			5E7	9.726	80.5			5E7	11.110	76.9
		8E7	12.998	73.3			8E7	9.331	82.7			8E7	9.732	78.9
		1E11	12.005	76.7			1E11	8.853	85.7			1E11	9.329	81.5

Podmínky výpočtů: rozměry rámu listu dle Tab.7.1

I_c 264000 mm⁴, plocha profilu 329,8mm⁴, $M_c=0,89$ kg/m

I_c 497000 mm⁴, plocha profilu 393,9mm⁴, $M_c=1,063$ kg/m

I_c 622000 mm⁴, plocha profilu 509,8mm⁴, $M_c=1,376$ kg/m

poměrný útlum $b_p=4.9\%$

Tab.8.2 Hodnoty maximálních hodnot deformace
v rezonanční oblasti

b) analýza deformací a zrychlení brdového listu při zatížení definovaném v čase

Další analýzou bude časová deformace a časové zrychlení jednotlivých bodů brdového listu při zatížení definovaných v čase. Hlavním analyzovaným výsledkem výpočtu bude průběh rozdílu deformace rozprostřeném do časové roviny. Průběh zatížení jsme zjistili v Kap.5. Jedna se o tři zatížení definovaná v čase:

- 1) průběh zrychlení listu
- 2) zatížení horního činku
- 3) zatížení dolního činku

Zvolili jsme zatížení brdového listu při otáčkách stroje 1200 min⁻¹. Pro výpočet opět využijeme modelu sestaveného v programu Pro/MECHANICA.

Při výpočtech budeme měnit poměrný útlum součástí a tuhost spoje. Budeme vycházet z varianty uchycení B a rozměrů brdového listu dle Tab.7.1 s upravenými hodnotami profilů činku a krajnice:

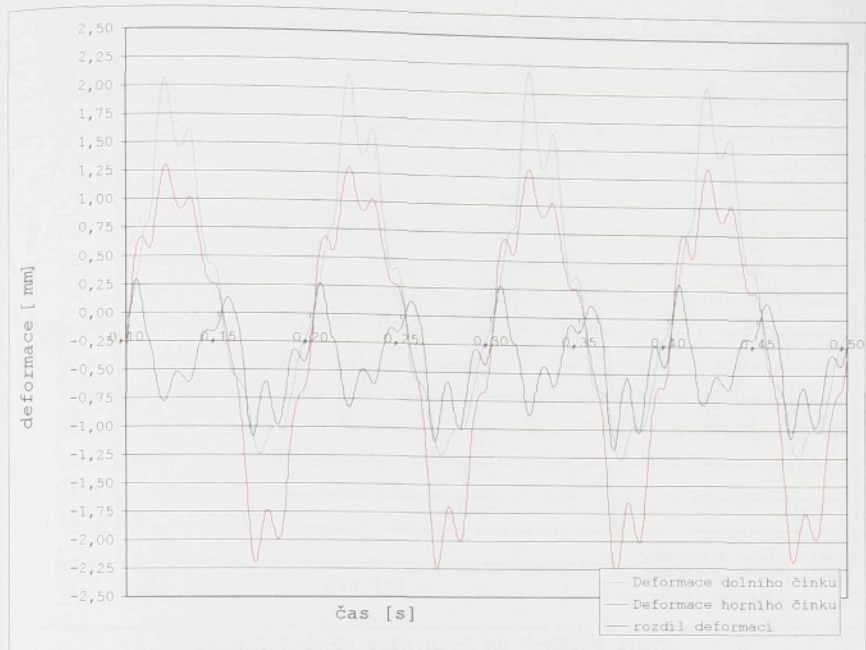
$$I_c = 622000 \text{ mm}^4 \quad S_c = 509,8 \text{ mm}^2 \quad M_c = 1,376 \text{ kg/m}$$

$$I_k = 42000 \text{ mm}^4 \quad S_k = 218,0 \text{ mm}^2 \quad M_k = 0,588 \text{ kg/m}$$

Vypočítané hodnoty jsme uložili do textového souboru a dále zpracovávali pomocí programu Microsoft Excel. Tab. 8.3 přehledně ukazuje maximální a minimální hodnotu deformace horního i dolního činku včetně rozdílu těchto deformací.

Příklady grafů jsou na Obr.8.5 až 8.8. Zde se jedná o průběh deformací stroje ALPHA 190. V Příloze 8 jsou shrnuty ostatní varianty výpočtu včetně výpočtu deformace listu na tkacím stoju PN 170.

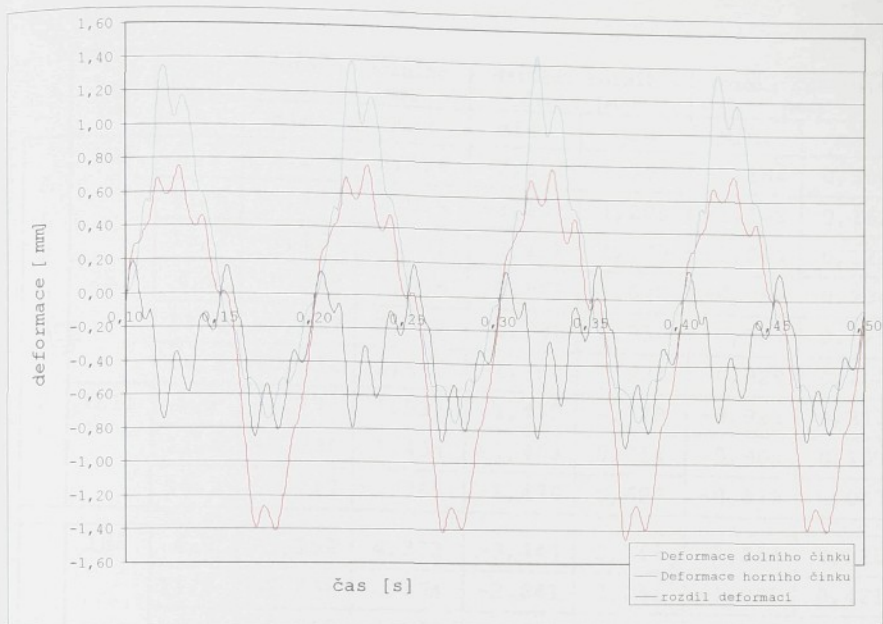
Z rozboru dosažených výsledků zcela jednoznačně vyplývá, že je výhodnější použít tuhého spoje spolu s tuhými krajnicemi, neboť tato kombinace výrazně sníží maximální výkmit obou činků a tím také rozdíl deformací činků. Výrazný vliv to má



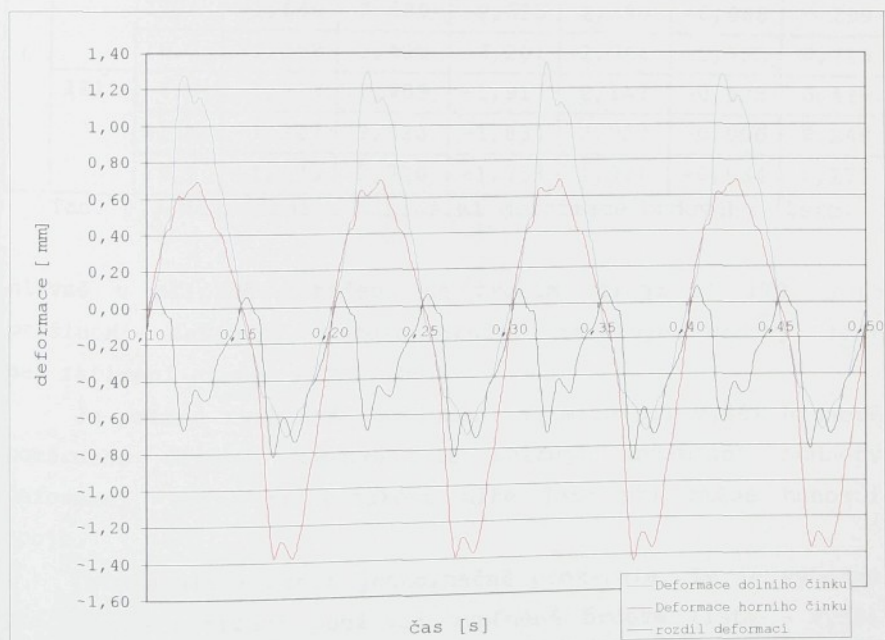
Obr.8.5 Průběh deformací na brdovém listu
(stroj ALPHA 190, $c_s = 1E5 \text{ Nmm.rad}^{-1}$, $b_p = 4,9\%$)



Obr.8.6 Průběh deformací na brdovém listu
(stroj ALPHA 190, $c_s = 2E7 \text{ Nmm.rad}^{-1}$, $b_p = 4,9\%$)



Obr.8.7 Průběh deformací na brdovém listu
(stroj ALPHA 190, $c_s=1E11 \text{ Nmm} \cdot \text{rad}^{-1}$, $b_p=4,9\%$)



Obr.8.8 Průběh deformací na brdovém listu
(stroj ALPHA 190, $c_s=1E11 \text{ Nmm} \cdot \text{rad}^{-1}$, $b_p=16,2\%$)

	c_s $\frac{N_{mm}}{rad}$	bp [%]	deform. dolního činku [mm]		deform. horního činku [mm]		rozdíl deformace [mm]	
			min.	max	min.	max	min.	max
A L P H A 1 9 0	1E5	4,9	-1,274	2,194	-2,314	1,353	-1,184	0,308
		11,6	-1,176	2,079	-2,187	1,208	-1,109	0,162
		16,2	-1,167	2,031	-2,129	1,179	-1,064	0,121
	2E7	4,9	-0,969	1,836	-1,867	1,020	-0,954	0,234
		11,6	-0,939	1,737	-1,795	0,956	-0,961	0,129
		16,2	-0,934	1,686	-1,754	0,931	-0,929	0,100
	1E11	4,9	-0,774	1,537	-1,459	0,779	-0,929	0,213
		11,6	-0,736	1,434	-1,463	0,714	-0,905	0,107
		16,2	-0,717	1,385	-1,438	0,697	-0,873	0,087
P N 1 7 0	1E5	4,9	-3,292	4,373	-3,444	3,166	-1,254	0,825
		11,6	-2,098	4,304	-2,841	3,251	-1,087	0,421
		16,2	-1,955	4,153	-2,692	3,154	-1,032	0,297
	2E7	4,9	-2,040	3,899	-2,509	2,952	-1,035	0,493
		11,6	-1,640	3,589	-2,315	2,690	-0,968	0,299
		16,2	-1,558	3,430	-2,201	2,564	-0,922	0,215
	1E11	4,9	-1,323	2,955	-1,917	2,147	-0,933	0,424
		11,6	-1,227	2,820	-1,834	2,050	-0,906	0,248
		16,2	-1,173	2,720	-1,753	1,971	-0,864	0,177

Tab. 8.3 Maximální a minimální deformace brdového listu

hlavně v případě zatížení na tkacím stroji PN 170. Toto prošlupní zařízení nerovnoměrněji zatěžuje brdový list než zařízení stroje ALPHA 190.

Je patrné rychlejší zatlumení výkmitů při vyšší hodnotě poměrného útlumu. Zároveň se snižují maximální hodnoty deformací, avšak ne v takové míře jako při změně tuhosti spoje.

Tato analýza zcela jednoznačně prokázala, že je výhodné pro vysoké zatížení používat vypěněné brdové listy s vyšší hodnotou poměrného útlumu.

při našem výpočtu není uvažován ráz při přeskupování nítěnek. Vycházíme z předpokladu, že k danému rázu nedochází neboť nemůžeme považovat obě součásti (činek, nítěnka) za tuhé a silový účinek při dopadu nítěnek na list je rozprostřen do delšího času. K tomuto předpokladu nás vedou tyto důvody:

- a) uvažujeme-li umístění nítěnky ve střední části listu deformuje se výrazným způsobem činek brdového listu čímž je silový účinek rozložen do delšího času.
- b) uvažujeme-li umístění nítěnky na okraji brdového listu nedeformuje se činek, ale silový impuls má vliv na prošlupní mechanismus, který se deformuje, čímž je opět silový účinek rozložen do delšího času.
- c) vzhledem k deformaci činku brdového listu navíc nedochází k přeskupení nítěnek po celé délce činku ve stejný okamžik. Dochází k postupnému dopadu nítěnek na činek.
- d) používáme-li otevřených nítěnek (typ C, J) můžeme uvažovat s ohybem oka nítěnky.

Z těchto důvodů je námi zvolený výpočet dostatečně věrný.

c) nevhodné pracovní podmínky pro brdový list

Provedeme analýzu chování brdového listu nachází-li se vlastní frekvence v blízkosti kmitů způsobených pružností jednotlivých členů prošlupního mechanismu, které se superponují na zrychlení.

Danou úlohu si zjednodušíme na analýzu deformace brdového listu při definovaném vstupním zatížení (budicím signálu). Vyjdeme z konstrukce rámu brdového listu definovaného v předchozí analýze a hodnoty poměrného útlumu 4,9%. Opět využijeme modelu sestaveného v programu Pro/MECHANICA. Jako zatížení využijeme přesně definovaný průběh zrychlení při otáčkách stroje 1200 min^{-1} (10Hz).

Zvolíme následující průběhy zrychlení:

- 1) pouze sinusový průběh - $a = a_{\max} \cdot \sin(10.2 \cdot \pi \cdot t)$

- 2) na základní sinusový průběh se superponuje amplituda zrychlení o velikosti 20% základní amplitudy s frekvencí 50 Hz

$$a = a_{\max} \cdot (\sin(10.2 \cdot \pi \cdot t) + 0.2 \cdot \sin(50.2 \cdot \pi \cdot t)) \text{ aa}$$

- 3) na základní sinusový průběh se superponuje amplituda zrychlení o velikosti 20% základní amplitudy s frekvencí 70Hz (při $c_s = 1E5 \text{ Nmm} \cdot \text{rad}^{-1}$), resp. 85Hz (při $c_s = 1E11 \text{ Nmm} \cdot \text{rad}^{-1}$)

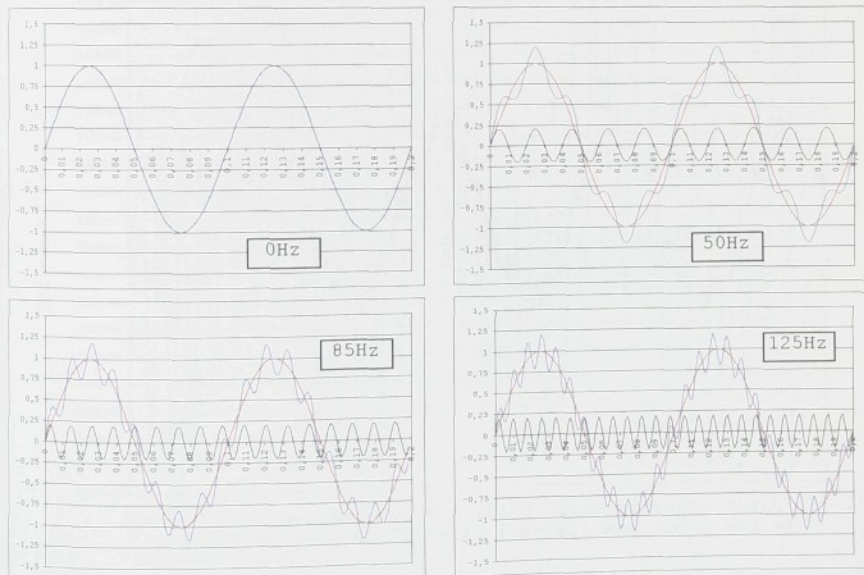
$$a = a_{\max} \cdot (\sin(10.2 \cdot \pi \cdot t) + 0.2 \cdot \sin(70.2 \cdot \pi \cdot t))$$

$$a = a_{\max} \cdot (\sin(10.2 \cdot \pi \cdot t) + 0.2 \cdot \sin(85.2 \cdot \pi \cdot t))$$

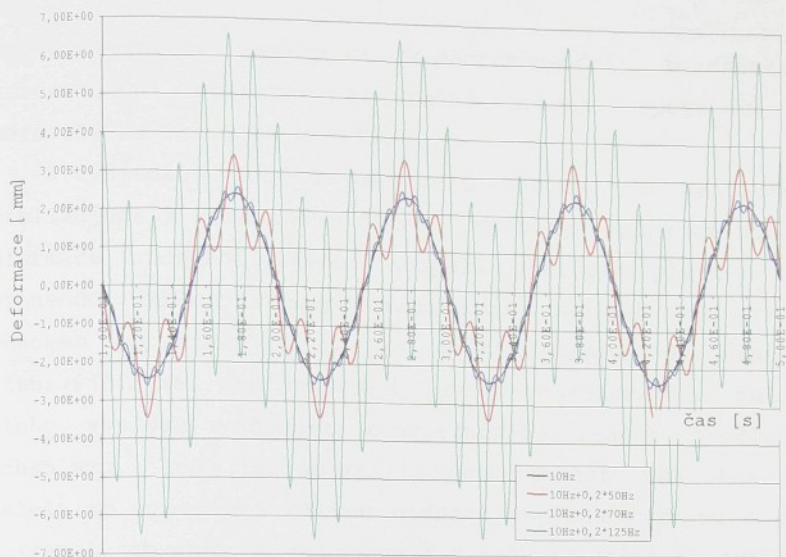
- 4) na základní sinusový průběh se superponuje amplituda zrychlení o velikosti 20% základní amplitudy s frekvencí 125 Hz

$$a = a_{\max} \cdot (\sin(10.2 \cdot \pi \cdot t) + 0.2 \cdot \sin(125.2 \cdot \pi \cdot t))$$

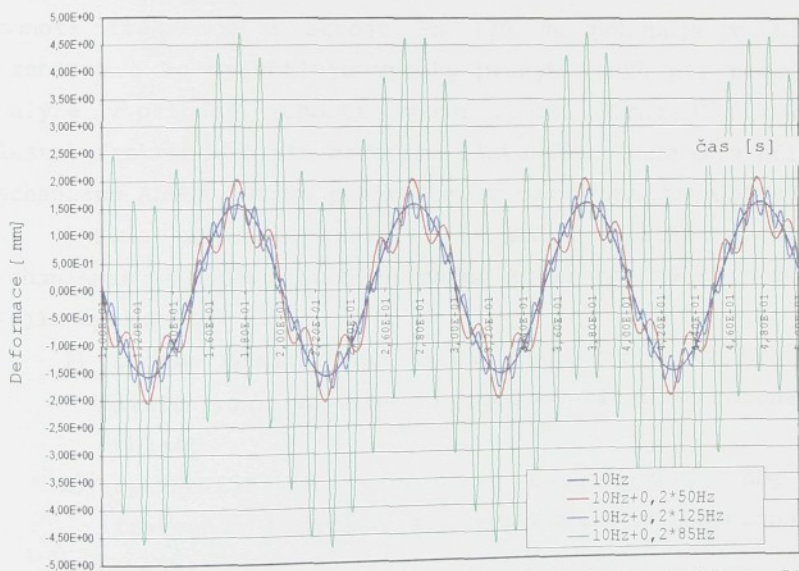
Hodnotu $a_{\max}$ zvolíme $345 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ (maximální hodnota zrychlení pro stroj PN170 a otáčky 1200 min^{-1}). Charakter vstupního zatížení je na Obr.8.9.



Obr.8.9 Zatížení brzdového listu



Obr.8.10 Průběh deformace horního činku brdového listu při změně frekvence budící síly ($cs=1E5 \text{ Nmm} \cdot \text{rad}^{-1}$, var.B)



Obr.8.11 Průběh deformace horního činku brdového listu při změně frekvence budící síly ($cs=1E11 \text{ Nmm} \cdot \text{rad}^{-1}$, var.B)

Výpočty průběhu deformace v podrezonanční, rezonanční a nadrezonanční oblasti při změně tuhosti spoje c_s jsou zobrazeny na Obr.8.10 a 8.11.

Z výsledků výpočtů je zcela zřejmé, že jestliže se přibližujeme k rezonanční oblasti, výrazným způsobem stoupají deformace brdového listu. Naopak, jestliže přejdeme přes rezonanční oblast superponované kmity se již tak výrazným způsobem neprojevují, naopak průběh časové deformace je příznivější než pohybujeme-li se v podrezonanční oblasti. Z toho vyplývá vhodnost konstrukčního řešení prošlupního mechanismu, kdy je optimalizována tuhost pák tak, aby vnášely do zrychlení nízkou hodnotu amplitudy kmitu o vyšší frekvenci, abychom se pohybovali v nadrezonanční oblasti.

Z analýzy silového zatížení vyplynuly frekvence kmitů, jež se superponují na základní zrychlení:

ALPHA 190 ... 193,05 Hz, PN 170 ... 50,36 Hz

Hodnota frekvence u stroje PN 170 se pohybuje v oblasti rezonance a to vysvětluje vysoký průhyb činků při předchozí analýze v případě tuhosti spoje $c_s = 1E5 \text{ Nmm} \cdot \text{rad}^{-1}$, kde je vlastní frekvence činku brdového listu 66Hz. Naopak v případě mechanismu ALPHA 190 se pohybuje v nadrezonanční oblasti.

K tomu abychom zvolili optimální systém prošlupního mechanismus - brdový list je možné zcela obecně přistupovat dvojím způsobem:

- 1) budeme měnit konstrukční charakteristiky brdového listu tak, abychom se pohybovali mimo rezonanční oblast
- 2) optimalizujeme prošlupní mechanismus, aby se frekvence budících síl pohybovala v nadrezonanční oblasti.

9. Závěr

1. Bylo prokázáno, že čím je vyšší tuhost brdového listu, tím se snižuje absolutní deformace rámu i rozdíl průhybů činků a zvyšuje se hodnota vlastních frekvencí. Díky nižšímu rozdílu průhybů činků je možné použít menší vůli v uchycení nítěnky na nosný drát brdového listu. Tím se snižuje silový impuls vznikající při přeskupování nítěnek během cyklu a tedy je možné předpokládat snížení hlučnosti a zvýšení životnosti brdového listu. Zároveň se sníží i silové zatížení prošlupního mechanismu.
2. Práce prokázala, že používáme-li tuhé spoje je vhodné používat tuhé krajnice, neboť se výrazným způsobem snižuje deformace činků.
3. Tuhost krajnice má vysoký vliv na hodnotu rozdílu deformací horního a dolního činku používáme-li tuhé spoje. Při nízké ohybové tuhosti činku ($E \cdot I_c < E \cdot I_{c_{mezni}}$) dosáhneme snížení rozdílu deformací činků brdového listu použitím tuhé spoje a krajnice s ohybovou tuhostí jeho profilu nad hodnotou $I_{K_{mezni}}$. Přičemž $I_{K_{mezni}}$ se pohybuje v tomto případě v okolí hodnot současných středních tuhostí krajnic. Snížení rozdílu deformací činků brdového listu při vyšší ohybové tuhosti činku ($E \cdot I_c > E \cdot I_{c_{mezni}}$) dosáhneme použitím krajnice s ohybovou tuhostí $E \cdot I_K > E \cdot I_{K_{mezni}}$, přičemž hodnota kvadratického momentu průřezu v ohybu $I_{K_{mezni}}$ je výrazně vyšší než dosahují v současnosti používané krajnice.

V případě nízké tuhosti krajnice $I_K < I_{K_{mezni}}$ rozdíl deformací činků brdového listu nezávisí na tuhosti spoje a chování brdového listu se přibližuje kloubovému spojení.
4. Je nevýhodné uchycovat brdový list k prošlupnímu mechanismu na dolním činku, kdy dochází k nesymetrickému průhybu činků a tedy k výraznému zvýšení rozdílu deformací horního a dolního činku. Optimální je uchycení ve střední části

krajnice s ohledem na poměr rozdílů zatížení horního a dolního činku při maximálních zatížení listu. Toto uchycení zajistí nejnižší rozdíl deformací v průběhu celého cyklu.

5. Z hlediska zatížení rámu brdového listu a prošlupního mechanismu je důležité snížit hmotnost brdového listu při zachování požadované tuhosti. To znamená optimalizovat tvar činku a krajnice i princip spojení obou součástí.
6. Při vysokých zatíženích brdového listu je důležité minimalizovat šíři brdového listu s ohledem na šíři tkaného zboží.
7. Pro snížení vibrací a průhybu činků je vhodné využívat vypěněné profily činků, které mají vyšší ztrátový součinitel, resp. poměrný útlum. Tyto profily mají schopnost rychlejšího útlumu vybuzených kmitů, což výrazným způsobem ovlivňuje deformaci listu.
8. Pro snížení zatížení celé soustavy brdový list - prošlupní mechanismus není vhodné využívat rámu listů, které mají své vlastní frekvence v blízkosti frekvence výkmitů způsobených pružností pák. Pružnost pák prošlupního mechanismu vytvářejí ve zrychlení listu nerovnoměrnosti ve zrychlení, které mají charakter výkmitů s postupným útlumem. Je důležité optimalizovat tuhost pák s ohledem na rezonanční oblast brdových listů.
9. Matematický model rámu brdového listu prokázal, že není správné při výpočtech nahrazovat tuhost spoje pouze kloubem nebo vetknutím. Význam tuhosti vždy závisí na celkové konstrukci listu a to především na tuhosti činku a krajnice. Je potřebné každý brdový list posuzovat individuálně.
10. Konstrukci konkrétních brdových listů není vždy nutné podrobovat experimentálním zkouškám a měřením, neboť popsané matematické modely nám s dostatečnou přesností, mnohem

rychleji a přitom ve větším rozsahu dovolí sledovat chování listu při změně konstrukčních parametrů i vnějšího zatížení.

11. Pro zajištění požadovaných technických i technologických požadavků je důležité, jak prokázala analýza dynamických modelů prošlupných mechanismů, optimalizovat nejenom provedení brdového listu, ale i prošlupního zařízení z hlediska kinematických průběhů i tuhostí jednotlivých členů mechanismu.

Díky této teoreticky pojaté práci jsme schopni navrhnout optimální soustavu prošlupní mechanismus - brdový list:

- a) vhodně zvolit tuhost spoje s ohledem na celkovou konstrukci rámu listu
- b) zvolit optimální tuhosti činku a krajnice s ohledem na minimalizaci deformací
- c) určit optimální bod uchycení listu na prošlupní mechanismus s ohledem na průběh zatížení během otáčky prošlupního mechanismu
- d) určit vhodné tuhosti pák prošlupního mechanismu pro daný brdový list

Další práce v oblasti konstrukce brdového listu by se měla zaměřit na:

- optimalizaci profilu brdového listu s ohledem na snížení jednotkové hmotnosti profilu.
- pevnostní kontrolu krajnice s ohledem na přenos momentu z činku na krajnici
- možnosti zvýšení poměrného útlumu činku brdového listu

V oblasti matematického popisu dané problematiky je vhodné další zpřesňování matematického modelu soustavy prošlupní mechanismus - brdový list - nítěnka - osnova a to s ohledem na variantu, kdy budeme při výpočtu uvažovat s pružností brdového listu.

seznam použité literatury:

- [1] Bílek, M.: Rozbor dynamických vlastností brdového list tkacího stroje. VII. International Congress on the Theory of Machines and Mechanisms, TU Liberec, 1996
- [2] Bílek, M. - Mrázek, J.: Dynamic Stress of Heald Shaft of Weaving Looms
- [3] Bílek, M.: Vidy kmitů brdového listu tkacího stroje (příspěvek STČ), Brno, 1996
- [4] Bílek, M. - Němeček, P.: Experimentální určení tlumení brdových listů tkacího stroje (výzkumná zpráva). Liberec, TU Liberec 1995
- [5] Beneš, Š. - Němeček, P. - Stehlik, T.: Experimentální určení tlumení brdových listů tkacího stroje - základní vyhodnocení. (výzkumná zpráva). Liberec, VŠST 1993
- [6] Bílek, M.: Čtyřčlenné přírazové mechanismy tkacích strojů. (příspěvek STČ), Brno, 1995
- [7] Gonda, J.: Ohybové kmitanie nosnikov. SAV, Bratislava, 1977
- [8] Gonda, J.: Kmitanie nosnikov a hriadelov. SAV, Bratislava, 1969
- [9] Karpišek, S.: Konstrukce brdového listu tkacího stroje. Diplomová práce, TU Liberec 1998
- [10] Pokorný, M.: Konstrukce a tuhost rámců brdových listů tkacích strojů. Diplomová práce, TU Liberec 1998
- [11] Bílek, M.: Návrh přírazového mechanismu tkacího stroje. Diplomová práce, VŠST Liberec 1994
- [12] Talavášek, O.: Bezčlunkové tkací stroje. Praha, SNTL 1975
- [13] Dobrovolný, B.: Přehled technické matematiky. Práce 1954
Praha

- [14] Natarajan, V.: Pneumatický prohoz útku a přírazový mechanismus příraz tkacího stroje. (kandidátská disertační práce) Liberec 1989
- [15] Miláček, S.: Modální analýza mechanických kmitů. Praha, ČVUT Praha 1992
- [16] Dossing, O.: Zkoušení mechanických soustav - část I. (měření pohyblivosti). Glostrup, Bruel&Kjaer, 1989
- [17] Dossing, O.: Zkoušení mechanických soustav - část II. (analýza vidů kmitání a modelování). Glostrup, Bruel&Kjaer, 1989
- [18] Tumajer, P.: Numerical Simulation of the Start of Waving Loom. In.: Vláčna a textil, č.3 ročník 5. str. 119-123, 1998
- [19] Mrázek, J.: Theoretical analysis of dynamics four-bar beat up mechanisms of a loom. In.: Mechanism and machine theory, Pergamon Press, 1992, USA
- [20] Mrázek, J.: Contribution to the dynamics of dobby mechanism of a loom. In.: Proceedings Eight World Congress on the Theory of Machines and Mechanisms. Vol.4, str. 1053-1056, Praha, 1991
- [21] Zaveri, K.: Modal analysis of Large Structures - Multiple Exciter Systems. Glostrup, Bruel&Kjaer, 1992
- [22] Mrázek, J. - Natarajan, V.: Dynamika jednostranného a dvoustranného náhonu bidla tkacího stroje, Liberec 1989
- [23] Brousil, J. - Slavík, J. - Zeman, V.: Dynamika. SNTL Praha 1989
- [24] Juliš, K. - Brepta, R.: Mechanika (Statika a kinematika - I.díl). SNTL Praha 1986
- [25] Brát, V. - Rosenberg, J. - Jáč, V.: Kinematika. SNTL Praha 1987

- [26] Juliš, K. - Brepta, R.: Mechanika (Dynamika - II.díl).
SNTL Praha 1987
- [27] Mrázek, J.: Prošlupní mechanismus bez stranového vedení
listů, VI.International Conference on the Theory of
Machines and Mechanisms, TU Liberec, 1992

RESUMÉ

Práce řeší problematiku konstrukce brdového listu. v současné době neexistuje jednotný pohled na problematiku spoje činku a krajnice. Proto je primárním problémem který práce řeší vliv tuhosti spoje na statickou a dynamickou tuhost rámu brdového listu. Aby bylo možné řešit danou problematiku byly sestaveny matematické modely brdového listu, kterými můžeme zjistit námi požadované hodnoty. Dané matematické modely byly konfrontovány s výpočty pomocí metody konečných prvků a měřením na skutečné součásti a byla konstatována vysoká shoda výsledků výpočtů i měření.

Na základě těchto modelů byla provedena citlivostní analýza vlivu jednotlivých konstrukčních parametrů brdového listu při změně tuhosti spoje na charakteristiky statické a dynamické tuhosti brdového listu.

Pro hlubší analýzu dynamického chování brdového listu byl sestaven matematický model prošlupního mechanismu, který zohledňuje nelinearity v systému (tuhosti jednotlivých členů, tlumení soustavy, vůle). Do matematického modelu byla zapracována analýza pohybu nítěnky během tkacího cyklu. Při této analýze uvažujeme s konstrukční vůlí při uchycení nítěnek na brdový list a s velikostí nitového oka. Na základě takto sestaveného matematického modelu bylo zjištěno časové zatížení brdového listu. Toto zatížení sloužilo jako vstupní hodnota pro výpočty časové deformace brdového listu pomocí metody konečných prvků.

Dále byla provedena analýza dynamické poddajnosti a akceleraace činku brdového listu a vliv nevhodných pracovních podmínek na velikost deformace činku při změně jednotlivých konstrukčních parametrů.

Die Arbeit beschreibt die Problematik der Konstruktion des Webschaftes. Das Grundproblem, das diese Arbeit löst, ist der Einfluss der Steifheit der Verbindung auf statische und dynamische Steifheit des Rahmens des Webschaftes. Um diese Problematik zu lösen, wurden mathematische Modelle des Webschaftes zusammengesetzt, die uns ermöglichten, die geforderten Werte festzustellen. Die gegebenen mathematischen Modelle wurden mit den Berechnungen mit der Hilfe der FEM Methode und dem Messen auf dem Ist-Bestandteil konfrontiert. Es wurde sehr hohe Übereinstimmung der Ergebnisse der Berechnungen und der Messungen konstatiert.

Auf Grund dieser Modelle wurde eine Empfindlichkeitsanalyse des Einflusses der einzelnen Konstruktionsparameter des Webschaftes bei der Veränderung der Steifheit der Verbindung auf charakteristisch statische und dynamische Steifheiten des Webschaftes durchgeführt.

Für eine tiefere Analyse des dynamischen Verhaltens des Webschaftes wurde ein mathematisches Modell des Fachmechanismus zusammengesetzt, das die Nichtlinearitäten des Systems in Betracht zieht nimmt (die Steifheiten der einzelnen Glieder, die Dämpfung des Systems, der Spielraum). Ins mathematische Modell wurde die Analyse der Bewegung der Weblitze während des Webzyklus eingesetzt. Bei dieser Analyse ziehen wir den Konstruktionsspielraum beim Befestigen der Weblitzen auf den Webschaft und die Grösse des Fadenauges in Betracht.

Auf Grund des so zusammengesetzten mathematischen Modells wurde die Zeitbelastung des Webschaftes festgestellt. Diese Belastung diente als Eintrittswert für die Berechnungen der zeitweisen Deformation des Webschaftes mit der Hilfe der FEM Methode. Es wurde die Analyse der dynamischen Biegesteifigkeit und der Akzeleranz des Shaftsstabs auf die Grösse der Deformation bei Veränderung der einzelnen Konstruktionsparameter durchgeführt.

SEZNAM PŘÍLOH:

- Příloha 1 : Zjištění průběhu osnovní síly
- Příloha 2 : Zjištění parametrů pro výpočet matematických modelů
- Příloha 3 : Průběhy kinematických a silových veličin sledovaných prošlupných mechanismů
- Příloha 4 : Časové průběhy zatěžujících sil na brdový list
- Příloha 5 : Zápis odvození vztahu pro výpočet vlastních frekvencí pomocí programu MapleV
- Příloha 6 : Analýza citlivosti konstrukčních parametrů brdového listu
- Příloha 7 : Dynamická tuhost a akcelerance činku brdového listu
- Příloha 8 : Deformace brdového listu v čase

Příloha 1

Zjištění průběhu osnovní síly

Měření osnovní síly na tkacím stroji PN 170

Měření proběhlo v prostorách tkalcovny Katedry mechanických technologií na Textilní fakultě Technické Univerzity v Liberci. Při měření jsme využili měřicí aparatury KMT. Měření bylo provedeno na stroji PN 170 FB M-2 při tkaní plátna. Na stavu byla při tkaní použita ošlichtovaná bavlněná osnova. Měřili jsme tahovou sílu v osnově při různých otáčkách hlavního hřídele.

č. měření	otáčky hlavního hřídele [min^{-1}]	počet zdvihů listu [min^{-1}]
1.	312	156
2.	348	174
3.	388	194
4.	426	213

dostava osnovy: 36 nití/cm

dostava útku: 28.5 nití/cm

Velikost tahové osnovní síly jsme měřili v místě mezi svůrkou stroje a brdovým listem pomocí tenzometrického snímače (viz. Obr. P1.1 a P1.2). Časovou základnu zajistilo snímání okamžiků přírazů paprsku. Všechna měření byla provedena při použití dynamického analyzátoru signálu Hewlett Packard 35670 A. Naměřená digitalizovaná data byla dále zpracovávána pomocí osobního počítače.

Na Obr. P1.3 je zobrazen příklad výstupu naměřených hodnot přímo z analyzátoru na tiskárnu pro ot. stroje 426 min^{-1} . V Hodnoty velikosti osnovní síly pro dané otáčky stroje v digitalizované podobě jsou shrnuta v Obr. P1.4 a dokazují, že velikost osnovní síly v daném rozsahu otáček nezávisí na velikosti úhlové rychlosti kliky prošlupního mechanismu. Proto můžeme zavést předpoklad, že se nám nebude velikost osnovní

síly v rozsahu námi uvažovaných otáček měnit. Jako vstupní hodnotu průběhu velikosti osnovní síly při výpočtu matematického modelu budeme uvažovat s naměřenými hodnotami v digitalizované podobě pro počet otáček stroje 426 min^{-1} . Tuto naměřenou veličinu je nutné dále přepočítat na složku síly působící na nítěnku. Princip výpočtu je uveden v další části přílohy 1.

Výpočet osnovní síly pro tkací stroj ALPHA 190

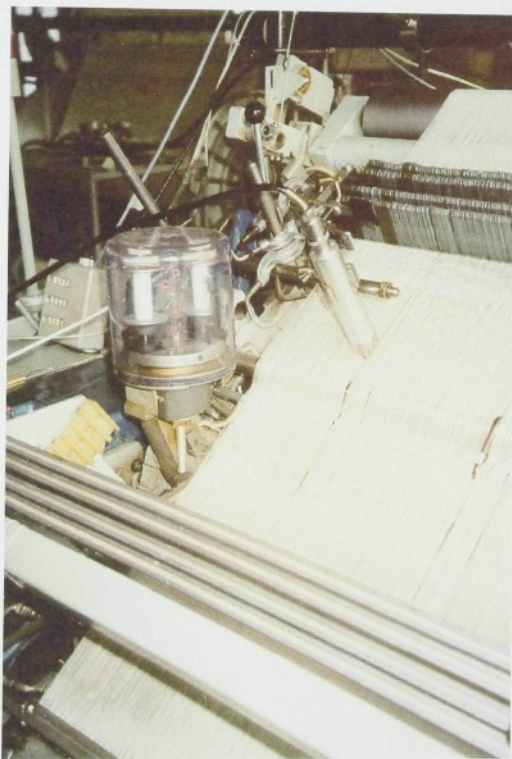
Pro ilustraci druhé možnosti získání velikosti osnovní síly využijeme výpočtu této síly u tohoto tkacího stroje.

Při zjištění velikosti osnovní síly během pracovního cyklu budeme vycházet z následujících předpokladů:

1. Neuvažujeme se silovým zatížením způsobeným přírazem útku, neboť budeme předpokládat, že tento ráz se výrazným způsobem neprojeví při zatížení nítěnky. Příraz niti se provádí v blízkosti zástupu listů, tzn. úhel rozevření osnovních nití je nulový nebo velice nízký a z tohoto důvodu bude i nízká složka osnovní síly ve směru pohybu listů
2. Budeme předpokládat, že míjivá složka silového zatížení osnovy od prodloužení nití je nízká a to
 - a) z důvodu nízké hodnoty zdvihu tkacího listu ($\approx 40 \text{ mm}$)
 - b) k minimalizaci možného prodloužení nití přispívá také pohyb svůrky během tkacího procesu snižující hodnotu prodloužení nití



Obr. P.1.1 Měření tahu v osnově na tkacím stroji PN 170



Obr. P.1.2 Umístění tenzometrického snímače tahu v osnově

A: 55Hz

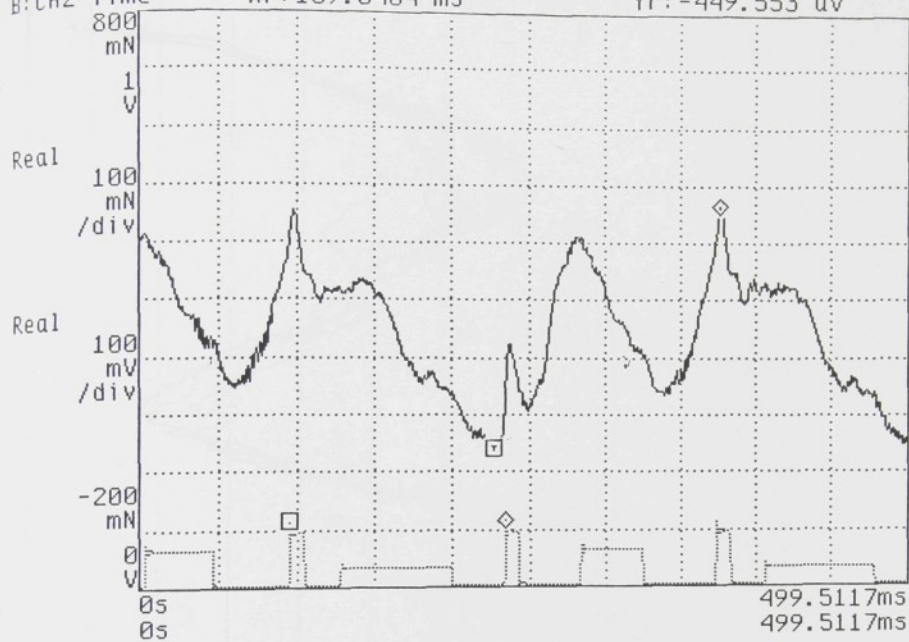
B: CH2 Time

Xr: 149.4141 ms

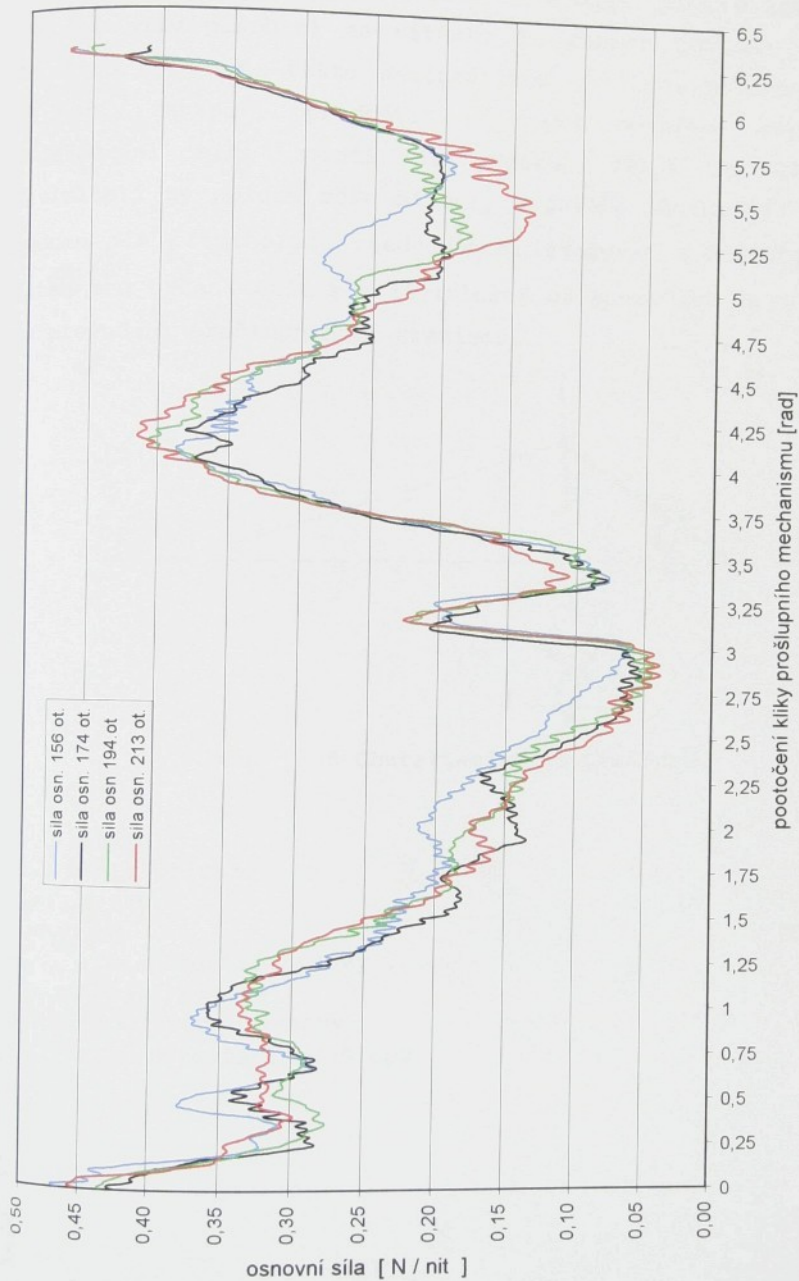
Xr: 139.6484 ms

Yr: 427.053 mN

Yr: -449.553 uV

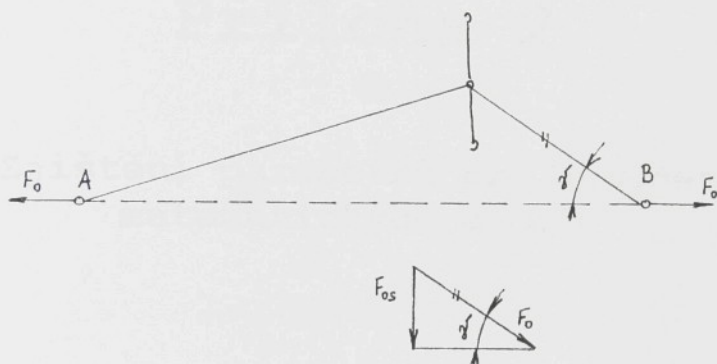


Obr. P1.3 Průběh osnovní síly během zdvihu listu (ot. 426 min⁻¹)



Obr. P.1.4 Průběh osnovní síly během zdvihu listu

Čistě teoreticky je síla zatěžující nítěnky brdových listů závislá na tvaru prošlupu a síle F_0 v niti. Obecně lze popsat výpočet síly působící na nítěnku F_{0s} pomocí rozkladu sil dle Obr.P1.5. Síla F_{0s} takto definovaného prošlupu brdového listu se při zahrnutí předpětí a vlivu možného elastického prodloužení nití zjistí dle vztahu [P1.1] a [P1.2] v závislosti na poloze oka nítěnky brdového listu. Při výpočtu budeme dle předchozích zjednodušení uvažovat s hodnotou $\Delta l \approx 0$. Vztah pro určení úhlu γ v závislosti na pootočení listu závisí na provedení prošlupního mechanismu.



Obr. P1.5 Charakteristika prošlupu

A... svůrka

B... místo přirazu

$$F_{0s} = F_0 \cdot \sin(\gamma)$$

[P1.1]

$$F_0 = F_p + k \cdot \Delta l$$

[P1.2]

F_p ... síla předpětí osnovy

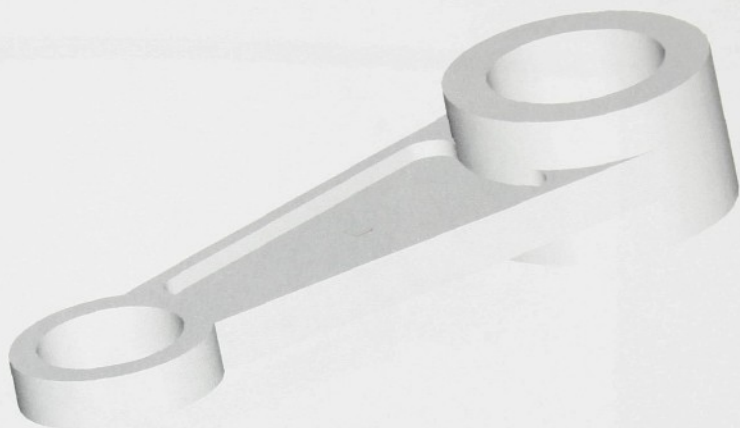
k ... tuhost osnovy

Δl ... prodloužení osnovy

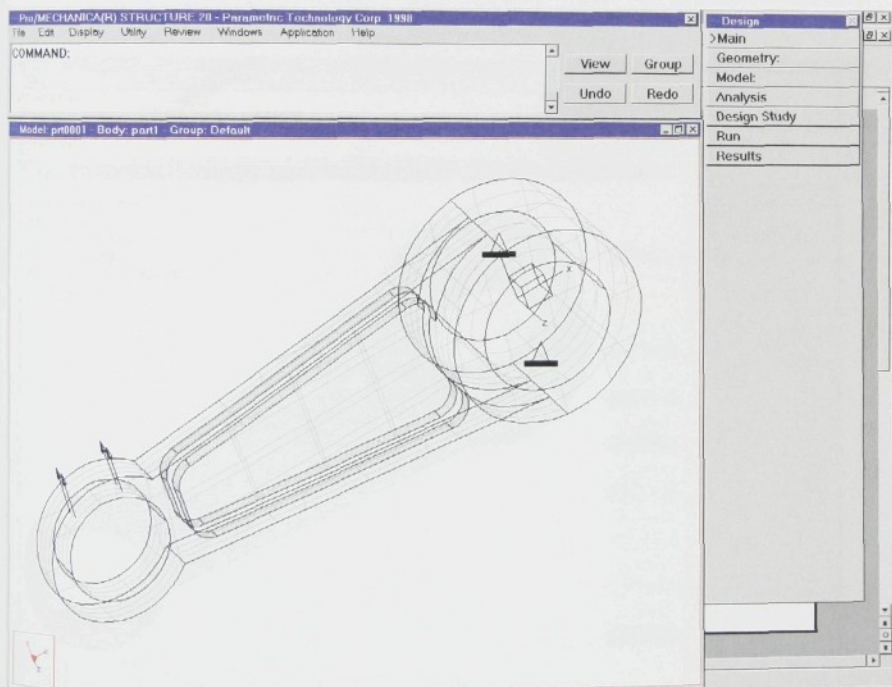
γ ... úhel rozevření prošlupu

Příloha 2

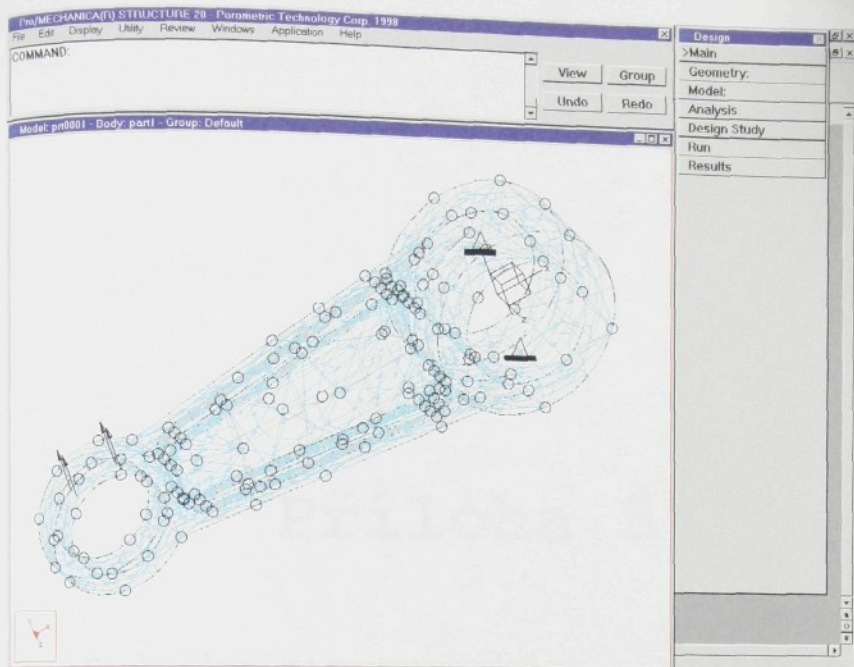
Zjištění parametrů pro výpočet
matematických modelů



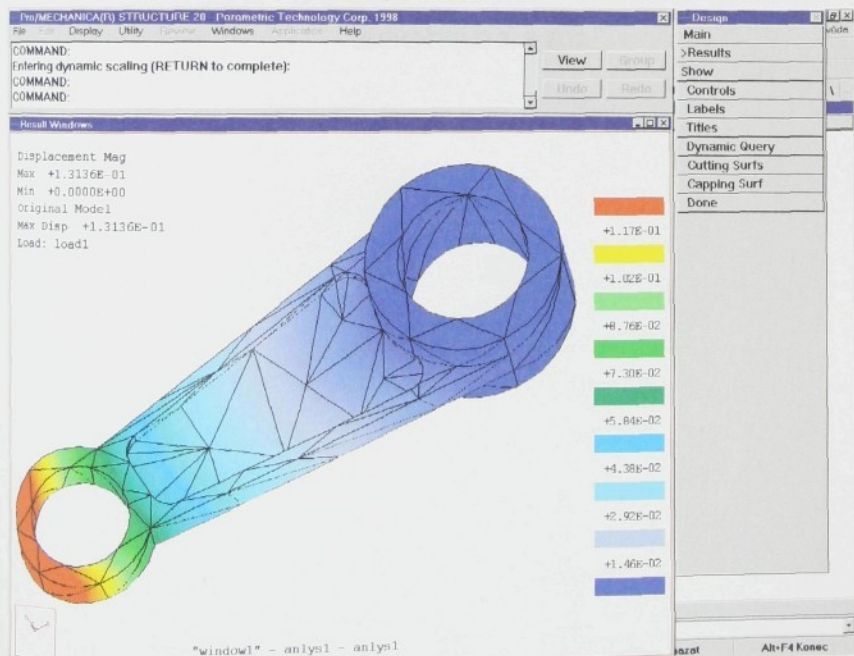
Obr.P.2.1 Model součásti vytvořený programem Pro/ENGINEER



Obr.P.2.2 Model součásti transformovaný do programu Pro/MECHANICA



Obr.P.2.3 Model součásti připravený pro výpočet programem Pro/MECHANICA



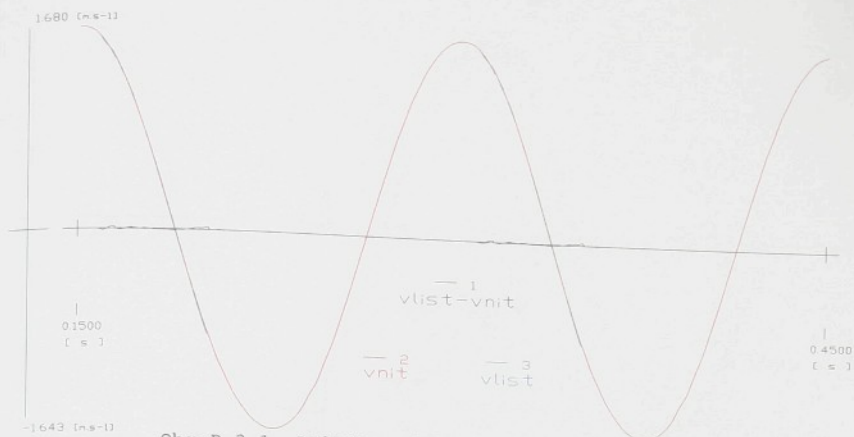
Obr.P.2.4 Vypočtená jednotková deformace ramena pro zjištění ohybové tuhosti součásti pomocí programu Pro/MECHANICA

Příloha 3

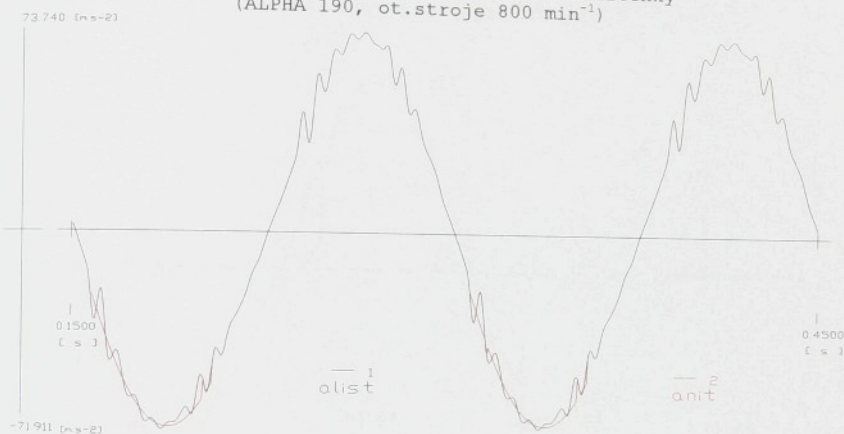
Průběhy kinematických a silových
veličin sledovaných prošlupních
mechanismů

Seznam grafů:

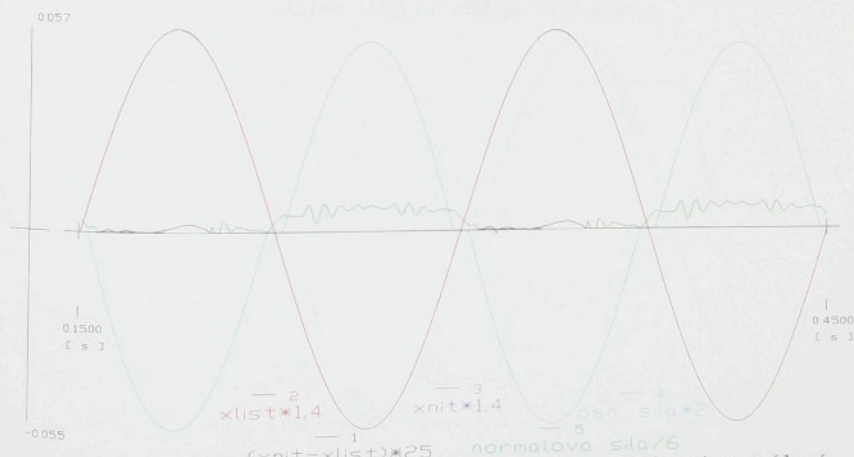
- P.3.1-P.3.3 Závislosti ALPHA 190, ot.800 min⁻¹, V_{nítěnky}=1,8 mm
- P.3.4-P.3.6 Závislosti ALPHA 190, ot.1200 min⁻¹, V_{nítěnky}=1,8 mm
- P.3.7-P.3.9 Závislosti ALPHA 190, ot.1400 min⁻¹, V_{nítěnky}=1,8 mm
- P.3.10-P.3.12 Závislosti ALPHA 190, ot.1600 min⁻¹, V_{nítěnky}=1,8 mm
- P.3.13-P.3.15 Závislosti PN 170, ot.800 min⁻¹, V_{nítěnky}=1,8 mm
- P.3.16-P.3.18 Závislosti PN 170, ot.1200 min⁻¹, V_{nítěnky}=1,8 mm
- P.3.19-P.3.21 Závislosti PN 170, ot.1400 min⁻¹, V_{nítěnky}=1,8 mm
- P.3.22-P.3.24 Závislosti PN 170, ot.1600 min⁻¹, V_{nítěnky}=1,8 mm
- P.3.25-P.3.27 Závislosti PN 170, ot.1200 min⁻¹, V_{nítěnky}=1 mm
- P.3.28-P.3.30 Závislosti PN 170, ot.1200 min⁻¹, V_{nítěnky}=1,5 mm
- P.3.31-P.3.33 Závislosti PN 170, ot.1200 min⁻¹, V_{nítěnky}=2 mm
- P.3.34-P.3.36 Závislosti PN 170, ot.1200 min⁻¹, V_{nítěnky}=3 mm
- P.3.37-P.3.39 Závislosti PN 170, ot.1200 min⁻¹, V_{nítěnky}=3,5 mm
- P.3.40-P.3.42 Závislosti PN 170, ot.1200 min⁻¹, V_{nítěnky}=4 mm



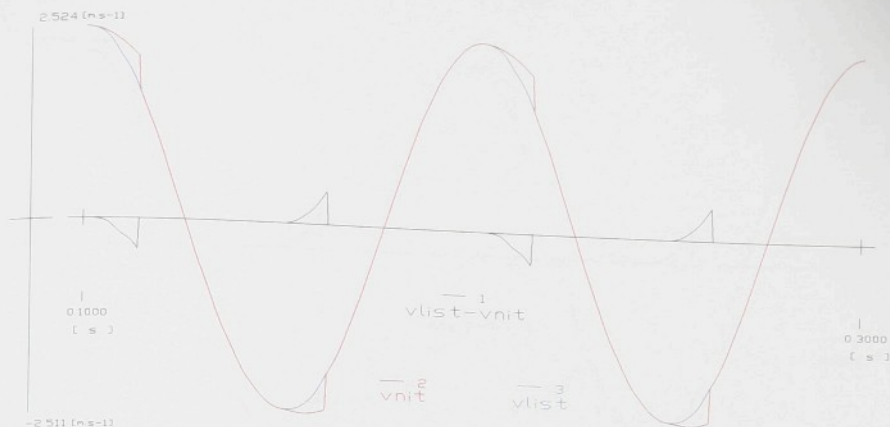
Obr.P.3.1 Průběh rychlosti listu a nitěnky
(ALPHA 190, ot.stroje 800 min⁻¹)



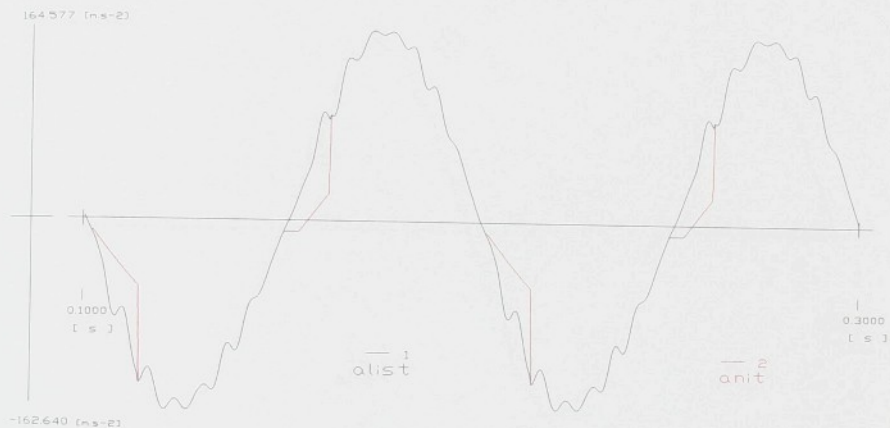
Obr.P.3.2 Průběh zrychlení listu a nitěnky
(ALPHA 190, ot.stroje 800 min⁻¹)



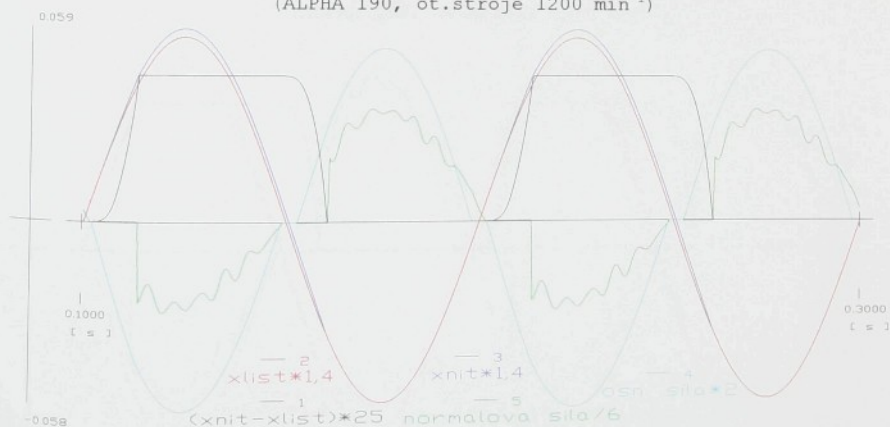
Obr.P.3.3 Průběh dráhy listu a nitěnky, velikosti normálové reakce mezi listem a nitěnkou, velikosti osnovní síly (ALPHA 190, ot.stroje 800 min⁻¹)



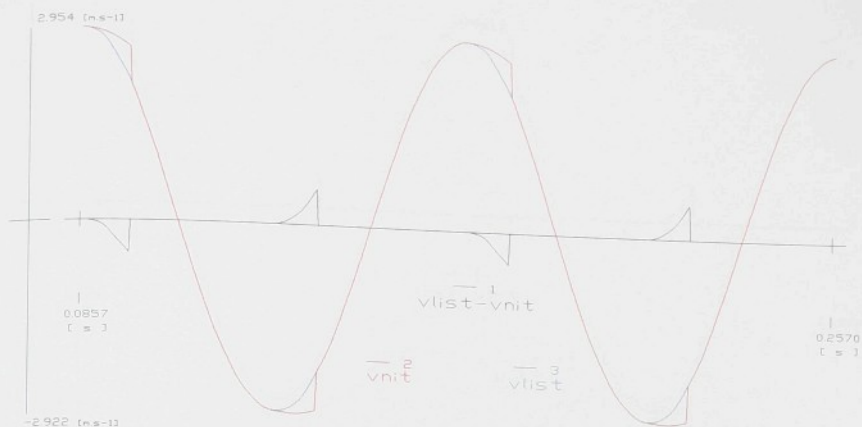
Obr.P.3.4 Průběh rychlosti listu a nitěčky
(ALPHA 190, ot.stroje 1200 min⁻¹)



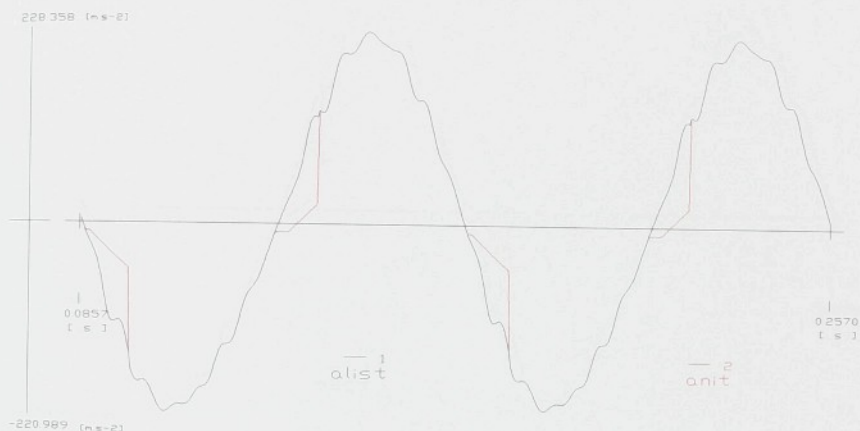
Obr.P.3.5 Průběh zrychlení listu a nitěčky
(ALPHA 190, ot.stroje 1200 min⁻¹)



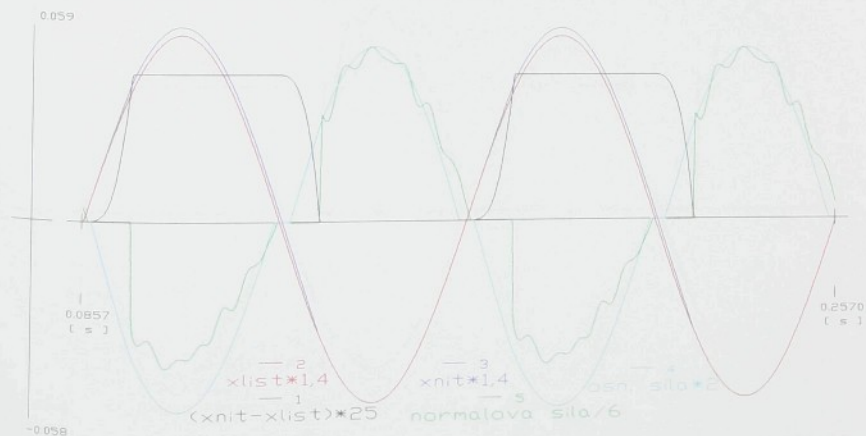
Obr.P.3.6 Průběh dráhy listu a nitěčky, velikosti normálové reakce mezi listem a nitěčkou, velikosti osnovní síly
(ALPHA 190, ot.stroje 1200 min⁻¹)



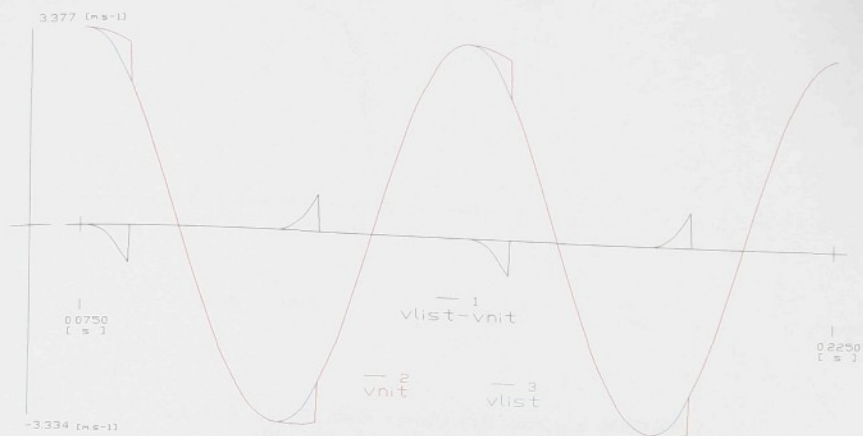
Obr.P.3.7 Průběh rychlosti listu a nitěčky
(ALPHA 190, ot.stroje 1400 min^{-1})



Obr.P.3.8 Průběh zrychlení listu a nitěčky
(ALPHA 190, ot.stroje 1400 min^{-1})



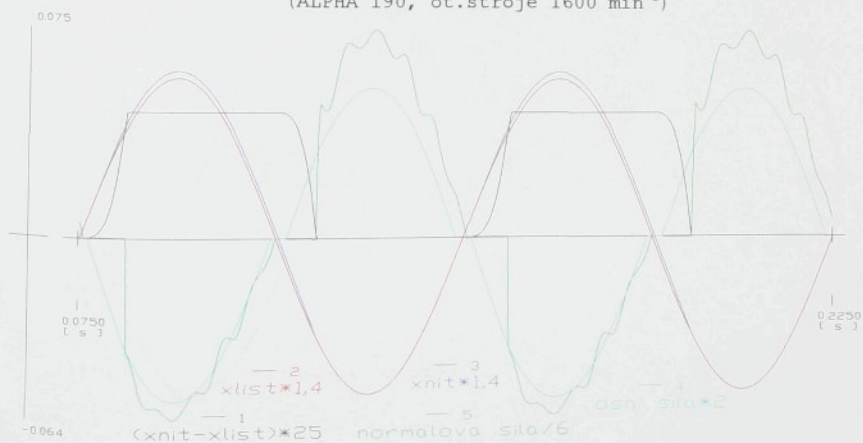
Obr.P.3.9 Průběh dráhy listu a nitěčky, velikosti normálové reakce
mezi listem a nitěčkou, velikosti osnovní síly
(ALPHA 190, ot.stroje 1400 min^{-1})



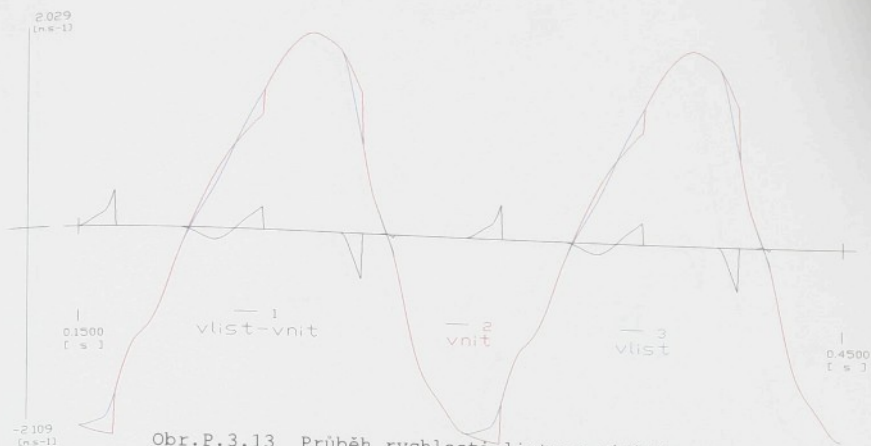
Obr.P.3.10 Průběh rychlosti listu a nitěčky
(ALPHA 190, ot.stroje 1600 min⁻¹)



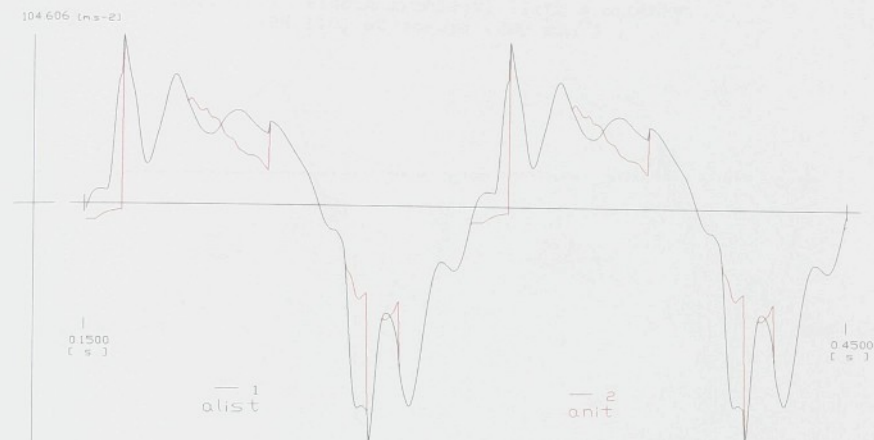
Obr.P.3.11 Průběh zrychlení listu a nitěčky
(ALPHA 190, ot.stroje 1600 min⁻¹)



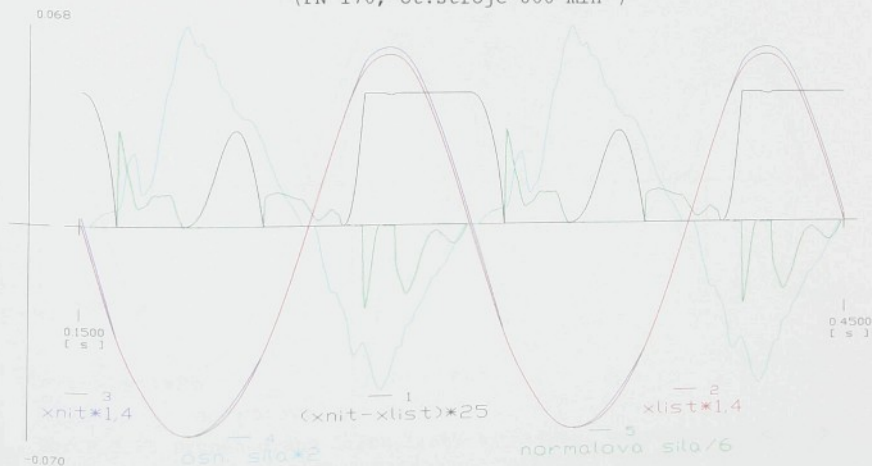
Obr.P.3.12 Průběh dráhy listu a nitěčky, velikosti normálové reakce
mezi listem a nitěčkou, velikosti osnovní síly
(ALPHA 190, ot.stroje 1600 min⁻¹)



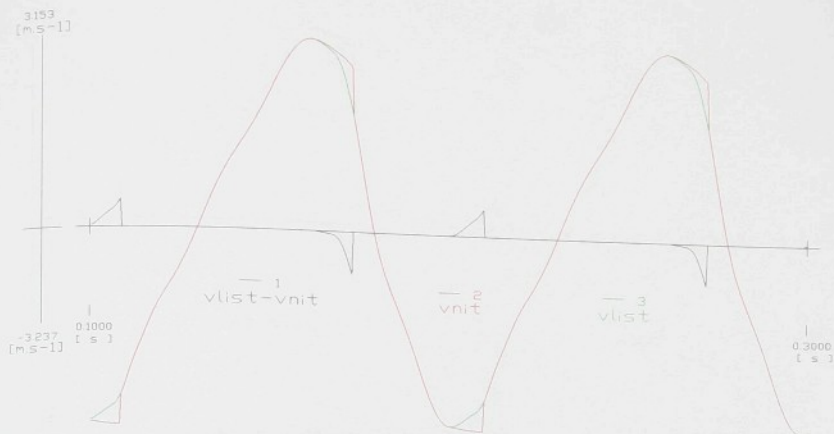
Obr.P.3.13 Průběh rychlosti listu a nitěnky
(PN 170, ot.stroje 800 min⁻¹)



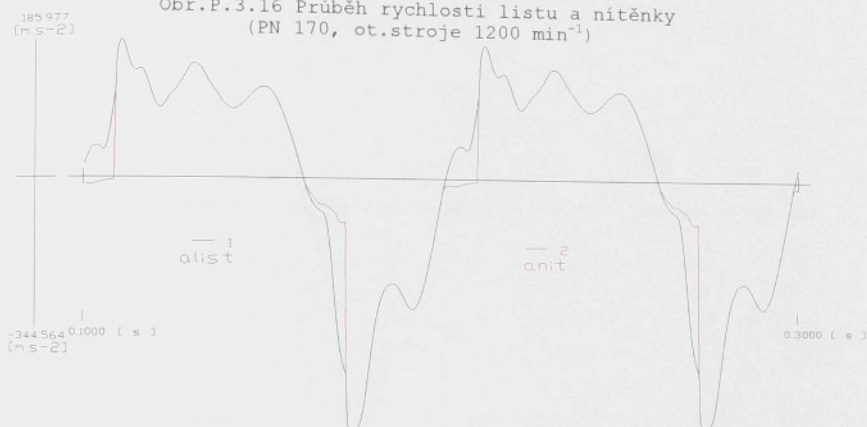
Obr.P.3.14 Průběh zrychlení listu a nitěnky
(PN 170, ot.stroje 800 min⁻¹)



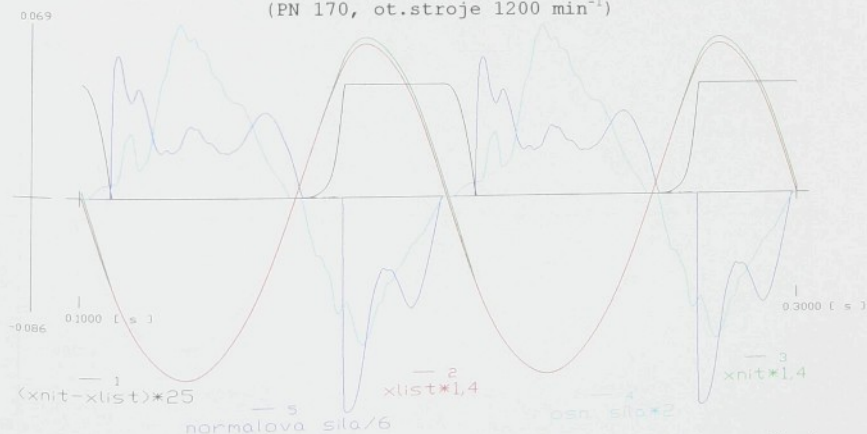
Obr.P.3.15 Průběh dráhy listu a nitěnky, velikosti normálové reakce mezi listem a nitěnkou, velikosti osnovní síly
(PN 170, ot.stroje 800 min⁻¹)



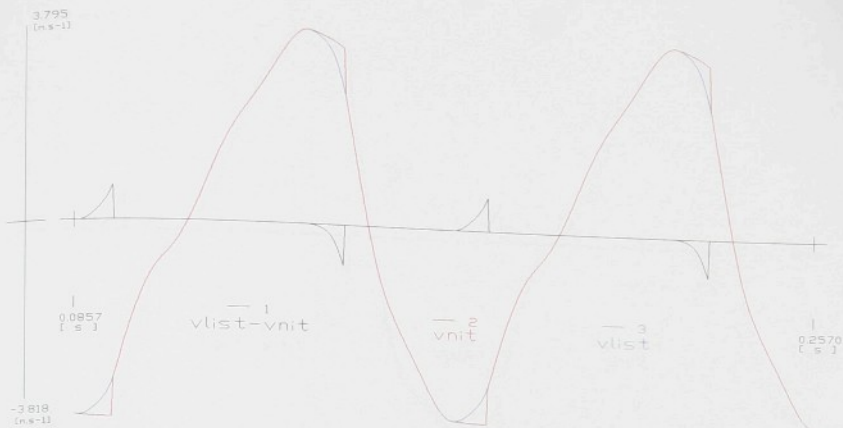
Obr.P.3.16 Průběh rychlosti listu a nitěnky
(PN 170, ot.stroje 1200 min^{-1})



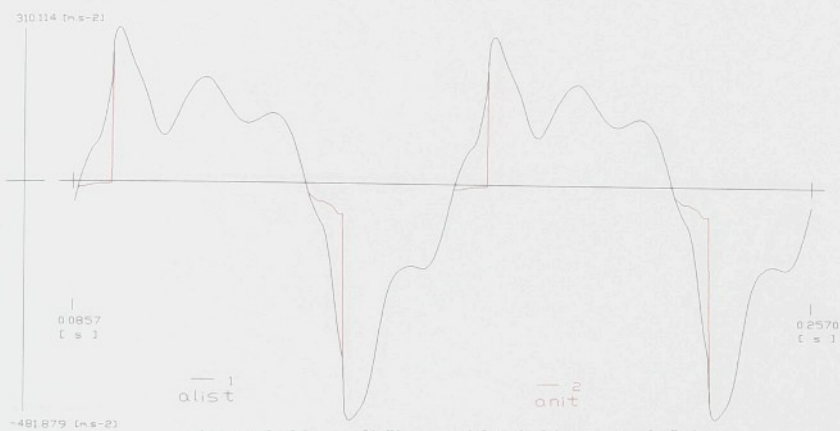
Obr.P.3.17 Průběh zrychlení listu a nitěnky
(PN 170, ot.stroje 1200 min^{-1})



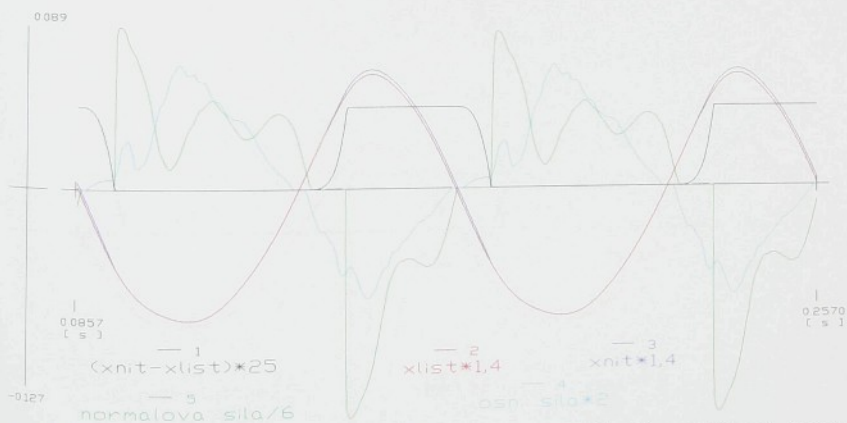
Obr.P.3.18 Průběh dráhy listu a nitěnky, velikosti normálové reakce mezi listem a nitěnkou, velikosti osnovní síly
(PN 170, ot.stroje 1200 min^{-1})



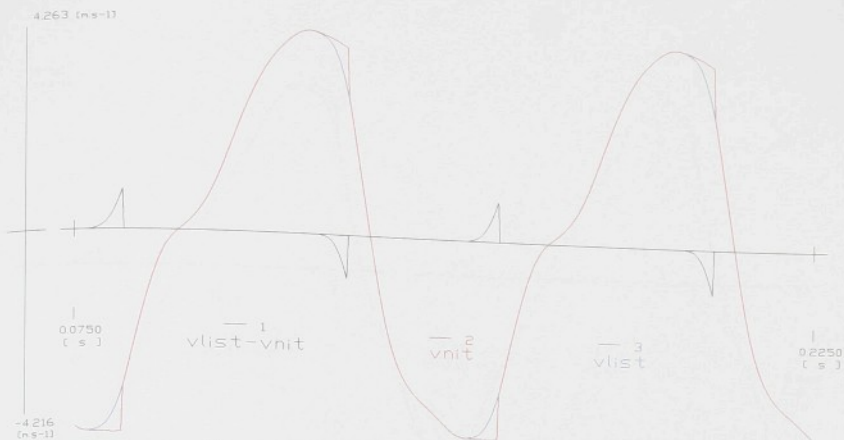
Obr.P.3.19 Průběh rychlosti listu a nitěčky
(PN 170, ot.stroje 1400 min⁻¹)



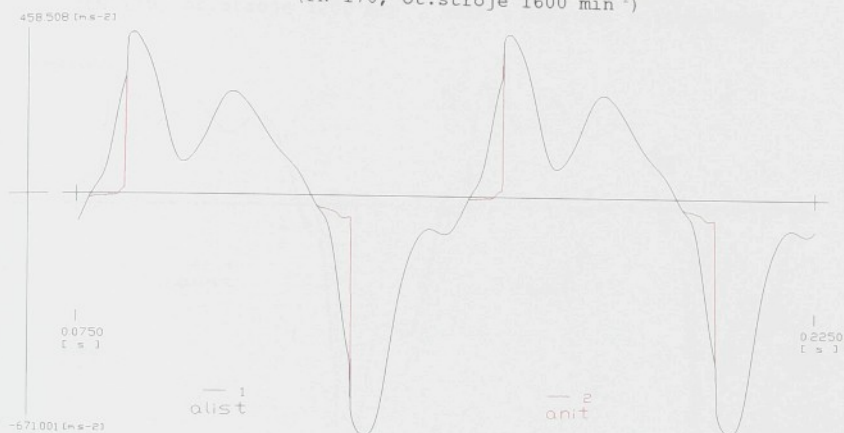
Obr.P.3.20 Průběh zrychlení listu a nitěčky
(PN 170, ot.stroje 1400 min⁻¹)



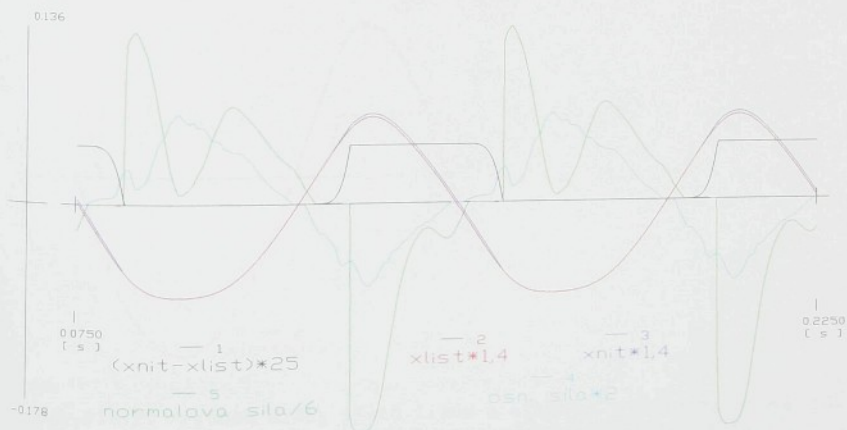
Obr.P.3.21 Průběh dráhy listu a nitěčky, velikosti normálové reakce
mezi listem a nitěčkou, velikosti osnovní síly
(PN 170, ot.stroje 1400 min⁻¹)



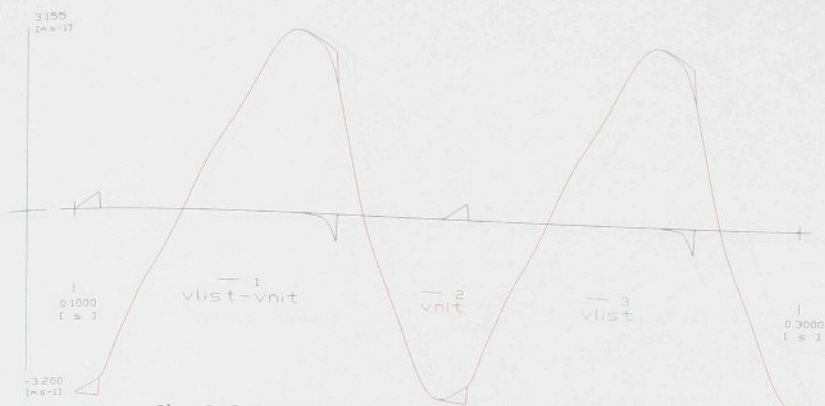
Obr.P.3.22 Průběh rychlosti listu a nitěnky
(PN 170, ot.stroje 1600 min⁻¹)



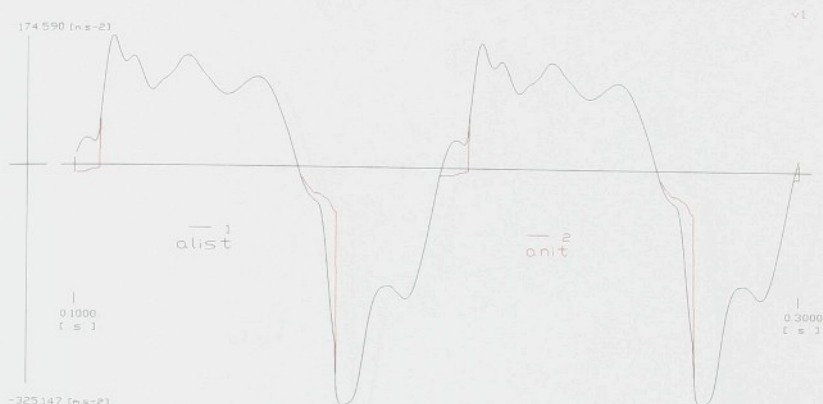
Obr.P.3.23 Průběh zrychlení listu a nitěnky
(PN 170, ot.stroje 1600 min⁻¹)



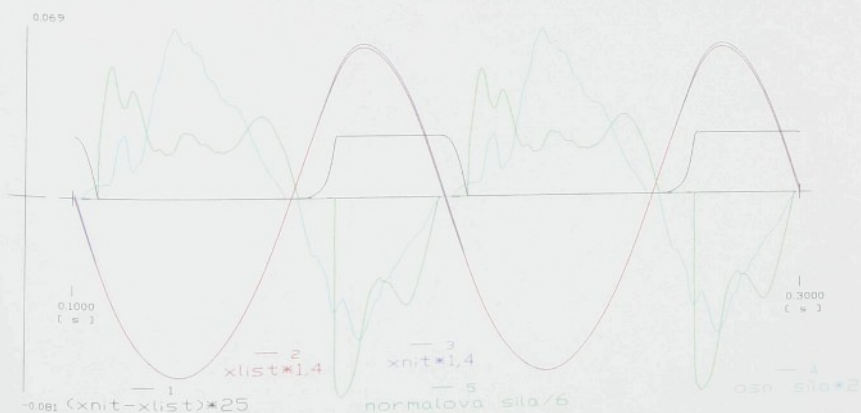
Obr.P.3.24 Průběh dráhy listu a nitěnky, velikosti normálové reakce
mezi listem a nitěnkou, velikosti osnovní síly
(PN 170, ot.stroje 1600 min⁻¹)



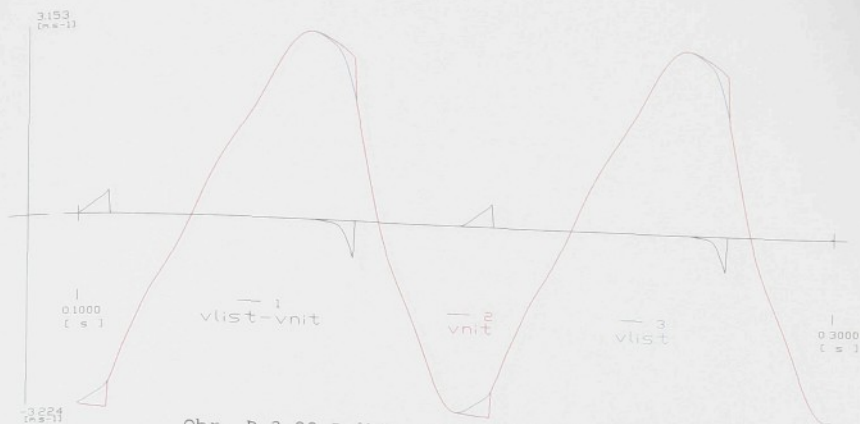
Obr. P.3.25 Průběh rychlosti listu a nitěčky
(PN 170, ot.stroje 1200 min^{-1} , vůle v uchycení nitěčky 1mm)



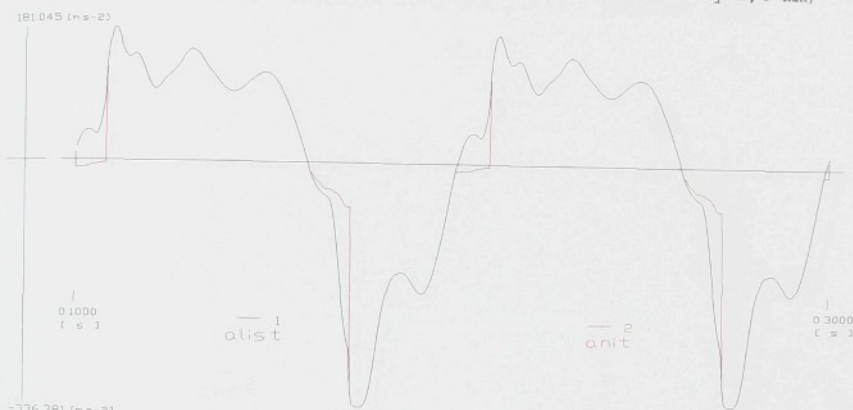
Obr. P.3.26 Průběh zrychlení listu a nitěčky
(PN 170, ot.stroje 1200 min^{-1} , vůle v uchycení nitěčky 1mm)



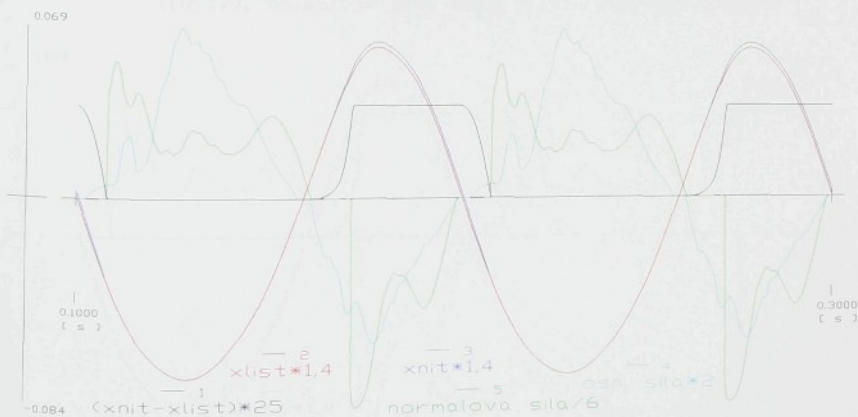
Obr. P.3.27 Průběh dráhy listu a nitěčky, velikosti normálové
reakce mezi listem a nitěčkou, velikosti osnovní síly
(PN 170, ot.stroje 1200 min^{-1} , vůle v uchycení nitěčky 1mm)



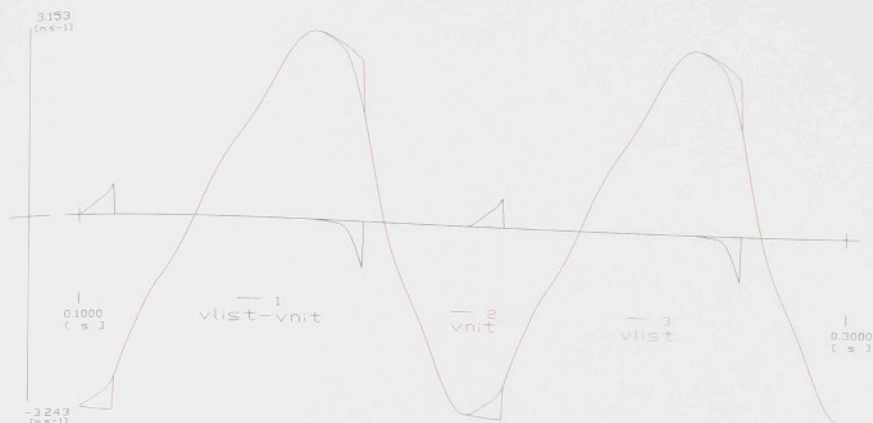
Obr. P.3.28 Průběh rychlosti listu a nitěčky
(PN 170, ot.stroje 1200 min^{-1} , vůle v uchycení nitěčky 1,5 mm)



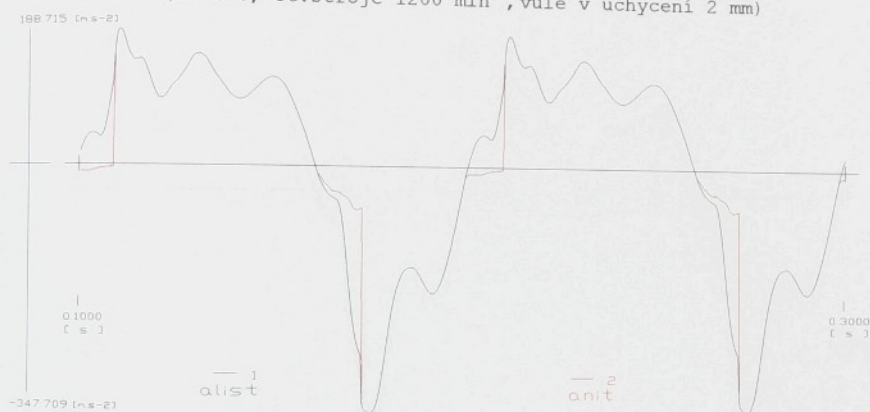
Obr. P.3.29 Průběh zrychlení listu a nitěčky
(PN 170, ot.stroje 1200 min^{-1} , vůle v uchycení nitěčky 1,5 mm)



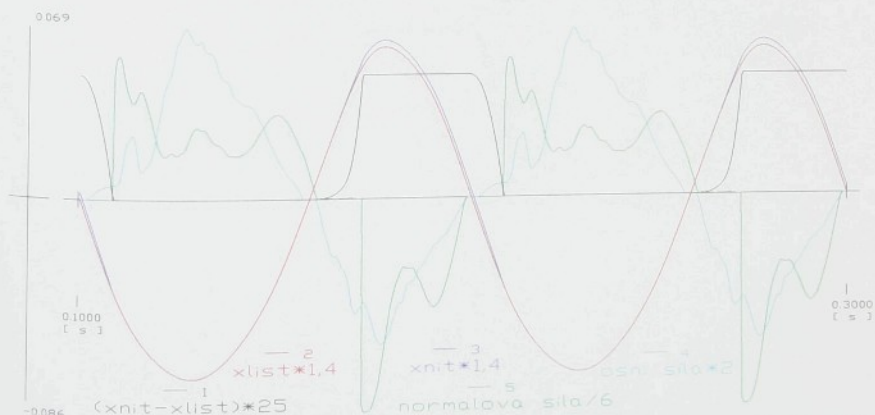
Obr. P.3.30 Průběh dráhy listu a nitěčky, velikosti normálové reakce mezi listem a nitěčkou, velikosti osnovní síly (PN 170, ot.stroje 1200 min^{-1} , vůle v uchycení nitěčky 1,5 mm)



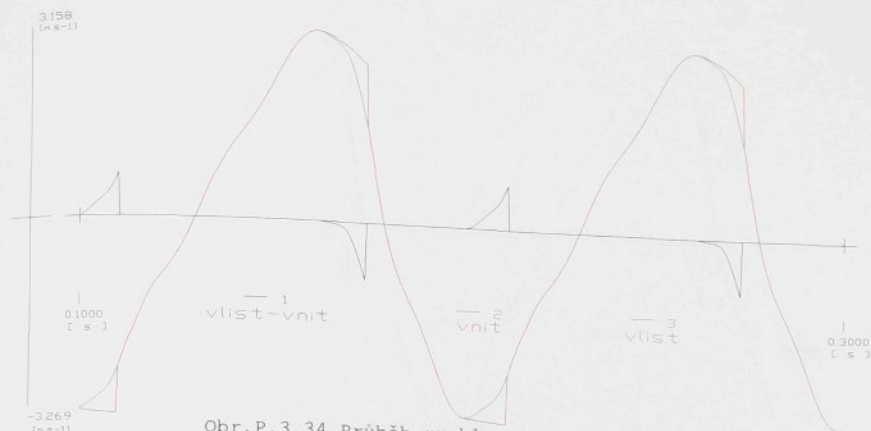
Obr. P.3.31 Průběh rychlosti listu a nitěčky
(PN 170, ot.stroje 1200 min⁻¹, vůle v uchycení 2 mm)



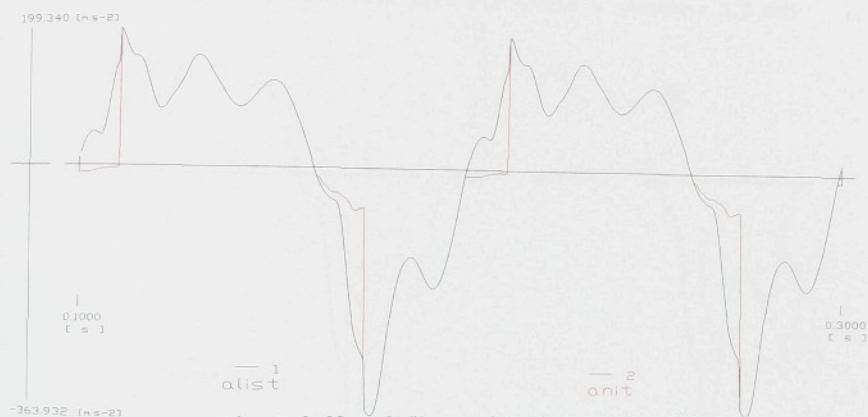
Obr. P.3.32 Průběh zrychlení listu a nitěčky
(PN 170, ot.stroje 1200 min⁻¹, vůle v uchycení 2 mm)



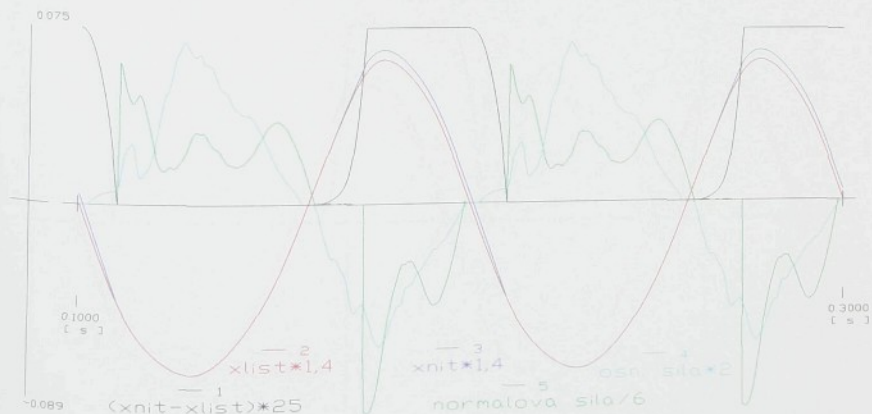
Obr. P.3.33 Průběh dráhy listu a nitěčky, velikosti normálové reakce
mezi listem a nitěčkou, velikosti osnovní síly
(PN 170, ot.stroje 1200 min⁻¹, vůle v uchycení 2 mm)



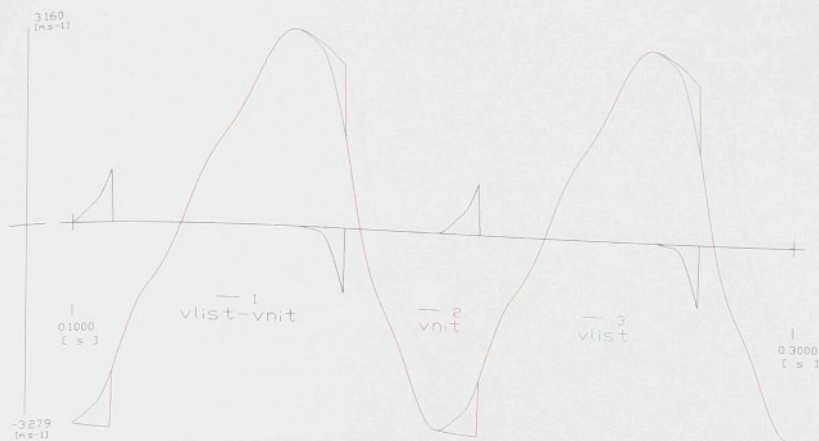
Obr.P.3.34 Průběh rychlosti listu a nitěnky
(PN 170, ot.stroje 1200 min⁻¹, vůle v uchycení 3 mm)



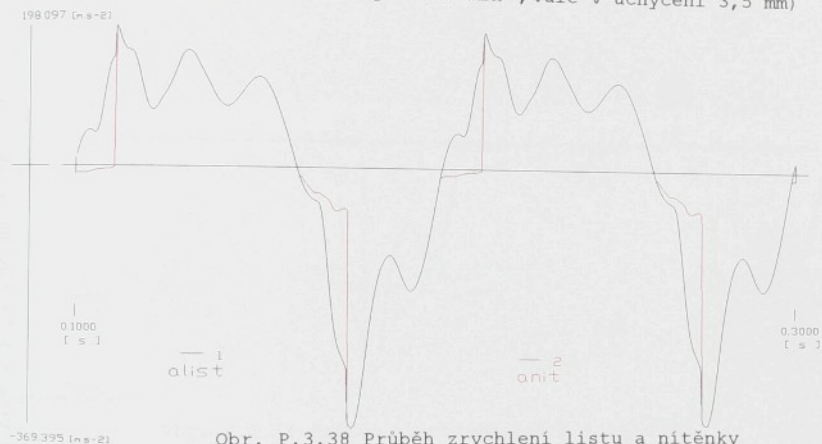
Obr.P.3.35 Průběh zrychlení listu a nitěnky
(PN 170, ot.stroje 1200 min⁻¹, vůle v uchycení 3 mm)



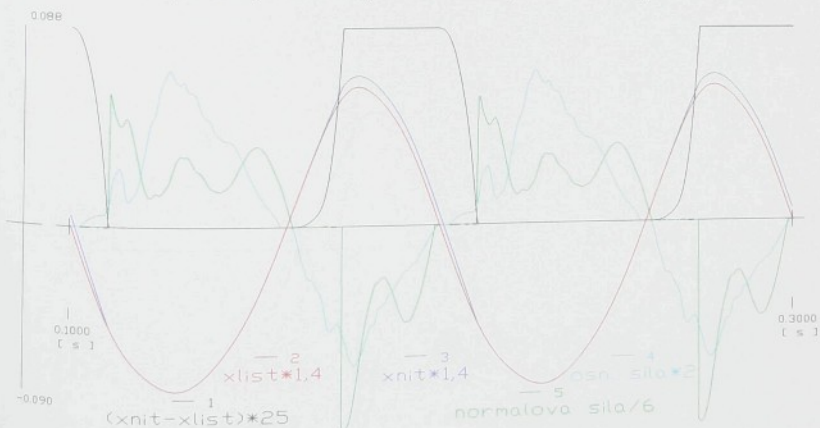
Obr.P.3.36 Průběh dráhy listu a nitěnky, velikosti normálové reakce
mezi listem a nitěnkou, velikosti osnovní síly
(PN 170, ot.stroje 1200 min⁻¹, vůle v uchycení 3 mm)



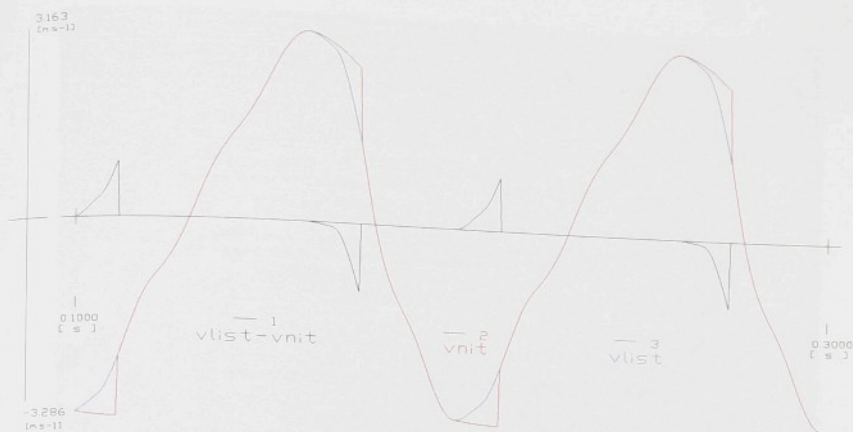
Obr. P.3.37 Průběh rychlosti listu a nitěčky
(PN 170, ot.stroje 1200 min⁻¹, vůle v uchycení 3,5 mm)



Obr. P.3.38 Průběh zrychlení listu a nitěčky
(PN 170, ot.stroje 1200 min⁻¹, vůle v uchycení 3,5 mm)



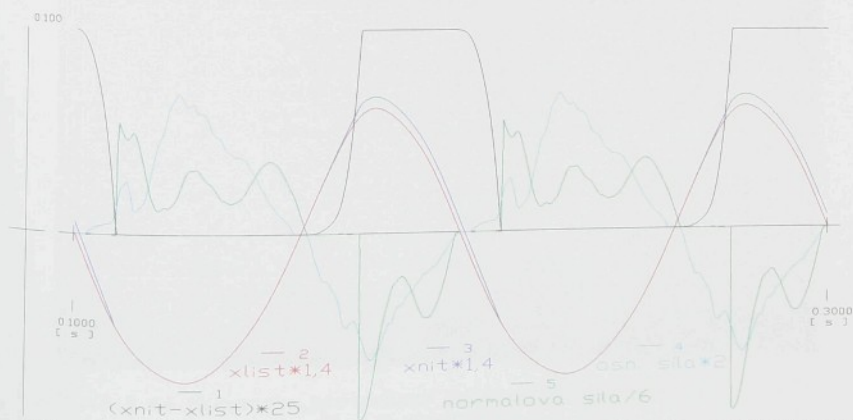
Obr. P.3.39 Průběh dráhy listu listu a nitěčky, velikosti normálové reakce
mezi listem a nitěčkou, velikosti osnovní síly
(PN 170, ot.stroje 1200 min⁻¹, vůle v uchycení 3,5 mm)



Obr. P.3.40 Průběh rychlosti listu a nitěnky
(PN 170, ot.stroje 1200 min⁻¹, vůle v uchycení 4 mm)



Obr. P.3.41 Průběh zrychlení listu a nitěnky
(PN 170, ot.stroje 1200 min⁻¹, vůle v uchycení 4 mm)



Obr. P.3.42 Průběh dráhy listu a nitěnky, velikosti normálové reakce
mezi listem a nitěnkou, velikosti osnovní síly
(PN 170, ot.stroje 1200 min⁻¹, vůle v uchycení 4 mm)

Varianta programu pro řešení 6-clenného kloubového mechanismu
(úprava pro výpočet pohybu nitěnky během otáčky)

beh programu pro dynamiku mechanismu	1
grafický výstup na obrazovku	2
grafický výstup na obrazovku a data pro plotr	3
konec programu	4

ZADEJ ČÍSLO VOLBY

Katedra textilních a odevních strojů Copyright 1998

Obr.P.3.43 Vstupní obrazovka programu pro výpočet matematických modelů pomocí metody Runge-Kutta 4.řádu

**** VÝPOČET DYNAMIKY KLOUBOVÉHO MECHANISMU ****
**** PROGRAM -NITENKA- ****

Zadej jméno varianty výpočtu : **ot600**

Celková doba řešení **9.5** Casový krok výpočtu **0.0001**

klíč typ rychlosti nábehu
1 - konstantní
2 - kosinusový
3 - kosinusový & kosinus

Typ nábehu : **1**

pocáteční hodnoty :

1. f12p= 1.295E+00	2. f14p= 4.900E-01	3. f14l= 1.210E+00
4. f14m= 0.000E+00	5. f16l= 3.140E+00	6. f16m= 3.140E+00
7. xnit= 0.000E+00	8. om2p= 6.283E+01	9. om4p= 0.000E+00
10. om4l= 0.000E+00	11. om4m= 0.000E+00	12. om6l= 0.000E+00
13. om6m= 0.000E+00	14. vnit= 0.000E+00	

chceš opravit počáteční podmínky a/n

Zadání počátečních podmínek pro řešení dynamiky mechanismu

1. Zadání řídících dat pro řešení pohybových rovnic pomocí metody RUNGE-KUTTA 4.řádu
2. zadání typu rozbehové funkce pro počáteční nárůst rychlosti mechanismu

Obr.P.3.44 Obrazovka pro zadání počátečních podmínek pro řešení mechanismu

**** VYPOCET DYNAMIKY KLOUBOVEHO MECHANISMU ****

Zadana ridici data :

celkova doba vypoctu - 0.5000000

casovy krok vypoctu - 0.0001000

Zadane parametry diferencialnich rovnici

chces opravit parametry a/n

1. C2 = 1.000E+05	2. C4 = 3.200E+05	3. = 0.000E+00
4. C4L = 3.500E+04	5. C4M = 3.500E+04	6. C6L = 1.300E+04
7. C6M = 1.300E+04	8. K2 = 2.614E+00	9. K4 = 1.970E+01
10. = 0.000E+00	11. K4L = 1.330E+01	12. K4M = 0.000E+00
13. K6L = 2.000E+01	14. K6M = 2.108E+01	15. I2P = 1.403E-03
16. I4 = 2.490E-02	17. I4P = 3.500E-01	18. I4L = 3.500E-01
19. I4M = 3.500E-01	20. I6 = 4.000E-02	21. I6L = 1.500E-01
22. I6M = 1.500E-01	23. G4L = 4.000E+01	24. G4M = 4.000E+01
25. G6L = 4.000E+01	26. G6M = 4.000E+01	27. nnit = 1.800E-03
28. nnit = 6.000E+02	29. = 1.000E-01	30. OMEG = 6.203E+01
31. I1a = 1.330E-01	32. I2p = 2.000E-02	33. I3 = 6.500E-02
34. I4 = 1.170E-01	35. I1b = 6.550E-01	36. I4p = 1.250E-01
37. I5 = 6.054E-01	38. I6 = 1.250E-01	39. Lpro = 1.300E-01
40. = 1.500E-01	41. ocko = 5.000E-03	42. nit = 1.900E-03
43. I4l = 2.600E-01	44. I4m = 2.600E-01	45. I6l = 2.600E-01
46. I6m = 2.600E-01	47. v2p = 1.000E-03	48. v4p = 1.000E-03
49. = 0.000E+00	50. 4-4p = 1.452E+00	51. 4-4l = 5.106E-01
52. 6-6l = 1.946E+00	53. = 0.000E+00	54. Tr = 1.000E-01
55. N = 1.000E+00	56. A = 1.000E+01	

Obr.P.3.45 Zadání vstupních parametrů výpočtu

**** VYPOCET DYNAMIKY KLOUBOVEHO MECHANISMU ****

Zadana ridici data :

celkova doba vypoctu - 0.5000000

casovy krok vypoctu - 0.0001000

fi: 18.415887

zdv: -0.009837

50.980 %

Zadane parametry diferencialnich rovnici

cas: 0.25490

zdvih nitenky: 0.000000000E+00

1. C2 = 1.000E+05	2. C4 = 3.200E+05	3. = 0.000E+00
4. C4L = 3.500E+04	5. C4M = 3.500E+04	6. C6L = 1.300E+04
7. C6M = 1.300E+04	8. K2 = 2.614E+00	9. K4 = 1.970E+01
10. = 0.000E+00	11. K4L = 1.330E+01	12. K4M = 0.000E+00
13. K6L = 2.000E+01	14. K6M = 2.108E+01	15. I2P = 1.403E-03
16. I4 = 2.490E-02	17. I4P = 3.500E-01	18. I4L = 3.500E-01
19. I4M = 3.500E-01	20. I6 = 4.000E-02	21. I6L = 1.500E-01
22. I6M = 1.500E-01	23. G4L = 4.000E+01	24. G4M = 4.000E+01
25. G6L = 4.000E+01	26. G6M = 4.000E+01	27. nnit = 1.800E-03
28. nnit = 6.000E+02	29. = 1.000E-01	30. OMEG = 6.203E+01
31. I1a = 1.330E-01	32. I2p = 2.000E-02	33. I3 = 6.500E-02
34. I4 = 1.170E-01	35. I1b = 6.550E-01	36. I4p = 1.250E-01
37. I5 = 6.054E-01	38. I6 = 1.250E-01	39. Lpro = 1.300E-01
40. = 1.500E-01	41. ocko = 5.000E-03	42. nit = 1.900E-03
43. I4l = 2.600E-01	44. I4m = 2.600E-01	45. I6l = 2.600E-01
46. I6m = 2.600E-01	47. v2p = 1.000E-03	48. v4p = 1.000E-03
49. = 0.000E+00	50. 4-4p = 1.452E+00	51. 4-4l = 5.106E-01
52. 6-6l = 1.946E+00	53. = 0.000E+00	54. Tr = 1.000E-01
55. N = 1.000E+00	56. A = 1.000E+01	

Obr.P.3.46 Probíhá výpočet diferenciálních rovnic pomocí metody Runge-Kutta 4.řádu

DYNAMIKA KLOUBOVÉHO MECHANISMU
PROGRAM NITENKA

Zadej jméno výstupního souboru pro Autocad : **ot600** .dxf

pocáteční čas grafu: **3** koncový čas grafu: **3.2**

zadej požadované údaje - viz nabídka/klic
typ výstupních veličin

1 - vychylka
2 - rychlost
3 - zrychlení
4 - ostatní
5 - ostatní

zadej typ : **4**

klic - rameno

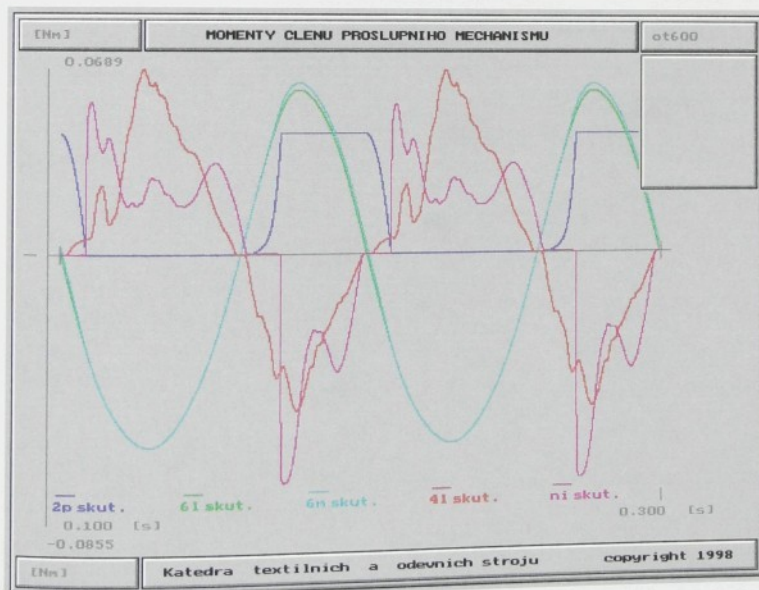
1	-	2p
2	-	4p
3	-	4l
4	-	4n
5	-	6l
6	-	6n
7	-	nit
0	-	konec dat

Pro grafický výstup zadej požadované veličiny
por.cislo rameno hodnota

1	1	1
2	5	1
3	6	1
4	3	1
5	7	1
6	2	1

správně zadání? a/n

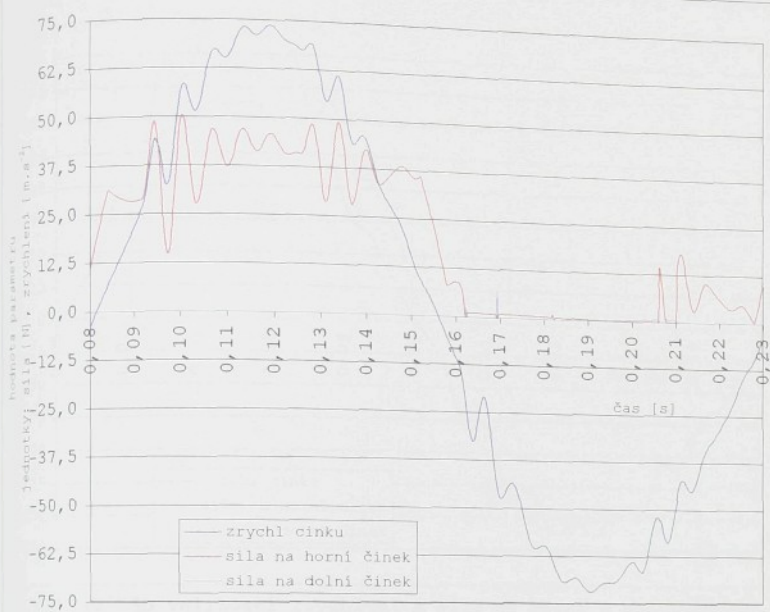
Obr.P.3.47 Obrazovka pro řízení grafického výstupu vypočítaných dat na monitor



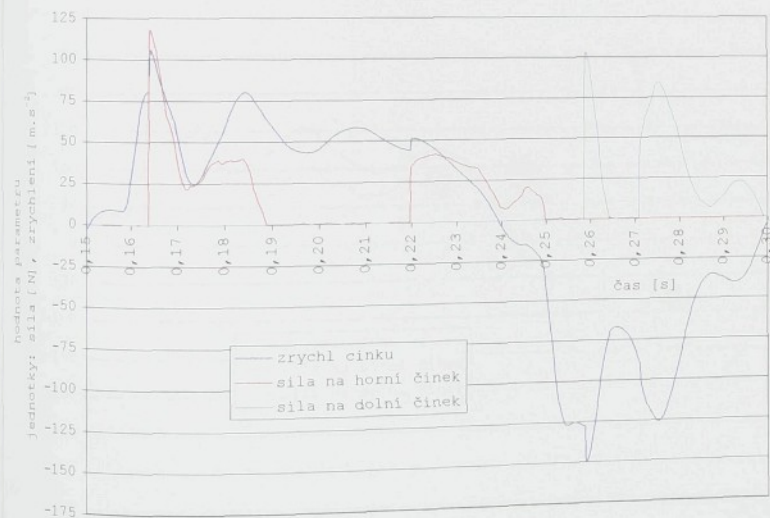
Obr.P.3.48 Grafický výstup vypočítaných dat na obrazovce

Příloha 4

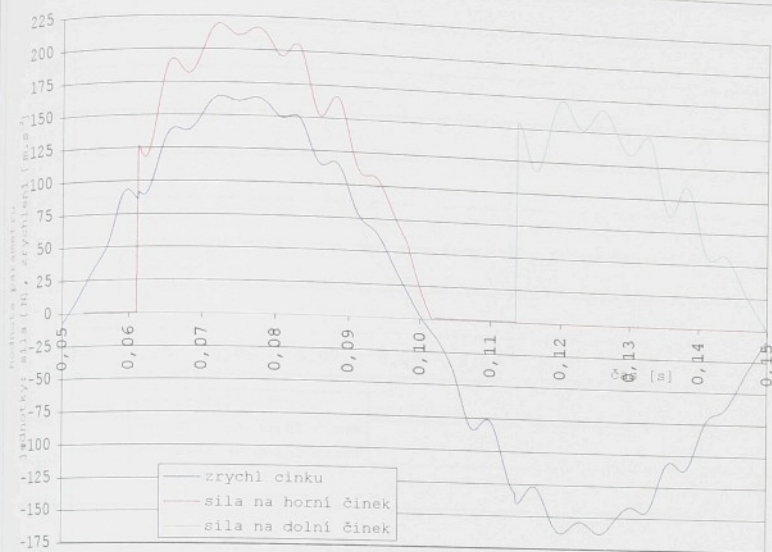
Časové průběhy zatěžujících sil na
brdový list



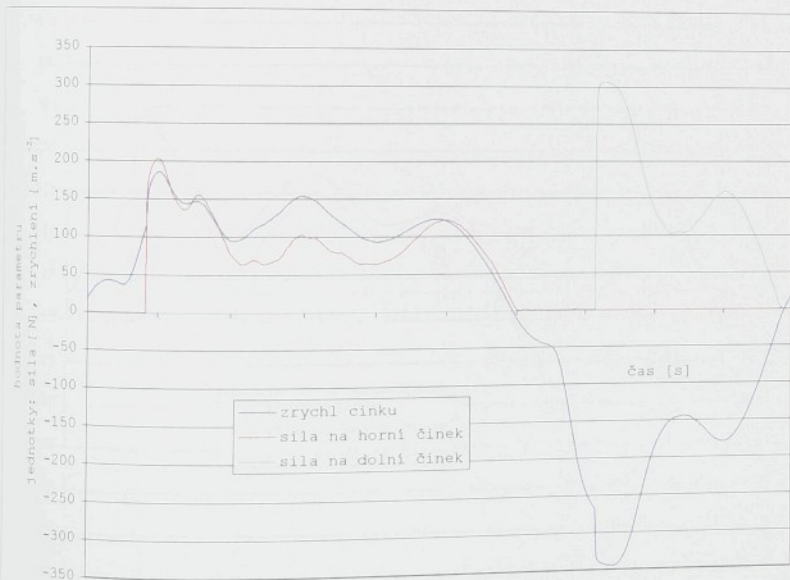
Obr.P.4.1 Průběh velikosti zrychlení a síly na horní a dolní čínek během otáčky stroje (ALPHA 190, otáčky stroje 800 min^{-1})



Obr.P.4.2 Průběh velikosti zrychlení a síly na horní a dolní čínek během otáčky stroje (PN 170, otáčky stroje 800 min^{-1})



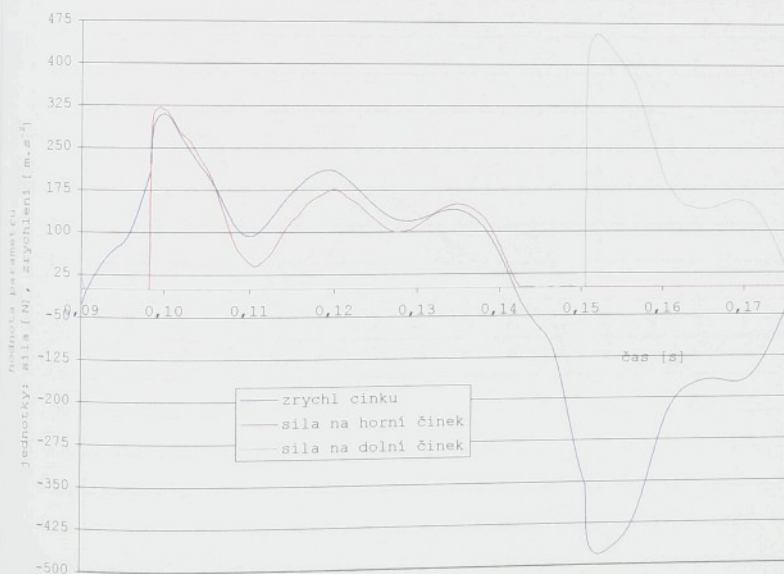
Pr.P.4.3 Průběh velikosti zrychlení a síly na horní a dolní čínek během otáčky stroje (ALPHA 190, otáčky stroje 1200 min⁻¹)



Pr.P.4.4 Průběh velikosti zrychlení a síly na horní a dolní čínek během otáčky stroje (PN 170, otáčky stroje 1200 min⁻¹)



obr.P.4.5 Průběh velikosti zrychlení a síly na horní a dolní čínek během otáčky stroje (ALPHA 190, otáčky stroje 1400 min⁻¹)



obr.P.4.6 Průběh velikosti zrychlení a síly na horní a dolní čínek během otáčky stroje (PN 170, otáčky stroje 1400 min⁻¹)

obr.P.4.7 Průběh velikosti zrychlení a síly na horní a dolní činek
během otáčky stroje (ALPHA 190, otáčky stroje 1600 min⁻¹)

Pr. P.4.8 Průběh velikosti zrychlení a síly na horní a dolní činek
během otáčky stroje (PN 170, otáčky stroje 1600 min⁻¹)

Příloha 5

Zápis odvození vztahu pro výpočet
vlastních frekvencí pomocí programu
MapleV

```
>with(linalg):
>A:=matrix([[1,0,0,0],[0,1,0,0],[0,-k,1,0],[0,0,0,1]]);
```

$$A := \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & -k & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

```
>B:=matrix([[S,L*T/lambda,-L*L*U/lambda/lambda/(E*J),L*L*L*V/lambda/lambda/
>lambda/E/J],[lambda*V/L,S,-L*T/lambda/E/J,-L*L*U/lambda/lambda/E/J],
>[-lambda*lambda*E*J*U/L/L,-lambda*E*J*V/L,S,L*T/lambda],[-lambda*lambda*
>lambda*E*J*T/L/L/L,-lambda*lambda*E*J*U/L/L,lambda*V/L,S]]);
```

$$B := \begin{bmatrix} S & \frac{LT}{\lambda} & -\frac{L^2 U}{\lambda^2 EJ} & -\frac{L^3 V}{\lambda^3 EJ} \\ \frac{\lambda V}{L} & S & -\frac{LT}{\lambda EJ} & -\frac{L^2 U}{\lambda^2 EJ} \\ -\frac{\lambda^2 EJU}{L^2} & -\frac{\lambda EJV}{L} & S & \frac{LT}{\lambda} \\ -\frac{\lambda^3 EJT}{L^3} & -\frac{\lambda^2 EJU}{L^2} & \frac{\lambda V}{L} & S \end{bmatrix}$$

```
>evalm(A&*B&*A);
```

$$\begin{bmatrix} S & \frac{L(kLU+T\lambda EJ)}{\lambda^2 EJ} & -\frac{L^2 U}{\lambda^2 EJ} & -\frac{L^3 V}{\lambda^3 EJ} \\ \frac{\lambda V}{L} & \frac{kLT+S\lambda EJ}{\lambda EJ} & -\frac{LT}{\lambda EJ} & -\frac{L^2 U}{\lambda^2 EJ} \\ -\frac{\lambda(kVL+\lambda EJU)}{L^2} & -\frac{2\lambda EJkSL+\lambda^2 E^2 J^2 V+k^2 L^2 T}{L\lambda EJ} & \frac{kLT+S\lambda EJ}{\lambda EJ} & \frac{L(kLU+T\lambda EJ)}{\lambda^2 EJ} \\ -\frac{\lambda^3 EJT}{L^3} & -\frac{\lambda(kVL+\lambda EJU)}{L^2} & \frac{\lambda V}{L} & S \end{bmatrix}$$

```

>C:=matrix([[ (L*(k*L*U+T*lambda*E*J))/lambda/lambda/E/J, -
L*L*L*V/lambda/lambda/ >lambda/E/J], [(-
2*k*S*lambda*E*J*L+lambda*lambda*E*E*J*J*V+k*k*L*L*T)/(L*lambda*E*J),
>(L(k*L*U+T*lambda*E*J))/lambda/lambda/E/J]]);

```

$$C = \begin{bmatrix} \frac{L(kLU + T\lambda EJ)}{\lambda^2 EJ} & -\frac{L^3 V}{\lambda^3 EJ} \\ \frac{-2\lambda EJ kSL + \lambda^2 E^2 J^2 V + k^2 L^2 T}{L\lambda EJ} & \frac{L(kLU + T\lambda EJ)}{\lambda^2 EJ} \end{bmatrix}$$

```

>det(C);

```

$$\frac{L(L(kLU + T\lambda EJ)kLU + L(kLU + T\lambda EJ)T\lambda EJ - 2L^2 V\lambda EJ kS + LV^2 \lambda^2 E^2 J^2 + L^3 V k^2 T)}{\lambda^4 E^2 J^2}$$

Příloha 6

Analýza citlivosti konstrukčních
parametrů brdového listu

Seznam grafů:

Hodnoty zatížení pro dolní úvrat

P.6.1	Deformace horního činku	změna L_c	Var.A
P.6.2	Rozdíl deformace horního a dolního činku		
P.6.3	Deformace horního činku	změna I_k	
P.6.4	Rozdíl deformace horního a dolního činku		
P.6.5	Deformace horního činku	změna I_c	
P.6.6	Rozdíl deformace horního a dolního činku		
P.6.7	Deformace horního činku	změna L_k	
P.6.8	Rozdíl deformace horního a dolního činku		Var.B
P.6.9	Deformace horního činku	změna b	
P.6.10	Rozdíl deformace horního a dolního činku		
P.6.11	Deformace horního činku	změna L_c	
P.6.12	Rozdíl deformace horního a dolního činku		
P.6.13	Deformace horního činku	změna I_k	
P.6.14	Rozdíl deformace horního a dolního činku		
P.6.15	Deformace horního činku	změna I_c	
P.6.16	Rozdíl deformace horního a dolního činku		
P.6.17	Deformace horního činku	změna L_k	
P.6.18	Rozdíl deformace horního a dolního činku		
P.6.19	Hodnota 1.vlastní frekvence	změna L_c	
P.6.20	Hodnota 2.vlastní frekvence		
P.6.21	Hodnota 1.vlastní frekvence	změna I_k	
P.6.22	Hodnota 2.vlastní frekvence		Var.C
P.6.23	Hodnota 1.vlastní frekvence	změna I_c	
P.6.24	Hodnota 2.vlastní frekvence		
P.6.25	Hodnota 1.vlastní frekvence	změna L_k	
P.6.26	Hodnota 2.vlastní frekvence		
P.6.27	Deformace horního činku	změna L_c	
P.6.28	Rozdíl deformace horního a dolního činku		
P.6.29	Deformace horního činku	změna I_k	
P.6.30	Rozdíl deformace horního a dolního činku		
P.6.31	Deformace horního činku	změna I_c	
P.6.32	Rozdíl deformace horního a dolního činku		
P.6.33	Deformace horního činku	změna L_k	
P.6.34	Rozdíl deformace horního a dolního činku		
P.6.35	Deformace horního činku	změna e, f	
P.6.36	Rozdíl deformace horního a dolního činku	změna L_c	
P.6.37	Hodnota 1.vlastní frekvence		
P.6.38	Hodnota 2.vlastní frekvence	změna I_k	
P.6.39	Hodnota 1.vlastní frekvence		
P.6.40	Hodnota 2.vlastní frekvence	změna I_c	
P.6.41	Hodnota 1.vlastní frekvence		
P.6.42	Hodnota 2.vlastní frekvence	změna L_k	
P.6.43	Hodnota 1.vlastní frekvence		
P.6.44	Hodnota 2.vlastní frekvence		
P.6.45	Hodnota vlastní frekvence horního činku	změna e, f	
P.6.46	Hodnota vlastní frekvence dolního činku		

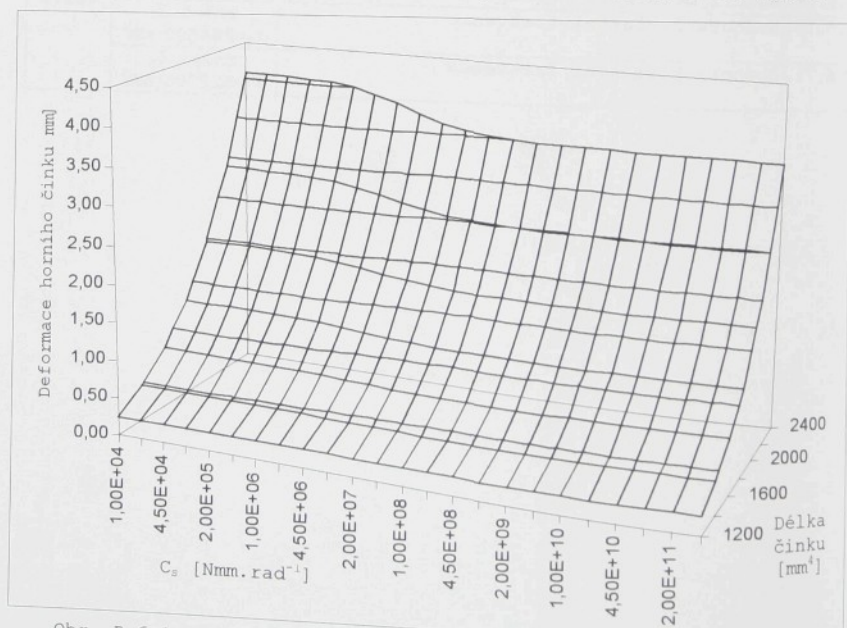
Hodnoty zatížení pro horní úvrať

P.6.47	Deformace dolního činku	změna L_c	Var.A
P.6.48	Rozdíl deformace horního a dolního činku		
P.6.49	Deformace dolního činku	změna I_k	
P.6.50	Rozdíl deformace horního a dolního činku		
P.6.51	Deformace dolního činku	změna I_c	
P.6.52	Rozdíl deformace horního a dolního činku		
P.6.53	Deformace dolního činku	změna L_k	
P.6.54	Rozdíl deformace horního a dolního činku		Var.B
P.6.55	Deformace dolního činku	změna b	
P.6.56	Rozdíl deformace horního a dolního činku		
P.6.57	Rozdíl deformace horního a dolního činku	změna L_c	
P.6.58	Rozdíl deformace horního a dolního činku	změna I_k	
P.6.59	Rozdíl deformace horního a dolního činku	změna I_c	
P.6.60	Rozdíl deformace horního a dolního činku	změna L_k	
P.6.61	Rozdíl deformace horního a dolního činku	změna L_c	Var.C
P.6.62	Rozdíl deformace horního a dolního činku	změna I_k	
P.6.63	Rozdíl deformace horního a dolního činku	změna I_c	
P.6.64	Rozdíl deformace horního a dolního činku	změna L_k	
P.6.65	Rozdíl deformace horního a dolního činku	změna e, f	

Ostatní varianty výpočtu zatížení DÚ			
P.6.66	Deformace horního činku	změna I_k	Var.B
P.6.67	Rozdil deformace horního a dolního činku	$I_c=264000 \text{ mm}^4$	
P.6.68	Deformace horního činku	změna I_k	
P.6.69	Rozdil deformace horního a dolního činku	$I_c=622000 \text{ mm}^4$	
P.6.70	Hodnota 2.vlastní frekvence	změna I_k	
		$I_c=264000 \text{ mm}^4$	
P.6.71	Hodnota 2.vlastní frekvence	změna I_k	
		$I_c=622000 \text{ mm}^4$	

délka činku	1200 [mm]	1400 [mm]	1600 [mm]	1800 [mm]	2000 [mm]	2200 [mm]	2400 [mm]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	Deformace horního činku [mm]						
1,00E+04	0,2550	0,4725	0,8060	1,2909	1,9675	2,8805	4,0794
2,00E+04	0,2550	0,4723	0,8057	1,2904	1,9667	2,8791	4,0774
4,50E+04	0,2548	0,4720	0,8050	1,2892	1,9646	2,8758	4,0722
1,00E+05	0,2545	0,4712	0,8036	1,2866	1,9602	2,8687	4,0612
2,00E+05	0,2539	0,4699	0,8011	1,2821	1,9526	2,8565	4,0424
4,50E+05	0,2526	0,4671	0,7956	1,2723	1,9359	2,8297	4,0012
1,00E+06	0,2503	0,4623	0,7862	1,2553	1,9074	2,7840	3,9309
2,00E+06	0,2475	0,4563	0,7745	1,2345	1,8724	2,7280	3,8451
4,50E+06	0,2437	0,4481	0,7587	1,2063	1,8253	2,6533	3,7312
1,00E+07	0,2402	0,4407	0,7445	1,1813	1,7837	2,5876	3,6318
2,00E+07	0,2380	0,4359	0,7355	1,1654	1,7575	2,5466	3,5702
4,50E+07	0,2364	0,4325	0,7290	1,1541	1,7390	2,5177	3,5269
1,00E+08	0,2355	0,4308	0,7257	1,1484	1,7296	2,5031	3,5051
2,00E+08	0,2352	0,4300	0,7243	1,1459	1,7255	2,4967	3,4956
4,50E+08	0,2350	0,4296	0,7235	1,1444	1,7231	2,4930	3,4901
1,00E+09	0,2349	0,4294	0,7231	1,1438	1,7221	2,4914	3,4877
2,00E+09	0,2348	0,4293	0,7230	1,1435	1,7217	2,4907	3,4867
4,50E+09	0,2348	0,4293	0,7229	1,1434	1,7214	2,4903	3,4861
1,00E+10	0,2348	0,4292	0,7228	1,1433	1,7213	2,4902	3,4859
2,00E+10	0,2348	0,4292	0,7228	1,1433	1,7213	2,4901	3,4858
4,50E+10	0,2348	0,4292	0,7228	1,1433	1,7212	2,4901	3,4857
1,00E+11	0,2348	0,4292	0,7228	1,1433	1,7212	2,4901	3,4857
2,00E+11	0,2348	0,4292	0,7228	1,1433	1,7212	2,4900	3,4857
4,50E+11	0,2348	0,4292	0,7228	1,1433	1,7212	2,4900	3,4857

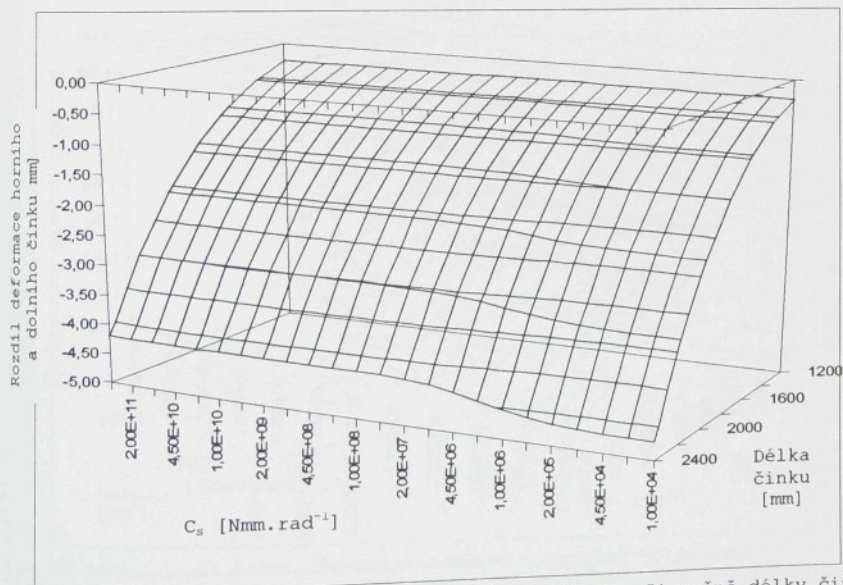
Tab.P.6.1 Deformace horního činku při změně délky činku (var.A)



Obr. P.6.1 Deformace horního činku při změně délky činku (var.A)

délka činku	1200 [mm]	1400 [mm]	1600 [mm]	1800 [mm]	2000 [mm]	2200 [mm]	2400 [mm]
C_s [Nmm·rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	-0,307	-0,562	-0,949	-1,509	-2,286	-3,330	-4,696
2,00E+04	-0,307	-0,562	-0,949	-1,509	-2,285	-3,328	-4,693
4,50E+04	-0,307	-0,561	-0,948	-1,507	-2,282	-3,324	-4,687
1,00E+05	-0,307	-0,560	-0,946	-1,504	-2,277	-3,315	-4,673
2,00E+05	-0,306	-0,559	-0,943	-1,498	-2,267	-3,300	-4,650
4,50E+05	-0,304	-0,555	-0,937	-1,486	-2,247	-3,268	-4,601
1,00E+06	-0,302	-0,550	-0,926	-1,467	-2,216	-3,218	-4,524
2,00E+06	-0,299	-0,544	-0,914	-1,447	-2,181	-3,163	-4,441
4,50E+06	-0,295	-0,537	-0,901	-1,423	-2,142	-3,101	-4,347
1,00E+07	-0,293	-0,532	-0,891	-1,406	-2,114	-3,057	-4,280
2,00E+07	-0,292	-0,529	-0,886	-1,397	-2,099	-3,034	-4,244
4,50E+07	-0,291	-0,527	-0,883	-1,391	-2,090	-3,019	-4,222
1,00E+08	-0,290	-0,526	-0,881	-1,389	-2,085	-3,012	-4,211
2,00E+08	-0,290	-0,526	-0,881	-1,388	-2,084	-3,009	-4,207
4,50E+08	-0,290	-0,526	-0,880	-1,387	-2,082	-3,007	-4,204
1,00E+09	-0,290	-0,526	-0,880	-1,387	-2,082	-3,006	-4,203
2,00E+09	-0,290	-0,526	-0,880	-1,387	-2,082	-3,006	-4,203
4,50E+09	-0,290	-0,526	-0,880	-1,386	-2,082	-3,006	-4,203
1,00E+10	-0,290	-0,526	-0,880	-1,386	-2,082	-3,006	-4,202
2,00E+10	-0,290	-0,526	-0,880	-1,386	-2,082	-3,006	-4,202
4,50E+10	-0,290	-0,526	-0,880	-1,386	-2,082	-3,006	-4,202
1,00E+11	-0,290	-0,526	-0,880	-1,386	-2,082	-3,006	-4,202
2,00E+11	-0,290	-0,526	-0,880	-1,386	-2,082	-3,006	-4,202
4,50E+11	-0,290	-0,526	-0,880	-1,386	-2,082	-3,006	-4,202

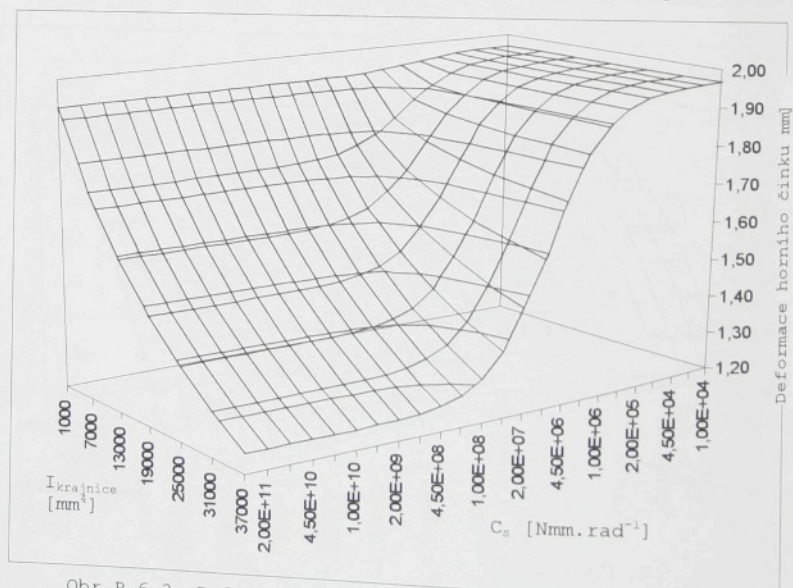
Tab.P.6.2 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně délky činku (var.A)



Tab.P.6.2 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně délky činku (var.A)

I krajnice	1000 [mm ⁴]	7000 [mm ⁴]	13000 [mm ⁴]	19000 [mm ⁴]	25000 [mm ⁴]	31000 [mm ⁴]	37000 [mm ⁴]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	Deformace horního činku [mm]						
1,00E+04	1,9675	1,9675	1,9675	1,9675	1,9675	1,9675	1,9675
2,00E+04	1,9667	1,9667	1,9666	1,9666	1,9666	1,9666	1,9666
4,50E+04	1,9649	1,9646	1,9646	1,9645	1,9645	1,9645	1,9645
1,00E+05	1,9616	1,9602	1,9600	1,9600	1,9600	1,9599	1,9599
2,00E+05	1,9571	1,9527	1,9521	1,9519	1,9518	1,9518	1,9517
4,50E+05	1,9502	1,9362	1,9340	1,9331	1,9326	1,9323	1,9321
1,00E+06	1,9429	1,9084	1,9005	1,8970	1,8949	1,8936	1,8927
2,00E+06	1,9375	1,8748	1,8551	1,8451	1,8391	1,8351	1,8322
4,50E+06	1,9332	1,8303	1,7860	1,7604	1,7436	1,7316	1,7226
1,00E+07	1,9309	1,7917	1,7164	1,6675	1,6327	1,6066	1,5860
2,00E+07	1,9298	1,7678	1,6677	1,5978	1,5454	1,5045	1,4713
4,50E+07	1,9291	1,7509	1,6304	1,5414	1,4722	1,4164	1,3700
1,00E+08	1,9289	1,7425	1,6105	1,5101	1,4304	1,3651	1,3100
2,00E+08	1,9287	1,7388	1,6015	1,4958	1,4111	1,3411	1,2816
4,50E+08	1,9287	1,7367	1,5963	1,4875	1,3996	1,3268	1,2647
1,00E+09	1,9286	1,7357	1,5940	1,4837	1,3944	1,3203	1,2570
2,00E+09	1,9286	1,7353	1,5930	1,4821	1,3923	1,3176	1,2538
4,50E+09	1,9286	1,7351	1,5925	1,4812	1,3911	1,3161	1,2520
1,00E+10	1,9286	1,7350	1,5923	1,4808	1,3905	1,3154	1,2512
2,00E+10	1,9286	1,7350	1,5922	1,4807	1,3903	1,3151	1,2508
4,50E+10	1,9286	1,7350	1,5921	1,4806	1,3902	1,3150	1,2507
1,00E+11	1,9286	1,7350	1,5921	1,4805	1,3901	1,3149	1,2506
2,00E+11	1,9286	1,7350	1,5921	1,4805	1,3901	1,3149	1,2505
4,50E+11	1,9286	1,7350	1,5921	1,4805	1,3901	1,3149	1,2505

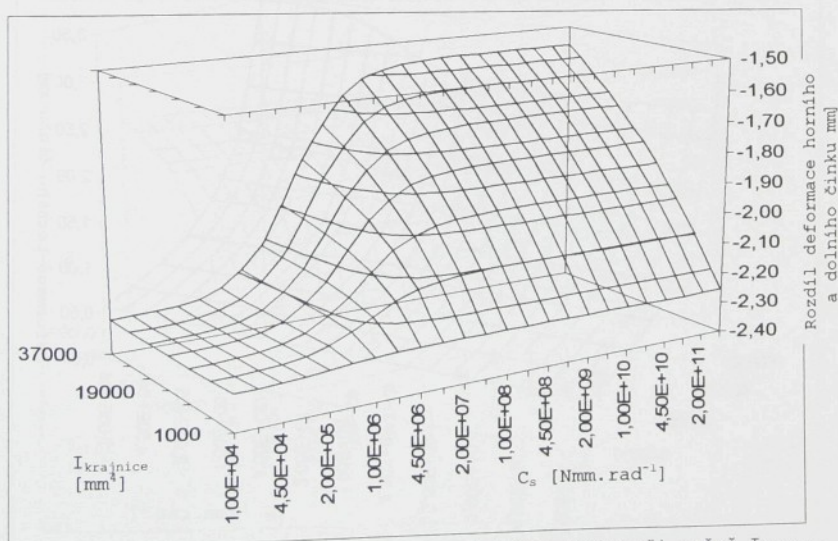
Tab.P.6.3 Deformace horního činku při změně $I_{krajnice}$ (var.A)



Obr.P.6.3 Deformace horního činku při změně $I_{krajnice}$ (var.A)

I_{krajnice}	1000 [mm ⁴]	7000 [mm ⁴]	13000 [mm ⁴]	19000 [mm ⁴]	25000 [mm ⁴]	31000 [mm ⁴]	37000 [mm ⁴]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	-2,2859	-2,2900	-2,2900	-2,2900	-2,2900	-2,2900	-2,2859
2,00E+04	-2,2850	-2,2889	-2,2889	-2,2889	-2,2889	-2,2889	-2,2848
4,50E+04	-2,2828	-2,2863	-2,2862	-2,2862	-2,2862	-2,2862	-2,2821
1,00E+05	-2,2790	-2,2807	-2,2805	-2,2804	-2,2804	-2,2803	-2,2763
2,00E+05	-2,2744	-2,2714	-2,2706	-2,2702	-2,2701	-2,2699	-2,2658
4,50E+05	-2,2684	-2,2519	-2,2483	-2,2468	-2,2460	-2,2454	-2,2411
1,00E+06	-2,2634	-2,2213	-2,2089	-2,2032	-2,1999	-2,1977	-2,1923
2,00E+06	-2,2606	-2,1885	-2,1594	-2,1440	-2,1345	-2,1280	-2,1196
4,50E+06	-2,2587	-2,1523	-2,0930	-2,0560	-2,0307	-2,0123	-1,9948
1,00E+07	-2,2578	-2,1268	-2,0366	-1,9720	-1,9236	-1,8859	-1,8523
2,00E+07	-2,2574	-2,1134	-2,0030	-1,9174	-1,8492	-1,7935	-1,7440
4,50E+07	-2,2571	-2,1050	-1,9802	-1,8782	-1,7932	-1,7213	-1,6567
1,00E+08	-2,2570	-2,1010	-1,9690	-1,8581	-1,7638	-1,6825	-1,6088
2,00E+08	-2,2570	-2,0994	-1,9642	-1,8494	-1,7507	-1,6650	-1,5870
4,50E+08	-2,2570	-2,0984	-1,9614	-1,8444	-1,7432	-1,6549	-1,5743
1,00E+09	-2,2570	-2,0980	-1,9602	-1,8421	-1,7398	-1,6503	-1,5685
2,00E+09	-2,2569	-2,0978	-1,9597	-1,8412	-1,7384	-1,6484	-1,5662
4,50E+09	-2,2569	-2,0977	-1,9594	-1,8407	-1,7376	-1,6474	-1,5648
1,00E+10	-2,2569	-2,0977	-1,9593	-1,8404	-1,7373	-1,6469	-1,5643
2,00E+10	-2,2569	-2,0977	-1,9592	-1,8404	-1,7372	-1,6467	-1,5640
4,50E+10	-2,2569	-2,0977	-1,9592	-1,8403	-1,7371	-1,6466	-1,5639
1,00E+11	-2,2569	-2,0977	-1,9592	-1,8403	-1,7370	-1,6466	-1,5638
2,00E+11	-2,2569	-2,0977	-1,9592	-1,8403	-1,7370	-1,6466	-1,5638
4,50E+11	-2,2569	-2,0977	-1,9592	-1,8403	-1,7370	-1,6466	-1,5638

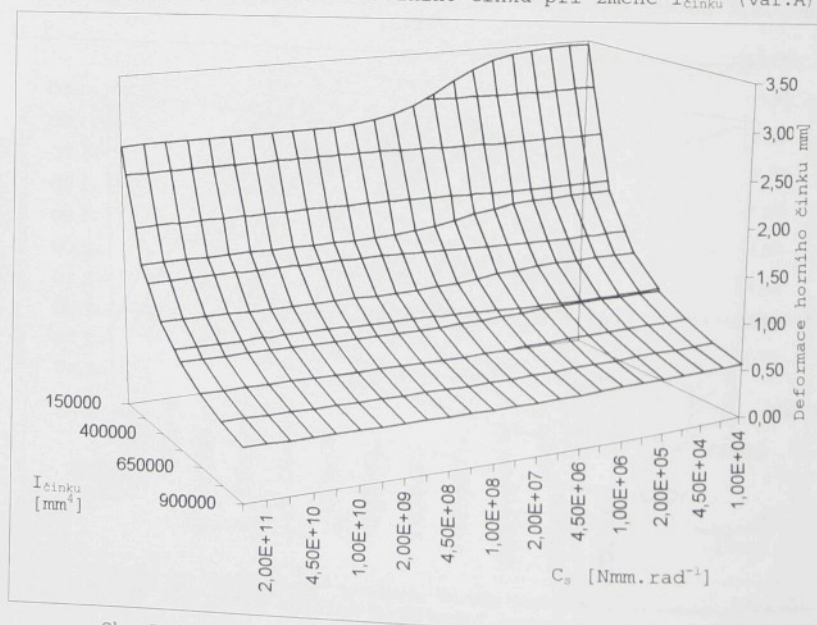
Tab.P.6.4 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně I_{krajnice} (var.A)



Obr.P.6.4 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně I_{krajnice} (var.A)

I činku [mm ⁴]	150000 [mm ⁴]	275000 [mm ⁴]	400000 [mm ⁴]	525000 [mm ⁴]	650000 [mm ⁴]	775000 [mm ⁴]	900000 [mm ⁴]
C _s [Nmm·rad ⁻¹]	Deformace horního činku [mm]						
1,0E+03	3,4617	1,8888	1,2987	0,9896	0,7993	0,6704	0,5773
2,0E+03	3,4591	1,8881	1,2984	0,9894	0,7992	0,6703	0,5772
4,5E+03	3,4526	1,8861	1,2975	0,9888	0,7988	0,6701	0,5771
1,0E+04	3,4390	1,8821	1,2955	0,9877	0,7981	0,6696	0,5767
2,0E+04	3,4158	1,8751	1,2922	0,9858	0,7968	0,6687	0,5760
4,5E+04	3,3650	1,8596	1,2848	0,9815	0,7940	0,6667	0,5745
1,0E+05	3,2794	1,8329	1,2720	0,9739	0,7891	0,6632	0,5719
2,0E+05	3,1767	1,7997	1,2558	0,9644	0,7828	0,6587	0,5686
4,5E+05	3,0436	1,7544	1,2332	0,9509	0,7738	0,6524	0,5639
1,0E+06	2,9310	1,7138	1,2124	0,9383	0,7654	0,6463	0,5593
2,0E+06	2,8632	1,6880	1,1989	0,9300	0,7598	0,6423	0,5563
4,5E+06	2,8165	1,6696	1,1891	0,9239	0,7556	0,6393	0,5540
1,0E+07	2,7932	1,6602	1,1841	0,9208	0,7535	0,6377	0,5528
2,0E+07	2,7832	1,6561	1,1819	0,9194	0,7525	0,6370	0,5523
4,5E+07	2,7775	1,6538	1,1806	0,9186	0,7520	0,6366	0,5520
1,0E+08	2,7749	1,6527	1,1800	0,9182	0,7517	0,6364	0,5518
2,0E+08	2,7738	1,6523	1,1798	0,9181	0,7516	0,6363	0,5518
4,5E+08	2,7733	1,6520	1,1796	0,9180	0,7516	0,6363	0,5517
1,0E+09	2,7730	1,6519	1,1796	0,9180	0,7515	0,6363	0,5517
2,0E+09	2,7729	1,6519	1,1796	0,9180	0,7515	0,6363	0,5517
4,5E+09	2,7728	1,6518	1,1795	0,9179	0,7515	0,6363	0,5517
1,0E+10	2,7728	1,6518	1,1795	0,9179	0,7515	0,6363	0,5517
2,0E+10	2,7728	1,6518	1,1795	0,9179	0,7515	0,6363	0,5517
4,5E+10	2,7728	1,6518	1,1795	0,9179	0,7515	0,6363	0,5517

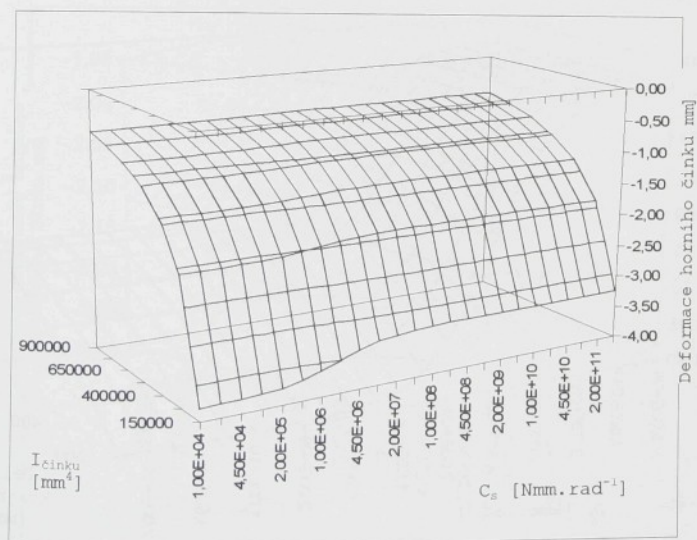
Tab.P.6.5 Deformace horního činku při změně I_{činku} (var.A)



Obr.P.6.5 Deformace horního činku při změně I_{činku} (var.A)

I činku [mm ⁴]	150000	275000	400000	525000	650000	775000	900000
C_s [Nmm.rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,0E+03	-3,7986	-2,0727	-1,4252	-1,0859	-0,8772	-0,7357	-0,6335
2,0E+03	-3,7954	-2,0718	-1,4248	-1,0857	-0,8770	-0,7356	-0,6334
4,5E+03	-3,7878	-2,0695	-1,4237	-1,0851	-0,8766	-0,7353	-0,6332
1,0E+04	-3,7716	-2,0647	-1,4214	-1,0837	-0,8757	-0,7347	-0,6328
2,0E+04	-3,7447	-2,0566	-1,4175	-1,0815	-0,8742	-0,7337	-0,6320
4,5E+04	-3,6879	-2,0393	-1,4093	-1,0767	-0,8711	-0,7314	-0,6304
1,0E+05	-3,5994	-2,0118	-1,3961	-1,0689	-0,8660	-0,7278	-0,6277
2,0E+05	-3,5049	-1,9817	-1,3815	-1,0603	-0,8604	-0,7238	-0,6247
4,5E+05	-3,4011	-1,9476	-1,3647	-1,0504	-0,8538	-0,7192	-0,6213
1,0E+06	-3,3281	-1,9231	-1,3526	-1,0432	-0,8490	-0,7158	-0,6187
2,0E+06	-3,2900	-1,9100	-1,3461	-1,0393	-0,8464	-0,7139	-0,6173
4,5E+06	-3,2661	-1,9018	-1,3419	-1,0368	-0,8448	-0,7128	-0,6164
1,0E+07	-3,2548	-1,8979	-1,3400	-1,0356	-0,8440	-0,7122	-0,6160
2,0E+07	-3,2501	-1,8962	-1,3391	-1,0352	-0,8437	-0,7120	-0,6159
4,5E+07	-3,2474	-1,8953	-1,3387	-1,0349	-0,8435	-0,7118	-0,6158
1,0E+08	-3,2462	-1,8949	-1,3385	-1,0347	-0,8434	-0,7118	-0,6157
2,0E+08	-3,2457	-1,8947	-1,3384	-1,0347	-0,8434	-0,7118	-0,6157
4,5E+08	-3,2455	-1,8946	-1,3383	-1,0347	-0,8433	-0,7117	-0,6157
1,0E+09	-3,2454	-1,8946	-1,3383	-1,0347	-0,8433	-0,7117	-0,6157
2,0E+09	-3,2453	-1,8946	-1,3383	-1,0346	-0,8433	-0,7117	-0,6157
4,5E+09	-3,2453	-1,8945	-1,3383	-1,0346	-0,8433	-0,7117	-0,6157
1,0E+10	-3,2453	-1,8945	-1,3383	-1,0346	-0,8433	-0,7117	-0,6157
2,0E+10	-3,2453	-1,8945	-1,3383	-1,0346	-0,8433	-0,7117	-0,6157
4,5E+10	-3,2453	-1,8945	-1,3383	-1,0346	-0,8433	-0,7117	-0,6157

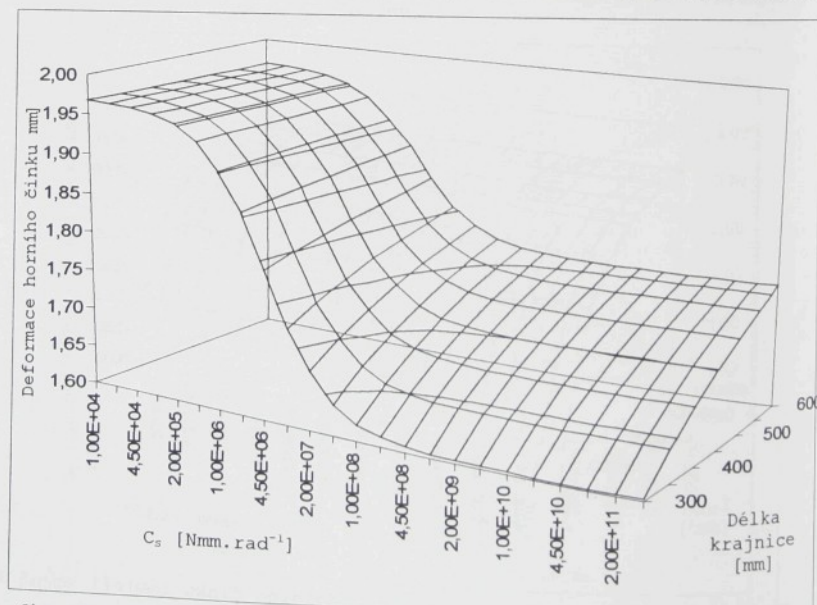
Tab.P.6.6 Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm] při změně $I_{\text{činku}}$ (var.A)



Obr.P.6.6 Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm] při změně $I_{\text{činku}}$ (var.A)

délka krajnice	300 [mm]	350 [mm]	400 [mm]	450 [mm]	500 [mm]	550 [mm]	600 [mm]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	Deformace horního činku [mm]						
1,00E+04	1,96749	1,96749	1,96749	1,96750	1,96750	1,96750	1,96750
2,00E+04	1,96665	1,96665	1,96665	1,96665	1,96665	1,96666	1,96666
4,50E+04	1,96456	1,96456	1,96457	1,96457	1,96458	1,96459	1,96459
1,00E+05	1,96005	1,96008	1,96011	1,96013	1,96016	1,96019	1,96022
2,00E+05	1,95217	1,95228	1,95239	1,95250	1,95260	1,95270	1,95280
4,50E+05	1,93413	1,93460	1,93506	1,93550	1,93594	1,93635	1,93676
1,00E+06	1,90096	1,90272	1,90438	1,90594	1,90742	1,90882	1,91015
2,00E+06	1,85618	1,86079	1,86500	1,86885	1,87239	1,87567	1,87871
4,50E+06	1,78879	1,79975	1,80935	1,81783	1,82540	1,83219	1,83833
1,00E+07	1,72139	1,74086	1,75735	1,77151	1,78382	1,79463	1,80421
2,00E+07	1,67465	1,70122	1,72325	1,74183	1,75773	1,77150	1,78355
4,50E+07	1,63902	1,67166	1,69830	1,72047	1,73922	1,75530	1,76925
1,00E+08	1,62006	1,65616	1,68538	1,70953	1,72984	1,74716	1,76212
2,00E+08	1,61156	1,64928	1,67968	1,70473	1,72574	1,74362	1,75903
4,50E+08	1,60664	1,64530	1,67640	1,70197	1,72339	1,74159	1,75726
1,00E+09	1,60443	1,64351	1,67492	1,70074	1,72234	1,74069	1,75647
2,00E+09	1,60351	1,64278	1,67432	1,70023	1,72191	1,74032	1,75615
4,50E+09	1,60300	1,64237	1,67398	1,69994	1,72166	1,74011	1,75597
1,00E+10	1,60277	1,64218	1,67383	1,69982	1,72156	1,74002	1,75589
2,00E+10	1,60268	1,64211	1,67377	1,69977	1,72151	1,73998	1,75586
4,50E+10	1,60263	1,64207	1,67373	1,69974	1,72149	1,73996	1,75584
1,00E+11	1,60261	1,64205	1,67372	1,69973	1,72148	1,73995	1,75583
2,00E+11	1,60260	1,64204	1,67371	1,69972	1,72148	1,73995	1,75583
4,50E+11	1,60259	1,64204	1,67371	1,69972	1,72147	1,73994	1,75583

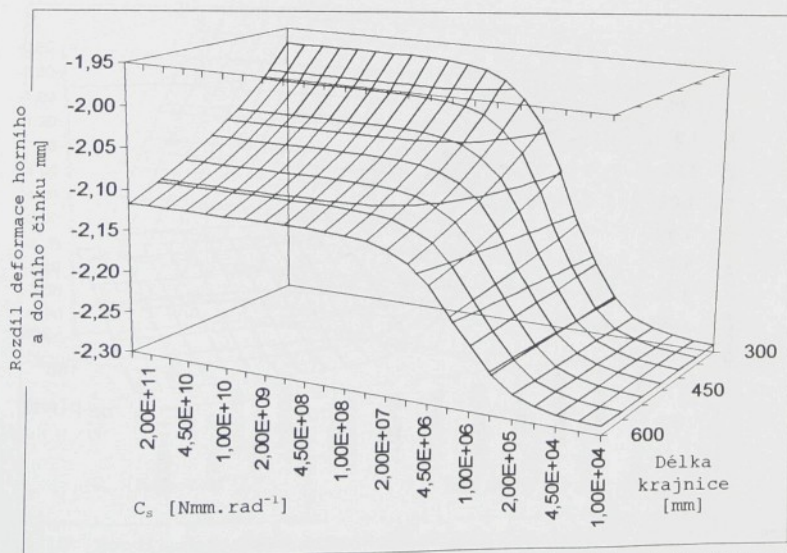
Tab.P.6.7 Deformace horního činku při změně délky krajnice (var.A)



Obr. P.6.7 Deformace horního činku při změně délky krajnice (var.A)

délka krajnice	300 [mm]	350 [mm]	400 [mm]	450 [mm]	500 [mm]	550 [mm]	600 [mm]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	-2,2900	-2,2900	-2,2900	-2,2900	-2,2900	-2,2900	-2,2900
2,00E+04	-2,2889	-2,2889	-2,2889	-2,2889	-2,2889	-2,2889	-2,2889
4,50E+04	-2,2862	-2,2862	-2,2862	-2,2863	-2,2863	-2,2863	-2,2863
1,00E+05	-2,2805	-2,2806	-2,2806	-2,2806	-2,2807	-2,2807	-2,2808
2,00E+05	-2,2706	-2,2708	-2,2710	-2,2712	-2,2713	-2,2715	-2,2717
4,50E+05	-2,2485	-2,2492	-2,2500	-2,2507	-2,2514	-2,2521	-2,2527
1,00E+06	-2,2096	-2,2124	-2,2150	-2,2175	-2,2197	-2,2219	-2,2239
2,00E+06	-2,1611	-2,1681	-2,1744	-2,1800	-2,1851	-2,1898	-2,1941
4,50E+06	-2,0969	-2,1121	-2,1250	-2,1362	-2,1460	-2,1547	-2,1623
1,00E+07	-2,0429	-2,0672	-2,0871	-2,1038	-2,1179	-2,1301	-2,1406
2,00E+07	-2,0111	-2,0416	-2,0661	-2,0862	-2,1030	-2,1173	-2,1295
4,50E+07	-1,9896	-2,0247	-2,0524	-2,0749	-2,0935	-2,1092	-2,1226
1,00E+08	-1,9791	-2,0165	-2,0459	-2,0696	-2,0891	-2,1054	-2,1193
2,00E+08	-1,9746	-2,0130	-2,0431	-2,0673	-2,0872	-2,1038	-2,1180
4,50E+08	-1,9720	-2,0110	-2,0415	-2,0660	-2,0861	-2,1029	-2,1172
1,00E+09	-1,9709	-2,0101	-2,0408	-2,0654	-2,0857	-2,1025	-2,1169
2,00E+09	-1,9704	-2,0098	-2,0405	-2,0652	-2,0855	-2,1024	-2,1167
4,50E+09	-1,9701	-2,0096	-2,0403	-2,0651	-2,0854	-2,1023	-2,1167
1,00E+10	-1,9700	-2,0095	-2,0403	-2,0650	-2,0853	-2,1023	-2,1166
2,00E+10	-1,9700	-2,0094	-2,0402	-2,0650	-2,0853	-2,1022	-2,1166
4,50E+10	-1,9699	-2,0094	-2,0402	-2,0650	-2,0853	-2,1022	-2,1166
1,00E+11	-1,9699	-2,0094	-2,0402	-2,0650	-2,0853	-2,1022	-2,1166
2,00E+11	-1,9699	-2,0094	-2,0402	-2,0650	-2,0853	-2,1022	-2,1166
4,50E+11	-1,9699	-2,0094	-2,0402	-2,0650	-2,0853	-2,1022	-2,1166

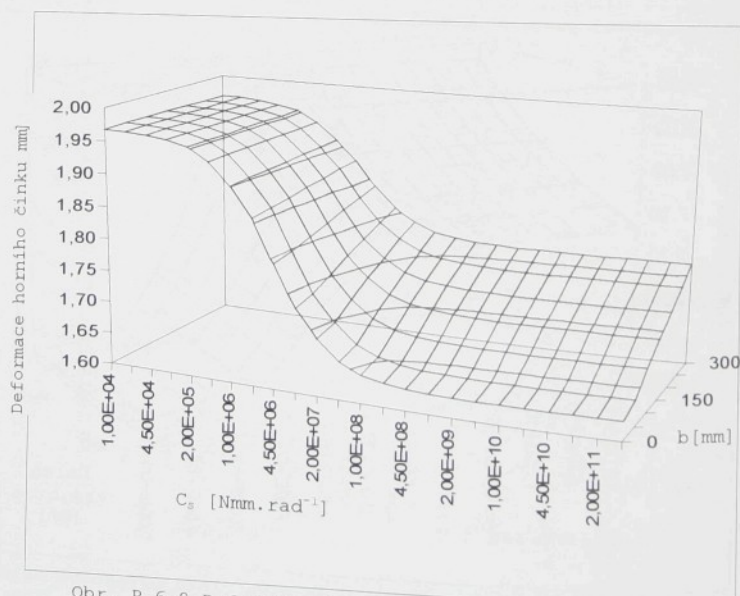
Tab.P.6.8 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně délky krajnice (var.A)



Tab.P.6.8 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně délky činku (var.A)

parametr b	300 [mm]	350 [mm]	400 [mm]	450 [mm]	500 [mm]	550 [mm]	600 [mm]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	Deformace horního činku [mm]						
1,00E+04	1,96749	1,96749	1,96749	1,96750	1,96750	1,96750	1,96750
2,00E+04	1,96665	1,96665	1,96665	1,96665	1,96665	1,96665	1,96666
4,50E+04	1,96456	1,96456	1,96457	1,96457	1,96458	1,96458	1,96459
1,00E+05	1,96006	1,96008	1,96010	1,96013	1,96016	1,96018	1,96020
2,00E+05	1,95221	1,95228	1,95239	1,95249	1,95258	1,95267	1,95276
4,50E+05	1,93427	1,93456	1,93502	1,93545	1,93586	1,93625	1,93661
1,00E+06	1,90144	1,90244	1,90410	1,90567	1,90716	1,90855	1,90985
2,00E+06	1,85740	1,85981	1,86401	1,86798	1,87173	1,87524	1,87853
4,50E+06	1,79221	1,79718	1,80659	1,81550	1,82390	1,83179	1,83917
1,00E+07	1,72955	1,73696	1,75260	1,76738	1,78133	1,79443	1,80668
2,00E+07	1,68831	1,69715	1,71736	1,73648	1,75451	1,77144	1,78728
4,50E+07	1,65836	1,66808	1,69182	1,71427	1,73544	1,75532	1,77393
1,00E+08	1,64299	1,65310	1,67870	1,70292	1,72576	1,74721	1,76727
2,00E+08	1,63624	1,64651	1,67294	1,69795	1,72152	1,74367	1,76439
4,50E+08	1,63236	1,64272	1,66963	1,69509	1,71910	1,74165	1,76275
1,00E+09	1,63062	1,64102	1,66815	1,69382	1,71801	1,74075	1,76201
2,00E+09	1,62991	1,64032	1,66754	1,69329	1,71757	1,74037	1,76171
4,50E+09	1,62951	1,63993	1,66720	1,69300	1,71732	1,74017	1,76154
1,00E+10	1,62933	1,63976	1,66705	1,69287	1,71721	1,74008	1,76147
2,00E+10	1,62926	1,63969	1,66699	1,69281	1,71716	1,74004	1,76144
4,50E+10	1,62922	1,63965	1,66695	1,69278	1,71714	1,74002	1,76142
1,00E+11	1,62920	1,63963	1,66694	1,69277	1,71713	1,74001	1,76141
2,00E+11	1,62920	1,63962	1,66693	1,69277	1,71712	1,74000	1,76141
4,50E+11	1,62919	1,63962	1,66693	1,69276	1,71712	1,74000	1,76141

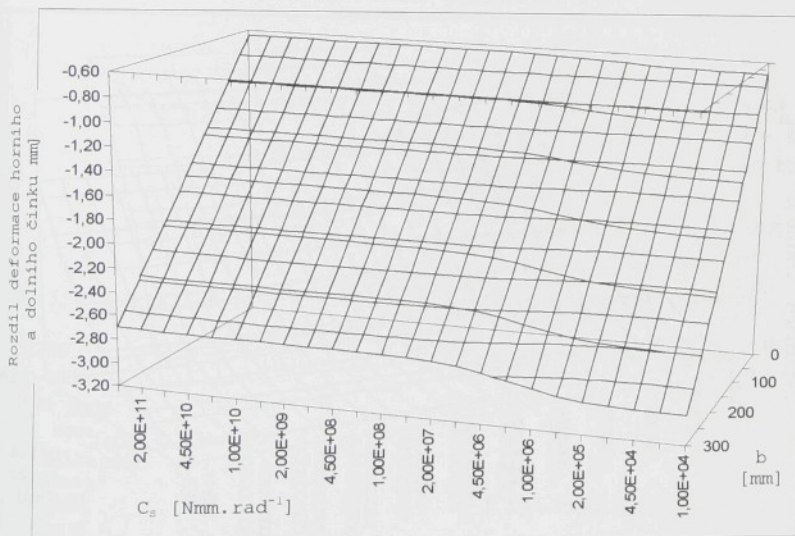
Tab.P.6.9 Deformace horního činku při změně při změně parametru b (var.A)



Obr. P.6.9 Deformace horního činku při změně při změně parametru b (var.A)

parametr b	300 [mm]	350 [mm]	400 [mm]	450 [mm]	500 [mm]	550 [mm]	600 [mm]
C_s [Nmm.rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	-0,7032	-1,0906	-1,4762	-1,8578	-2,2337	-2,6018	-2,9602
2,00E+04	-0,7029	-1,0901	-1,4755	-1,8569	-2,2326	-2,6006	-2,9588
4,50E+04	-0,7021	-1,0889	-1,4738	-1,8548	-2,2301	-2,5976	-2,9555
1,00E+05	-0,7006	-1,0863	-1,4702	-1,8503	-2,2246	-2,5914	-2,9485
2,00E+05	-0,6980	-1,0819	-1,4641	-1,8427	-2,2155	-2,5809	-2,9367
4,50E+05	-0,6925	-1,0726	-1,4513	-1,8265	-2,1962	-2,5585	-2,9116
1,00E+06	-0,6840	-1,0579	-1,4309	-1,8007	-2,1654	-2,5231	-2,8717
2,00E+06	-0,6749	-1,0417	-1,4086	-1,7726	-2,1318	-2,4843	-2,8281
4,50E+06	-0,6647	-1,0235	-1,3834	-1,7408	-2,0938	-2,4405	-2,7788
1,00E+07	-0,6576	-1,0103	-1,3652	-1,7179	-2,0665	-2,4089	-2,7434
2,00E+07	-0,6539	-1,0034	-1,3556	-1,7058	-2,0520	-2,3922	-2,7246
4,50E+07	-0,6515	-0,9990	-1,3495	-1,6981	-2,0428	-2,3816	-2,7126
1,00E+08	-0,6504	-0,9969	-1,3467	-1,6945	-2,0385	-2,3766	-2,7070
2,00E+08	-0,6500	-0,9960	-1,3454	-1,6930	-2,0366	-2,3745	-2,7046
4,50E+08	-0,6497	-0,9955	-1,3448	-1,6921	-2,0356	-2,3733	-2,7033
1,00E+09	-0,6496	-0,9953	-1,3445	-1,6917	-2,0351	-2,3728	-2,7027
2,00E+09	-0,6495	-0,9952	-1,3443	-1,6916	-2,0350	-2,3726	-2,7025
4,50E+09	-0,6495	-0,9951	-1,3443	-1,6915	-2,0349	-2,3724	-2,7023
1,00E+10	-0,6495	-0,9951	-1,3442	-1,6914	-2,0348	-2,3724	-2,7023
2,00E+10	-0,6495	-0,9951	-1,3442	-1,6914	-2,0348	-2,3724	-2,7022
4,50E+10	-0,6495	-0,9951	-1,3442	-1,6914	-2,0348	-2,3724	-2,7022
1,00E+11	-0,6495	-0,9951	-1,3442	-1,6914	-2,0348	-2,3724	-2,7022
2,00E+11	-0,6495	-0,9951	-1,3442	-1,6914	-2,0348	-2,3724	-2,7022
4,50E+11	-0,6495	-0,9951	-1,3442	-1,6914	-2,0348	-2,3723	-2,7022

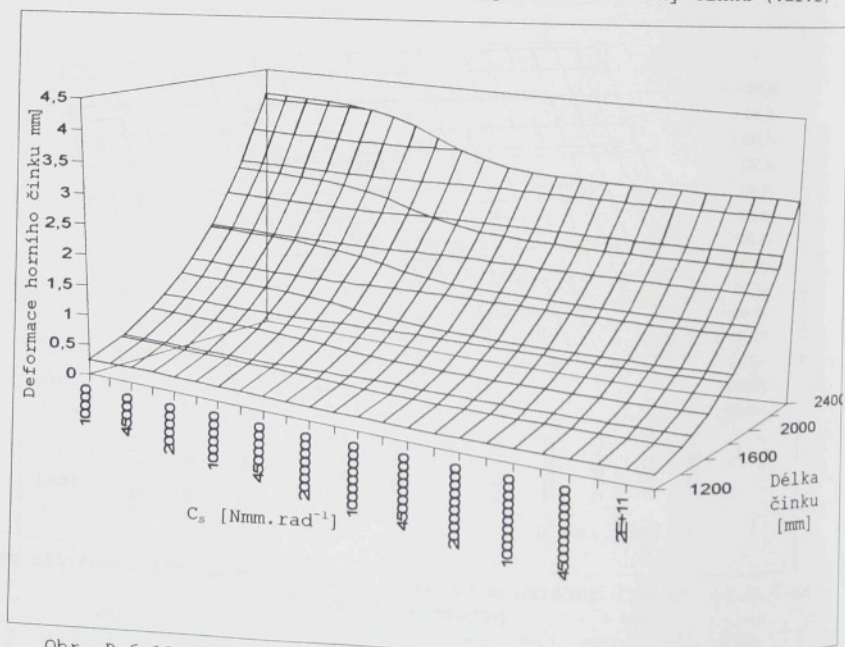
Tab.P.6.10 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně parametru b (var.A)



Tab.P.6.10 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně při změně parametru b (var.A)

délka činku	1200 [mm]	1400 [mm]	1600 [mm]	1800 [mm]	2000 [mm]	2200 [mm]	2400 [mm]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	Deformace horního činku [mm]						
1,00E+04	0,25503	0,47246	0,80596	1,29093	1,96749	2,88048	4,07944
2,00E+04	0,25497	0,47231	0,80568	1,29043	1,96665	2,87912	4,07734
4,50E+04	0,2548	0,47196	0,80499	1,28919	1,96456	2,87575	4,07214
1,00E+05	0,25445	0,4712	0,80351	1,28653	1,96005	2,86849	4,06093
2,00E+05	0,25383	0,46987	0,80092	1,28187	1,95217	2,85582	4,04138
4,50E+05	0,25241	0,4668	0,79495	1,27115	1,93407	2,82678	3,99665
1,00E+06	0,24974	0,46108	0,78387	1,25131	1,90069	2,77337	3,91466
2,00E+06	0,24605	0,45319	0,76867	1,22424	1,85539	2,70126	3,80453
4,50E+06	0,24031	0,44104	0,74545	1,18322	1,78725	2,59362	3,64138
1,00E+07	0,23446	0,42878	0,72225	1,14262	1,72049	2,48913	3,48443
2,00E+07	0,23042	0,42037	0,70648	1,11527	1,67585	2,41983	3,38114
4,50E+07	0,22737	0,41408	0,69476	1,09505	1,64307	2,36921	3,30609
1,00E+08	0,22577	0,41079	0,68865	1,08456	1,62612	2,34313	3,26755
2,00E+08	0,22506	0,40933	0,68595	1,07993	1,61864	2,33166	3,25063
4,50E+08	0,22464	0,40849	0,68439	1,07727	1,61435	2,32506	3,24091
1,00E+09	0,22446	0,40811	0,68369	1,07607	1,61242	2,32211	3,23656
2,00E+09	0,22438	0,40795	0,6834	1,07558	1,61163	2,32089	3,23476
4,50E+09	0,22434	0,40787	0,68324	1,0753	1,61118	2,32021	3,23377
1,00E+10	0,22432	0,40783	0,68317	1,07518	1,61099	2,31991	3,23332
2,00E+10	0,22432	0,40781	0,68314	1,07513	1,61091	2,31979	3,23314
4,50E+10	0,22431	0,4078	0,68313	1,0751	1,61086	2,31972	3,23304
1,00E+11	0,22431	0,4078	0,68312	1,07509	1,61084	2,31969	3,233
2,00E+11	0,22431	0,4078	0,68312	1,07509	1,61084	2,31968	3,23298
4,50E+11	0,22431	0,4078	0,68312	1,07508	1,61083	2,31967	3,23297

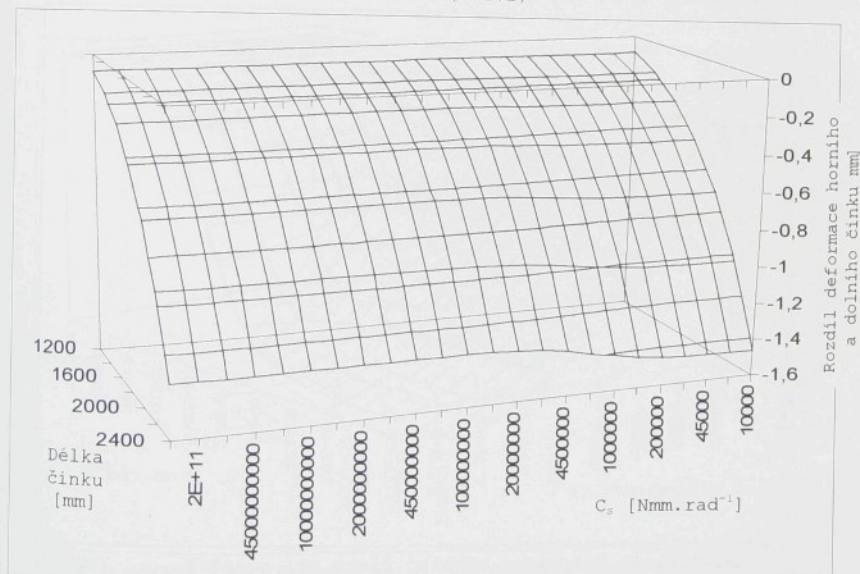
Tab.P.6.11 Deformace horního činku při změně délky činku (var.B)



Obr. P.6.11 Deformace horního činku při změně délky činku (var.B)

délka činku	1200 [mm]	1400 [mm]	1600 [mm]	1800 [mm]	2000 [mm]	2200 [mm]	2400 [mm]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	-0,0911	-0,1688	-0,2880	-0,4613	-0,7031	-1,0294	-1,4579
2,00E+04	-0,0911	-0,1688	-0,2879	-0,4611	-0,7028	-1,0289	-1,4572
4,50E+04	-0,0910	-0,1686	-0,2877	-0,4607	-0,7021	-1,0277	-1,4553
1,00E+05	-0,0909	-0,1684	-0,2871	-0,4598	-0,7005	-1,0252	-1,4515
2,00E+05	-0,0907	-0,1679	-0,2863	-0,4582	-0,6979	-1,0210	-1,4450
4,50E+05	-0,0903	-0,1670	-0,2845	-0,455	-0,6924	-1,0121	-1,4312
1,00E+06	-0,0896	-0,1655	-0,2815	-0,4497	-0,6835	-0,998	-1,4095
2,00E+06	-0,0888	-0,1638	-0,2783	-0,444	-0,6739	-0,9825	-1,3859
4,50E+06	-0,0879	-0,1619	-0,2746	-0,4374	-0,663	-0,9652	-1,3594
1,00E+07	-0,0872	-0,1605	-0,2720	-0,4327	-0,6551	-0,9527	-1,3405
2,00E+07	-0,0869	-0,1598	-0,2706	-0,4302	-0,6509	-0,9462	-1,3305
4,50E+07	-0,0867	-0,1593	-0,2697	-0,4286	-0,6483	-0,9420	-1,3241
1,00E+08	-0,0866	-0,1591	-0,2692	-0,4279	-0,6471	-0,9400	-1,3212
2,00E+08	-0,0865	-0,1590	-0,2691	-0,4276	-0,6465	-0,9392	-1,3199
4,50E+08	-0,0865	-0,1589	-0,2690	-0,4274	-0,6462	-0,9387	-1,3192
1,00E+09	-0,0865	-0,1589	-0,2689	-0,4273	-0,6461	-0,9385	-1,3189
2,00E+09	-0,0865	-0,1589	-0,2689	-0,4273	-0,6460	-0,9384	-1,3188
4,50E+09	-0,0865	-0,1589	-0,2689	-0,4273	-0,6460	-0,9384	-1,3187
1,00E+10	-0,0865	-0,1589	-0,2689	-0,4272	-0,6460	-0,9384	-1,3186
2,00E+10	-0,0865	-0,1589	-0,2689	-0,4272	-0,6460	-0,9384	-1,3186
4,50E+10	-0,0865	-0,1589	-0,2689	-0,4272	-0,6460	-0,9383	-1,3186
1,00E+11	-0,0865	-0,1589	-0,2689	-0,4272	-0,6460	-0,9383	-1,3186
2,00E+11	-0,0865	-0,1589	-0,2689	-0,4272	-0,6460	-0,9383	-1,3186
4,50E+11	-0,0865	-0,1589	-0,2689	-0,4272	-0,6460	-0,9383	-1,3186

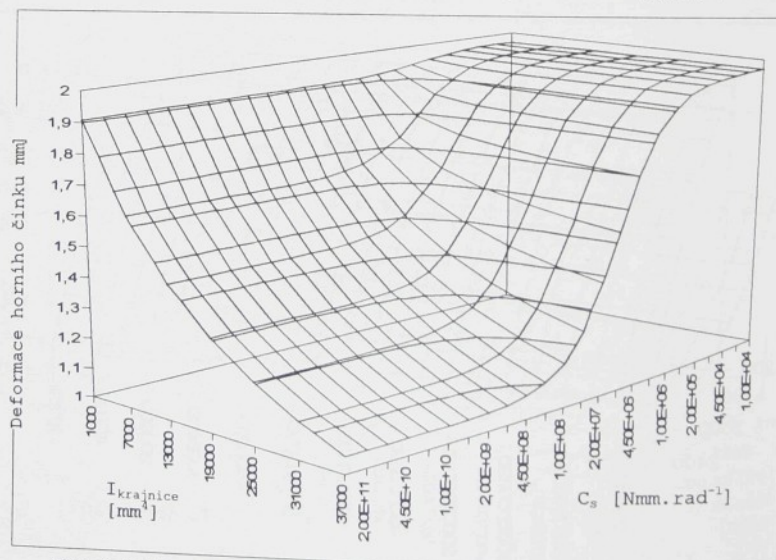
Tab.P.6.12 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně délky činku (var.B)



Tab.P.6.12 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně délky činku (var.B)

I_{krajnice}	1000 [mm ⁴]	7000 [mm ⁴]	13000 [mm ⁴]	19000 [mm ⁴]	25000 [mm ⁴]	31000 [mm ⁴]	37000 [mm ⁴]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	Deformace horního činku [mm]						
1,00E+04	1,96751	1,96749	1,96749	1,96749	1,96749	1,96749	1,96749
2,00E+04	1,96669	1,96665	1,96665	1,96664	1,96664	1,96664	1,96664
4,50E+04	1,96477	1,96456	1,96454	1,96453	1,96453	1,96453	1,96453
1,00E+05	1,961	1,96006	1,95997	1,95994	1,95992	1,95991	1,95991
2,00E+05	1,95537	1,95221	1,95189	1,95176	1,9517	1,95166	1,95163
4,50E+05	1,94555	1,93427	1,93282	1,93225	1,93194	1,93174	1,93161
1,00E+06	1,93387	1,90144	1,8958	1,89342	1,8921	1,89127	1,89069
2,00E+06	1,92454	1,8574	1,84159	1,83436	1,83019	1,82748	1,82558
4,50E+06	1,91668	1,79221	1,75049	1,7291	1,71599	1,7071	1,70066
1,00E+07	1,91221	1,72955	1,64799	1,60099	1,57016	1,54829	1,53192
2,00E+07	1,91014	1,68831	1,57052	1,49657	1,44546	1,40786	1,37896
4,50E+07	1,90893	1,65836	1,50818	1,40723	1,33429	1,27891	1,23531
1,00E+08	1,90837	1,64299	1,4739	1,35589	1,26842	1,20077	1,14674
2,00E+08	1,90815	1,63624	1,45831	1,332	1,23726	1,16333	1,10389
4,50E+08	1,90802	1,63236	1,4492	1,31788	1,21869	1,14087	1,07805
1,00E+09	1,90796	1,63062	1,44509	1,31146	1,21021	1,13058	1,06618
2,00E+09	1,90794	1,62991	1,44339	1,3088	1,20668	1,1263	1,06122
4,50E+09	1,90792	1,62951	1,44244	1,30731	1,20471	1,12389	1,05845
1,00E+10	1,90792	1,62933	1,44202	1,30666	1,20384	1,12283	1,05722
2,00E+10	1,90792	1,62926	1,44185	1,30639	1,20348	1,1224	1,05672
4,50E+10	1,90792	1,62922	1,44175	1,30624	1,20328	1,12216	1,05644
1,00E+11	1,90791	1,6292	1,44171	1,30617	1,20319	1,12205	1,05632
2,00E+11	1,90791	1,6292	1,44169	1,30614	1,20316	1,12201	1,05627
4,50E+11	1,90791	1,62919	1,44168	1,30613	1,20314	1,12198	1,05624

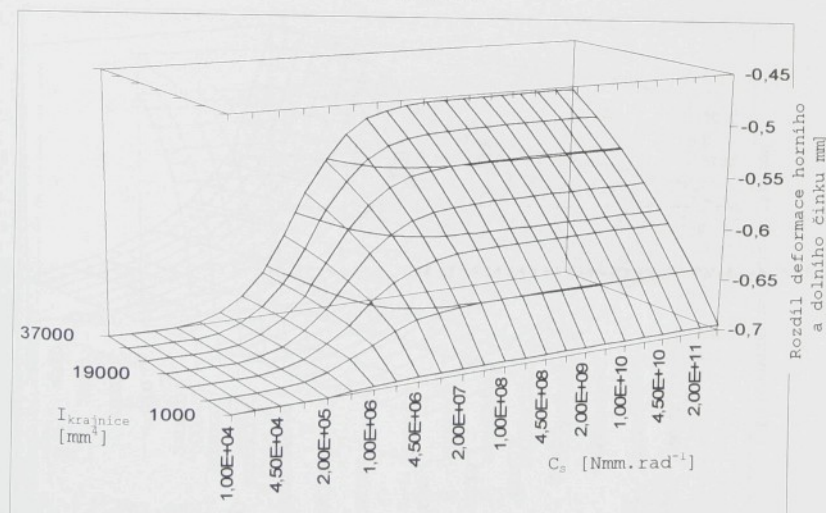
Tab.P.6.13 Deformace horního činku při změně I_{krajnice} (var.B)



Obr.P.6.13 Deformace horního činku při změně I_{krajnice} (var.B)

I_{krajnice}	1000 [mm ⁴]	7000 [mm ⁴]	13000 [mm ⁴]	19000 [mm ⁴]	25000 [mm ⁴]	31000 [mm ⁴]	37000 [mm ⁴]
C_s [Nmm.rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	-0,7031	-0,7031	-0,7031	-0,7031	-0,7031	-0,7031	-0,7031
2,00E+04	-0,7029	-0,7028	-0,7028	-0,7028	-0,7028	-0,7028	-0,7028
4,50E+04	-0,7022	-0,7021	-0,7021	-0,7021	-0,7021	-0,7021	-0,7021
1,00E+05	-0,7012	-0,7005	-0,7005	-0,7004	-0,7004	-0,7004	-0,7004
2,00E+05	-0,6999	-0,6979	-0,6977	-0,6976	-0,6976	-0,6975	-0,6975
4,50E+05	-0,6982	-0,6925	-0,6915	-0,6911	-0,6908	-0,6907	-0,6906
1,00E+06	-0,6968	-0,684	-0,6805	-0,6789	-0,6780	-0,6774	-0,677
2,00E+06	-0,6960	-0,6748	-0,6667	-0,6624	-0,6597	-0,6579	-0,6566
4,50E+06	-0,6955	-0,6647	-0,6482	-0,6378	-0,6308	-0,6256	-0,6217
1,00E+07	-0,6952	-0,6576	-0,6324	-0,6144	-0,6009	-0,5903	-0,5819
2,00E+07	-0,6951	-0,6538	-0,6230	-0,5992	-0,5801	-0,5646	-0,5516
4,50E+07	-0,6951	-0,6515	-0,6167	-0,5882	-0,5645	-0,5444	-0,5272
1,00E+08	-0,6950	-0,6504	-0,6135	-0,5826	-0,5563	-0,5336	-0,5138
2,00E+08	-0,6950	-0,6499	-0,6122	-0,5802	-0,5526	-0,5287	-0,5078
4,50E+08	-0,6950	-0,6497	-0,6114	-0,5788	-0,5505	-0,5259	-0,5042
1,00E+09	-0,6950	-0,6495	-0,6111	-0,5781	-0,5496	-0,5246	-0,5026
2,00E+09	-0,6950	-0,6495	-0,611	-0,5779	-0,5492	-0,5241	-0,5019
4,50E+09	-0,6950	-0,6495	-0,6109	-0,5777	-0,5490	-0,5238	-0,5016
1,00E+10	-0,6950	-0,6495	-0,6108	-0,5777	-0,5489	-0,5237	-0,5014
2,00E+10	-0,6950	-0,6495	-0,6108	-0,5776	-0,5489	-0,5236	-0,5013
4,50E+10	-0,6950	-0,6495	-0,6108	-0,5776	-0,5488	-0,5236	-0,5013
1,00E+11	-0,6950	-0,6495	-0,6108	-0,5776	-0,5488	-0,5236	-0,5013
2,00E+11	-0,6950	-0,6495	-0,6108	-0,5776	-0,5488	-0,5236	-0,5013
4,50E+11	-0,6950	-0,6495	-0,6108	-0,5776	-0,5488	-0,5236	-0,5013

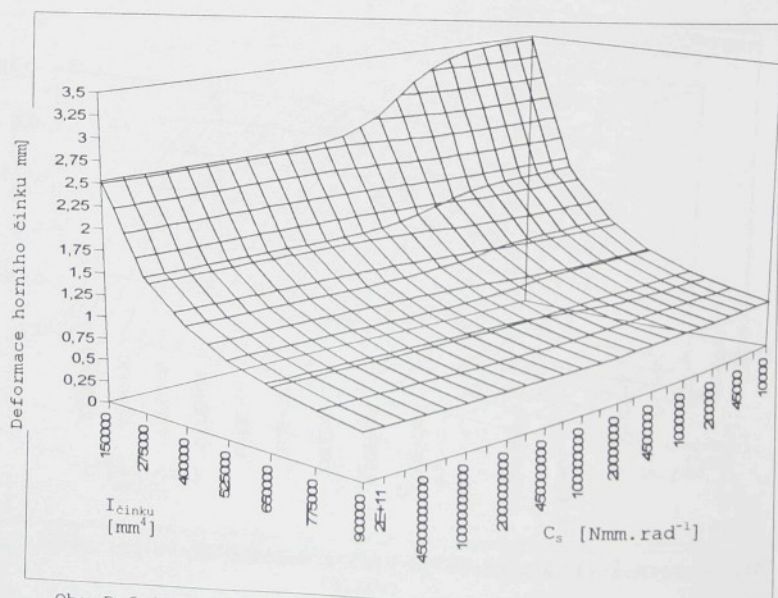
Tab.P.6.14 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně I_{krajnice} (var.B)



Obř.P.6.14 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně I_{krajnice} (var.B)

I činku [mm ⁴]	150000	275000	400000	525000	650000	775000	900000
Deformace horního činku [mm]							
C _s [Nmm rad ⁻¹]							
1,0E+03	3,46165	1,88883	1,29874	0,98958	0,79931	0,67041	0,57731
2,0E+03	3,45904	1,88805	1,29837	0,98937	0,79917	0,67031	0,57723
4,5E+03	3,45257	1,88612	1,29746	0,98884	0,79882	0,67007	0,57705
1,0E+04	3,43868	1,88196	1,29549	0,98769	0,79808	0,66954	0,57666
2,0E+04	3,41456	1,87469	1,29204	0,98568	0,79677	0,66862	0,57598
4,5E+04	3,35986	1,858	1,28407	0,98103	0,79372	0,66647	0,57439
1,0E+05	3,2614	1,82715	1,2692	0,97231	0,788	0,66243	0,57138
2,0E+05	3,13275	1,78521	1,24865	0,96016	0,77997	0,65674	0,56713
4,5E+05	2,94962	1,72192	1,21691	0,94113	0,76731	0,64771	0,56037
1,0E+06	2,78161	1,65967	1,18473	0,92153	0,75413	0,63824	0,55324
2,0E+06	2,67522	1,61792	1,16259	0,90784	0,74483	0,63151	0,54815
4,5E+06	2,59994	1,58719	1,14599	0,89746	0,73773	0,62636	0,54424
1,0E+07	2,56193	1,57127	1,13729	0,89198	0,73397	0,62362	0,54215
2,0E+07	2,54537	1,56425	1,13343	0,88954	0,73229	0,62239	0,54122
4,5E+07	2,5359	1,56021	1,1312	0,88813	0,73132	0,62168	0,54068
1,0E+08	2,53167	1,5584	1,1302	0,8875	0,73089	0,62136	0,54043
2,0E+08	2,52992	1,55765	1,12979	0,88724	0,73071	0,62123	0,54033
4,5E+08	2,52895	1,55724	1,12956	0,88709	0,7306	0,62116	0,54028
1,0E+09	2,52853	1,55705	1,12946	0,88703	0,73056	0,62112	0,54025
2,0E+09	2,52835	1,55698	1,12941	0,887	0,73054	0,62111	0,54024
4,5E+09	2,52825	1,55694	1,12939	0,88699	0,73053	0,6211	0,54024
1,0E+10	2,52821	1,55692	1,12938	0,88698	0,73053	0,6211	0,54023
2,0E+10	2,52819	1,55691	1,12938	0,88698	0,73053	0,6211	0,54023
4,5E+10	2,52818	1,55691	1,12937	0,88698	0,73052	0,6211	0,54023

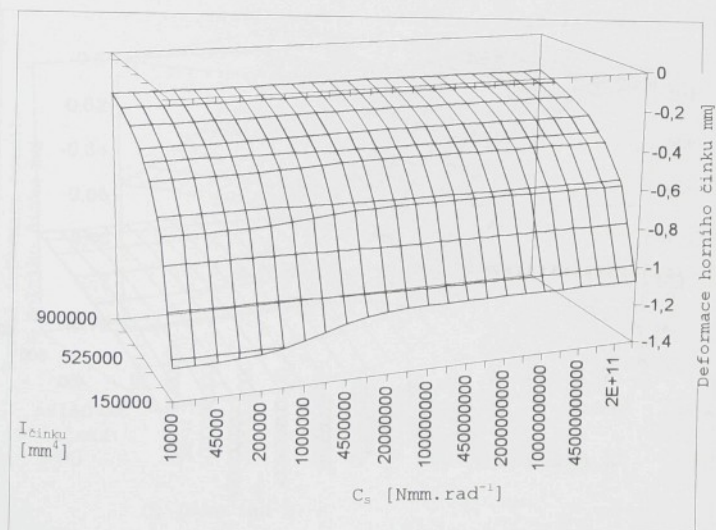
Tab.P.6.15 Deformace horního činku při změně I_{činku} (var.B)



Obr.P.6.15 Deformace horního činku při změně I_{činku} (var.B)

$I_{\text{činku}}$	150000 [mm ⁴]	275000 [mm ⁴]	400000 [mm ⁴]	525000 [mm ⁴]	650000 [mm ⁴]	775000 [mm ⁴]	900000 [mm ⁴]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,0E+03	-1,2371	-0,6750	-0,4641	-0,3536	-0,2856	-0,2396	-0,2063
2,0E+03	-1,2362	-0,6747	-0,4640	-0,3535	-0,2856	-0,2395	-0,2063
4,5E+03	-1,2339	-0,6740	-0,4637	-0,3534	-0,2854	-0,2394	-0,2062
1,0E+04	-1,2291	-0,6726	-0,4630	-0,3530	-0,2852	-0,2392	-0,2061
2,0E+04	-1,2211	-0,6702	-0,4618	-0,3523	-0,2848	-0,2389	-0,2058
4,5E+04	-1,2043	-0,6651	-0,4594	-0,3509	-0,2838	-0,2383	-0,2053
1,0E+05	-1,1780	-0,6569	-0,4555	-0,3486	-0,2823	-0,2372	-0,2045
2,0E+05	-1,1500	-0,6480	-0,4511	-0,3460	-0,2806	-0,2360	-0,2037
4,5E+05	-1,1192	-0,6379	-0,4462	-0,3431	-0,2787	-0,2347	-0,2026
1,0E+06	-1,0976	-0,6306	-0,4426	-0,3409	-0,2773	-0,2336	-0,2019
2,0E+06	-1,0863	-0,6267	-0,4406	-0,3398	-0,2765	-0,2331	-0,2015
4,5E+06	-1,0792	-0,6243	-0,4394	-0,3390	-0,2760	-0,2327	-0,2012
1,0E+07	-1,0758	-0,6231	-0,4388	-0,3387	-0,2758	-0,2326	-0,2011
2,0E+07	-1,0744	-0,6226	-0,4386	-0,3386	-0,2757	-0,2325	-0,2010
4,5E+07	-1,0736	-0,6224	-0,4384	-0,3385	-0,2756	-0,2325	-0,2010
1,0E+08	-1,0732	-0,6222	-0,4384	-0,3384	-0,2756	-0,2325	-0,2010
2,0E+08	-1,0731	-0,6222	-0,438	-0,3384	-0,2756	-0,2324	-0,2010
4,5E+08	-1,0730	-0,6222	-0,4383	-0,3384	-0,2756	-0,2324	-0,2010
1,0E+09	-1,0730	-0,6221	-0,4383	-0,3384	-0,2756	-0,2324	-0,2010
2,0E+09	-1,0730	-0,6221	-0,4383	-0,3384	-0,2756	-0,2324	-0,2010
4,5E+09	-1,0730	-0,6221	-0,4383	-0,3384	-0,2756	-0,2324	-0,2010
1,0E+10	-1,0730	-0,6221	-0,4383	-0,3384	-0,2756	-0,2324	-0,2010
2,0E+10	-1,0730	-0,6221	-0,4383	-0,3384	-0,2756	-0,2324	-0,2010
4,5E+10	-1,0730	-0,6221	-0,4383	-0,3384	-0,2756	-0,2324	-0,2010

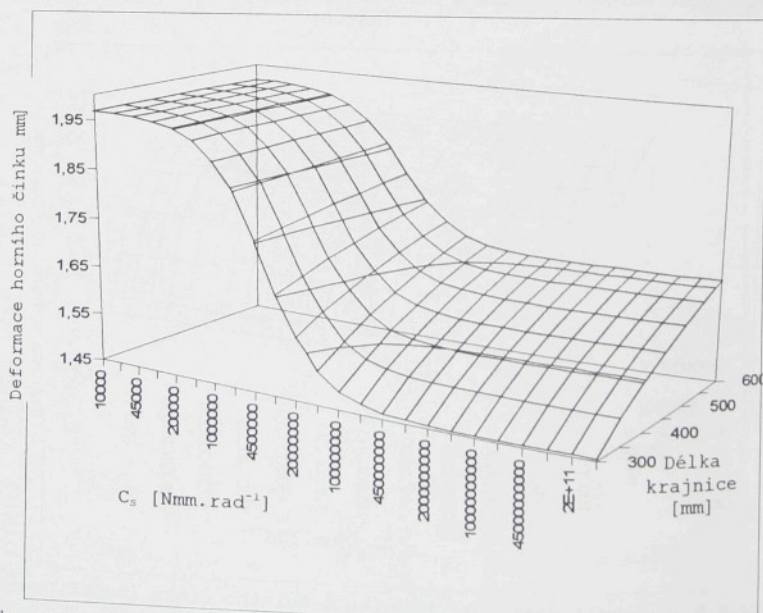
Tab.P.6.16 Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm] při změně $I_{\text{činku}}$ (var.B)



Obr.P.6.16 Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm] při změně $I_{\text{činku}}$ (var.B)

délka krajnice	300 [mm]	350 [mm]	400 [mm]	450 [mm]	500 [mm]	550 [mm]	600 [mm]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	Deformace horního činku [mm]						
1,00E+04	1,96749	1,96749	1,96749	1,96749	1,96749	1,96749	1,96749
2,00E+04	1,96665	1,96665	1,96665	1,96665	1,96665	1,96665	1,96665
4,50E+04	1,96454	1,96454	1,96455	1,96455	1,96456	1,96456	1,96456
1,00E+05	1,95998	1,95999	1,96001	1,96003	1,96005	1,96006	1,96008
2,00E+05	1,9519	1,95197	1,95204	1,9521	1,95217	1,95223	1,95229
4,50E+05	1,93289	1,9332	1,93349	1,93379	1,93407	1,93435	1,93463
1,00E+06	1,89609	1,89731	1,89848	1,89961	1,90069	1,90174	1,90275
2,00E+06	1,84244	1,84598	1,84931	1,85244	1,85539	1,85818	1,86083
4,50E+06	1,75291	1,76274	1,77166	1,7798	1,78725	1,79412	1,80047
1,00E+07	1,65306	1,67324	1,69092	1,70655	1,72049	1,73298	1,74427
2,00E+07	1,57823	1,60837	1,63412	1,65639	1,67585	1,693	1,70824
4,50E+07	1,5184	1,55782	1,59084	1,61891	1,64307	1,66409	1,68254
1,00E+08	1,48564	1,53064	1,56791	1,59931	1,62612	1,64928	1,6695
2,00E+08	1,47078	1,51842	1,55769	1,59062	1,61864	1,64279	1,6638
4,50E+08	1,46212	1,51132	1,55177	1,58561	1,61435	1,63906	1,66054
1,00E+09	1,4582	1,50813	1,54911	1,58336	1,61242	1,63739	1,65908
2,00E+09	1,45658	1,50681	1,54801	1,58243	1,61163	1,6367	1,65848
4,50E+09	1,45568	1,50607	1,5474	1,58191	1,61118	1,63632	1,65815
1,00E+10	1,45528	1,50574	1,54713	1,58169	1,61099	1,63615	1,658
2,00E+10	1,45512	1,50561	1,54702	1,58159	1,61091	1,63608	1,65794
4,50E+10	1,45503	1,50554	1,54695	1,58154	1,61086	1,63604	1,6579
1,00E+11	1,45499	1,5055	1,54693	1,58152	1,61084	1,63603	1,65789
2,00E+11	1,45497	1,50549	1,54692	1,58151	1,61084	1,63602	1,65788
4,50E+11	1,45496	1,50548	1,54691	1,5815	1,61083	1,63602	1,65788

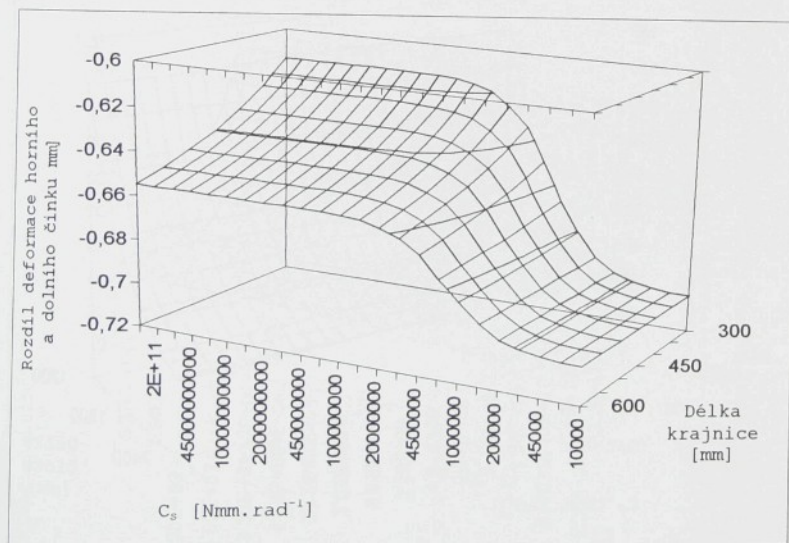
Tab.P.6.17 Deformace horního činku při změně délky krajnice (var.B)



Obr. P.6.17 Deformace horního činku při změně délky krajnice (var.B)

délka krajnice	300 [mm]	350 [mm]	400 [mm]	450 [mm]	500 [mm]	550 [mm]	600 [mm]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	-0,7031	-0,7031	-0,7031	-0,7031	-0,7031	-0,7031	-0,7031
2,00E+04	-0,7028	-0,7028	-0,7028	-0,7028	-0,7028	-0,7028	-0,7028
4,50E+04	-0,7021	-0,7021	-0,7021	-0,7021	-0,7021	-0,7021	-0,7021
1,00E+05	-0,7005	-0,7005	-0,7005	-0,7005	-0,7005	-0,7005	-0,7005
2,00E+05	-0,6977	-0,6978	-0,6978	-0,6979	-0,6979	-0,6980	-0,6980
4,50E+05	-0,6915	-0,6917	-0,692	-0,6922	-0,6924	-0,6925	-0,6927
1,00E+06	-0,6807	-0,6815	-0,6822	-0,6829	-0,6835	-0,6841	-0,6847
2,00E+06	-0,6672	-0,6691	-0,6709	-0,6724	-0,6739	-0,6752	-0,6764
4,50E+06	-0,6492	-0,6535	-0,6571	-0,6602	-0,663	-0,6654	-0,6675
1,00E+07	-0,6342	-0,6409	-0,6465	-0,6512	-0,6551	-0,6585	-0,6614
2,00E+07	-0,6253	-0,6338	-0,6406	-0,6462	-0,6509	-0,6549	-0,6583
4,50E+07	-0,6193	-0,6291	-0,6368	-0,6431	-0,6483	-0,6527	-0,6564
1,00E+08	-0,6164	-0,6268	-0,6350	-0,6416	-0,6471	-0,6516	-0,6555
2,00E+08	-0,6151	-0,6258	-0,6342	-0,6410	-0,6465	-0,6512	-0,6551
4,50E+08	-0,6144	-0,6253	-0,6338	-0,6406	-0,6462	-0,6509	-0,6549
1,00E+09	-0,6141	-0,6250	-0,6336	-0,6405	-0,6461	-0,6508	-0,6548
2,00E+09	-0,6139	-0,6249	-0,6335	-0,6404	-0,6460	-0,6508	-0,6548
4,50E+09	-0,6139	-0,6249	-0,6335	-0,6404	-0,6460	-0,6507	-0,6548
1,00E+10	-0,6138	-0,6248	-0,6334	-0,6403	-0,6460	-0,6507	-0,6547
2,00E+10	-0,6138	-0,6248	-0,6334	-0,6403	-0,6460	-0,6507	-0,6547
4,50E+10	-0,6138	-0,6248	-0,6334	-0,6403	-0,6460	-0,6507	-0,6547
1,00E+11	-0,6138	-0,6248	-0,6334	-0,6403	-0,6460	-0,6507	-0,6547
2,00E+11	-0,6138	-0,6248	-0,6334	-0,6403	-0,6460	-0,6507	-0,6547
4,50E+11	-0,6138	-0,6248	-0,6334	-0,6403	-0,6460	-0,6507	-0,6547

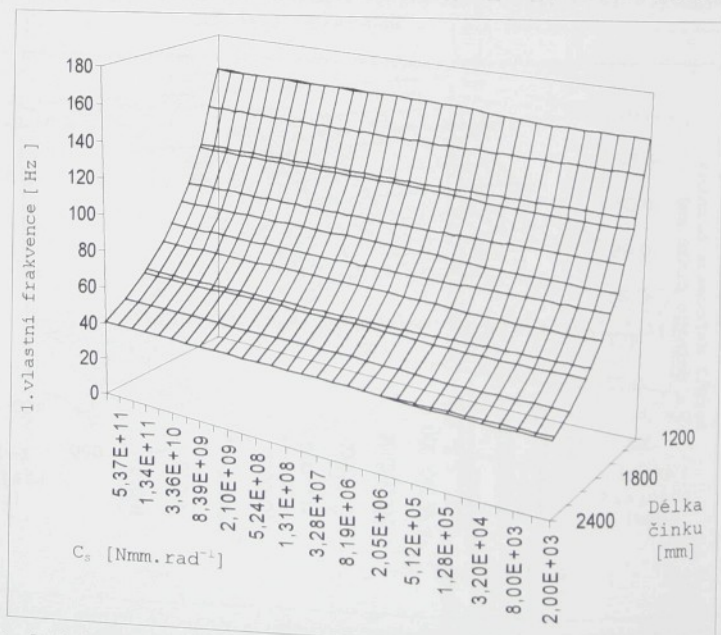
Tab.P.6.18 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně délky krajnice (var.B)



Tab.P.6.18 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně délky činku (var.B)

délka činku	1200 [mm]	1400 [mm]	1600 [mm]	1800 [mm]	2000 [mm]	2200 [mm]	2400 [mm]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	1.vlastní frekvence [Hz]						
1,60E+04	156,424	114,927	87,9941	69,5289	56,3198	46,5471	39,114
3,20E+04	156,456	114,955	88,0176	69,5501	56,3392	46,5649	39,1299
6,40E+04	156,518	115,009	88,0647	69,5917	56,3765	46,5986	39,1608
1,28E+05	156,637	115,11	88,1532	69,6697	56,4475	46,6627	39,2196
2,56E+05	156,852	115,293	88,3136	69,8115	56,5739	46,7773	39,3244
5,12E+05	157,212	115,599	88,5787	70,0458	56,7832	46,9658	39,4958
1,02E+06	157,735	116,041	88,9612	70,3812	57,0809	47,2328	39,7373
2,05E+06	158,366	116,571	89,4146	70,7762	57,4293	47,5437	40,0163
4,10E+06	158,969	117,074	89,8431	71,1464	57,7534	47,8304	40,2726
8,19E+06	159,436	117,46	90,1694	71,4261	57,9976	48,045	40,4633
1,64E+07	159,737	117,709	90,3782	71,6056	58,1527	48,1812	40,5839
3,28E+07	159,912	117,852	90,4985	71,7089	58,2416	48,259	40,6524
6,55E+07	160,007	117,929	90,5633	71,7638	58,2897	48,3006	40,689
1,31E+08	160,055	117,969	90,5974	71,7926	58,3145	48,3223	40,7078
2,62E+08	160,082	117,99	90,6145	71,8069	58,3269	48,3332	40,7174
5,24E+08	160,094	118,001	90,6236	71,8141	58,3335	48,3386	40,7225
1,05E+09	160,1	118,006	90,6281	71,8186	58,3364	48,3417	40,725
2,10E+09	160,104	118,009	90,6304	71,8204	58,3379	48,3429	40,726
4,19E+09	160,104	118,009	90,6315	71,8213	58,3386	48,3435	40,7265
8,39E+09	160,106	118,011	90,6315	71,8213	58,3393	48,3441	40,7271
1,68E+10	160,106	118,011	90,6315	71,8213	58,3393	48,3441	40,7271
3,36E+10	160,106	118,011	90,6315	71,8222	58,3393	48,3441	40,7271
6,71E+10	160,106	118,011	90,6327	71,8222	58,3393	48,3447	40,7276
1,34E+11	160,106	118,011	90,6327	71,8222	58,3393	48,3447	40,7276

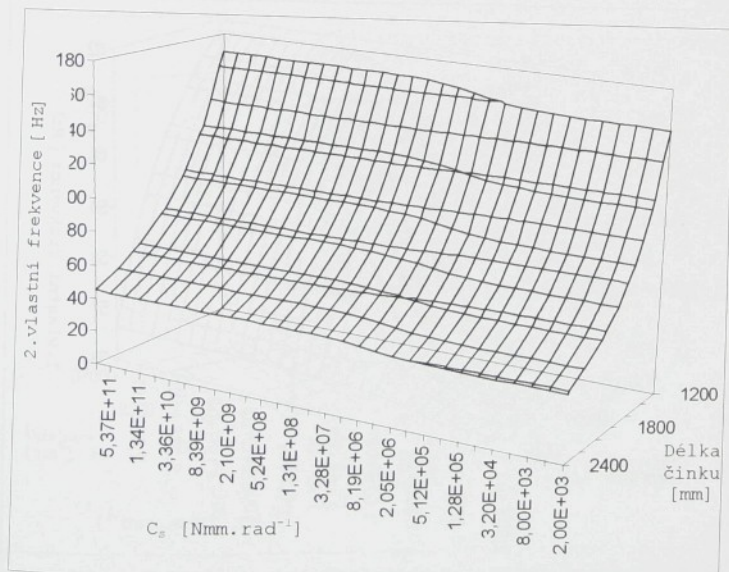
Tab.P.6.19 1.vlastní frekvence při změně délky činku (var.B)



Obr. P.6.19 1.vlastní frekvence při změně délky činku (var.B)

délka činku C_s [Nmm rad ⁻¹]	1200 [mm]	1400 [mm]	1600 [mm]	1800 [mm]	2000 [mm]	2200 [mm]	2400 [mm]
	2.vlastní frekvence [Hz]						
1,60E+04	156,424	114,927	87,9941	69,5289	56,3205	46,5471	39,114
3,20E+04	156,456	114,955	88,0187	69,5501	56,3399	46,5649	39,1304
6,40E+04	156,522	115,01	88,0669	69,5935	56,3786	46,6004	39,1628
1,28E+05	156,649	115,12	88,1633	69,6785	56,4547	46,6698	39,2261
2,56E+05	156,894	115,331	88,3473	69,8425	56,6026	46,804	39,3493
5,12E+05	157,359	115,728	88,6945	70,1507	56,8797	47,0551	39,5789
1,02E+06	158,183	116,433	89,3096	70,695	57,3685	47,4982	39,9841
2,05E+06	159,51	117,565	90,2942	71,567	58,1483	48,2041	40,628
4,10E+06	161,343	119,123	91,6473	72,7591	59,2131	49,1646	41,5014
8,19E+06	163,405	120,869	93,1557	74,0852	60,393	50,2244	42,4624
1,64E+07	165,248	122,424	94,4963	75,2584	61,4331	51,1562	43,3034
3,28E+07	166,587	123,551	95,4646	76,1033	62,1804	51,8237	43,9048
6,55E+07	167,422	124,252	96,0653	76,6275	62,6423	52,2352	44,2753
1,31E+08	167,892	124,647	96,4039	76,9214	62,902	52,4665	44,4827
2,62E+08	168,144	124,858	96,5834	77,0779	63,0392	52,5892	44,5927
5,24E+08	168,274	124,966	96,6761	77,159	63,1105	52,6522	44,6496
1,05E+09	168,34	125,021	96,7242	77,2	63,1469	52,6844	44,6783
2,10E+09	168,373	125,048	96,7477	77,2205	63,1652	52,7008	44,6932
4,19E+09	168,39	125,062	96,7595	77,2308	63,1743	52,709	44,7002
8,39E+09	168,398	125,07	96,7653	77,2364	63,1788	52,7128	44,7039
1,68E+10	168,402	125,073	96,7689	77,2392	63,1811	52,7146	44,706
3,36E+10	168,404	125,074	96,77	77,2401	63,1819	52,7159	44,7065
6,71E+10	168,404	125,076	96,7712	77,241	63,1826	52,7165	44,7071
1,34E+11	168,407	125,076	96,7712	77,241	63,1826	52,7165	44,7076

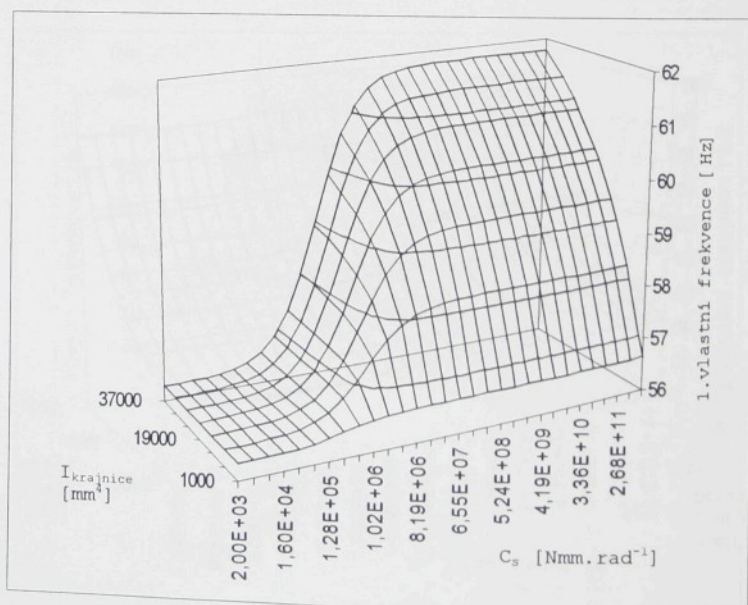
Tab.P.6.20 2.vlastní frekvence při změně délky činku (var.B)



Tab.P.6.20 2.vlastní frekvence při změně délky činku (var.B)

I_{krajnice} [mm ⁴]	1000 [mm ⁴]	7000 [mm ⁴]	13000 [mm ⁴]	19000 [mm ⁴]	25000 [mm ⁴]	31000 [mm ⁴]	37000 [mm ⁴]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	1.vlastní frekvence [Hz]						
1,60E+04	56,3191	56,3198	56,3202	56,3202	56,3202	56,3202	56,3202
3,20E+04	56,3356	56,3392	56,3395	56,3395	56,3395	56,3395	56,3395
6,40E+04	56,3643	56,3761	56,3775	56,3779	56,3779	56,3783	56,3783
1,28E+05	56,4077	56,4464	56,4507	56,4522	56,4532	56,4536	56,454
2,56E+05	56,4626	56,5721	56,5868	56,5926	56,5958	56,598	56,599
5,12E+05	56,5186	56,7767	56,8242	56,844	56,8552	56,8621	56,8671
1,02E+06	56,5642	57,0643	57,1946	57,2546	57,289	57,3114	57,3273
2,05E+06	56,5951	57,395	57,6841	57,8329	57,9238	57,9853	58,0293
4,10E+06	56,6134	57,6975	58,2052	58,4996	58,692	58,8274	58,9279
8,19E+06	56,6235	57,9216	58,6473	59,111	59,4331	59,6694	59,8507
1,64E+07	56,6285	58,0628	58,9557	59,5651	60,0075	60,3436	60,6074
3,28E+07	56,6314	58,1432	59,1422	59,8518	60,3818	60,7931	61,1213
6,55E+07	56,6325	58,1862	59,2459	60,0149	60,5992	61,0578	61,4275
1,31E+08	56,6332	58,2084	59,3003	60,1023	60,7167	61,202	61,5953
2,62E+08	56,6336	58,2197	59,3282	60,1475	60,7778	61,2775	61,6838
5,24E+08	56,6339	58,2252	59,3426	60,1705	60,8091	61,3164	61,7289
1,05E+09	56,6339	58,2281	59,3499	60,1823	60,8247	61,3358	61,7518
2,10E+09	56,6339	58,2296	59,3533	60,1882	60,8326	61,3455	61,7634
4,19E+09	56,6339	58,2303	59,3551	60,1908	60,8367	61,3504	61,769
8,39E+09	56,6339	58,2307	59,3562	60,1923	60,8385	61,353	61,772
1,68E+10	56,6339	58,231	59,3566	60,1931	60,8396	61,3541	61,7735
3,36E+10	56,6339	58,231	59,3569	60,1934	60,84	61,3549	61,7743
6,71E+10	56,6339	58,231	59,3569	60,1938	60,8404	61,3553	61,7747
1,34E+11	56,6339	58,231	59,3569	60,1938	60,8404	61,3553	61,7747

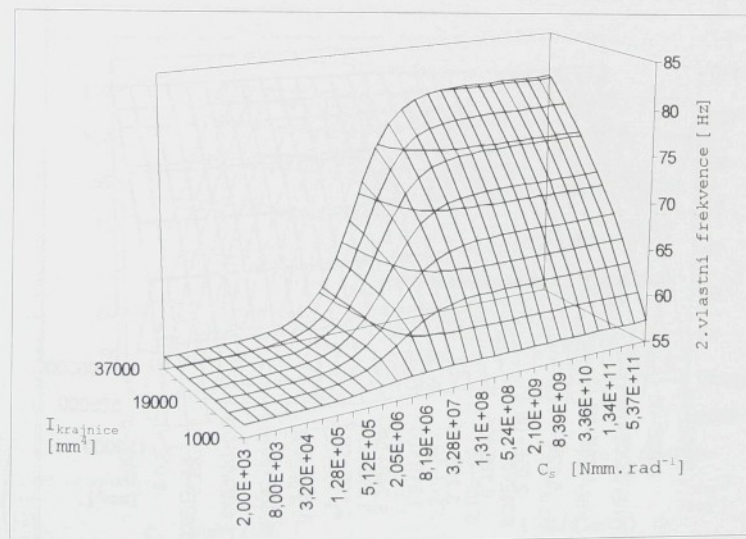
Tab.P.6.21 1.vlastní frekvence při změně I_{krajnice} (var.B)



Obr.P.6.21 1.vlastní frekvence při změně I_{krajnice} (var.B)

I_{krajnice}	1000 [mm ⁴]	7000 [mm ⁴]	13000 [mm ⁴]	19000 [mm ⁴]	25000 [mm ⁴]	31000 [mm ⁴]	37000 [mm ⁴]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	2.vlastní frekvence [Hz]						
1,60E+04	56,3198	56,3202	56,3202	56,3202	56,3202	56,3202	56,3202
3,20E+04	56,3384	56,3395	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399
6,40E+04	56,3736	56,3783	56,379	56,379	56,379	56,379	56,379
1,28E+05	56,4371	56,4547	56,4561	56,4568	56,4572	56,4572	56,4572
2,56E+05	56,5416	56,6016	56,6077	56,6098	56,6109	56,6116	56,6123
5,12E+05	56,6904	56,8761	56,8981	56,9064	56,9111	56,9139	56,9157
1,02E+06	56,8646	57,3577	57,4337	57,4648	57,4815	57,492	57,4992
2,05E+06	57,0268	58,1177	58,355	58,4591	58,5172	58,5544	58,5804
4,10E+06	57,1484	59,1374	59,7621	60,0679	60,2494	60,3692	60,4546
8,19E+06	57,2261	60,2446	61,5669	62,3097	62,7857	63,1166	63,3601
1,64E+07	57,2705	61,2012	63,427	64,862	65,8646	66,6047	67,1739
3,28E+07	57,2944	61,8783	64,9582	67,1775	68,8549	70,1683	71,2254
6,55E+07	57,3067	62,2924	66,0019	68,8834	71,1916	73,0846	74,6669
1,31E+08	57,3132	62,5233	66,625	69,9564	72,7244	75,0661	77,0751
2,62E+08	57,3161	62,6454	66,9678	70,5654	73,618	76,2465	78,538
5,24E+08	57,3179	62,7085	67,1477	70,8908	74,1025	76,8957	79,3516
1,05E+09	57,3186	62,7403	67,2401	71,0594	74,3556	77,2366	79,7815
2,10E+09	57,319	62,7566	67,2867	71,1452	74,4846	77,4113	80,0031
4,19E+09	57,3193	62,7645	67,3103	71,1883	74,5497	77,5	80,1151
8,39E+09	57,3193	62,7687	67,322	71,2101	74,5827	77,5446	80,1715
1,68E+10	57,3193	62,7706	67,3283	71,221	74,5992	77,5669	80,2002
3,36E+10	57,3193	62,7717	67,331	71,2262	74,6075	77,5783	80,2143
6,71E+10	57,3193	62,7721	67,3326	71,2291	74,6116	77,5837	80,2211
1,34E+11	57,3193	62,7725	67,3334	71,2307	74,6136	77,5867	80,225

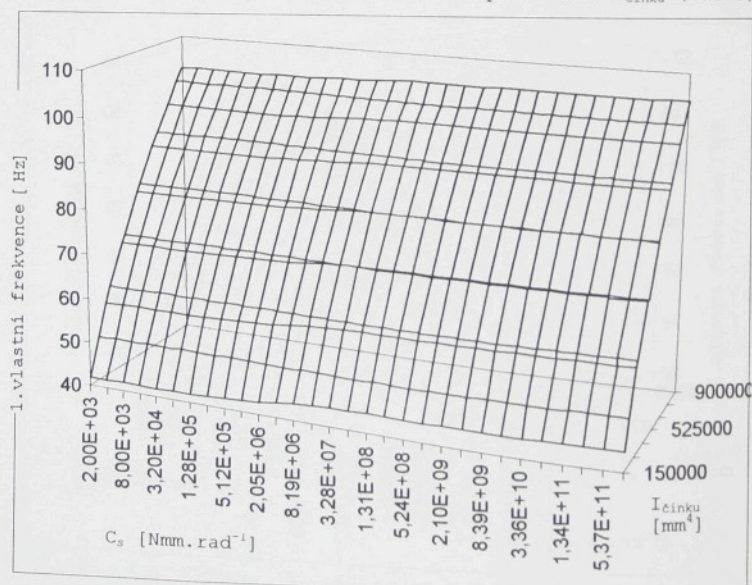
Tab.P.6.22 2.vlastní frekvence při změně I_{krajnice} (var.B)



Obr.P.6.22 2.vlastní frekvence při změně I_{krajnice} (var.B)

I činku	150000 [mm ⁴]	275000 [mm ⁴]	400000 [mm ⁴]	525000 [mm ⁴]	650000 [mm ⁴]	775000 [mm ⁴]	900000 [mm ⁴]
C _s [Nmm rad ⁻¹]	1.vlastní frekvence [Hz]						
1,60E+04	41,9529	56,7965	68,4957	78,4697	87,3113	95,3365	102,737
3,20E+04	41,9657	56,8059	68,5035	78,4762	87,3174	95,342	102,742
6,40E+04	41,9905	56,8247	68,5188	78,4897	87,3297	95,3535	102,753
1,28E+05	42,0392	56,8609	68,5489	78,5161	87,353	95,3747	102,772
2,56E+05	42,1301	56,9293	68,6061	78,5661	87,3981	95,4166	102,811
5,12E+05	42,2911	57,0524	68,7095	78,6571	87,4804	95,4919	102,881
1,02E+06	42,5491	57,2552	68,8821	78,8092	87,6184	95,6189	102,999
2,05E+06	42,9033	57,5452	69,132	79,0327	87,8218	95,8068	103,175
4,10E+06	43,2979	57,8852	69,432	79,3031	88,0694	96,0369	103,391
8,19E+06	43,6477	58,2029	69,7181	79,5644	88,3113	96,2625	103,603
1,64E+07	43,9003	58,4421	69,9377	79,7668	88,4998	96,4394	103,77
3,28E+07	44,057	58,5948	70,0801	79,8993	88,6235	96,556	103,881
6,55E+07	44,1451	58,6822	70,1622	79,9759	88,6958	96,6238	103,945
1,31E+08	44,1917	58,7292	70,2063	80,0173	88,7344	96,6605	103,98
2,62E+08	44,2161	58,7535	70,2293	80,039	88,7552	96,6801	103,998
5,24E+08	44,2282	58,766	70,2412	80,0501	88,7652	96,6898	104,008
1,05E+09	44,2345	58,7723	70,2469	80,0556	88,7703	96,6947	104,012
2,10E+09	44,2375	58,7752	70,25	80,0587	88,7731	96,6972	104,014
4,19E+09	44,2392	58,7771	70,2514	80,0597	88,7748	96,6984	104,016
8,39E+09	44,24	58,7778	70,2522	80,0607	88,7753	96,699	104,016
1,68E+10	44,2403	58,7782	70,2527	80,0607	88,7753	96,6996	104,017
3,36E+10	44,2405	58,7785	70,2527	80,0612	88,7759	96,6996	104,017
6,71E+10	44,2405	58,7785	70,2527	80,0612	88,7759	96,6996	104,017
1,34E+11	44,2408	58,7785	70,2531	80,0612	88,7759	96,6996	104,017

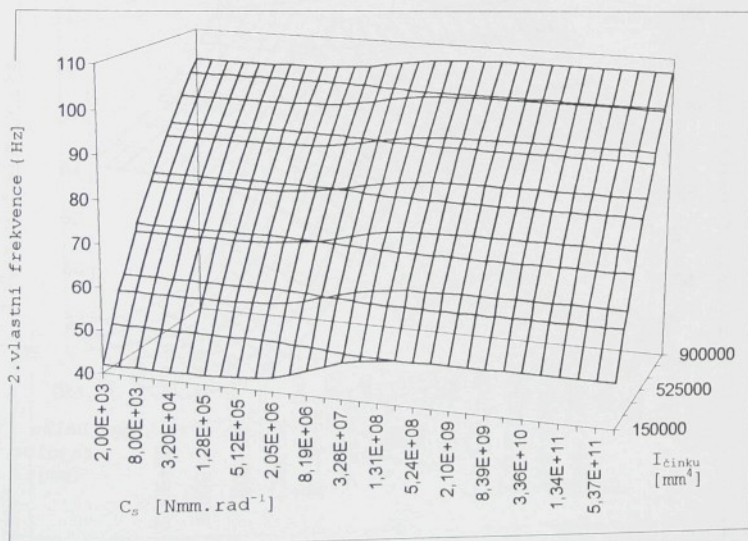
Tab.P.6.23 1.vlastní frekvence při změně I_{činku} (var.B)



Obr.P.6.23 1.vlastní frekvence při změně I_{činku} (var.B)

$I_{\text{činku}}$	150000 [mm ⁴]	275000 [mm ⁴]	400000 [mm ⁴]	525000 [mm ⁴]	650000 [mm ⁴]	775000 [mm ⁴]	900000 [mm ⁴]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	2.vlastní frekvence [Hz]						
1,60E+04	41,9529	56,7965	68,4957	78,4697	87,3113	95,3365	102,737
3,20E+04	41,9657	56,8063	68,5035	78,4762	87,3174	95,342	102,742
6,40E+04	41,9916	56,8251	68,5192	78,4902	87,3297	95,3535	102,753
1,28E+05	42,0424	56,8627	68,5506	78,5171	87,3541	95,376	102,774
2,56E+05	42,1422	56,9365	68,6117	78,5711	87,4025	95,4203	102,814
5,12E+05	42,3345	57,0796	68,7309	78,6751	87,496	95,5059	102,894
1,02E+06	42,6931	57,3478	68,9539	78,8703	87,6719	95,667	103,043
2,05E+06	43,3207	57,8218	69,3503	79,2177	87,9852	95,9541	103,311
4,10E+06	44,3069	58,5786	69,9875	79,7784	88,4914	96,4193	103,743
8,19E+06	45,6231	59,6131	70,8661	80,5554	89,195	97,0673	104,347
1,64E+07	47,0439	60,7605	71,8518	81,4319	89,9923	97,8036	105,034
3,28E+07	48,266	61,7736	72,7316	82,2189	90,7109	98,4686	105,656
6,55E+07	49,1277	62,5023	73,3697	82,7931	91,2369	98,9565	106,113
1,31E+08	49,6538	62,9533	73,7673	83,1517	91,5656	99,2622	106,4
2,62E+08	49,9468	63,2067	73,991	83,3539	91,7512	99,435	106,562
5,24E+08	50,1019	63,341	74,1103	83,462	91,851	99,5274	106,649
1,05E+09	50,1819	63,4105	74,172	83,5177	91,9017	99,5751	106,693
2,10E+09	50,2225	63,4461	74,2033	83,546	91,928	99,5993	106,716
4,19E+09	50,2427	63,4636	74,2192	83,5605	91,9411	99,6117	106,727
8,39E+09	50,2532	63,4728	74,2269	83,5677	91,9479	99,6173	106,733
1,68E+10	50,2582	63,477	74,231	83,5713	91,9513	99,6204	106,736
3,36E+10	50,2608	63,4793	74,2328	83,5728	91,9531	99,6223	106,738
6,71E+10	50,262	63,4805	74,2337	83,5739	91,9536	99,6229	106,739
1,34E+11	50,2626	63,4812	74,2342	83,5744	91,9542	99,6235	106,739

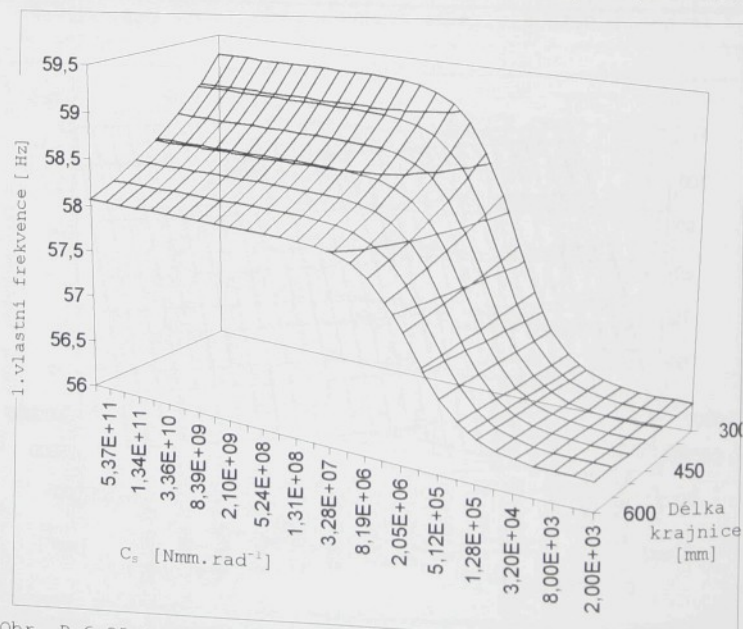
Tab.P.6.24 2.vlastní frekvence při změně $I_{\text{činku}}$ (var.B)



Obr.P.6.24 2.vlastní frekvence při změně $I_{\text{činku}}$ (var.B)

délka krajnice	300 [mm]	350 [mm]	400 [mm]	450 [mm]	500 [mm]	550 [mm]	600 [mm]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	1.vlastní frekvence [Hz]						
1,60E+04	56,3202	56,3198	56,3198	56,3198	56,3198	56,3198	56,3198
3,20E+04	56,3395	56,3392	56,3392	56,3392	56,3392	56,3392	56,3392
6,40E+04	56,3772	56,3772	56,3768	56,3768	56,3765	56,3761	56,3761
1,28E+05	56,4504	56,4497	56,4486	56,4479	56,4471	56,4461	56,4453
2,56E+05	56,5861	56,5829	56,58	56,5768	56,5739	56,571	56,5685
5,12E+05	56,8217	56,8113	56,8016	56,7922	56,7828	56,7742	56,7656
1,02E+06	57,1874	57,1582	57,1307	57,1051	57,0809	57,0578	57,0365
2,05E+06	57,6671	57,5989	57,5369	57,4804	57,429	57,3819	57,3389
4,10E+06	58,1735	58,0471	57,9369	57,8398	57,7534	57,6765	57,6069
8,19E+06	58,5994	58,412	58,2529	58,1163	57,9973	57,8929	57,801
1,64E+07	58,8941	58,6583	58,4616	58,2952	58,1527	58,0293	57,9213
3,28E+07	59,0721	58,8044	58,5837	58,3988	58,2416	58,1064	57,9889
6,55E+07	59,1705	58,8842	58,6499	58,4547	58,2894	58,1476	58,0249
1,31E+08	59,2223	58,926	58,6846	58,4839	58,3142	58,1691	58,0435
2,62E+08	59,2488	58,9477	58,7022	58,4985	58,3266	58,1797	58,0529
5,24E+08	59,2624	58,9587	58,7114	58,5062	58,3331	58,1855	58,0577
1,05E+09	59,269	58,9642	58,7158	58,5099	58,3364	58,188	58,0598
2,10E+09	59,2727	58,9667	58,7179	58,5117	58,3379	58,1895	58,0613
4,19E+09	59,2742	58,9682	58,719	58,5128	58,3386	58,1902	58,0617
8,39E+09	59,2753	58,9689	58,7198	58,5131	58,339	58,1906	58,062
1,68E+10	59,2756	58,9693	58,7201	58,5135	58,3393	58,1906	58,062
3,36E+10	59,2756	58,9693	58,7201	58,5135	58,3393	58,1906	58,0624
6,71E+10	59,276	58,9693	58,7201	58,5135	58,3393	58,1906	58,0624
1,34E+11	59,276	58,9693	58,7201	58,5135	58,3393	58,1909	58,0624

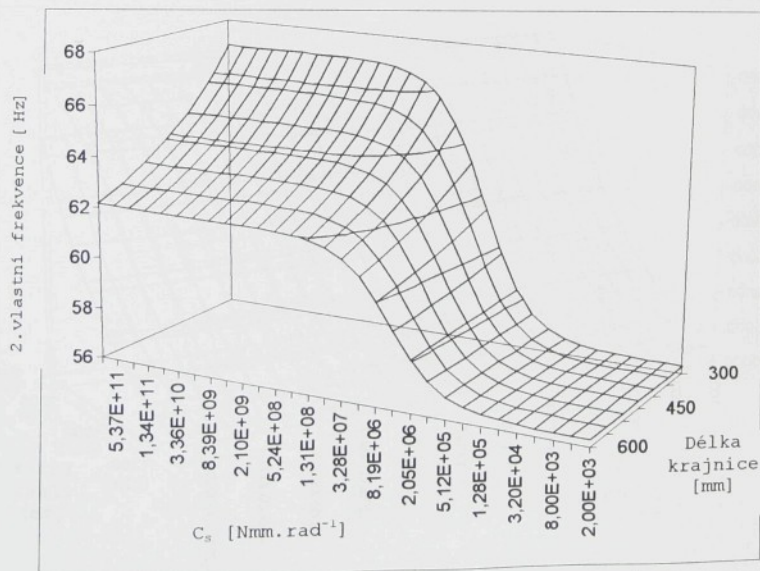
Tab.P.6.25 2.vlastní frekvence při změně délky krajnice (var.B)



Obr. P.6.25 1.vlastní frekvence při změně délky krajnice (var.B)

délka krajnice	300 [mm]	350 [mm]	400 [mm]	450 [mm]	500 [mm]	550 [mm]	600 [mm]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	2.vlastní frekvence [Hz]						
1,60E+04	56,3202	56,3202	56,3202	56,3202	56,3202	56,3202	56,3202
3,20E+04	56,3399	56,3399	56,3395	56,3395	56,3395	56,3395	56,3395
6,40E+04	56,379	56,3786	56,3786	56,3786	56,3786	56,3783	56,3783
1,28E+05	56,4561	56,4558	56,4554	56,455	56,4547	56,4547	56,4543
2,56E+05	56,6073	56,6062	56,6048	56,6037	56,6026	56,6012	56,6001
5,12E+05	56,897	56,8923	56,888	56,8837	56,8793	56,875	56,8707
1,02E+06	57,4301	57,4138	57,3982	57,383	57,3682	57,3537	57,3396
2,05E+06	58,3426	58,2905	58,2405	58,1935	58,1483	58,1053	58,0646
4,10E+06	59,727	59,582	59,4493	59,3268	59,2131	59,1081	59,01
8,19E+06	61,4855	61,1612	60,8747	60,6204	60,393	60,1882	60,0027
1,64E+07	63,2791	62,7028	62,2147	61,7961	61,4327	61,1145	60,8333
3,28E+07	64,7405	63,9111	63,2305	62,662	62,1801	61,766	61,4065
6,55E+07	65,7289	64,7051	63,8824	63,2069	62,642	62,1627	61,751
1,31E+08	66,3162	65,1678	64,2567	63,5157	62,9016	62,3836	61,9415
2,62E+08	66,6383	65,4191	64,4579	63,681	63,0392	62,5006	62,0419
5,24E+08	66,8072	65,5498	64,5627	63,7664	63,1105	62,5607	62,0935
1,05E+09	66,8939	65,6167	64,616	63,8099	63,1466	62,5913	62,1194
2,10E+09	66,9377	65,6507	64,6429	63,8317	63,1648	62,6064	62,1326
4,19E+09	66,9596	65,6678	64,6564	63,8427	63,1739	62,6144	62,139
8,39E+09	66,9705	65,6763	64,6629	63,8481	63,1784	62,6181	62,1424
1,68E+10	66,9764	65,6805	64,6663	63,8511	63,1807	62,62	62,1443
3,36E+10	66,9791	65,6825	64,6683	63,8523	63,1819	62,6212	62,145
6,71E+10	66,9803	65,6836	64,669	63,853	63,1826	62,6215	62,1454
1,34E+11	66,9811	65,6844	64,6694	63,8534	63,1826	62,6219	62,1454

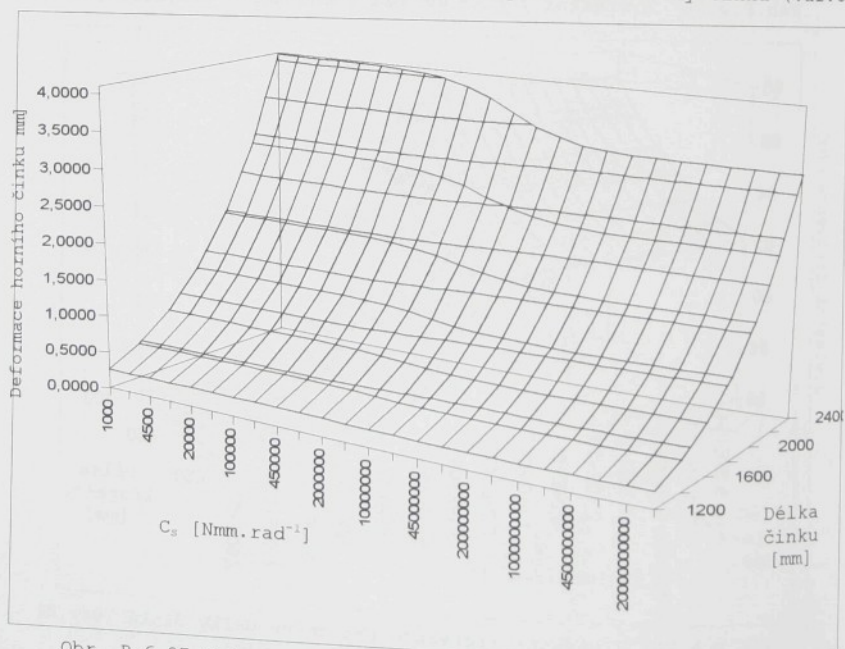
Tab.P.6.26 2.vlastní frekvence při změně délky krajnice (var.B)



Tab.P.6.26 2.vlastní frekvence při změně délky činku (var.B)

délka činku	1200 [mm]	1400 [mm]	1600 [mm]	1800 [mm]	2000 [mm]	2200 [mm]	2400 [mm]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	Deformace horního činku [mm]						
1,00E+04	0,2551	0,4726	0,8062	1,2914	1,9683	2,8817	4,0813
2,00E+04	0,2551	0,4726	0,8062	1,2913	1,9682	2,8816	4,0811
4,50E+04	0,2551	0,4725	0,8061	1,2912	1,9680	2,8812	4,0806
1,00E+05	0,2550	0,4725	0,8060	1,2909	1,9675	2,8805	4,0794
2,00E+05	0,2550	0,4723	0,8057	1,2904	1,9666	2,8791	4,0773
4,50E+05	0,2548	0,4720	0,8050	1,2892	1,9645	2,8757	4,0721
1,00E+06	0,2544	0,4712	0,8035	1,2865	1,9600	2,8684	4,0609
2,00E+06	0,2538	0,4699	0,8009	1,2818	1,9521	2,8557	4,0411
4,50E+06	0,2524	0,4667	0,7948	1,2709	1,9336	2,8261	3,9956
1,00E+07	0,2496	0,4608	0,7834	1,2505	1,8993	2,7711	3,9112
2,00E+07	0,2458	0,4527	0,7676	1,2224	1,8523	2,6963	3,7970
4,50E+07	0,2399	0,4401	0,7437	1,1800	1,7819	2,5851	3,6284
1,00E+08	0,2340	0,4278	0,7203	1,1390	1,7144	2,4793	3,4692
2,00E+08	0,2301	0,4196	0,7048	1,1122	1,6704	2,4109	3,3670
4,50E+08	0,2272	0,4136	0,6937	1,0928	1,6389	2,3620	3,2942
1,00E+09	0,2257	0,4105	0,6880	1,0830	1,6229	2,3372	3,2574
2,00E+09	0,2251	0,4092	0,6855	1,0786	1,6159	2,3264	3,2414
4,50E+09	0,2247	0,4084	0,6840	1,0762	1,6119	2,3202	3,2322
1,00E+10	0,2245	0,4081	0,6834	1,0751	1,6101	2,3174	3,2281
2,00E+10	0,2245	0,4080	0,6831	1,0746	1,6093	2,3163	3,2264
4,50E+10	0,2244	0,4079	0,6830	1,0744	1,6089	2,3157	3,2255
1,00E+11	0,2244	0,4078	0,6829	1,0743	1,6088	2,3154	3,2251
2,00E+11	0,2244	0,4078	0,6829	1,0742	1,6087	2,3153	3,2249
4,50E+11	0,2244	0,4078	0,6829	1,0742	1,6086	2,3152	3,2248

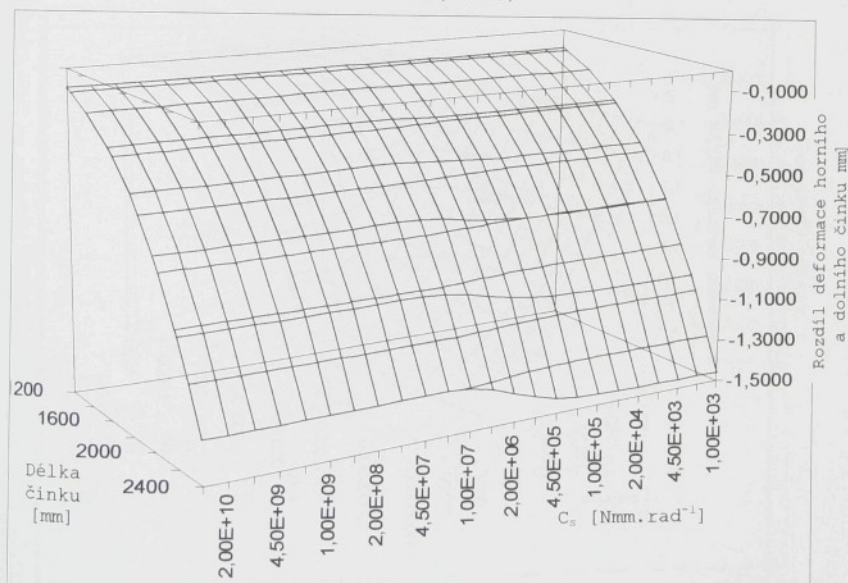
Tab.P.6.27 Deformace horního činku při změně délky činku (var.C)



Obr. P.6.27 Deformace horního činku při změně délky činku (var.C)

délka činku	1200 [mm]	1400 [mm]	1600 [mm]	1800 [mm]	2000 [mm]	2200 [mm]	2400 [mm]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	-0,0912	-0,1689	-0,2881	-0,4615	-0,7034	-1,0299	-1,4586
2,00E+04	-0,0912	-0,1689	-0,2881	-0,4615	-0,7034	-1,0298	-1,4585
4,50E+04	-0,0912	-0,1689	-0,2881	-0,4615	-0,7033	-1,0297	-1,4584
1,00E+05	-0,0911	-0,1689	-0,2880	-0,4614	-0,7032	-1,0295	-1,4579
2,00E+05	-0,0911	-0,1688	-0,2879	-0,4612	-0,7029	-1,0290	-1,4572
4,50E+05	-0,0911	-0,1687	-0,2877	-0,4607	-0,7021	-1,0278	-1,4553
1,00E+06	-0,0909	-0,1684	-0,2872	-0,4598	-0,7005	-1,0252	-1,4514
2,00E+06	-0,0907	-0,1679	-0,2863	-0,4582	-0,6977	-1,0207	-1,4445
4,50E+06	-0,0902	-0,1669	-0,2842	-0,4544	-0,6915	-1,0107	-1,4290
1,00E+07	-0,0893	-0,1650	-0,2805	-0,4479	-0,6804	-0,9930	-1,4018
2,00E+07	-0,0883	-0,1626	-0,2760	-0,4398	-0,6669	-0,9714	-1,3688
4,50E+07	-0,0869	-0,1598	-0,2705	-0,4300	-0,6505	-0,9454	-1,3291
1,00E+08	-0,0862	-0,1581	-0,2672	-0,4241	-0,6405	-0,9291	-1,3040
2,00E+08	-0,0861	-0,1578	-0,2665	-0,4226	-0,6377	-0,9243	-1,2959
4,50E+08	-0,0863	-0,1581	-0,2670	-0,4231	-0,6380	-0,9241	-1,2948
1,00E+09	-0,0865	-0,1585	-0,2675	-0,4239	-0,6390	-0,9253	-1,2960
2,00E+09	-0,0866	-0,1587	-0,2679	-0,4244	-0,6396	-0,9260	-1,2969
4,50E+09	-0,0867	-0,1589	-0,2681	-0,4247	-0,6400	-0,9266	-1,2975
1,00E+10	-0,0867	-0,1589	-0,2682	-0,4248	-0,6402	-0,9268	-1,2978
2,00E+10	-0,0867	-0,1590	-0,2682	-0,4249	-0,6403	-0,9269	-1,2979
4,50E+10	-0,0867	-0,1590	-0,2682	-0,4249	-0,6404	-0,9270	-1,2980
1,00E+11	-0,0867	-0,1590	-0,2683	-0,4249	-0,6404	-0,9270	-1,2980
2,00E+11	-0,0867	-0,1590	-0,2683	-0,4249	-0,6404	-0,9270	-1,2980
4,50E+11	-0,0867	-0,1590	-0,2683	-0,4249	-0,6404	-0,9270	-1,2980

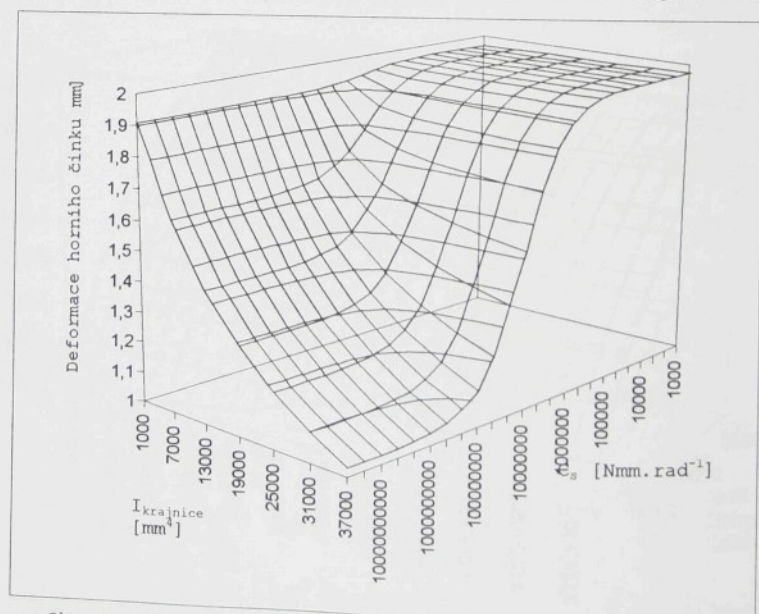
Tab.P.6.28 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně délky činku (var.C)



Tab.P.6.28 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně délky činku (var.C)

I_{krajnice}	1000 [mm ⁴]	7000 [mm ⁴]	13000 [mm ⁴]	19000 [mm ⁴]	25000 [mm ⁴]	31000 [mm ⁴]	37000 [mm ⁴]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	Deformace horního činku [mm]						
1,00E+04	1,96825	1,96825	1,96825	1,96825	1,96825	1,96825	1,96825
2,00E+04	1,96817	1,96817	1,96817	1,96817	1,96817	1,96817	1,96817
4,50E+04	1,96796	1,96796	1,96796	1,96796	1,96796	1,96796	1,96796
1,00E+05	1,96750	1,96749	1,96749	1,96749	1,96749	1,96749	1,96749
2,00E+05	1,96668	1,96664	1,96664	1,96664	1,96664	1,96664	1,96664
4,50E+05	1,96473	1,96455	1,96453	1,96453	1,96452	1,96452	1,96452
1,00E+06	1,96087	1,96002	1,95995	1,95992	1,95991	1,95990	1,9599
2,00E+06	1,95503	1,95210	1,95182	1,95171	1,95166	1,95162	1,95160
4,50E+06	1,94487	1,93382	1,93254	1,93204	1,93177	1,93161	1,9315
1,00E+07	1,93306	1,90000	1,89474	1,89260	1,89143	1,89070	1,89020
2,00E+07	1,92400	1,85430	1,83882	1,83201	1,82819	1,82574	1,82404
4,50E+07	1,91671	1,78706	1,74429	1,72305	1,71036	1,70192	1,69590
1,00E+08	1,91272	1,72388	1,63858	1,59018	1,55902	1,53728	1,52126
2,00E+08	1,91092	1,68346	1,55996	1,48274	1,42994	1,39159	1,36247
4,50E+08	1,90988	1,65480	1,49783	1,39194	1,31579	1,25843	1,21367
1,00E+09	1,90941	1,64034	1,46416	1,34037	1,24875	1,17825	1,12233
2,00E+09	1,90921	1,63404	1,44899	1,31655	1,21721	1,14000	1,07829
4,50E+09	1,90910	1,63044	1,44017	1,30252	1,19848	1,11712	1,05179
1,00E+10	1,90905	1,62884	1,43619	1,29616	1,18994	1,10665	1,03963
2,00E+10	1,90903	1,62818	1,43455	1,29352	1,18639	1,10229	1,03456
4,50E+10	1,90902	1,62781	1,43363	1,29205	1,18440	1,09985	1,03172
1,00E+11	1,90902	1,62764	1,43322	1,29140	1,18353	1,09878	1,03046
2,00E+11	1,90902	1,62758	1,43306	1,29113	1,18317	1,09834	1,02995
4,50E+11	1,90902	1,62754	1,43297	1,29098	1,18297	1,09809	1,02966

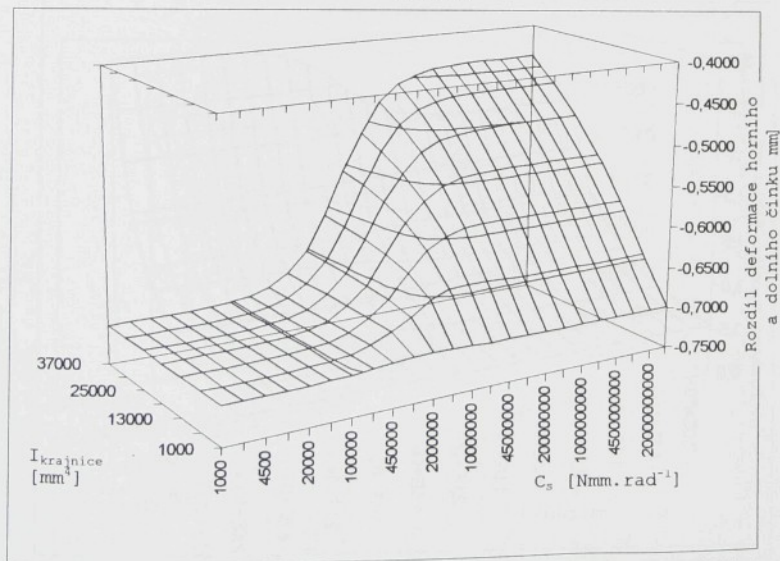
Tab.P.6.29 Deformace horního činku při změně I_{krajnice} (var.C)



Obr.P.6.29 Deformace horního činku při změně I_{krajnice} (var.C)

I_{krajnice}	1000 [mm ⁴]	7000 [mm ⁴]	13000 [mm ⁴]	19000 [mm ⁴]	25000 [mm ⁴]	31000 [mm ⁴]	37000 [mm ⁴]
C_s [Nmm·rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	-0,7034	-0,7034	-0,7034	-0,7034	-0,7034	-0,7034	-0,7034
2,00E+04	-0,7034	-0,7034	-0,7034	-0,7034	-0,7034	-0,7034	-0,7034
4,50E+04	-0,7033	-0,7033	-0,7033	-0,7033	-0,7033	-0,7033	-0,7033
1,00E+05	-0,7032	-0,7032	-0,7032	-0,7032	-0,7032	-0,7032	-0,7032
2,00E+05	-0,7029	-0,7029	-0,7029	-0,7029	-0,7029	-0,7029	-0,7029
4,50E+05	-0,7022	-0,7021	-0,7021	-0,7021	-0,7021	-0,7021	-0,7021
1,00E+06	-0,7009	-0,7005	-0,7005	-0,7005	-0,7005	-0,7005	-0,7004
2,00E+06	-0,6992	-0,6978	-0,6976	-0,6976	-0,6975	-0,6975	-0,6975
4,50E+06	-0,6967	-0,6916	-0,6909	-0,6907	-0,6905	-0,6904	-0,6904
1,00E+07	-0,6949	-0,6808	-0,6782	-0,6771	-0,6766	-0,6762	-0,6759
2,00E+07	-0,6948	-0,6678	-0,6605	-0,6572	-0,6553	-0,6541	-0,6533
4,50E+07	-0,6956	-0,6527	-0,6340	-0,6242	-0,6182	-0,6141	-0,6112
1,00E+08	-0,6966	-0,6440	-0,6104	-0,5896	-0,5755	-0,5655	-0,5580
2,00E+08	-0,6972	-0,6420	-0,5979	-0,5668	-0,5443	-0,5273	-0,5141
4,50E+08	-0,6976	-0,6427	-0,5916	-0,5519	-0,5211	-0,4969	-0,4774
1,00E+09	-0,6978	-0,6438	-0,5898	-0,5455	-0,5098	-0,4809	-0,4572
2,00E+09	-0,6979	-0,6445	-0,5894	-0,5430	-0,5051	-0,4740	-0,4481
4,50E+09	-0,6979	-0,6449	-0,5893	-0,5418	-0,5025	-0,4700	-0,4429
1,00E+10	-0,6980	-0,6451	-0,5892	-0,5412	-0,5013	-0,4683	-0,4406
2,00E+10	-0,6980	-0,6452	-0,5892	-0,5410	-0,5009	-0,4675	-0,4396
4,50E+10	-0,6980	-0,6452	-0,5892	-0,5409	-0,5006	-0,4671	-0,4391
1,00E+11	-0,6980	-0,6452	-0,5892	-0,5408	-0,5005	-0,4670	-0,4388
2,00E+11	-0,6980	-0,6453	-0,5892	-0,5408	-0,5005	-0,4669	-0,4387
4,50E+11	-0,6980	-0,6453	-0,5892	-0,5408	-0,5004	-0,4668	-0,4387

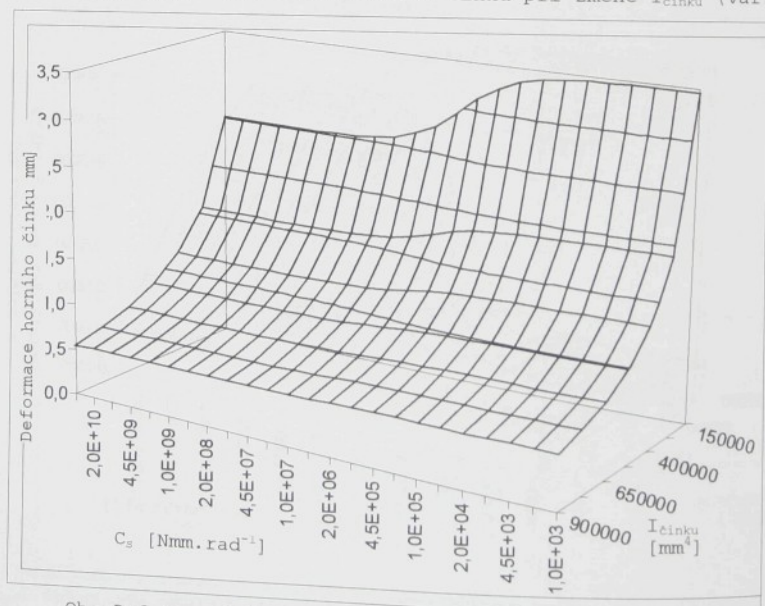
Tab.P.6.30 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně I_{krajnice} (var.C)



Obr.P.6.30 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně I_{krajnice} (var.C)

I činku [mm ⁴]	150000	275000	400000	525000	650000	775000	900000
Deformace horního činku [mm]							
C _s [Nmm rad ⁻¹]							
1,0E+03	3,46402	1,88953	1,29907	0,98977	0,79944	0,67050	0,57737
2,0E+03	3,46376	1,88945	1,29903	0,98975	0,79942	0,67049	0,57737
4,5E+03	3,46310	1,88926	1,29894	0,98970	0,79939	0,67046	0,57735
1,0E+04	3,46165	1,88883	1,29874	0,98958	0,79931	0,67041	0,57731
2,0E+04	3,45904	1,88805	1,29837	0,98937	0,79917	0,67031	0,57723
4,5E+04	3,45255	1,88611	1,29745	0,98884	0,79882	0,67007	0,57705
1,0E+05	3,43860	1,88194	1,29547	0,98768	0,79807	0,66954	0,57666
2,0E+05	3,41425	1,87460	1,29199	0,98566	0,79675	0,66860	0,57597
4,5E+05	3,35858	1,85761	1,28388	0,98093	0,79365	0,66642	0,57435
1,0E+06	3,25727	1,82586	1,26857	0,97194	0,78775	0,66226	0,57125
2,0E+06	3,12386	1,78234	1,24726	0,95934	0,77943	0,65635	0,56685
4,5E+06	2,93433	1,71698	1,21451	0,93972	0,76638	0,64705	0,55988
1,0E+07	2,76295	1,65404	1,18212	0,92003	0,75316	0,63757	0,55275
2,0E+07	2,65640	1,61298	1,16055	0,90677	0,74419	0,63110	0,54786
4,5E+07	2,58213	1,58348	1,14484	0,89704	0,73758	0,62631	0,54424
1,0E+08	2,54503	1,56847	1,13679	0,89203	0,73417	0,62384	0,54237
2,0E+08	2,52895	1,56191	1,13326	0,88983	0,73267	0,62275	0,54154
4,5E+08	2,51978	1,55815	1,13123	0,88857	0,73181	0,62213	0,54107
1,0E+09	2,51569	1,55647	1,13032	0,88800	0,73142	0,62185	0,54086
2,0E+09	2,51400	1,55578	1,12995	0,88777	0,73126	0,62173	0,54077
4,5E+09	2,51306	1,55540	1,12974	0,88764	0,73117	0,62167	0,54072
1,0E+10	2,51265	1,55523	1,12965	0,88758	0,73113	0,62164	0,54070
2,0E+10	2,51248	1,55516	1,12961	0,88756	0,73112	0,62163	0,54069
4,5E+10	2,51239	1,55512	1,12959	0,88755	0,73111	0,62162	0,54069

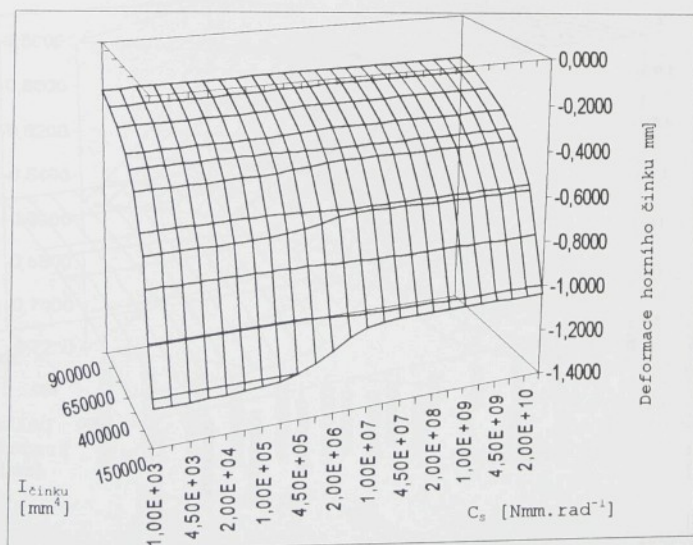
Tab.P.6.31 Deformace horního činku při změně I_{činku} (var.C)



Obr.P.6.31 Deformace horního činku při změně I_{činku} (var.C)

$I_{\text{činku}}$	150000 [mm ⁴]	275000 [mm ⁴]	400000 [mm ⁴]	525000 [mm ⁴]	650000 [mm ⁴]	775000 [mm ⁴]	900000 [mm ⁴]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,0E+03	-1,2380	-0,6753	-0,4643	-0,3537	-0,2857	-0,2396	-0,2063
2,0E+03	-1,2379	-0,6753	0,4643	-0,3537	-0,2857	-0,2396	-0,2063
4,5E+03	-1,2377	-0,6752	0,4642	-0,3537	-0,2857	-0,2396	-0,2063
1,0E+04	-1,2372	-0,6750	0,4642	-0,3537	-0,2857	-0,2396	-0,2063
2,0E+04	-1,2362	-0,6748	0,4640	-0,3536	-0,2856	-0,2396	-0,2063
4,5E+04	-1,2339	-0,6741	0,4637	-0,3534	-0,2855	-0,2395	-0,2062
1,0E+05	-1,2290	-0,6726	0,4630	-0,3530	-0,2852	-0,2393	-0,2061
2,0E+05	-1,2205	-0,6700	0,4618	-0,3523	-0,2848	-0,2390	-0,2059
4,5E+05	-1,2015	-0,6643	0,4590	-0,3507	-0,2837	-0,2382	-0,2053
1,0E+06	-1,1689	-0,6541	0,4541	-0,3478	-0,2818	-0,2369	-0,2043
2,0E+06	-1,1299	-0,6415	0,4480	-0,3442	-0,2794	-0,2352	-0,2031
4,5E+06	-1,0837	-0,6264	0,4406	-0,3398	-0,2766	-0,2332	-0,2015
1,0E+07	-1,0533	-0,6171	0,4363	-0,3374	-0,2750	-0,2321	-0,2007
2,0E+07	-1,0409	-0,6147	0,4356	-0,3372	-0,2750	-0,2321	-0,2008
4,5E+07	-1,0358	-0,6151	0,4366	-0,3380	-0,2757	-0,2327	-0,2013
1,0E+08	-1,0345	-0,6161	0,4376	-0,3389	-0,2763	-0,2332	-0,2017
2,0E+08	-1,0341	-0,6168	0,4382	-0,3393	-0,2767	-0,2335	-0,2019
4,5E+08	-1,0340	-0,6172	0,4386	-0,3396	-0,2769	-0,2337	-0,2021
1,0E+09	-1,0340	-0,6174	0,4387	-0,3398	-0,2770	-0,2338	-0,2021
2,0E+09	-1,0340	-0,6175	0,4388	-0,3398	-0,2771	-0,2338	-0,2022
4,5E+09	-1,0340	-0,6176	0,4389	-0,3399	-0,2771	-0,2338	-0,2022
1,0E+10	-1,0340	-0,6176	0,4389	-0,3399	-0,2771	-0,2338	-0,2022
2,0E+10	-1,0340	-0,6176	0,4389	-0,3399	-0,2771	-0,2338	-0,2022
4,5E+10	-1,0340	-0,6176	0,4389	-0,3399	-0,2771	-0,2338	-0,2022

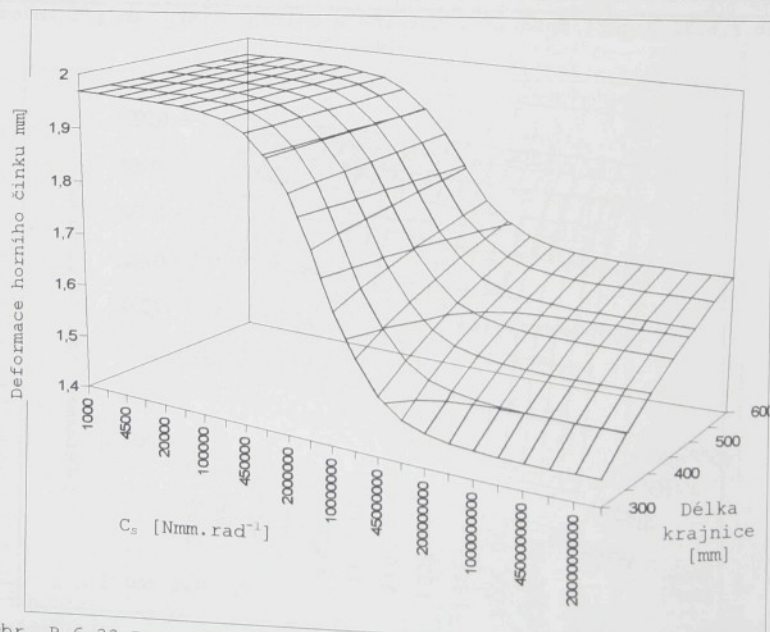
Tab.P.6.32 Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm] při změně $I_{\text{činku}}$ (var.C)



Obr.P.6.32 Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm] při změně $I_{\text{činku}}$ (var.C)

délka krajnice	300 [mm]	350 [mm]	400 [mm]	450 [mm]	500 [mm]	550 [mm]	600 [mm]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	Deformace horního činku [mm]						
1,00E+04	1,96826	1,96826	1,96826	1,96826	1,96826	1,96826	1,96826
2,00E+04	1,96817	1,96817	1,96817	1,96817	1,96817	1,96817	1,96817
4,50E+04	1,96796	1,96796	1,96796	1,96796	1,96796	1,96796	1,96796
1,00E+05	1,96749	1,96749	1,96749	1,96749	1,96749	1,96749	1,96749
2,00E+05	1,96665	1,96665	1,96665	1,96665	1,96665	1,96665	1,96665
4,50E+05	1,96454	1,96454	1,96454	1,96455	1,96455	1,96455	1,96456
1,00E+06	1,95996	1,95997	1,95999	1,96	1,96002	1,96003	1,96005
2,00E+06	1,95184	1,95189	1,95195	1,95201	1,95206	1,95212	1,95217
4,50E+06	1,9326	1,93287	1,93313	1,93339	1,93365	1,9339	1,93415
1,00E+07	1,89501	1,89613	1,89721	1,89826	1,89929	1,90028	1,90125
2,00E+07	1,83963	1,84305	1,84629	1,84937	1,8523	1,85509	1,85775
4,50E+07	1,74673	1,7567	1,76582	1,7742	1,78192	1,78905	1,79566
1,00E+08	1,64385	1,66488	1,68337	1,69976	1,71437	1,72749	1,73933
2,00E+08	1,56804	1,59967	1,62669	1,65004	1,67043	1,68837	1,70428
4,50E+08	1,50855	1,54988	1,58443	1,61374	1,6389	1,66075	1,67988
1,00E+09	1,47647	1,52354	1,56242	1,59507	1,62288	1,64685	1,66771
2,00E+09	1,46205	1,5118	1,55268	1,58687	1,61588	1,6408	1,66244
4,50E+09	1,45367	1,50501	1,54708	1,58217	1,61187	1,63735	1,65944
1,00E+10	1,4499	1,50197	1,54457	1,58006	1,61008	1,63581	1,6581
2,00E+10	1,44834	1,50071	1,54353	1,57919	1,60935	1,63517	1,65754
4,50E+10	1,44747	1,5	1,54295	1,57871	1,60893	1,63482	1,65724
1,00E+11	1,44708	1,4997	1,5427	1,57849	1,60875	1,63466	1,6571
2,00E+11	1,44693	1,49957	1,54259	1,57841	1,60868	1,6346	1,65705
4,50E+11	1,44684	1,4995	1,54253	1,57836	1,60864	1,63457	1,65702

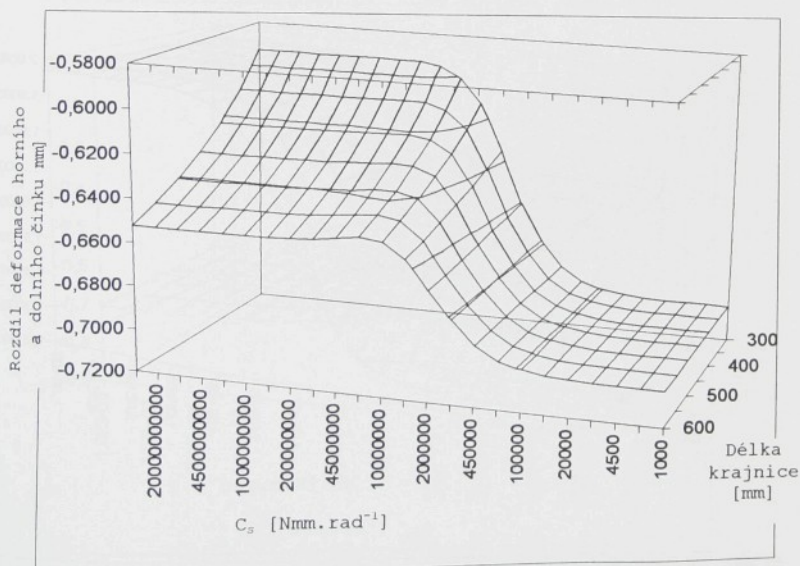
Tab.P.6.33 Deformace horního činku při změně délky krajnice (var.C)



Obr. P.6.33 Deformace horního činku při změně délky krajnice (var.C)

délka krajnice	300 [mm]	350 [mm]	400 [mm]	450 [mm]	500 [mm]	550 [mm]	600 [mm]
C_s [Nmm.rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	-0,7034	-0,7034	-0,7034	-0,7034	-0,7034	-0,7034	-0,7034
2,00E+04	-0,7034	-0,7034	-0,7034	-0,7034	-0,7034	-0,7034	-0,7034
4,50E+04	-0,7033	-0,7033	-0,7033	-0,7033	-0,7033	-0,7033	-0,7033
1,00E+05	-0,7032	-0,7032	-0,7032	-0,7032	-0,7032	-0,7032	-0,7032
2,00E+05	-0,7029	-0,7029	-0,7029	-0,7029	-0,7029	-0,7029	-0,7029
4,50E+05	-0,7021	-0,7021	-0,7021	-0,7021	-0,7021	-0,7021	-0,7021
1,00E+06	-0,7005	-0,7005	-0,7005	-0,7005	-0,7005	-0,7005	-0,7005
2,00E+06	-0,6976	-0,6976	-0,6977	-0,6977	-0,6977	-0,6978	-0,6978
4,50E+06	-0,6909	-0,6911	-0,6912	-0,6913	-0,6915	-0,6916	-0,6917
1,00E+07	-0,6783	-0,6789	-0,6794	-0,6799	-0,6804	-0,6809	-0,6814
2,00E+07	-0,6609	-0,6625	-0,6641	-0,6655	-0,6669	-0,6681	-0,6694
4,50E+07	-0,6351	-0,6396	-0,6436	-0,6472	-0,6505	-0,6535	-0,6562
1,00E+08	-0,6126	-0,6212	-0,6286	-0,6349	-0,6405	-0,6453	-0,6495
2,00E+08	-0,6010	-0,6129	-0,6227	-0,6308	-0,6377	-0,6436	-0,6486
4,50E+08	-0,5954	-0,6097	-0,6211	-0,6304	-0,6380	-0,6444	-0,6498
1,00E+09	-0,5940	-0,6093	-0,6214	-0,6311	-0,6390	-0,6455	-0,6510
2,00E+09	-0,5937	-0,6095	-0,6218	-0,6316	-0,6396	-0,6462	-0,6517
4,50E+09	-0,5936	-0,6097	-0,6221	-0,6320	-0,6400	-0,6466	-0,6522
1,00E+10	-0,5936	-0,6098	-0,6223	-0,6322	-0,6402	-0,6469	-0,6524
2,00E+10	-0,5936	-0,6098	-0,6223	-0,6323	-0,6403	-0,6469	-0,6524
4,50E+10	-0,5936	-0,6098	-0,6224	-0,6323	-0,6404	-0,6470	-0,6525
1,00E+11	-0,5936	-0,6098	-0,6224	-0,6324	-0,6404	-0,6470	-0,6525
2,00E+11	-0,5936	-0,6099	-0,6224	-0,6324	-0,6404	-0,6470	-0,6525
4,50E+11	-0,5936	-0,6099	-0,6224	-0,6324	-0,6404	-0,6470	-0,6525

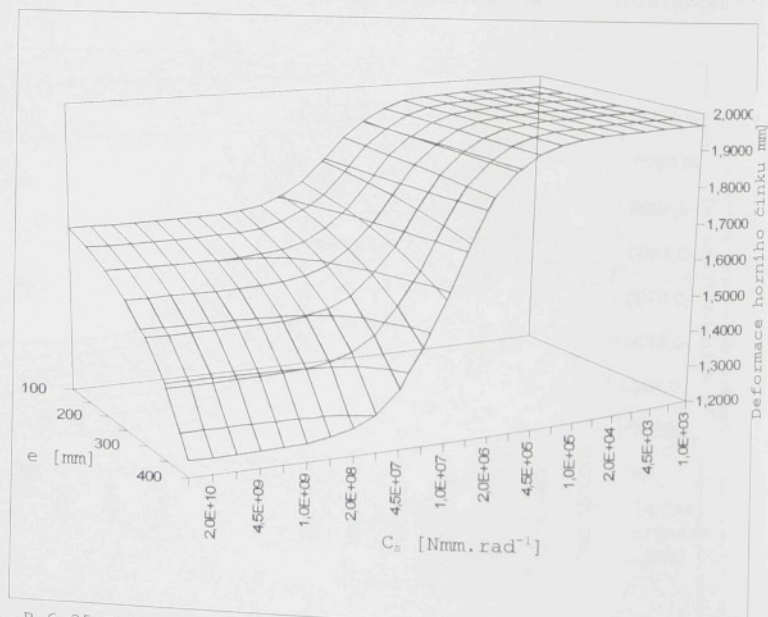
Tab.P.6.34 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně délky krajnice (var.C)



Tab.P.6.34 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně délky činku (var.C)

parametr e	100 [mm]	150 [mm]	200 [mm]	250 [mm]	300 [mm]	350 [mm]	400 [mm]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	Deformace horního činku [mm]						
1,00E+04	1,9683	1,9683	1,9683	1,9683	1,9683	1,9683	1,9683
2,00E+04	1,9682	1,9682	1,9682	1,9682	1,9682	1,9682	1,9682
4,50E+04	1,9680	1,9680	1,9680	1,9680	1,9680	1,9680	1,9680
1,00E+05	1,9675	1,9675	1,9675	1,9675	1,9675	1,9675	1,9675
2,00E+05	1,9666	1,9666	1,9666	1,9666	1,9666	1,9666	1,9666
4,50E+05	1,9646	1,9646	1,9645	1,9645	1,9645	1,9645	1,9645
1,00E+06	1,9600	1,9600	1,9600	1,9600	1,9600	1,9600	1,9599
2,00E+06	1,9522	1,9521	1,9520	1,9520	1,9519	1,9518	1,9517
4,50E+06	1,9341	1,9339	1,9336	1,9332	1,9329	1,9325	1,9320
1,00E+07	1,9011	1,9001	1,8990	1,8977	1,8961	1,8944	1,8924
2,00E+07	1,8573	1,8547	1,8514	1,8475	1,8429	1,8375	1,8311
4,50E+07	1,7948	1,7881	1,7796	1,7690	1,7558	1,7396	1,7193
1,00E+08	1,7384	1,7262	1,7099	1,6889	1,6619	1,6265	1,5792
2,00E+08	1,7040	1,6870	1,6641	1,6339	1,5938	1,5394	1,4623
4,50E+08	1,6805	1,6596	1,6310	1,5927	1,5409	1,4683	1,3604
1,00E+09	1,6690	1,6458	1,6140	1,5712	1,5125	1,4288	1,3012
2,00E+09	1,6641	1,6399	1,6066	1,5616	1,4997	1,4107	1,2735
4,50E+09	1,6613	1,6365	1,6023	1,5561	1,4923	1,4002	1,2571
1,00E+10	1,6601	1,6350	1,6004	1,5537	1,4890	1,3954	1,2496
2,00E+10	1,6596	1,6344	1,5997	1,5526	1,4876	1,3934	1,2465
4,50E+10	1,6593	1,6340	1,5992	1,5521	1,4868	1,3923	1,2447
1,00E+11	1,6592	1,6339	1,5990	1,5518	1,4865	1,3918	1,2440
2,00E+11	1,6591	1,6338	1,5990	1,5517	1,4863	1,3916	1,2437
4,50E+11	1,6591	1,6338	1,5989	1,5517	1,4863	1,3915	1,2435

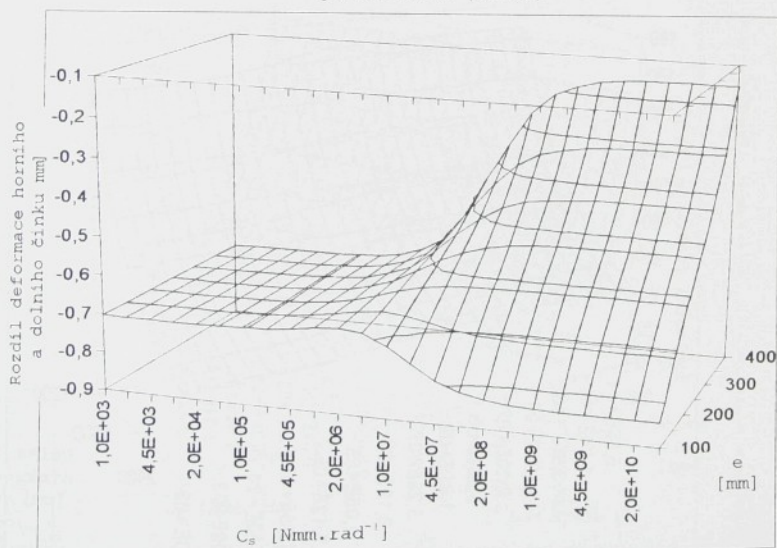
Tab.P.6.35 Deformace horního činku při změně parametru e (var.C)



Obr. P.6.35 Deformace horního činku při změně parametru e (var.C)

parametr e	100 [mm]	150 [mm]	200 [mm]	250 [mm]	300 [mm]	350 [mm]	400 [mm]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	-0,7034	-0,7034	-0,7034	-0,7034	-0,7034	-0,7034	-0,7034
2,00E+04	-0,7034	-0,7034	-0,7034	-0,7034	-0,7034	-0,7034	-0,7034
4,50E+04	-0,7033	-0,7033	-0,7033	-0,7033	-0,7033	-0,7033	-0,7033
1,00E+05	-0,7031	-0,7031	-0,7031	-0,7031	-0,7031	-0,7031	-0,7031
2,00E+05	-0,7028	-0,7028	-0,7028	-0,7028	-0,7028	-0,7028	-0,7028
4,50E+05	-0,7021	-0,7021	-0,7021	-0,7021	-0,702	-0,7020	-0,7020
1,00E+06	-0,7005	-0,7005	-0,7005	-0,7004	-0,7004	-0,7004	-0,7003
2,00E+06	-0,6979	-0,6978	-0,6977	-0,6975	-0,6974	-0,6973	-0,6972
4,50E+06	-0,6924	-0,6918	-0,6913	-0,6907	-0,6901	-0,6896	-0,6890
1,00E+07	-0,6845	-0,6821	-0,6798	-0,6775	-0,6751	-0,6727	-0,6702
2,00E+07	-0,6792	-0,6720	-0,6651	-0,6582	-0,6512	-0,6439	-0,6362
4,50E+07	-0,686	-0,6652	-0,6456	-0,6264	-0,6066	-0,5855	-0,5620
1,00E+08	-0,7153	-0,6707	-0,6306	-0,5919	-0,5517	-0,5070	-0,4537
2,00E+08	-0,7516	-0,6826	-0,6233	-0,567	-0,5079	-0,4401	-0,3546
4,50E+08	-0,7895	-0,6963	-0,6196	-0,5476	-0,4716	-0,3821	-0,2638
1,00E+09	-0,8136	-0,7053	-0,6182	-0,5372	-0,4514	-0,3488	-0,2095
2,00E+09	-0,8253	-0,7098	-0,6177	-0,5325	-0,4421	-0,3333	-0,1837
4,50E+09	-0,8324	-0,7124	-0,6175	-0,5298	-0,4367	-0,3242	-0,1683
1,00E+10	-0,8356	-0,7136	-0,6174	-0,5286	-0,4343	-0,3201	-0,1613
2,00E+10	-0,8370	-0,7142	-0,6174	-0,5281	-0,4333	-0,3184	-0,1584
4,50E+10	-0,8377	-0,7144	-0,6173	-0,5278	-0,4327	-0,3174	-0,1568
1,00E+11	-0,8381	-0,7146	-0,6173	-0,5277	-0,4325	-0,3170	-0,1561
2,00E+11	-0,8382	-0,7146	-0,6173	-0,5276	-0,4324	-0,3168	-0,1558
4,50E+11	-0,8383	-0,7146	-0,6173	-0,5276	-0,4323	-0,3167	-0,1556

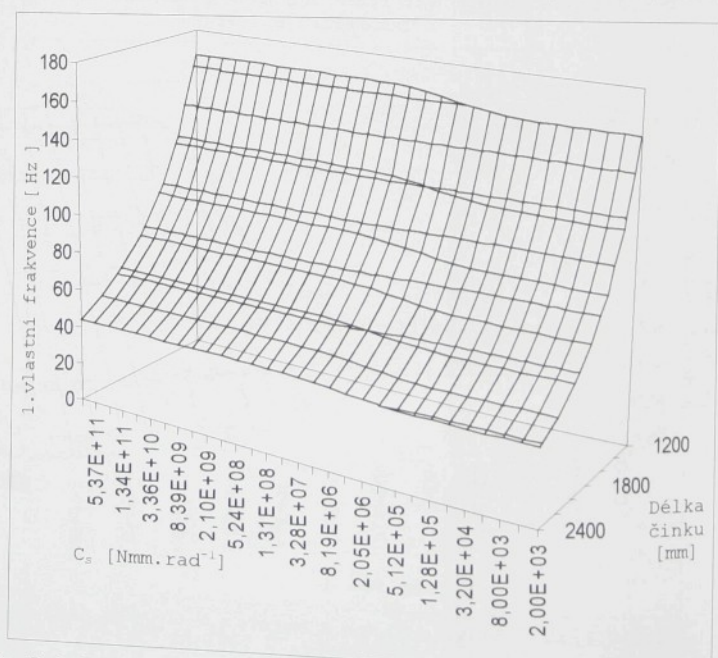
Tab.P.6.36 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně parametru e (var.C)



Tab.P.6.36 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně parametru e (var.C)

délka činku	1200 [mm]	1400 [mm]	1600 [mm]	1800 [mm]	2000 [mm]	2200 [mm]	2400 [mm]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	1.vlastní frekvence [Hz]						
1,60E+04	156,43	114,928	87,9975	69,5289	56,322	46,5471	39,115
3,20E+04	156,46	114,957	88,0199	69,551	56,3399	46,5649	39,1324
6,40E+04	156,52	115,016	88,0703	69,5953	56,3793	46,6004	39,1648
1,28E+05	156,649	115,118	88,1656	69,6794	56,4547	46,6716	39,2271
2,56E+05	156,898	115,331	88,3451	69,8434	56,6019	46,8022	39,3468
5,12E+05	157,347	115,72	88,6821	70,1409	56,8718	47,0491	39,5719
1,02E+06	158,127	116,389	89,2735	70,662	57,3374	47,47	39,9584
2,05E+06	159,351	117,429	90,1785	71,4628	58,0595	48,1215	40,5545
4,10E+06	160,953	118,794	91,3617	72,5121	58,9913	48,9656	41,3237
8,19E+06	162,634	120,226	92,6044	73,6054	59,9676	49,8478	42,1233
1,64E+07	164,048	121,426	93,6415	74,5189	60,7804	50,577	42,7847
3,28E+07	165,029	122,255	94,3594	75,1479	61,3403	51,0786	43,2363
6,55E+07	165,622	122,753	94,7891	75,5257	61,6737	51,3801	43,509
1,31E+08	165,95	123,033	95,0276	75,7334	61,8614	51,5452	43,6588
2,62E+08	166,125	123,177	95,1557	75,8443	61,9591	51,6325	43,7377
5,24E+08	166,217	123,253	95,2198	75,8998	62,008	51,6762	43,7772
1,05E+09	166,258	123,29	95,2547	75,9275	62,0344	51,6981	43,7983
2,10E+09	166,279	123,306	95,2664	75,9414	62,0457	51,7105	43,8088
4,19E+09	166,289	123,321	95,278	75,9506	62,0532	51,7168	43,8141
8,39E+09	166,299	123,321	95,278	75,9553	62,0569	51,7199	43,8167
1,68E+10	166,299	123,328	95,2839	75,9553	62,0569	51,7199	43,8167
3,36E+10	166,299	123,328	95,2839	75,9553	62,0569	51,7199	43,8167
6,71E+10	166,299	123,328	95,2839	75,9553	62,0569	51,7199	43,8194
1,34E+11	166,299	123,328	95,2839	75,9553	62,0569	51,7199	43,8194

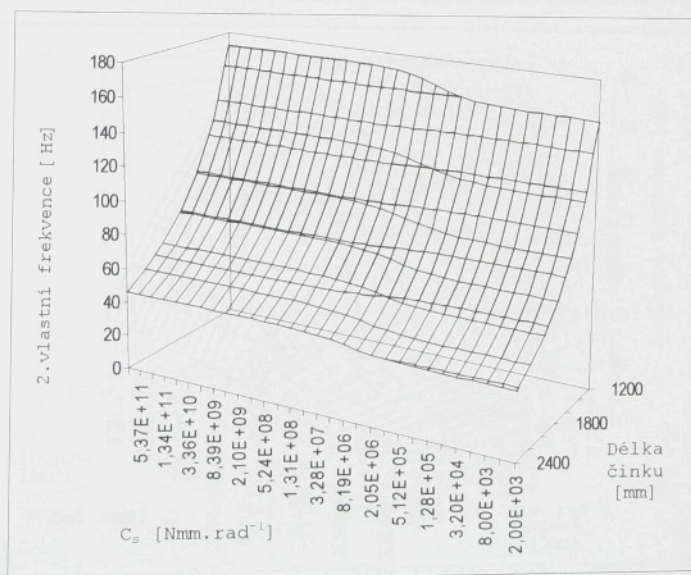
Tab.P.6.37 1.vlastní frekvence při změně délky činku (var.C)



Obr. P.6.37 1.vlastní frekvence při změně délky činku (var.C)

délka činku	1200 [mm]	1400 [mm]	1600 [mm]	1800 [mm]	2000 [mm]	2200 [mm]	2400 [mm]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	2.vlastní frekvence [Hz]						
1,60E+04	156,43	114,928	87,9975	69,5289	56,322	46,5471	39,115
3,20E+04	156,46	114,957	88,0199	69,551	56,3399	46,5649	39,1324
6,40E+04	156,53	115,016	88,0703	69,5953	56,3793	46,6004	39,1648
1,28E+05	156,649	115,126	88,1656	69,6794	56,4583	46,6716	39,2271
2,56E+05	156,908	115,338	88,3563	69,8479	56,6055	46,8082	39,3518
5,12E+05	157,377	115,749	88,7102	70,1632	56,8898	47,067	39,5894
1,02E+06	158,248	116,492	89,3582	70,7378	57,4062	47,5329	40,0138
2,05E+06	159,703	117,732	90,4395	71,6919	58,2598	48,3054	40,7194
4,10E+06	161,853	119,553	92,0135	73,0827	59,4987	49,4195	41,7341
8,19E+06	164,467	121,757	93,9191	74,7482	60,9779	50,747	42,9332
1,64E+07	167,008	123,89	95,7507	76,3489	62,3923	52,0076	44,0674
3,28E+07	168,99	125,551	97,1699	77,5782	63,4723	52,9703	44,9304
6,55E+07	170,286	126,632	98,0902	78,3749	64,1744	53,5884	45,4844
1,31E+08	171,045	127,262	98,6232	78,8361	64,5769	53,9483	45,8044
2,62E+08	171,451	127,601	98,914	79,086	64,7959	54,1398	45,9743
5,24E+08	171,67	127,778	99,0625	79,2183	64,9074	54,2389	46,0661
1,05E+09	171,775	127,871	99,1398	79,2844	64,9651	54,2901	46,1094
2,10E+09	171,827	127,917	99,1814	79,3175	64,996	54,3189	46,1337
4,19E+09	171,858	127,94	99,1992	79,3317	65,0114	54,3317	46,1445
8,39E+09	171,869	127,948	99,2111	79,3411	65,0191	54,3381	46,1499
1,68E+10	171,879	127,956	99,2111	79,3459	65,0229	54,3413	46,1526
3,36E+10	171,879	127,963	99,2171	79,3459	65,0229	54,3413	46,1553
6,71E+10	171,879	127,963	99,2171	79,3506	65,0229	54,3413	46,1553
1,34E+11	171,89	127,963	99,2171	79,3506	65,0229	54,3445	46,1553

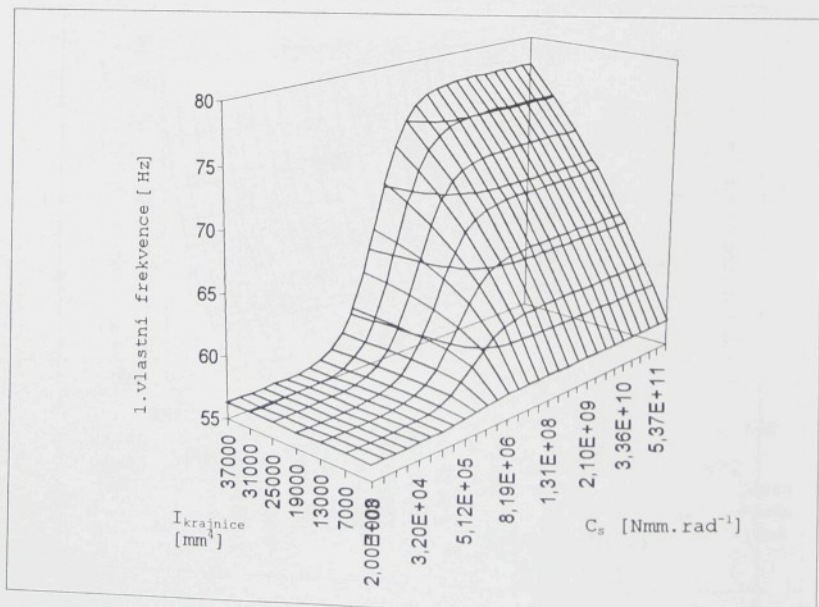
Tab.P.6.38 2.vlastní frekvence při změně délky činku (var.C)



Tab.P.6.38 2.vlastní frekvence při změně délky činku (var.C)

I_{krajnice}	1000 [mm ⁴]	7000 [mm ⁴]	13000 [mm ⁴]	19000 [mm ⁴]	25000 [mm ⁴]	31000 [mm ⁴]	37000 [mm ⁴]
C_s [Nmm.rad ⁻¹]	1.vlastní frekvence [Hz]						
1,60E+04	56,322	56,322	56,322	56,322	56,322	56,322	56,322
3,20E+04	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399
6,40E+04	56,3757	56,3793	56,3793	56,3793	56,3793	56,3793	56,3793
1,28E+05	56,4331	56,4547	56,4583	56,4583	56,4583	56,4583	56,4583
2,56E+05	56,5301	56,6019	56,6091	56,6091	56,6127	56,6127	56,6127
5,12E+05	56,6594	56,8682	56,8934	56,9042	56,9114	56,9114	56,915
1,02E+06	56,7998	57,3266	57,417	57,4532	57,4713	57,4858	57,4931
2,05E+06	56,9222	58,0231	58,2927	58,4131	58,4825	58,5263	58,5555
4,10E+06	57,0087	58,9143	59,5872	59,9306	60,1341	60,275	60,3715
8,19E+06	57,0629	59,8234	61,1683	61,9591	62,4791	62,8497	63,1226
1,64E+07	57,0917	60,5646	62,7134	64,1668	65,2118	66,0011	66,6118
3,28E+07	57,1062	61,0675	63,926	66,0787	67,7511	69,0866	70,1827
6,55E+07	57,117	61,3665	64,7228	67,433	69,6595	71,5216	73,1017
1,31E+08	57,1206	61,5275	65,1886	68,2632	70,8767	73,1262	75,0877
2,62E+08	57,1206	61,6137	65,4434	68,7257	71,5701	74,0646	76,272
5,24E+08	57,1242	61,6587	65,5749	68,9715	71,9464	74,5753	76,92
1,05E+09	57,1242	61,6812	65,6407	69,0985	72,141	74,8436	77,2639
2,10E+09	57,1242	61,6925	65,6755	69,162	72,2385	74,9801	77,4403
4,19E+09	57,1242	61,7	65,691	69,1938	72,2872	75,0504	77,5286
8,39E+09	57,1242	61,7	65,6987	69,2097	72,3156	75,0835	77,5707
1,68E+10	57,1242	61,7037	65,7026	69,2176	72,3278	75,1001	77,5959
3,36E+10	57,1242	61,7037	65,7065	69,2216	72,3319	75,1084	77,6044
6,71E+10	57,1242	61,7037	65,7065	69,2216	72,3359	75,1125	77,6128
1,34E+11	57,1242	61,7037	65,7065	69,2256	72,3359	75,1166	77,6128

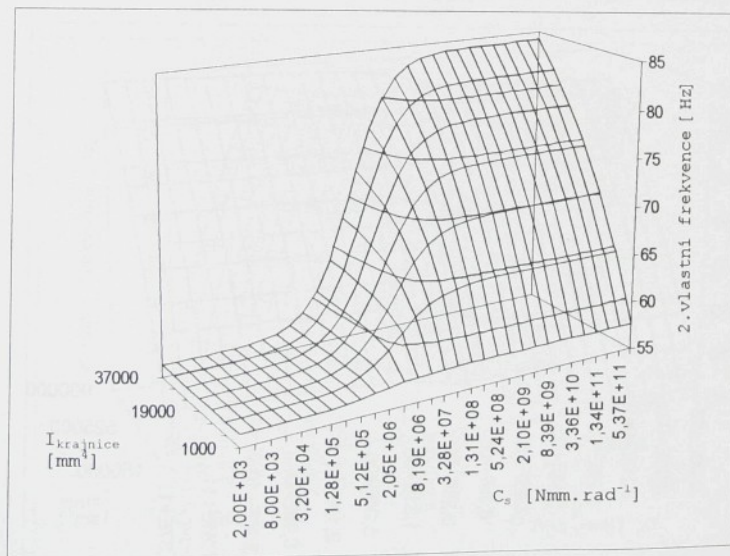
Tab.P.6.39 1.vlastní frekvence při změně I_{krajnice} (var.C)



Obr.P.6.39 1.vlastní frekvence při změně I_{krajnice} (var.C)

I [krajnice]	1000 [mm ⁴]	7000 [mm ⁴]	13000 [mm ⁴]	19000 [mm ⁴]	25000 [mm ⁴]	31000 [mm ⁴]	37000 [mm ⁴]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	2.vlastní frekvence [Hz]						
1,60E+04	56,322	56,322	56,322	56,322	56,322	56,322	56,322
3,20E+04	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399
6,40E+04	56,3757	56,3793	56,3793	56,3793	56,3793	56,3793	56,3793
1,28E+05	56,4439	56,4583	56,4583	56,4583	56,4583	56,4583	56,4583
2,56E+05	56,5588	56,6055	56,6091	56,6127	56,6127	56,6127	56,6127
5,12E+05	56,7314	56,8898	56,9042	56,9114	56,915	56,9186	56,9186
1,02E+06	56,9547	57,3989	57,4569	57,4822	57,4967	57,5039	57,5076
2,05E+06	57,182	58,2343	58,4313	58,5153	58,5629	58,5921	58,614
4,10E+06	57,3664	59,4287	59,9824	60,2416	60,39	60,4903	60,5572
8,19E+06	57,4894	60,8326	62,0946	62,7626	63,1758	63,4571	63,6589
1,64E+07	57,5655	62,1435	64,4272	65,8072	66,7366	67,4016	67,9045
3,28E+07	57,6054	63,134	66,4832	68,7574	70,403	71,659	72,645
6,55E+07	57,6272	63,7656	67,9636	71,0538	73,4329	75,3321	76,8823
1,31E+08	57,638	64,1285	68,8763	72,5555	75,5022	77,9329	79,9702
2,62E+08	57,6453	64,3238	69,3926	73,4288	76,7441	79,5266	81,8997
5,24E+08	57,6453	64,4234	69,6635	73,9044	77,4277	80,4151	82,9927
1,05E+09	57,6489	64,4733	69,8071	74,151	77,7854	80,887	83,5725
2,10E+09	57,6489	64,5001	69,8789	74,2744	77,9709	81,132	83,874
4,19E+09	57,6489	64,5155	69,9149	74,3403	78,0637	81,2525	84,0272
8,39E+09	57,6489	64,5193	69,9308	74,3733	78,1101	81,3171	84,1061
1,68E+10	57,6489	64,5231	69,9388	74,3856	78,1355	81,3473	84,1455
3,36E+10	57,6489	64,5231	69,9468	74,3939	78,1439	81,3645	84,163
6,71E+10	57,6489	64,527	69,9468	74,398	78,1524	81,3731	84,1718
1,34E+11	57,6489	64,527	69,9468	74,4021	78,1524	81,3731	84,1806

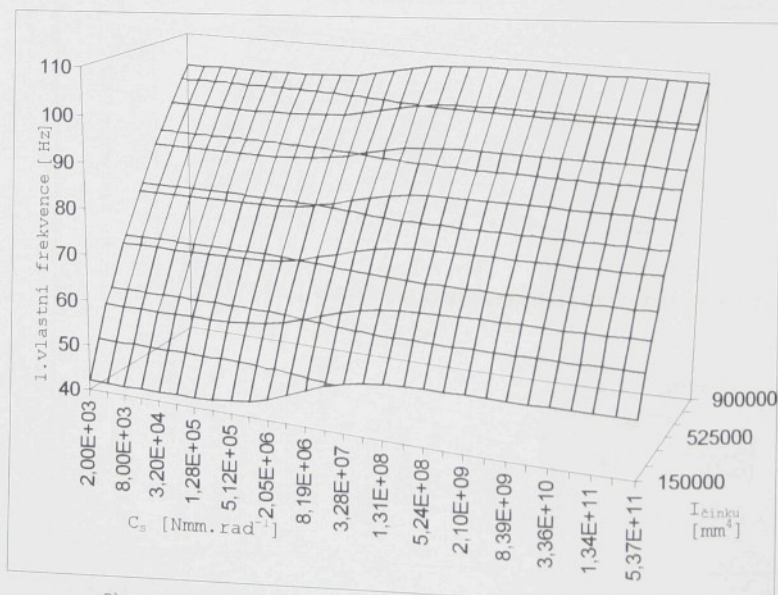
Tab.P.6.40 2.vlastní frekvence při změně $I_{krajnice}$ (var.C)



Obr.P.6.40 2.vlastní frekvence při změně $I_{krajnice}$ (var.C)

$I_{\text{činku}}$	150000	275000	400000	525000	650000	775000	900000
	[mm ⁴]	[mm ⁴]	[mm ⁴]	[mm ⁴]	[mm ⁴]	[mm ⁴]	[mm ⁴]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	1.vlastní frekvence [Hz]						
1,60E+04	41,966	56,8063	68,5035	78,4762	87,3174	95,3426	102,742
3,20E+04	41,9916	56,8251	68,5192	78,4902	87,3297	95,3535	102,753
6,40E+04	42,0427	56,8627	68,5506	78,5176	87,3547	95,376	102,774
1,28E+05	42,143	56,9372	68,6126	78,5716	87,4031	95,4209	102,815
2,56E+05	42,3383	57,0825	68,7331	78,6771	87,4976	95,5077	102,895
5,12E+05	42,7063	57,3579	68,9626	78,8778	87,6786	95,673	103,049
1,02E+06	43,3655	57,8564	69,3802	79,2438	88,0086	95,976	103,331
2,05E+06	44,4415	58,6862	70,0797	79,86	88,5658	96,4882	103,808
4,10E+06	45,9601	59,8901	71,1066	80,7701	89,3912	97,2493	104,517
8,19E+06	47,7159	61,3317	72,3538	81,8849	90,4075	98,1894	105,396
1,64E+07	49,3345	62,7077	73,5634	82,9744	91,4069	99,1173	106,266
3,28E+07	50,5427	63,7655	74,5049	83,8292	92,1945	99,8514	106,955
6,55E+07	51,3091	64,4504	75,1201	84,3909	92,7138	100,336	107,412
1,31E+08	51,7465	64,8462	75,4776	84,7181	93,0171	100,62	107,68
2,62E+08	51,9811	65,0596	75,6714	84,8957	93,1824	100,775	107,825
5,24E+08	52,1027	65,1707	75,7722	84,9887	93,2679	100,855	107,901
1,05E+09	52,1646	65,2276	75,8241	85,036	93,3122	100,896	107,94
2,10E+09	52,1959	65,2563	75,8498	85,0599	93,3346	100,917	107,96
4,19E+09	52,2117	65,2707	75,8631	85,0719	93,3455	100,928	107,969
8,39E+09	52,2194	65,2776	75,8695	85,0782	93,3513	100,933	107,975
1,68E+10	52,2233	65,2815	75,8727	85,0808	93,3541	100,936	107,978
3,36E+10	52,2254	65,2831	75,8745	85,0823	93,3553	100,937	107,978
6,71E+10	52,2263	65,2842	75,8755	85,0834	93,3559	100,938	107,979
1,34E+11	52,2269	65,2846	75,8759	85,0834	93,3564	100,938	107,98

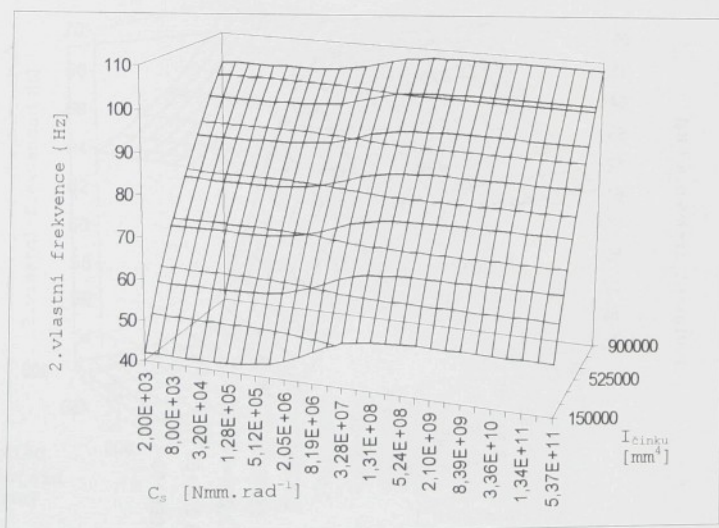
Tab.P.6.41 1.vlastní frekvence při změně $I_{\text{činku}}$ (var.C)



Obr.P.6.41 1.vlastní frekvence při změně $I_{\text{činku}}$ (var.C)

$I_{\text{činku}}$	150000	275000	400000	525000	650000	775000	900000
$C_s [\text{Nmm rad}^{-1}]$	$[\text{mm}^4]$	$[\text{mm}^4]$	$[\text{mm}^4]$	$[\text{mm}^4]$	$[\text{mm}^4]$	$[\text{mm}^4]$	$[\text{mm}^4]$
	2.vlastní frekvence [Hz]						
1,60E+04	41,9662	56,8066	68,504	78,4767	87,318	95,3432	102,743
3,20E+04	41,9919	56,8254	68,5197	78,4907	87,3302	95,3541	102,753
6,40E+04	42,0429	56,8631	68,5511	78,5181	87,3552	95,3766	102,774
1,28E+05	42,1432	56,9376	68,613	78,5721	87,4036	95,4215	102,816
2,56E+05	42,3386	57,0829	68,7335	78,6776	87,4982	95,5083	102,896
5,12E+05	42,7066	57,3583	68,963	78,8783	87,6791	95,6736	103,05
1,02E+06	43,3657	57,8568	69,3806	79,2443	88,0092	95,9767	103,332
2,05E+06	44,4418	58,6866	70,0801	79,8605	88,5664	96,4889	103,809
4,10E+06	45,9604	59,8904	71,1071	80,7707	89,3918	97,2499	104,518
8,19E+06	47,7162	61,3321	72,3542	81,8854	90,4081	98,19	105,397
1,64E+07	49,3348	62,7081	73,5639	82,9749	91,4074	99,1179	106,267
3,28E+07	50,543	63,7659	74,5054	83,8297	92,1951	99,852	106,956
6,55E+07	51,3094	64,4508	75,1206	84,3914	92,7144	100,337	107,413
1,31E+08	51,7468	64,8466	75,4781	84,7186	93,0176	100,621	107,681
2,62E+08	51,9814	65,06	75,6718	84,8962	93,1829	100,775	107,826
5,24E+08	52,103	65,1711	75,7727	84,9892	93,2685	100,856	107,902
1,05E+09	52,1649	65,228	75,8245	85,0365	93,3128	100,897	107,941
2,10E+09	52,1962	65,2567	75,8502	85,0605	93,3352	100,918	107,961
4,19E+09	52,212	65,271	75,8635	85,0724	93,3461	100,928	107,97
8,39E+09	52,2197	65,278	75,8699	85,0787	93,3518	100,934	107,976
1,68E+10	52,2236	65,2819	75,8732	85,0813	93,3547	100,936	107,978
3,36E+10	52,2257	65,2835	75,875	85,0828	93,3559	100,938	107,979
6,71E+10	52,2266	65,2846	75,8759	85,0839	93,3564	100,938	107,98
1,34E+11	52,2272	65,285	75,8764	85,0839	93,357	100,938	107,98

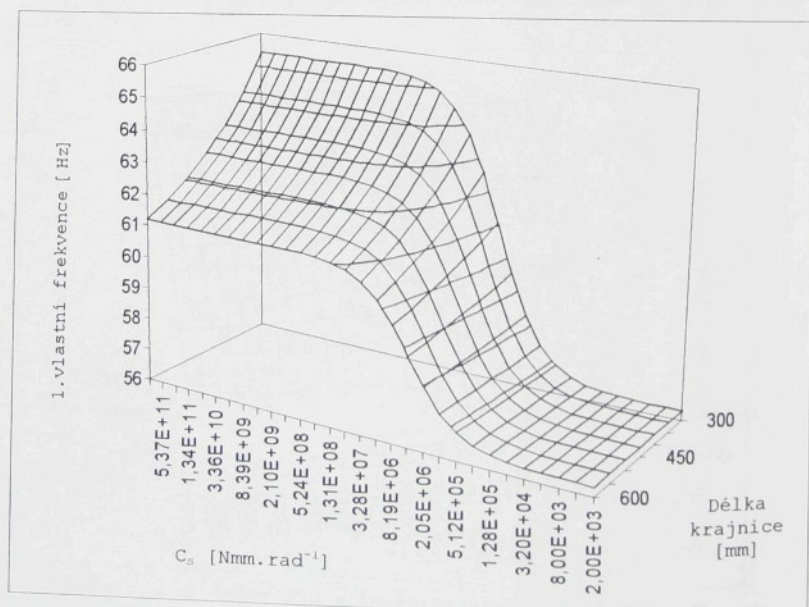
Tab.P.6.42 2.vlastní frekvence při změně $I_{\text{činku}}$ (var.C)



Obr.P.6.42 2.vlastní frekvence při změně $I_{\text{činku}}$ (var.C)

délka krajnice	300 [mm]	350 [mm]	400 [mm]	450 [mm]	500 [mm]	550 [mm]	600 [mm]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	1.vlastní frekvence [Hz]						
1,60E+04	56,322	56,322	56,322	56,322	56,322	56,322	56,322
3,20E+04	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399
6,40E+04	56,3793	56,3793	56,3793	56,3793	56,3793	56,3793	56,3793
1,28E+05	56,4583	56,4583	56,4583	56,4547	56,4547	56,4547	56,4547
2,56E+05	56,6091	56,6055	56,6055	56,6019	56,6019	56,6019	56,5983
5,12E+05	56,8934	56,8862	56,8826	56,8754	56,8718	56,8646	56,861
1,02E+06	57,4098	57,3917	57,3736	57,3555	57,3374	57,323	57,3049
2,05E+06	58,2781	58,2197	58,1614	58,1068	58,0595	58,0085	57,9649
4,10E+06	59,5466	59,3882	59,2447	59,1125	58,9913	58,8813	58,7787
8,19E+06	61,0824	60,7469	60,4531	60,1971	59,9676	59,7643	59,5835
1,64E+07	62,566	62,0005	61,5275	61,1272	60,7804	60,4828	60,2194
3,28E+07	63,7199	62,9368	62,3056	61,7788	61,3403	60,9668	60,6427
6,55E+07	64,4733	63,5332	62,7853	62,1774	61,6737	61,2505	60,8885
1,31E+08	64,9074	63,8725	63,0581	62,3998	61,8614	61,4077	61,0227
2,62E+08	65,1462	64,0559	63,2024	62,5169	61,9591	61,49	61,0936
5,24E+08	65,2697	64,1477	63,2783	62,5773	62,008	61,5312	61,1272
1,05E+09	65,3314	64,1974	63,3163	62,6113	62,0344	61,5537	61,1459
2,10E+09	65,3623	64,2204	63,3353	62,6265	62,0457	61,565	61,1534
4,19E+09	65,3778	64,2319	63,3429	62,634	62,0532	61,5687	61,1609
8,39E+09	65,3855	64,2395	63,3468	62,6378	62,0569	61,5725	61,1609
1,68E+10	65,3894	64,2433	63,3506	62,6378	62,0569	61,5725	61,1646
3,36E+10	65,3932	64,2433	63,3506	62,6416	62,0569	61,5725	61,1646
6,71E+10	65,3932	64,2433	63,3544	62,6416	62,0569	61,5725	61,1646
1,34E+11	65,3932	64,2433	63,3544	62,6416	62,0569	61,5725	61,1646

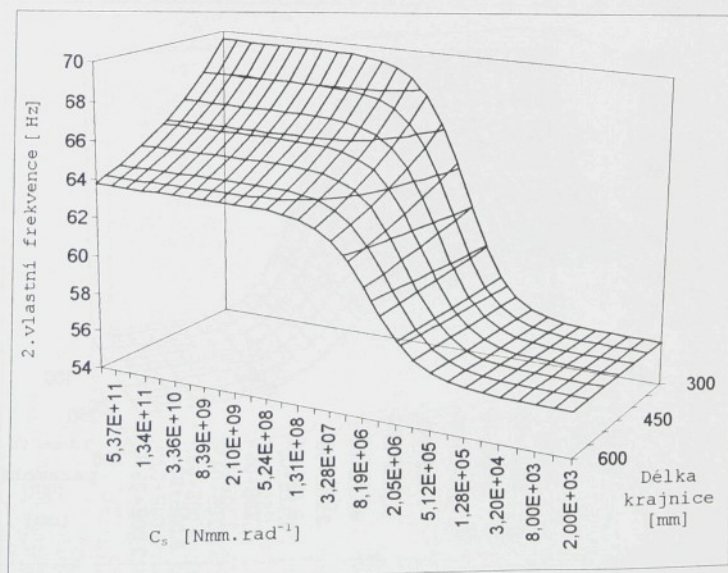
Tab.P.6.43 1.vlastní frekvence při změně délky krajnice (var.C)



Obr. P.6.43 1.vlastní frekvence při změně délky krajnice (var.C)

délka krajnice	300 [mm]	350 [mm]	400 [mm]	450 [mm]	500 [mm]	550 [mm]	600 [mm]
C_s [Nmm·rad ⁻¹]	2.vlastní frekvence [Hz]						
1,60E+04	56,322	56,322	56,322	56,322	56,322	56,322	56,322
3,20E+04	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399
6,40E+04	56,3793	56,3793	56,3793	56,3793	56,3793	56,3793	56,3793
1,28E+05	56,4583	56,4583	56,4583	56,4583	56,4583	56,4583	56,4583
2,56E+05	56,6091	56,6091	56,6091	56,6091	56,6055	56,6055	56,6055
5,12E+05	56,9042	56,9006	56,897	56,8934	56,8898	56,8862	56,8862
1,02E+06	57,4532	57,4424	57,4315	57,417	57,4062	57,3953	57,3808
2,05E+06	58,4204	58,3802	58,3364	58,3	58,2598	58,2234	58,1906
4,10E+06	59,9528	59,8271	59,7126	59,6019	59,4987	59,403	59,3146
8,19E+06	62,0193	61,7187	61,4488	61,202	60,9779	60,7767	60,5906
1,64E+07	64,2816	63,7046	63,2062	62,774	62,3923	62,0494	61,7488
3,28E+07	66,2575	65,3739	64,6345	64,01	63,4723	63,005	62,5962
6,55E+07	67,6646	66,526	65,5981	64,8266	64,1744	63,6132	63,1302
1,31E+08	68,5279	67,2213	66,1681	65,3005	64,5769	63,9603	63,4304
2,62E+08	69,0151	67,6057	66,4793	65,5594	64,7959	64,1477	63,5903
5,24E+08	69,2733	67,8061	66,6429	65,6949	64,9074	64,2433	63,6741
1,05E+09	69,4046	67,9124	66,7288	65,7646	64,9651	64,2931	63,7161
2,10E+09	69,4722	67,9636	66,7717	65,7994	64,996	64,3161	63,7389
4,19E+09	69,5041	67,9911	66,7912	65,8188	65,0114	64,3314	63,7504
8,39E+09	69,524	68,003	66,8029	65,8266	65,0191	64,3353	63,7542
1,68E+10	69,532	68,0108	66,8068	65,8304	65,0229	64,3391	63,758
3,36E+10	69,5359	68,0148	66,8107	65,8343	65,0229	64,3429	63,758
6,71E+10	69,5359	68,0148	66,8107	65,8343	65,0229	64,3429	63,758
1,34E+11	69,5399	68,0187	66,8107	65,8343	65,0229	64,3429	63,7618

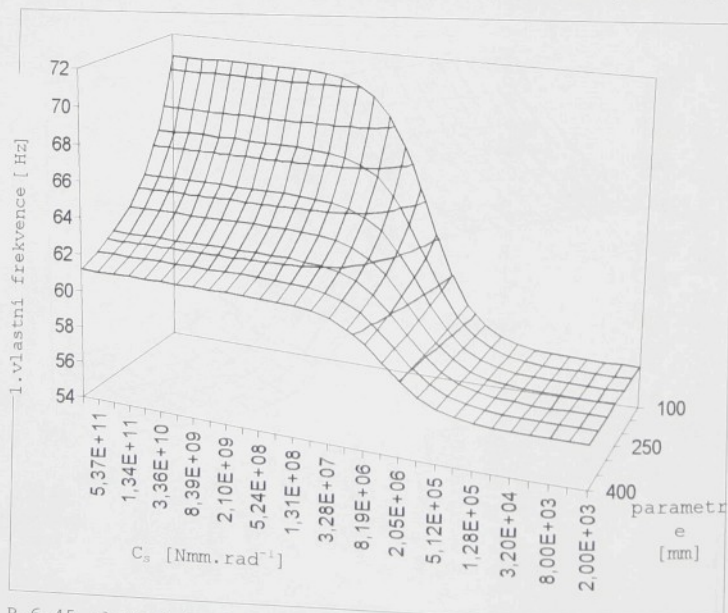
Tab.P.6.44 2.vlastní frekvence při změně délky krajnice (var.C)



Tab.P.6.44 2.vlastní frekvence při změně délky činku (var.C)

parametr e	100 [mm]	150 [mm]	200 [mm]	250 [mm]	300 [mm]	350 [mm]	400 [mm]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	vlastní frekvence horního činku [Hz]						
1,60E+04	56,322	56,322	56,322	56,322	56,322	56,322	56,322
3,20E+04	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399
6,40E+04	56,3793	56,3793	56,3793	56,3793	56,3793	56,3793	56,3793
1,28E+05	56,4583	56,4583	56,4583	56,4547	56,4547	56,4547	56,4547
2,56E+05	56,6127	56,6091	56,6055	56,6055	56,6019	56,6019	56,5983
5,12E+05	56,9078	56,897	56,8898	56,8826	56,8718	56,8682	56,861
1,02E+06	57,4641	57,4279	57,3989	57,37	57,3447	57,323	57,3049
2,05E+06	58,4496	58,3364	58,238	58,1505	58,074	58,0122	57,9649
4,10E+06	60,0342	59,7052	59,4361	59,2153	59,0317	58,885	58,7787
8,19E+06	62,2264	61,4376	60,8475	60,3937	60,0416	59,7717	59,5798
1,64E+07	64,6921	63,191	62,1661	61,4339	60,8922	60,494	60,212
3,28E+07	66,9006	64,6076	63,1644	62,1812	61,4825	60,9779	60,6315
6,55E+07	68,516	65,5633	63,8038	62,6454	61,8389	61,2655	60,8773
1,31E+08	69,524	66,1292	64,1706	62,9027	62,0344	61,4226	61,0115
2,62E+08	70,0947	66,4403	64,3659	63,0392	62,136	61,505	61,0824
5,24E+08	70,395	66,604	64,4694	63,1113	62,1887	61,55	61,116
1,05E+09	70,5554	66,6859	64,5193	63,1492	62,2189	61,5687	61,1347
2,10E+09	70,6316	66,7288	64,5462	63,1682	62,2302	61,58	61,1422
4,19E+09	70,6718	66,7483	64,5615	63,1758	62,2377	61,5875	61,1496
8,39E+09	70,6959	66,76	64,5654	63,1796	62,2415	61,5875	61,1496
1,68E+10	70,7039	66,7639	64,5692	63,1834	62,2415	61,5912	61,1534
3,36E+10	70,7079	66,7678	64,573	63,1834	62,2452	61,5912	61,1534
6,71E+10	70,7119	66,7678	64,573	63,1834	62,2452	61,5912	61,1534
1,34E+11	70,7119	66,7717	64,573	63,1834	62,2452	61,5912	61,1534

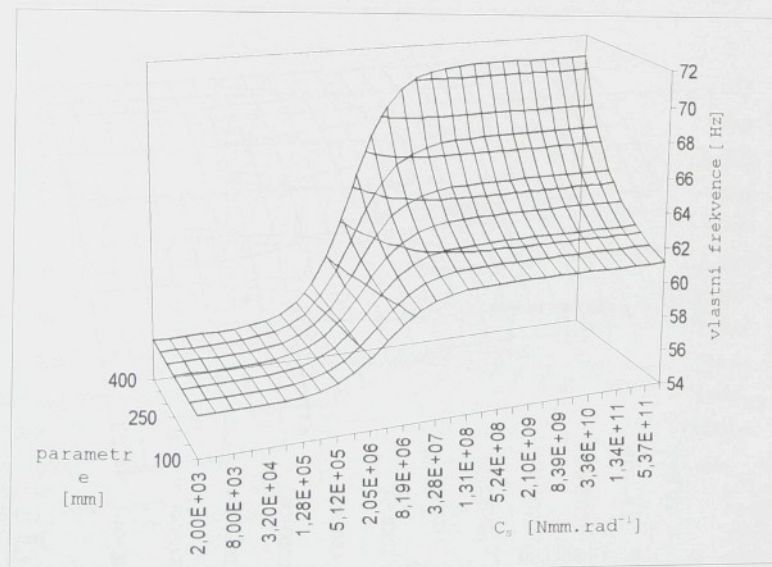
Tab.P.6.45 vlastní frekvence horního činku při změně parametru e (var.C)



Obr. P.6.45 vlastní frekvence horního činku při změně parametru e (var.C)

parametr e	100 [mm]	150 [mm]	200 [mm]	250 [mm]	300 [mm]	350 [mm]	400 [mm]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	vlastní frekvence dolního činku [Hz]						
1,60E+04	56,322	56,322	56,322	56,322	56,322	56,322	56,322
3,20E+04	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399	56,3399
6,40E+04	56,3793	56,3793	56,3793	56,3793	56,3793	56,3793	56,3793
1,28E+05	56,4547	56,4547	56,4547	56,4547	56,4583	56,4583	56,4583
2,56E+05	56,5983	56,6019	56,6019	56,6055	56,6055	56,6091	56,6127
5,12E+05	56,861	56,8682	56,8718	56,8826	56,8898	56,897	56,9078
1,02E+06	57,3049	57,323	57,3447	57,37	57,3989	57,4279	57,4641
2,05E+06	57,9649	58,0122	58,074	58,1505	58,238	58,3364	58,4496
4,10E+06	58,7787	58,885	59,0317	59,2153	59,4361	59,7052	60,0342
8,19E+06	59,5798	59,7717	60,0416	60,3937	60,8475	61,4376	62,2264
1,64E+07	60,212	60,494	60,8922	61,4339	62,1661	63,191	64,6921
3,28E+07	60,6315	60,9779	61,4825	62,1812	63,1644	64,6076	66,9006
6,55E+07	60,8773	61,2655	61,8389	62,6454	63,8038	65,5633	68,516
1,31E+08	61,0115	61,4226	62,0344	62,9027	64,1706	66,1292	69,524
2,62E+08	61,0824	61,505	62,136	63,0392	64,3659	66,4403	70,0947
5,24E+08	61,116	61,55	62,1887	63,1113	64,4694	66,604	70,395
1,05E+09	61,1347	61,5687	62,2189	63,1492	64,5193	66,6859	70,5554
2,10E+09	61,1422	61,58	62,2302	63,1682	64,5462	66,7288	70,6316
4,19E+09	61,1496	61,5875	62,2377	63,1758	64,5615	66,7483	70,6718
8,39E+09	61,1496	61,5875	62,2415	63,1796	64,5654	66,76	70,6959
1,68E+10	61,1534	61,5912	62,2415	63,1834	64,5692	66,7639	70,7039
3,36E+10	61,1534	61,5912	62,2452	63,1834	64,573	66,7678	70,7079
6,71E+10	61,1534	61,5912	62,2452	63,1834	64,573	66,7678	70,7119
1,34E+11	61,1534	61,5912	62,2452	63,1834	64,573	66,7717	70,7119

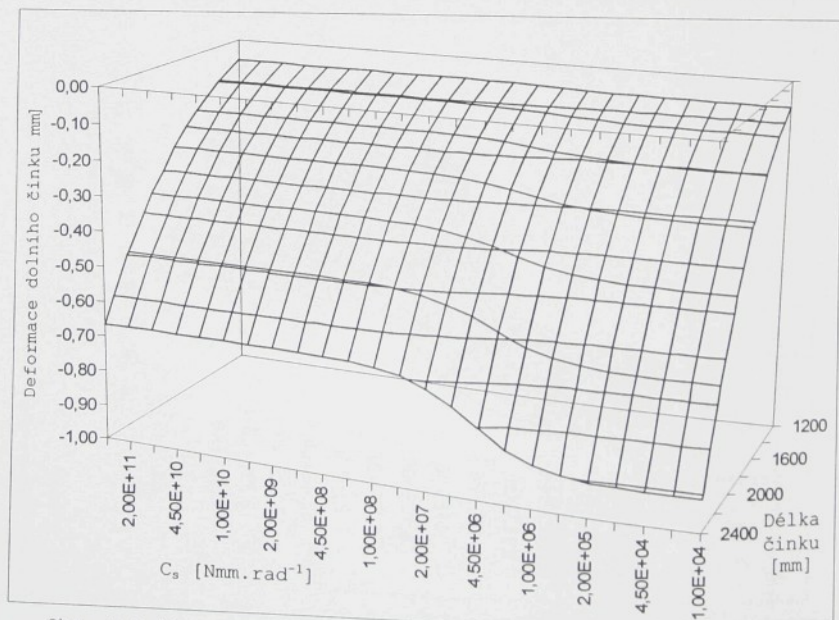
Tab.P.6.46 vlastní frekvence dolního činku při změně parametru e (var.C)



Tab.P.6.46 vlastní frekvence dolního činku při změně parametru e (var.C)

délka činku	1200 [mm]	1400 [mm]	1600 [mm]	1800 [mm]	2000 [mm]	2200 [mm]	2400 [mm]
$C_s [Nmm \cdot rad^{-1}]$	Deformace dolního činku [mm]						
1,00E+04	-0,0707	-0,1237	-0,2017	-0,3114	-0,4606	-0,6574	-0,9111
2,00E+04	-0,0706	-0,1236	-0,2016	-0,3113	-0,4604	-0,6572	-0,9108
4,50E+04	-0,0706	-0,1236	-0,2015	-0,3111	-0,4601	-0,6566	-0,9100
1,00E+05	-0,0705	-0,1234	-0,2012	-0,3107	-0,4593	-0,6555	-0,9082
2,00E+05	-0,0704	-0,1231	-0,2007	-0,3098	-0,4579	-0,6533	-0,9049
4,50E+05	-0,0700	-0,1224	-0,1994	-0,3076	-0,4543	-0,6477	-0,8966
1,00E+06	-0,0693	-0,1210	-0,1967	-0,3029	-0,4467	-0,6359	-0,8790
2,00E+06	-0,0682	-0,1187	-0,1924	-0,2956	-0,4348	-0,6173	-0,8511
4,50E+06	-0,0662	-0,1147	-0,1851	-0,2829	-0,4143	-0,5855	-0,8038
1,00E+07	-0,0640	-0,1103	-0,1770	-0,2692	-0,3921	-0,5515	-0,7535
2,00E+07	-0,0625	-0,1071	-0,1713	-0,2594	-0,3765	-0,5278	-0,7186
4,50E+07	-0,0613	-0,1047	-0,1669	-0,2521	-0,3648	-0,5099	-0,6926
1,00E+08	-0,0606	-0,1034	-0,1646	-0,2482	-0,3586	-0,5006	-0,6791
2,00E+08	-0,0603	-0,1029	-0,1635	-0,2465	-0,3559	-0,4965	-0,6731
4,50E+08	-0,0602	-0,1025	-0,1629	-0,2455	-0,3543	-0,4941	-0,6696
1,00E+09	-0,0601	-0,1024	-0,1627	-0,2450	-0,3536	-0,4931	-0,6681
2,00E+09	-0,0601	-0,1023	-0,1626	-0,2448	-0,3533	-0,4926	-0,6674
4,50E+09	-0,0600	-0,1023	-0,1625	-0,2447	-0,3532	-0,4924	-0,6671
1,00E+10	-0,0600	-0,1023	-0,1625	-0,2447	-0,3531	-0,4923	-0,6669
2,00E+10	-0,0600	-0,1023	-0,1625	-0,2447	-0,3531	-0,4922	-0,6669
4,50E+10	-0,0600	-0,1023	-0,1625	-0,2446	-0,3531	-0,4922	-0,6668
1,00E+11	-0,0600	-0,1023	-0,1625	-0,2446	-0,3531	-0,4922	-0,6668
2,00E+11	-0,0600	-0,1023	-0,1625	-0,2446	-0,3531	-0,4922	-0,6668
4,50E+11	-0,0600	-0,1023	-0,1625	-0,2446	-0,3531	-0,4922	-0,6668

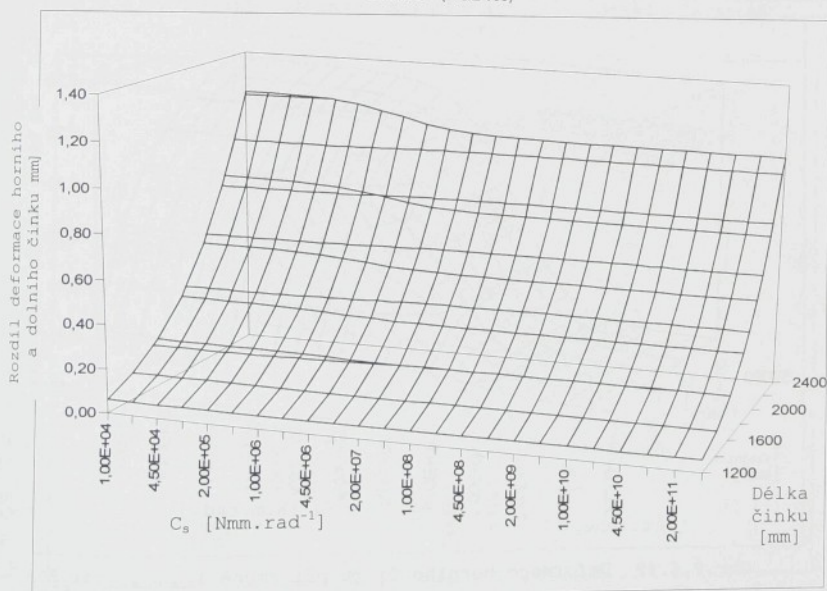
Tab.P.6.47 Deformace dolního činku při změně délky činku (var.A)



Obr. P.6.47 Deformace dolního činku při změně délky činku (var.A)

délka činku C_s [Nmm.rad ⁻¹]	1200 [mm]	1400 [mm]	1600 [mm]	1800 [mm]	2000 [mm]	2200 [mm]	2400 [mm]
	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	0,0621	0,1223	0,2179	0,3606	0,5638	0,8422	1,2127
2,00E+04	0,0621	0,1223	0,2178	0,3605	0,5635	0,8418	1,2120
4,50E+04	0,0620	0,1222	0,2176	0,3600	0,5627	0,8405	1,2101
1,00E+05	0,0619	0,1219	0,2171	0,3591	0,5612	0,8380	1,2060
2,00E+05	0,0618	0,1215	0,2163	0,3576	0,5585	0,8337	1,1993
4,50E+05	0,0614	0,1207	0,2146	0,3544	0,5529	0,8245	1,1850
1,00E+06	0,0608	0,1193	0,2118	0,3492	0,5441	0,8100	1,1624
2,00E+06	0,0601	0,1177	0,2087	0,3436	0,5343	0,7943	1,1378
4,50E+06	0,0593	0,1160	0,2052	0,3372	0,5234	0,7765	1,1103
1,00E+07	0,0588	0,1147	0,2027	0,3326	0,5155	0,7637	1,0906
2,00E+07	0,0585	0,1140	0,2013	0,3301	0,5113	0,7570	1,0802
4,50E+07	0,0583	0,1136	0,2005	0,3285	0,5087	0,7527	1,0737
1,00E+08	0,0582	0,1134	0,2001	0,3278	0,5074	0,7507	1,0706
2,00E+08	0,0581	0,1133	0,1999	0,3275	0,5069	0,7499	1,0693
4,50E+08	0,0581	0,1133	0,1998	0,3273	0,5066	0,7494	1,0685
1,00E+09	0,0581	0,1133	0,1998	0,3272	0,5064	0,7492	1,0682
2,00E+09	0,0581	0,1132	0,1997	0,3272	0,5064	0,7491	1,0681
4,50E+09	0,0581	0,1132	0,1997	0,3272	0,5064	0,7490	1,0680
1,00E+10	0,0581	0,1132	0,1997	0,3272	0,5063	0,7490	1,0680
2,00E+10	0,0581	0,1132	0,1997	0,3272	0,5063	0,7490	1,0679
4,50E+10	0,0581	0,1132	0,1997	0,3272	0,5063	0,7490	1,0679
1,00E+11	0,0581	0,1132	0,1997	0,3272	0,5063	0,7490	1,0679
2,00E+11	0,0581	0,1132	0,1997	0,3272	0,5063	0,7490	1,0679
4,50E+11	0,0581	0,1132	0,1997	0,3272	0,5063	0,7490	1,0679

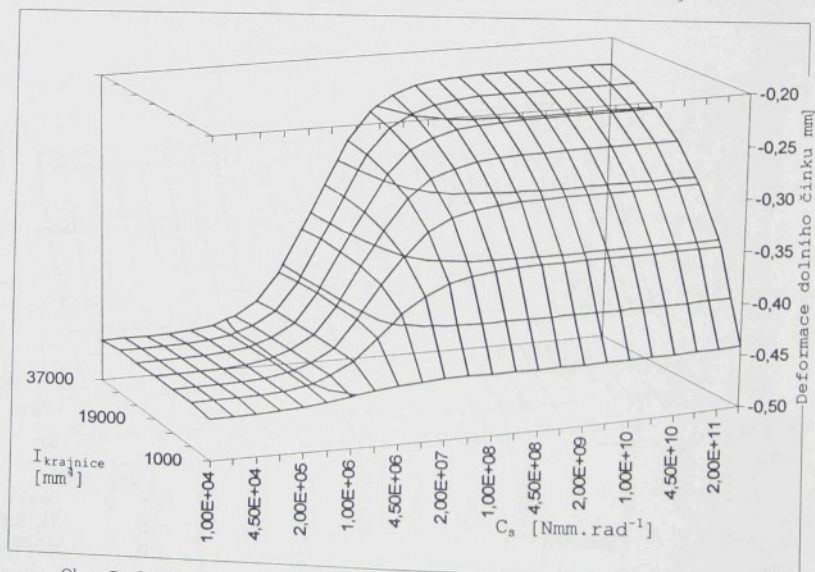
Tab.P.6.48 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně délky činku (var.A)



Tab.P.6.48 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně délky činku (var.A)

I_{krajnice}	1000 [mm ⁴]	7000 [mm ⁴]	13000 [mm ⁴]	19000 [mm ⁴]	25000 [mm ⁴]	31000 [mm ⁴]	37000 [mm ⁴]
C_s [Nmm.rad ⁻¹]	Deformace dolního činku [mm]						
1,00E+04	-0,4604	-0,4579	-0,4579	-0,4579	-0,4579	-0,4579	-0,4605
2,00E+04	-0,4603	-0,4578	-0,4578	-0,4578	-0,4578	-0,4578	-0,4603
4,50E+04	-0,4599	-0,4574	-0,4574	-0,4574	-0,4574	-0,4574	-0,4600
1,00E+05	-0,4591	-0,4567	-0,4567	-0,4567	-0,4567	-0,4567	-0,4592
2,00E+05	-0,4577	-0,4553	-0,4553	-0,4553	-0,4553	-0,4553	-0,4578
4,50E+05	-0,4548	-0,4517	-0,4518	-0,4519	-0,4519	-0,4519	-0,4544
1,00E+06	-0,4509	-0,4442	-0,4443	-0,4445	-0,4446	-0,4446	-0,4471
2,00E+06	-0,4476	-0,4324	-0,4317	-0,4317	-0,4319	-0,4321	-0,4346
4,50E+06	-0,4448	-0,4126	-0,4071	-0,4056	-0,4052	-0,4052	-0,4075
1,00E+07	-0,4431	-0,3917	-0,3759	-0,3692	-0,3661	-0,3645	-0,3657
2,00E+07	-0,4423	-0,3773	-0,3504	-0,3368	-0,3292	-0,3247	-0,3237
4,50E+07	-0,4418	-0,3666	-0,3291	-0,3076	-0,2942	-0,2856	-0,2814
1,00E+08	-0,4416	-0,3610	-0,3172	-0,2903	-0,2728	-0,2609	-0,2542
2,00E+08	-0,4415	-0,3585	-0,3117	-0,2821	-0,2625	-0,2489	-0,2407
4,50E+08	-0,4415	-0,3571	-0,3084	-0,2773	-0,2563	-0,2416	-0,2325
1,00E+09	-0,4415	-0,3565	-0,3070	-0,2751	-0,2534	-0,2382	-0,2287
2,00E+09	-0,4415	-0,3562	-0,3064	-0,2741	-0,2522	-0,2368	-0,2271
4,50E+09	-0,4415	-0,3561	-0,3060	-0,2736	-0,2516	-0,2360	-0,2262
1,00E+10	-0,4415	-0,3560	-0,3059	-0,2734	-0,2513	-0,2357	-0,2258
2,00E+10	-0,4415	-0,3560	-0,3058	-0,2733	-0,2512	-0,2355	-0,2257
4,50E+10	-0,4415	-0,3560	-0,3058	-0,2733	-0,2511	-0,2355	-0,2256
1,00E+11	-0,4415	-0,3559	-0,3058	-0,2732	-0,2511	-0,2354	-0,2255
2,00E+11	-0,4415	-0,3559	-0,3058	-0,2732	-0,2511	-0,2354	-0,2255
4,50E+11	-0,4415	-0,3559	-0,3058	-0,2732	-0,2511	-0,2354	-0,2255

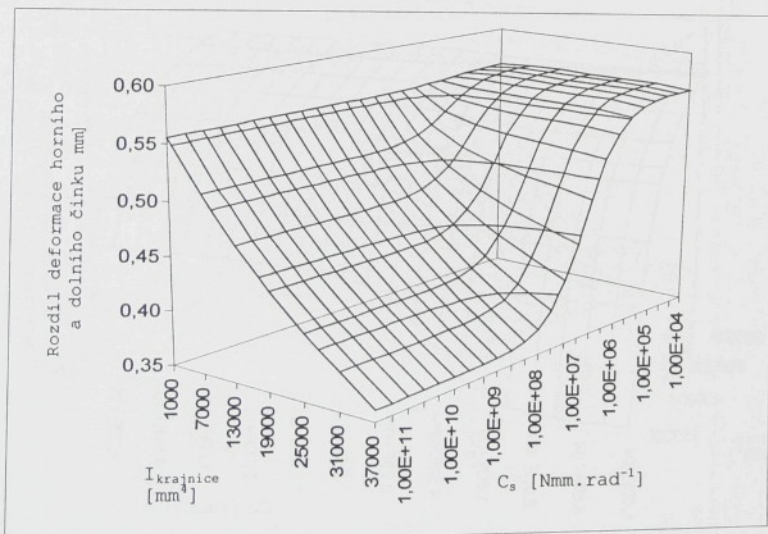
Tab.P.6.49 Deformace dolního činku při změně I_{krajnice} (var.A)



Obr.P.6.49 Deformace horního činku při změně I_{krajnice} (var.A)

i krajnice	1000 [mm ⁴]	7000 [mm ⁴]	13000 [mm ⁴]	19000 [mm ⁴]	25000 [mm ⁴]	31000 [mm ⁴]	37000 [mm ⁴]
C_s [Nmm.rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	0,5638	0,5664	0,5664	0,5664	0,5664	0,5664	0,5638
2,00E+04	0,5636	0,5661	0,5661	0,5661	0,5661	0,5661	0,5635
4,50E+04	0,5629	0,5653	0,5653	0,5653	0,5653	0,5653	0,5628
1,00E+05	0,5619	0,5638	0,5637	0,5637	0,5637	0,5636	0,5611
2,00E+05	0,5606	0,5611	0,5609	0,5608	0,5608	0,5607	0,5582
4,50E+05	0,5589	0,5556	0,5546	0,5542	0,5540	0,5538	0,5512
1,00E+06	0,5575	0,5470	0,5435	0,5419	0,5410	0,5404	0,5375
2,00E+06	0,5567	0,5378	0,5296	0,5253	0,5226	0,5207	0,5171
4,50E+06	0,5562	0,5276	0,5109	0,5005	0,4933	0,4882	0,4820
1,00E+07	0,5559	0,5204	0,4950	0,4768	0,4632	0,4525	0,4420
2,00E+07	0,5558	0,5166	0,4855	0,4614	0,4422	0,4265	0,4115
4,50E+07	0,5557	0,5143	0,4791	0,4504	0,4264	0,4062	0,3870
1,00E+08	0,5557	0,5131	0,4760	0,4447	0,4182	0,3953	0,3735
2,00E+08	0,5557	0,5127	0,4746	0,4423	0,4145	0,3904	0,3674
4,50E+08	0,5557	0,5124	0,4738	0,4409	0,4124	0,3875	0,3638
1,00E+09	0,5557	0,5123	0,4735	0,4402	0,4114	0,3862	0,3622
2,00E+09	0,5557	0,5122	0,4733	0,4400	0,4110	0,3857	0,3615
4,50E+09	0,5557	0,5122	0,4733	0,4398	0,4108	0,3854	0,3612
1,00E+10	0,5557	0,5122	0,4732	0,4398	0,4107	0,3853	0,3610
2,00E+10	0,5557	0,5122	0,4732	0,4397	0,4107	0,3852	0,3609
4,50E+10	0,5557	0,5122	0,4732	0,4397	0,4106	0,3852	0,3609
1,00E+11	0,5557	0,5122	0,4732	0,4397	0,4106	0,3852	0,3609
2,00E+11	0,5557	0,5122	0,4732	0,4397	0,4106	0,3852	0,3609
4,50E+11	0,5557	0,5122	0,4732	0,4397	0,4106	0,3851	0,3609

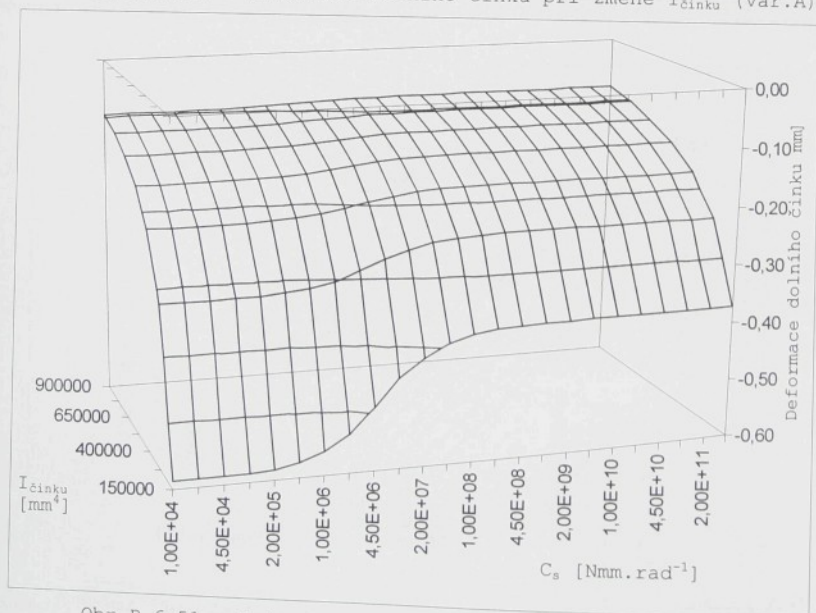
Tab.P.6.50 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně $I_{krajnice}$ (var.A)



Obr.P.6.50 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně $I_{krajnice}$ (var.A)

I činku [mm ⁴]	150000 [mm ⁴]	275000 [mm ⁴]	400000 [mm ⁴]	525000 [mm ⁴]	650000 [mm ⁴]	775000 [mm ⁴]	900000 [mm ⁴]
C _s [Nmm.rad ⁻¹]	Deformace dolního činku [mm]						
1,0E+03	-0,5871	-0,3203	-0,2202	-0,1678	-0,1355	-0,1137	-0,0979
2,0E+03	-0,5869	-0,3202	-0,2202	-0,1678	-0,1355	-0,1137	-0,0979
4,5E+03	-0,5863	-0,3201	-0,2201	-0,1677	-0,1355	-0,1136	-0,0979
1,0E+04	-0,5849	-0,3197	-0,2199	-0,1676	-0,1354	-0,1136	-0,0978
2,0E+04	-0,5823	-0,3189	-0,2195	-0,1674	-0,1353	-0,1135	-0,0978
4,5E+04	-0,5754	-0,3167	-0,2185	-0,1668	-0,1349	-0,1132	-0,0975
1,0E+05	-0,5597	-0,3118	-0,2161	-0,1654	-0,1340	-0,1126	-0,0971
2,0E+05	-0,5343	-0,3033	-0,2119	-0,1629	-0,1323	-0,1114	-0,0962
4,5E+05	-0,4908	-0,2879	-0,2041	-0,1582	-0,1292	-0,1091	-0,0945
1,0E+06	-0,4458	-0,2706	-0,1951	-0,1526	-0,1254	-0,1064	-0,0925
2,0E+06	-0,4153	-0,2582	-0,1884	-0,1485	-0,1226	-0,1044	-0,0909
4,5E+06	-0,3931	-0,2488	-0,1832	-0,1452	-0,1203	-0,1027	-0,0897
1,0E+07	-0,3816	-0,2438	-0,1805	-0,1435	-0,1191	-0,1019	-0,0890
2,0E+07	-0,3766	-0,2416	-0,1792	-0,1427	-0,1186	-0,1015	-0,0887
4,5E+07	-0,3737	-0,2403	-0,1785	-0,1422	-0,1183	-0,1012	-0,0885
1,0E+08	-0,3725	-0,2397	-0,1782	-0,1420	-0,1181	-0,1011	-0,0884
2,0E+08	-0,3719	-0,2395	-0,1781	-0,1419	-0,1181	-0,1011	-0,0884
4,5E+08	-0,3716	-0,2393	-0,1780	-0,1419	-0,1180	-0,1011	-0,0884
1,0E+09	-0,3715	-0,2393	-0,1779	-0,1419	-0,1180	-0,1010	-0,0884
2,0E+09	-0,3714	-0,2393	-0,1779	-0,1419	-0,1180	-0,1010	-0,0884
4,5E+09	-0,3714	-0,2393	-0,1779	-0,1419	-0,1180	-0,1010	-0,0884
1,0E+10	-0,3714	-0,2392	-0,1779	-0,1419	-0,1180	-0,1010	-0,0884
2,0E+10	-0,3714	-0,2392	-0,1779	-0,1419	-0,1180	-0,1010	-0,0884
4,5E+10	-0,3714	-0,2392	-0,1779	-0,1419	-0,1180	-0,1010	-0,0884

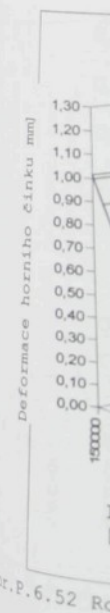
Tab.P.6.51 Deformace dolního činku při změně I_{činku} (var.A)



Obr.P.6.51 Deformace dolního činku při změně I_{činku} (var.A)

I činku [mm ⁴]	150000 [mm ⁴]	275000 [mm ⁴]	400000 [mm ⁴]	525000 [mm ⁴]	650000 [mm ⁴]	775000 [mm ⁴]	900000 [mm ⁴]
C _s [Nmm.rad ⁻¹]	Deformace dolního činku [mm]						
1,0E+03	-0,5871	-0,3203	-0,2202	-0,1678	-0,1355	-0,1137	-0,0979
2,0E+03	-0,5869	-0,3202	-0,2202	-0,1678	-0,1355	-0,1137	-0,0979
4,5E+03	-0,5863	-0,3201	-0,2201	-0,1677	-0,1355	-0,1136	-0,0979
1,0E+04	-0,5849	-0,3197	-0,2199	-0,1676	-0,1354	-0,1136	-0,0978
2,0E+04	-0,5823	-0,3189	-0,2195	-0,1674	-0,1353	-0,1135	-0,0978
4,5E+04	-0,5754	-0,3167	-0,2185	-0,1668	-0,1349	-0,1132	-0,0975
1,0E+05	-0,5597	-0,3118	-0,2161	-0,1654	-0,1340	-0,1126	-0,0971
2,0E+05	-0,5343	-0,3033	-0,2119	-0,1629	-0,1323	-0,1114	-0,0962
4,5E+05	-0,4908	-0,2879	-0,2041	-0,1582	-0,1292	-0,1091	-0,0945
1,0E+06	-0,4458	-0,2706	-0,1951	-0,1526	-0,1254	-0,1064	-0,0925
2,0E+06	-0,4153	-0,2582	-0,1884	-0,1485	-0,1226	-0,1044	-0,0909
4,5E+06	-0,3931	-0,2488	-0,1832	-0,1452	-0,1203	-0,1027	-0,0897
1,0E+07	-0,3816	-0,2438	-0,1805	-0,1435	-0,1191	-0,1019	-0,0890
2,0E+07	-0,3766	-0,2416	-0,1792	-0,1427	-0,1186	-0,1015	-0,0887
4,5E+07	-0,3737	-0,2403	-0,1785	-0,1422	-0,1183	-0,1012	-0,0885
1,0E+08	-0,3725	-0,2397	-0,1782	-0,1420	-0,1181	-0,1011	-0,0884
2,0E+08	-0,3719	-0,2395	-0,1781	-0,1419	-0,1181	-0,1011	-0,0884
4,5E+08	-0,3716	-0,2393	-0,1780	-0,1419	-0,1180	-0,1011	-0,0884
1,0E+09	-0,3715	-0,2393	-0,1779	-0,1419	-0,1180	-0,1010	-0,0884
2,0E+09	-0,3714	-0,2393	-0,1779	-0,1419	-0,1180	-0,1010	-0,0884
4,5E+09	-0,3714	-0,2393	-0,1779	-0,1419	-0,1180	-0,1010	-0,0884
1,0E+10	-0,3714	-0,2392	-0,1779	-0,1419	-0,1180	-0,1010	-0,0884
2,0E+10	-0,3714	-0,2392	-0,1779	-0,1419	-0,1180	-0,1010	-0,0884
4,5E+10	-0,3714	-0,2392	-0,1779	-0,1419	-0,1180	-0,1010	-0,0884

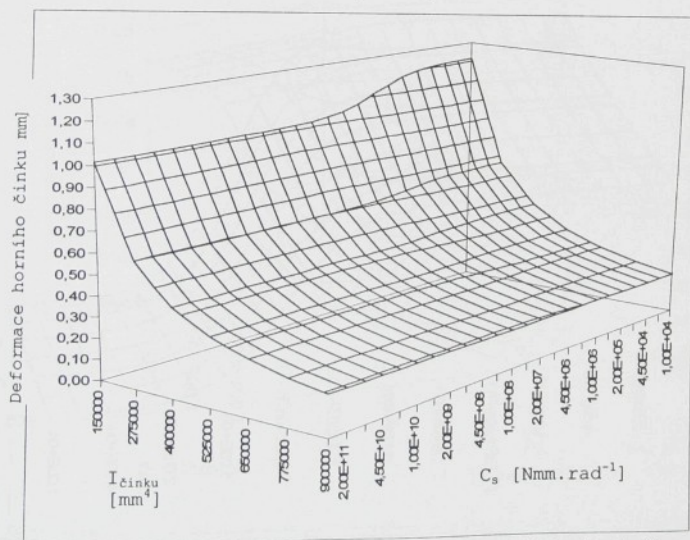
Tab.P.6.52



Obr.P.6.52

I činku	150000 [mm ⁴]	275000 [mm ⁴]	400000 [mm ⁴]	525000 [mm ⁴]	650000 [mm ⁴]	775000 [mm ⁴]	900000 [mm ⁴]
C _s [Nmm.rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,0E+03	1,2151	0,6631	0,4559	0,3474	0,2806	0,2354	0,2027
2,0E+03	1,2140	0,6627	0,4558	0,3473	0,2805	0,2353	0,2026
4,5E+03	1,2112	0,6619	0,4554	0,3471	0,2804	0,2352	0,2026
1,0E+04	1,2054	0,6602	0,4546	0,3466	0,2801	0,2350	0,2024
2,0E+04	1,1957	0,6572	0,4532	0,3458	0,2796	0,2346	0,2021
4,5E+04	1,1753	0,6510	0,4502	0,3441	0,2784	0,2338	0,2015
1,0E+05	1,1435	0,6411	0,4454	0,3413	0,2766	0,2325	0,2006
2,0E+05	1,1095	0,6303	0,4402	0,3382	0,2746	0,2311	0,1995
4,5E+05	1,0722	0,6181	0,4342	0,3346	0,2722	0,2294	0,1983
1,0E+06	1,0459	0,6092	0,4298	0,3320	0,2705	0,2282	0,1973
2,0E+06	1,0322	0,6046	0,4275	0,3306	0,2696	0,2275	0,1968
4,5E+06	1,0236	0,6016	0,4260	0,3297	0,2690	0,2271	0,1965
1,0E+07	1,0196	0,6002	0,4253	0,3293	0,2687	0,2269	0,1964
2,0E+07	1,0179	0,5996	0,4250	0,3291	0,2686	0,2268	0,1963
4,5E+07	1,0169	0,5993	0,4248	0,3290	0,2685	0,2268	0,1963
1,0E+08	1,0165	0,5991	0,4247	0,3290	0,2685	0,2268	0,1963
2,0E+08	1,0163	0,5990	0,4247	0,3290	0,2685	0,2267	0,1963
4,5E+08	1,0162	0,5990	0,4247	0,3290	0,2685	0,2267	0,1963
1,0E+09	1,0162	0,5990	0,4247	0,3290	0,2684	0,2267	0,1963
2,0E+09	1,0162	0,5990	0,4247	0,3290	0,2684	0,2267	0,1963
4,5E+09	1,0162	0,5990	0,4247	0,3290	0,2684	0,2267	0,1962
1,0E+10	1,0162	0,5990	0,4247	0,3290	0,2684	0,2267	0,1962
2,0E+10	1,0162	0,5990	0,4247	0,3290	0,2684	0,2267	0,1962
4,5E+10	1,0162	0,5990	0,4247	0,3290	0,2684	0,2267	0,1962

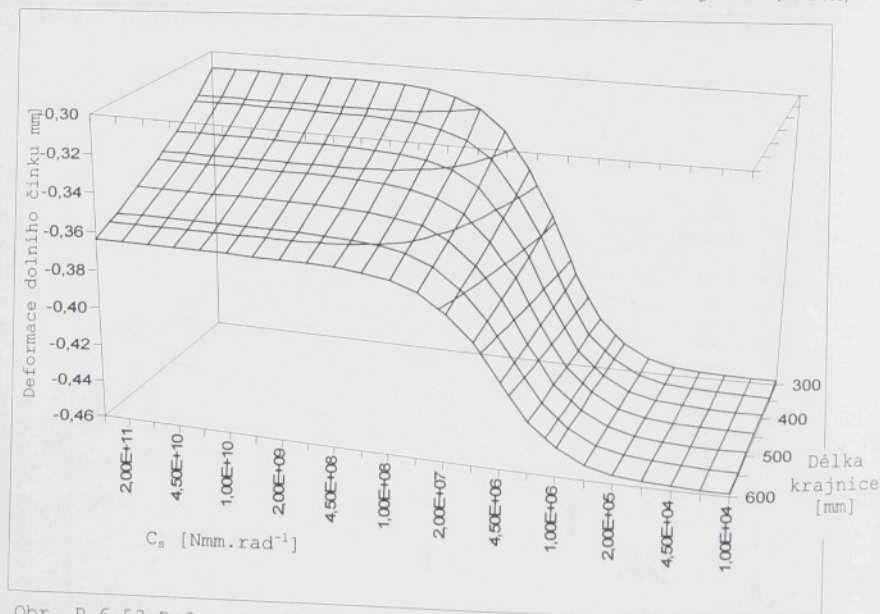
Tab.P.6.52 Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm] při změně I_{činku} (var.A)



Obr.P.6.52 Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm] při změně I_{činku} (var.A)

délka krajnice	300 [mm]	350 [mm]	400 [mm]	450 [mm]	500 [mm]	550 [mm]	600 [mm]
C_s [Nmm.rad ⁻¹]	Deformace dolního činku [mm]						
1,00E+04	-0,4579	-0,4579	-0,4579	-0,4579	-0,4579	-0,4579	-0,4579
2,00E+04	-0,4578	-0,4578	-0,4578	-0,4578	-0,4578	-0,4578	-0,4578
4,50E+04	-0,4574	-0,4574	-0,4574	-0,4574	-0,4574	-0,4574	-0,4574
1,00E+05	-0,4567	-0,4567	-0,4567	-0,4567	-0,4567	-0,4567	-0,4567
2,00E+05	-0,4553	-0,4553	-0,4553	-0,4553	-0,4553	-0,4553	-0,4552
4,50E+05	-0,4518	-0,4518	-0,4518	-0,4517	-0,4517	-0,4517	-0,4517
1,00E+06	-0,4443	-0,4442	-0,4442	-0,4442	-0,4442	-0,4442	-0,4442
2,00E+06	-0,4317	-0,4318	-0,4319	-0,4321	-0,4323	-0,4325	-0,4328
4,50E+06	-0,4074	-0,4084	-0,4095	-0,4107	-0,4118	-0,4130	-0,4141
1,00E+07	-0,3767	-0,3803	-0,3836	-0,3868	-0,3897	-0,3925	-0,3951
2,00E+07	-0,3520	-0,3585	-0,3643	-0,3695	-0,3742	-0,3785	-0,3824
4,50E+07	-0,3315	-0,3409	-0,3490	-0,3562	-0,3625	-0,3681	-0,3731
1,00E+08	-0,3200	-0,3312	-0,3408	-0,3491	-0,3564	-0,3627	-0,3683
2,00E+08	-0,3148	-0,3269	-0,3372	-0,3460	-0,3537	-0,3604	-0,3663
4,50E+08	-0,3117	-0,3243	-0,3350	-0,3442	-0,3521	-0,3590	-0,3651
1,00E+09	-0,3103	-0,3232	-0,3341	-0,3434	-0,3514	-0,3584	-0,3645
2,00E+09	-0,3097	-0,3227	-0,3337	-0,3430	-0,3511	-0,3581	-0,3643
4,50E+09	-0,3094	-0,3224	-0,3334	-0,3428	-0,3509	-0,3580	-0,3642
1,00E+10	-0,3092	-0,3223	-0,3333	-0,3427	-0,3508	-0,3579	-0,3641
2,00E+10	-0,3092	-0,3223	-0,3333	-0,3427	-0,3508	-0,3579	-0,3641
4,50E+10	-0,3092	-0,3222	-0,3333	-0,3427	-0,3508	-0,3579	-0,3641
1,00E+11	-0,3091	-0,3222	-0,3333	-0,3427	-0,3508	-0,3579	-0,3641
2,00E+11	-0,3091	-0,3222	-0,3333	-0,3427	-0,3508	-0,3579	-0,3641
4,50E+11	-0,3091	-0,3222	-0,3333	-0,3427	-0,3508	-0,3579	-0,3641

Tab.P.6.53 Deformace dolního činku při změně délky krajnice (var.A)



Obr. P.6.53 Deformace dolního činku při změně délky krajnice (var.A)

délka krajnice	C_s [Nmm.rad ⁻¹]
1,00E+04	1,00E+04
2,00E+04	2,00E+04
4,50E+04	4,50E+04
1,00E+05	1,00E+05
2,00E+05	2,00E+05
4,50E+05	4,50E+05
1,00E+06	1,00E+06
2,00E+06	2,00E+06
4,50E+06	4,50E+06
1,00E+07	1,00E+07
2,00E+07	2,00E+07
4,50E+07	4,50E+07
1,00E+08	1,00E+08
2,00E+08	2,00E+08
4,50E+08	4,50E+08
1,00E+09	1,00E+09
2,00E+09	2,00E+09
4,50E+09	4,50E+09
1,00E+10	1,00E+10
2,00E+10	2,00E+10
4,50E+10	4,50E+10
1,00E+11	1,00E+11
2,00E+11	2,00E+11
4,50E+11	4,50E+11

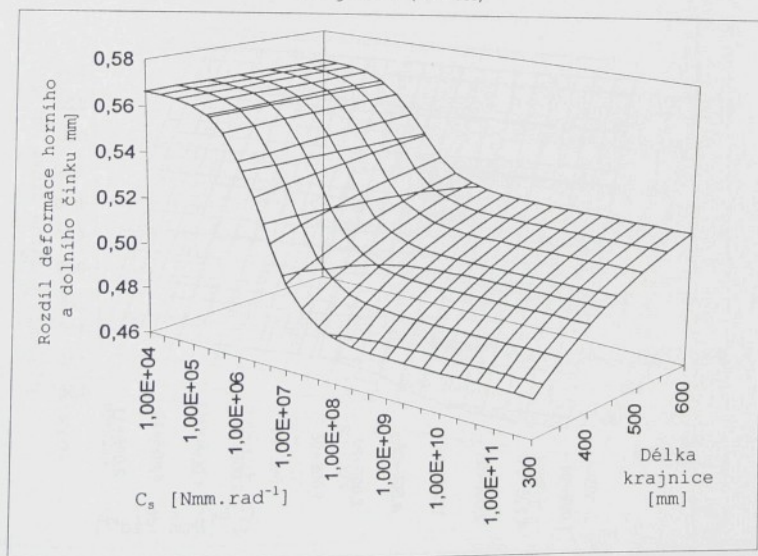
Tab.P.6.54

Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]

Tab.P.6.54

délka krajnice [mm]	300 [mm]	350 [mm]	400 [mm]	450 [mm]	500 [mm]	550 [mm]	600 [mm]
C_s [Nmm.rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	0,56636	0,56636	0,56636	0,56636	0,56636	0,56636	0,56636
2,00E+04	0,56606	0,56606	0,56606	0,56606	0,56606	0,56606	0,56606
4,50E+04	0,56530	0,56531	0,56531	0,56531	0,56531	0,56532	0,56532
1,00E+05	0,56369	0,56371	0,56372	0,56373	0,56375	0,56376	0,56377
2,00E+05	0,56091	0,56096	0,56101	0,56106	0,56111	0,56116	0,56120
4,50E+05	0,55467	0,55489	0,55510	0,55530	0,55550	0,55569	0,55587
1,00E+06	0,54373	0,54451	0,54525	0,54594	0,54658	0,54719	0,54776
2,00E+06	0,53007	0,53203	0,53380	0,53539	0,53683	0,53815	0,53936
4,50E+06	0,51198	0,51625	0,51990	0,52306	0,52582	0,52825	0,53041
1,00E+07	0,49678	0,50361	0,50922	0,51392	0,51790	0,52133	0,52430
2,00E+07	0,48782	0,49640	0,50330	0,50896	0,51370	0,51771	0,52116
4,50E+07	0,48177	0,49164	0,49945	0,50579	0,51103	0,51545	0,51921
1,00E+08	0,47880	0,48933	0,49760	0,50428	0,50977	0,51438	0,51830
2,00E+08	0,47753	0,48834	0,49682	0,50364	0,50924	0,51393	0,51792
4,50E+08	0,47680	0,48778	0,49637	0,50328	0,50894	0,51368	0,51770
1,00E+09	0,47648	0,48754	0,49618	0,50311	0,50881	0,51357	0,51760
2,00E+09	0,47635	0,48743	0,49609	0,50305	0,50876	0,51352	0,51756
4,50E+09	0,47627	0,48738	0,49605	0,50301	0,50873	0,51350	0,51754
1,00E+10	0,47624	0,48735	0,49603	0,50300	0,50871	0,51349	0,51753
2,00E+10	0,47623	0,48734	0,49602	0,50299	0,50871	0,51348	0,51753
4,50E+10	0,47622	0,48734	0,49602	0,50299	0,50870	0,51348	0,51753
1,00E+11	0,47622	0,48733	0,49602	0,50298	0,50870	0,51348	0,51753
2,00E+11	0,47622	0,48733	0,49601	0,50298	0,50870	0,51348	0,51753
4,50E+11	0,47622	0,48733	0,49601	0,50298	0,50870	0,51348	0,51753

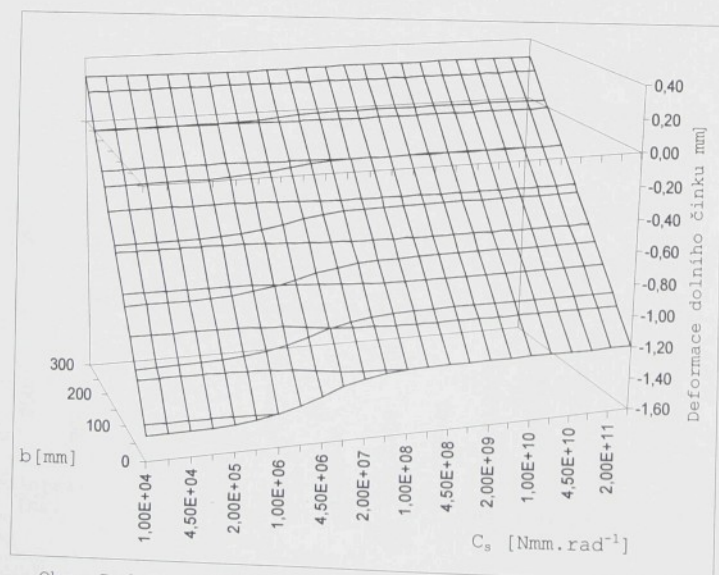
Tab.P.6.54 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně délky krajnice (var.A)



Tab.P.6.54 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně délky činku (var.A)

parametr b	300 [mm]	350 [mm]	400 [mm]	450 [mm]	500 [mm]	550 [mm]	600 [mm]
C_s [Nmm.rad ⁻¹]	Deformace dolního činku [mm]						
1,00E+04	-1,4469	-1,1506	-0,8558	-0,5640	-0,2766	0,0049	0,2789
2,00E+04	-1,4463	-1,1501	-0,8555	-0,5638	-0,2765	0,0048	0,2787
4,50E+04	-1,4447	-1,1490	-0,8547	-0,5634	-0,2764	0,0046	0,2783
1,00E+05	-1,4414	-1,1465	-0,8530	-0,5624	-0,2761	0,0043	0,2773
2,00E+05	-1,4356	-1,1421	-0,8499	-0,5606	-0,2755	0,0038	0,2758
4,50E+05	-1,4224	-1,1318	-0,8426	-0,5561	-0,2737	0,0031	0,2727
1,00E+06	-1,3979	-1,1126	-0,8286	-0,5470	-0,2693	0,0031	0,2687
2,00E+06	-1,3650	-1,1087	-0,8084	-0,5331	-0,2613	0,0055	0,2659
4,50E+06	-1,3160	-1,0443	-0,7763	-0,5098	-0,2463	0,0127	0,2658
1,00E+07	-1,2687	-1,0029	-0,7435	-0,4851	-0,2293	0,0225	0,2689
2,00E+07	-1,2374	-0,9750	-0,7211	-0,4679	-0,2170	0,0302	0,2722
4,50E+07	-1,2147	-0,9543	-0,7044	-0,4550	-0,2077	0,0362	0,2751
1,00E+08	-1,2031	-0,9436	-0,6957	-0,4483	-0,2027	0,0394	0,2767
2,00E+08	-1,1979	-0,9389	-0,6919	-0,4453	-0,2005	0,0409	0,2775
4,50E+08	-1,1950	-0,9362	-0,6897	-0,4436	-0,1993	0,0417	0,2779
1,00E+09	-1,1937	-0,9349	-0,6887	-0,4428	-0,1987	0,0421	0,2781
2,00E+09	-1,1931	-0,9344	-0,6883	-0,4425	-0,1985	0,0422	0,2782
4,50E+09	-1,1928	-0,9342	-0,6881	-0,4423	-0,1983	0,0423	0,2782
1,00E+10	-1,1927	-0,9340	-0,6880	-0,4422	-0,1983	0,0424	0,2782
2,00E+10	-1,1926	-0,9340	-0,6879	-0,4422	-0,1982	0,0424	0,2783
4,50E+10	-1,1926	-0,9340	-0,6879	-0,4422	-0,1982	0,0424	0,2783
1,00E+11	-1,1926	-0,9340	-0,6879	-0,4422	-0,1982	0,0424	0,2783
2,00E+11	-1,1926	-0,9339	-0,6879	-0,4422	-0,1982	0,0424	0,2783
4,50E+11	-1,1926	-0,9339	-0,6879	-0,4422	-0,1982	0,0424	0,2783

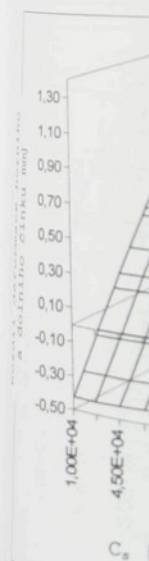
Tab.P.6.55 Deformace dolního činku při změně při změně parametru b (var.A)



Obr. P.6.55 Deformace dolního činku při změně při změně parametru b (var.A)

parametr b	300 [mm]	350 [mm]	400 [mm]	450 [mm]	500 [mm]	550 [mm]	600 [mm]
C_s [Nmm.rad ⁻¹]	Deformace dolního činku [mm]						
1,00E+04	-0,2789	-0,2787	-0,2783	-0,2773	-0,2758	-0,2727	-0,2687
2,00E+04	-0,2787	-0,2783	-0,2773	-0,2758	-0,2727	-0,2687	-0,2659
4,50E+04	-0,2783	-0,2773	-0,2758	-0,2727	-0,2687	-0,2658	-0,2658
1,00E+05	-0,2773	-0,2758	-0,2727	-0,2687	-0,2658	-0,2658	-0,2658
2,00E+05	-0,2758	-0,2727	-0,2687	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658
4,50E+05	-0,2727	-0,2687	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658
1,00E+06	-0,2687	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658
2,00E+06	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658
4,50E+06	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658
1,00E+07	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658
2,00E+07	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658
4,50E+07	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658
1,00E+08	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658
2,00E+08	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658
4,50E+08	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658
1,00E+09	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658
2,00E+09	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658
4,50E+09	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658
1,00E+10	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658
2,00E+10	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658
4,50E+10	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658
1,00E+11	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658
2,00E+11	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658
4,50E+11	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658	-0,2658

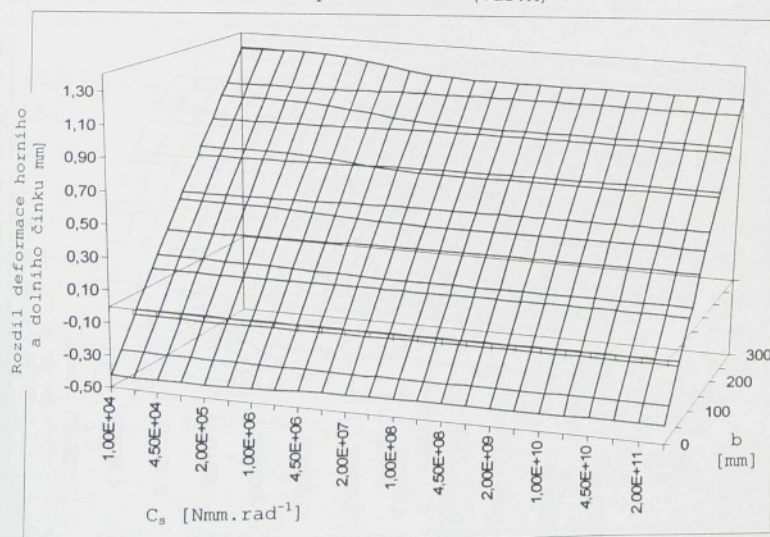
Tab.P.6.56



Obr. P.6.56 Rozd

parametr b	300 [mm]	350 [mm]	400 [mm]	450 [mm]	500 [mm]	550 [mm]	600 [mm]
C_s [Nmm.rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	-0,4226	-0,1263	0,1685	0,4603	0,7477	1,0292	1,3032
2,00E+04	-0,4224	-0,1263	0,1684	0,4601	0,7473	1,0287	1,3026
4,50E+04	-0,4220	-0,1262	0,1681	0,4594	0,7464	1,0274	1,3011
1,00E+05	-0,4210	-0,1261	0,1675	0,4581	0,7444	1,0248	1,2978
2,00E+05	-0,4195	-0,1259	0,1664	0,4558	0,7410	1,0203	1,2924
4,50E+05	-0,4162	-0,1254	0,1642	0,4511	0,7338	1,0108	1,2808
1,00E+06	-0,4111	-0,1246	0,1606	0,4434	0,7223	0,9958	1,2623
2,00E+06	-0,4056	-0,1238	0,1568	0,4351	0,7098	0,9793	1,2422
4,50E+06	-0,3995	-0,1228	0,1524	0,4257	0,6956	0,9607	1,2194
1,00E+07	-0,3952	-0,1221	0,1493	0,4189	0,6855	0,9473	1,2030
2,00E+07	-0,3930	-0,1218	0,1476	0,4154	0,6801	0,9402	1,1943
4,50E+07	-0,3916	-0,1215	0,1465	0,4131	0,6766	0,9357	1,1888
1,00E+08	-0,3909	-0,1214	0,1460	0,4120	0,6750	0,9336	1,1862
2,00E+08	-0,3906	-0,1214	0,1458	0,4116	0,6743	0,9327	1,1851
4,50E+08	-0,3905	-0,1214	0,1457	0,4113	0,6740	0,9322	1,1845
1,00E+09	-0,3904	-0,1213	0,1456	0,4112	0,6738	0,9320	1,1842
2,00E+09	-0,3904	-0,1213	0,1456	0,4111	0,6737	0,9319	1,1841
4,50E+09	-0,3903	-0,1213	0,1456	0,4111	0,6737	0,9318	1,1840
1,00E+10	-0,3903	-0,1213	0,1456	0,4111	0,6737	0,9318	1,1840
2,00E+10	-0,3903	-0,1213	0,1456	0,4111	0,6736	0,9318	1,1840
4,50E+10	-0,3903	-0,1213	0,1456	0,4111	0,6736	0,9318	1,1840
1,00E+11	-0,3903	-0,1213	0,1456	0,4111	0,6736	0,9318	1,1840
2,00E+11	-0,3903	-0,1213	0,1456	0,4111	0,6736	0,9318	1,1840
4,50E+11	-0,3903	-0,1213	0,1456	0,4111	0,6736	0,9318	1,1840

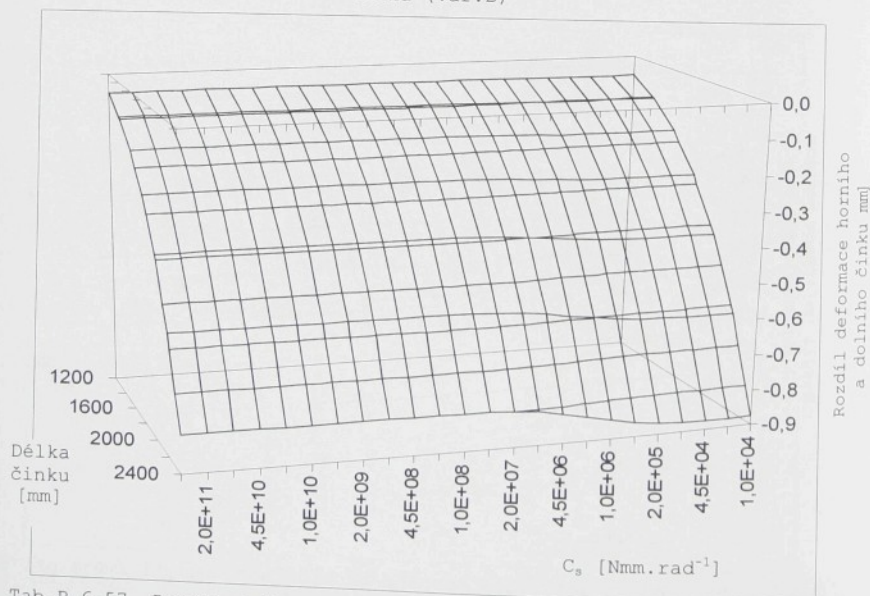
Tab.P.6.56 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně parametru b (var.A)



Tab.P.6.56 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně parametru b (var.A)

délka činku	1200 [mm]	1400 [mm]	1600 [mm]	1800 [mm]	2000 [mm]	2200 [mm]	2400 [mm]
C_s [Nmm.rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	-0,0548	-0,1015	-0,1731	-0,2773	-0,4226	-0,6187	-0,8762
2,00E+04	-0,0548	-0,1014	-0,1730	-0,2772	-0,4224	-0,6184	-0,8757
4,50E+04	-0,0547	-0,1014	-0,1729	-0,2769	-0,4219	-0,6177	-0,8746
1,00E+05	-0,0547	-0,1012	-0,1726	-0,2763	-0,4210	-0,6162	-0,8723
2,00E+05	-0,0545	-0,1009	-0,1721	-0,2754	-0,4194	-0,6136	-0,8684
4,50E+05	-0,0543	-0,1004	-0,1710	-0,2734	-0,4161	-0,6083	-0,8601
1,00E+06	-0,0538	-0,0995	-0,1692	-0,2703	-0,4108	-0,5998	-0,8471
2,00E+06	-0,0534	-0,0985	-0,1673	-0,2668	-0,4050	-0,5905	-0,8329
4,50E+06	-0,0528	-0,0973	-0,1651	-0,2629	-0,3984	-0,5801	-0,8170
1,00E+07	-0,0525	-0,0965	-0,1635	-0,2601	-0,3937	-0,5726	-0,8056
2,00E+07	-0,0522	-0,0961	-0,1626	-0,2586	-0,3912	-0,5686	-0,7996
4,50E+07	-0,0521	-0,0958	-0,1621	-0,2576	-0,3896	-0,5661	-0,7958
1,00E+08	-0,0520	-0,0956	-0,1618	-0,2572	-0,3889	-0,5649	-0,7940
2,00E+08	-0,0520	-0,0956	-0,1617	-0,2570	-0,3886	-0,5644	-0,7932
4,50E+08	-0,0520	-0,0955	-0,1617	-0,2569	-0,3884	-0,5642	-0,7928
1,00E+09	-0,0520	-0,0955	-0,1616	-0,2568	-0,3883	-0,5640	-0,7926
2,00E+09	-0,0520	-0,0955	-0,1616	-0,2568	-0,3883	-0,5640	-0,7925
4,50E+09	-0,0520	-0,0955	-0,1616	-0,2568	-0,3883	-0,5640	-0,7925
1,00E+10	-0,0520	-0,0955	-0,1616	-0,2568	-0,3883	-0,5639	-0,7925
2,00E+10	-0,0520	-0,0955	-0,1616	-0,2568	-0,3882	-0,5639	-0,7925
4,50E+10	-0,0520	-0,0955	-0,1616	-0,2568	-0,3882	-0,5639	-0,7925
1,00E+11	-0,0520	-0,0955	-0,1616	-0,2568	-0,3882	-0,5639	-0,7925
2,00E+11	-0,0520	-0,0955	-0,1616	-0,2568	-0,3882	-0,5639	-0,7925
4,50E+11	-0,0520	-0,0955	-0,1616	-0,2568	-0,3882	-0,5639	-0,7925

Tab.P.6.57 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně délky činku (var.B)



Tab.P.6.57 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně délky činku (var.B)

krajnice	
C_s [Nmm.rad ⁻¹]	
1,00E+04	-
2,00E+04	-
4,50E+04	-
1,00E+05	-
2,00E+05	-
4,50E+05	-
1,00E+06	-
2,00E+06	-
4,50E+06	-
1,00E+07	-
2,00E+07	-
4,50E+07	-
1,00E+08	-
2,00E+08	-
4,50E+08	-
1,00E+09	-
2,00E+09	-
4,50E+09	-
1,00E+10	-
2,00E+10	-
4,50E+10	-
1,00E+11	-
2,00E+11	-
4,50E+11	-

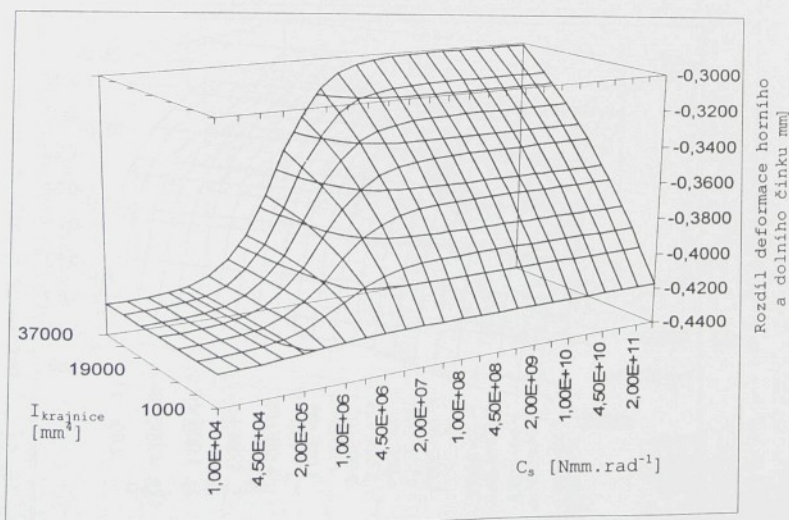
Tab.P.6.5

I krajnice [mm]	
37000	190

Obř.P.6

I_{krajnice}	1000 [mm ⁴]	7000 [mm ⁴]	13000 [mm ⁴]	19000 [mm ⁴]	25000 [mm ⁴]	31000 [mm ⁴]	37000 [mm ⁴]
C_s [Nmm·rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	-0,4226	-0,4226	-0,4226	-0,4226	-0,4226	-0,4226	-0,4226
2,00E+04	-0,4224	-0,4224	-0,4224	-0,4224	-0,4224	-0,4224	-0,4224
4,50E+04	-0,4220	-0,4220	-0,4219	-0,4219	-0,4224	-0,4224	-0,4224
1,00E+05	-0,4214	-0,4210	-0,4210	-0,4219	-0,4219	-0,4219	-0,4219
2,00E+05	-0,4206	-0,4195	-0,4193	-0,4210	-0,4210	-0,4210	-0,4210
4,50E+05	-0,4196	-0,4162	-0,4156	-0,4193	-0,4192	-0,4192	-0,4192
1,00E+06	-0,4188	-0,4111	-0,4090	-0,4153	-0,4152	-0,4151	-0,4150
2,00E+06	-0,4183	-0,4056	-0,4007	-0,4080	-0,4075	-0,4071	-0,4068
4,50E+06	-0,4180	-0,3995	-0,3895	-0,3981	-0,3965	-0,3954	-0,3946
1,00E+07	-0,4178	-0,3952	-0,3801	-0,3833	-0,3791	-0,3760	-0,3737
2,00E+07	-0,4178	-0,3930	-0,3744	-0,3693	-0,3611	-0,3548	-0,3497
4,50E+07	-0,4177	-0,3916	-0,3706	-0,3601	-0,3487	-0,3393	-0,3315
1,00E+08	-0,4177	-0,3909	-0,3687	-0,3535	-0,3393	-0,3272	-0,3169
2,00E+08	-0,4177	-0,3906	-0,3679	-0,3502	-0,3343	-0,3207	-0,3088
4,50E+08	-0,4177	-0,3905	-0,3675	-0,3487	-0,3321	-0,3178	-0,3052
1,00E+09	-0,4177	-0,3904	-0,3673	-0,3475	-0,3303	-0,3153	-0,3021
2,00E+09	-0,4177	-0,3904	-0,3672	-0,3473	-0,3301	-0,3150	-0,3017
4,50E+09	-0,4177	-0,3903	-0,3671	-0,3472	-0,3299	-0,3148	-0,3014
1,00E+10	-0,4177	-0,3903	-0,3671	-0,3472	-0,3299	-0,3147	-0,3013
2,00E+10	-0,4177	-0,3903	-0,3671	-0,3472	-0,3299	-0,3147	-0,3013
4,50E+10	-0,4177	-0,3903	-0,3671	-0,3472	-0,3299	-0,3147	-0,3013
1,00E+11	-0,4177	-0,3903	-0,3671	-0,3472	-0,3298	-0,3147	-0,3013
2,00E+11	-0,4177	-0,3903	-0,3671	-0,3472	-0,3298	-0,3147	-0,3013
4,50E+11	-0,4177	-0,3903	-0,3671	-0,3472	-0,3298	-0,3147	-0,3013

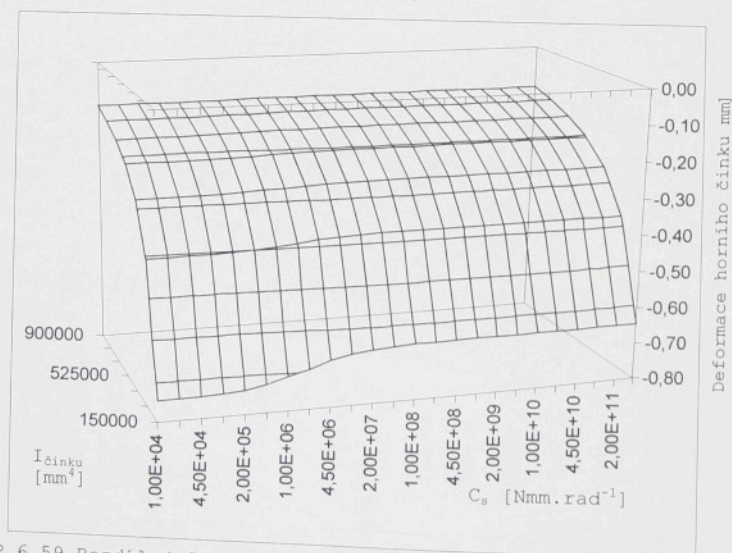
Tab.P.6.58 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně I_{krajnice} (var.B)



Obr.P.6.58 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně I_{krajnice} (var.B)

I činku [mm ⁴]	150000	275000	400000	525000	650000	775000	900000
Cs [Nmm.rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,0E+03	-0,7435	-0,4057	-0,2789	-0,2125	-0,1717	-0,1440	-0,1240
2,0E+03	-0,7429	-0,4055	-0,2789	-0,2125	-0,1716	-0,1440	-0,1240
4,5E+03	-0,7416	-0,4051	-0,2787	-0,2124	-0,1716	-0,1439	-0,1239
1,0E+04	-0,7387	-0,4042	-0,2783	-0,2121	-0,1714	-0,1438	-0,1239
2,0E+04	-0,7339	-0,4028	-0,2776	-0,2117	-0,1712	-0,1436	-0,1237
4,5E+04	-0,7238	-0,3997	-0,2761	-0,2109	-0,1706	-0,1432	-0,1234
1,0E+05	-0,7080	-0,3948	-0,2737	-0,2095	-0,1697	-0,1426	-0,1230
2,0E+05	-0,6911	-0,3894	-0,2711	-0,2080	-0,1687	-0,1419	-0,1224
4,5E+05	-0,6726	-0,3834	-0,2682	-0,2062	-0,1675	-0,1410	-0,1218
1,0E+06	-0,6596	-0,3790	-0,2660	-0,2049	-0,1667	-0,1404	-0,1213
2,0E+06	-0,6528	-0,3767	-0,2648	-0,2042	-0,1662	-0,1401	-0,1211
4,5E+06	-0,6486	-0,3752	-0,2641	-0,2038	-0,1659	-0,1399	-0,1209
1,0E+07	-0,6465	-0,3745	-0,2637	-0,2036	-0,1658	-0,1398	-0,1209
2,0E+07	-0,6457	-0,3742	-0,2636	-0,2035	-0,1657	-0,1398	-0,1208
4,5E+07	-0,6452	-0,3740	-0,2635	-0,2034	-0,1657	-0,1397	-0,1208
1,0E+08	-0,6450	-0,3740	-0,2635	-0,2034	-0,1657	-0,1397	-0,1208
2,0E+08	-0,6449	-0,3739	-0,2635	-0,2034	-0,1656	-0,1397	-0,1208
4,5E+08	-0,6449	-0,3739	-0,2635	-0,2034	-0,1656	-0,1397	-0,1208
1,0E+09	-0,6449	-0,3739	-0,2634	-0,2034	-0,1656	-0,1397	-0,1208
2,0E+09	-0,6448	-0,3739	-0,2634	-0,2034	-0,1656	-0,1397	-0,1208
4,5E+09	-0,6448	-0,3739	-0,2634	-0,2034	-0,1656	-0,1397	-0,1208
1,0E+10	-0,6448	-0,3739	-0,2634	-0,2034	-0,1656	-0,1397	-0,1208
2,0E+10	-0,6448	-0,3739	-0,2634	-0,2034	-0,1656	-0,1397	-0,1208
4,5E+10	-0,6448	-0,3739	-0,2634	-0,2034	-0,1656	-0,1397	-0,1208

Tab.P.6.59 Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm] při změně I_{činku} (var.B)



Obr.P.6.59 Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm] při změně I_{činku} (var.B)

délka krajního
Cs [Nmm.rad ⁻¹]
1,00E
2,00E
4,50E
1,00E
2,00E
4,50E
1,00E
2,00E
4,50E
1,00E
2,00E
4,50E
1,00E
2,00E
4,50E
1,00E
2,00E
4,50E
1,00E
2,00E
4,50E
1,00E
2,00E
4,50E

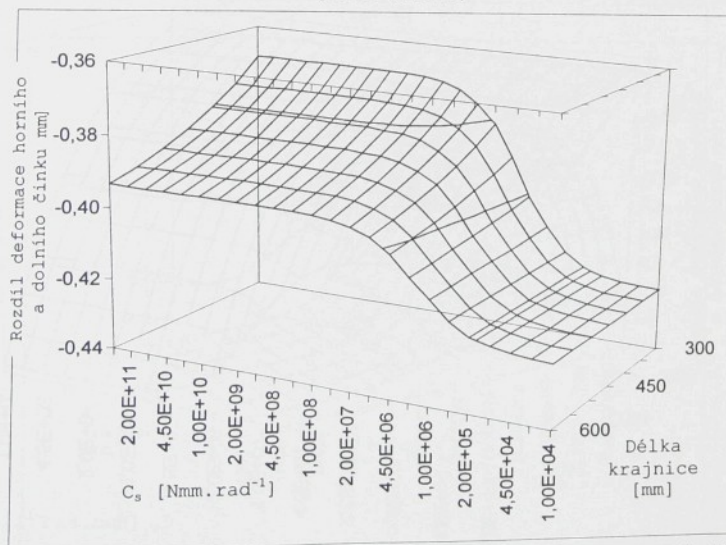
Tab.P.6

Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]

Tab.P.6

délka krajnice	300 [mm]	350 [mm]	400 [mm]	450 [mm]	500 [mm]	550 [mm]	600 [mm]
C_s [Nmm rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	-0,4226	-0,4226	-0,4226	-0,4226	-0,4226	-0,4226	-0,4226
2,00E+04	-0,4224	-0,4224	-0,4224	-0,4224	-0,4224	-0,4224	-0,4224
4,50E+04	-0,4219	-0,4219	-0,4219	-0,4219	-0,4224	-0,4224	-0,4224
1,00E+05	-0,4210	-0,4210	-0,4210	-0,4219	-0,4220	-0,4220	-0,4220
2,00E+05	-0,4193	-0,4194	-0,4210	-0,4210	-0,4210	-0,4210	-0,4210
4,50E+05	-0,4156	-0,4157	-0,4194	-0,4194	-0,4194	-0,4195	-0,4195
1,00E+06	-0,4091	-0,4096	-0,4159	-0,4160	-0,4161	-0,4162	-0,4163
2,00E+06	-0,4010	-0,4021	-0,4100	-0,4104	-0,4108	-0,4112	-0,4115
4,50E+06	-0,3902	-0,3927	-0,4032	-0,4041	-0,4050	-0,4058	-0,4065
1,00E+07	-0,3811	-0,3852	-0,3949	-0,3968	-0,3984	-0,3999	-0,4012
2,00E+07	-0,3758	-0,3809	-0,3886	-0,3913	-0,3937	-0,3958	-0,3975
4,50E+07	-0,3722	-0,3781	-0,3850	-0,3884	-0,3912	-0,3936	-0,3957
1,00E+08	-0,3704	-0,3767	-0,3827	-0,3865	-0,3896	-0,3923	-0,3945
2,00E+08	-0,3697	-0,3761	-0,3816	-0,3856	-0,3889	-0,3916	-0,3940
4,50E+08	-0,3693	-0,3758	-0,3812	-0,3852	-0,3886	-0,3914	-0,3937
1,00E+09	-0,3691	-0,3756	-0,3809	-0,3850	-0,3884	-0,3912	-0,3936
2,00E+09	-0,3690	-0,3756	-0,3808	-0,3849	-0,3883	-0,3911	-0,3935
4,50E+09	-0,3689	-0,3756	-0,3807	-0,3849	-0,3883	-0,3911	-0,3935
1,00E+10	-0,3689	-0,3755	-0,3807	-0,3849	-0,3883	-0,3911	-0,3935
2,00E+10	-0,3689	-0,3755	-0,3807	-0,3848	-0,3883	-0,3911	-0,3935
4,50E+10	-0,3689	-0,3755	-0,3807	-0,3848	-0,3882	-0,3911	-0,3935
1,00E+11	-0,3689	-0,3755	-0,3807	-0,3848	-0,3882	-0,3911	-0,3935
2,00E+11	-0,3689	-0,3755	-0,3807	-0,3848	-0,3882	-0,3911	-0,3935
4,50E+11	-0,3689	-0,3755	-0,3807	-0,3848	-0,3882	-0,3911	-0,3935

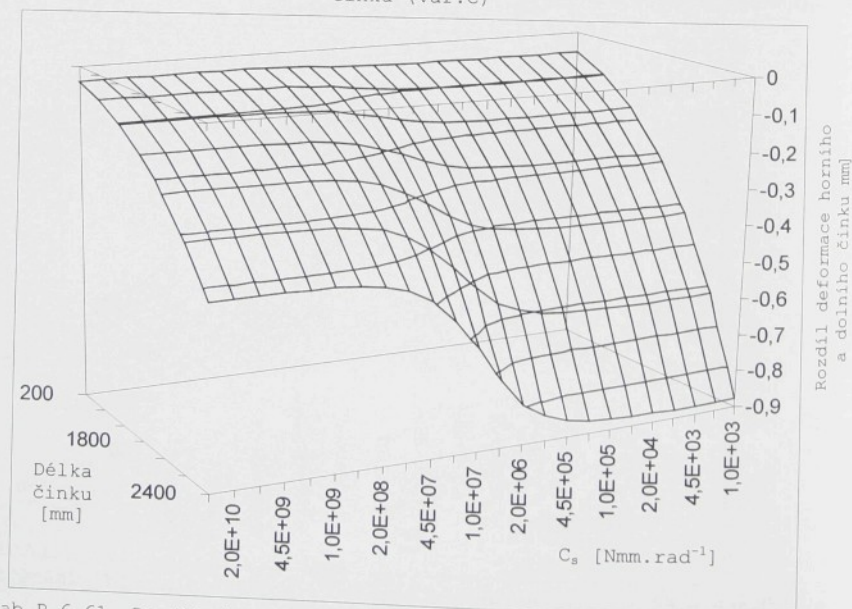
Tab.P.6.60 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně délky krajnice (var.B)



Tab.P.6.60 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně délky činku (var.B)

délka činku	1200 [mm]	1400 [mm]	1600 [mm]	1800 [mm]	2000 [mm]	2200 [mm]	2400 [mm]
C_s [Nmm.rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	-0,0548	-0,1015	-0,1732	-0,2774	-0,4227	-0,6189	-0,8766
2,00E+04	-0,0548	-0,1015	-0,1731	-0,2773	-0,4227	-0,6189	-0,8765
4,50E+04	-0,0548	-0,1015	-0,1731	-0,2773	-0,4227	-0,6188	-0,8764
1,00E+05	-0,0548	-0,1015	-0,1731	-0,2773	-0,4226	-0,6187	-0,8762
2,00E+05	-0,0548	-0,1014	-0,173	-0,2772	-0,4224	-0,6184	-0,8757
4,50E+05	-0,0547	-0,1014	-0,1729	-0,2769	-0,4219	-0,6176	-0,8746
1,00E+06	-0,0546	-0,1012	-0,1726	-0,2763	-0,4209	-0,616	-0,8721
2,00E+06	-0,0545	-0,1009	-0,172	-0,2752	-0,4191	-0,6131	-0,8675
4,50E+06	-0,0541	-0,1001	-0,1705	-0,2725	-0,4146	-0,6058	-0,8563
1,00E+07	-0,0534	-0,0985	-0,1672	-0,2668	-0,4049	-0,5903	-0,8327
2,00E+07	-0,052	-0,0956	-0,1618	-0,2572	-0,3888	-0,5649	-0,7938
4,50E+07	-0,0493	-0,0899	-0,151	-0,2382	-0,3575	-0,5157	-0,7197
1,00E+08	-0,0456	-0,0822	-0,1366	-0,2133	-0,3171	-0,4532	-0,6269
2,00E+08	-0,0423	-0,0756	-0,1244	-0,1925	-0,2838	-0,4024	-0,5526
4,50E+08	-0,0395	-0,0698	-0,1139	-0,1748	-0,2557	-0,36	-0,4911
1,00E+09	-0,0378	-0,0665	-0,1079	-0,1647	-0,2399	-0,3363	-0,4568
2,00E+09	-0,037	-0,0649	-0,1051	-0,1601	-0,2326	-0,3254	-0,4412
4,50E+09	-0,0365	-0,064	-0,1034	-0,1574	-0,2284	-0,319	-0,4321
1,00E+10	-0,0363	-0,0636	-0,1027	-0,1561	-0,2264	-0,3161	-0,4279
2,00E+10	-0,0362	-0,0634	-0,1024	-0,1556	-0,2256	-0,315	-0,4262
4,50E+10	-0,0362	-0,0633	-0,1022	-0,1553	-0,2252	-0,3143	-0,4253
1,00E+11	-0,0362	-0,0633	-0,1021	-0,1552	-0,225	-0,314	-0,4248
2,00E+11	-0,0362	-0,0632	-0,1021	-0,1551	-0,2249	-0,3139	-0,4247
4,50E+11	-0,0362	-0,0632	-0,1021	-0,1551	-0,2248	-0,3138	-0,4246

Tab.P.6.61 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně délky činku (var.C)



Tab.P.6.61 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně délky činku (var.C)

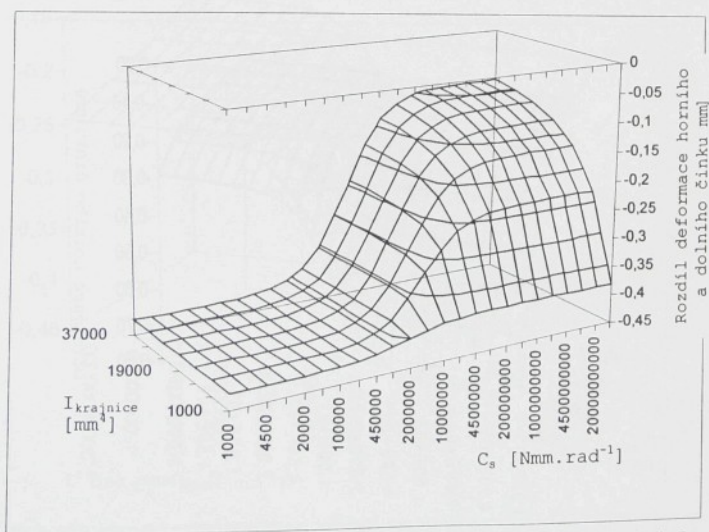
krajnice
C_s [Nmm.rad ⁻¹]
1,00E+04
2,00E+04
4,50E+04
1,00E+05
2,00E+05
4,50E+05
1,00E+06
2,00E+06
4,50E+06
1,00E+07
2,00E+07
4,50E+07
1,00E+08
2,00E+08
4,50E+08
1,00E+09
2,00E+09
4,50E+09
1,00E+10
2,00E+10
4,50E+10
1,00E+11
2,00E+11
4,50E+11

Tab.P.6.6

Obr.P.6.6

I_{krajnice}	1000 [mm ⁴]	7000 [mm ⁴]	13000 [mm ⁴]	19000 [mm ⁴]	25000 [mm ⁴]	31000 [mm ⁴]	37000 [mm ⁴]
C_s [Nmm.rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227
2,00E+04	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227
4,50E+04	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227
1,00E+05	-0,4226	-0,4226	-0,4226	-0,4226	-0,4226	-0,4226	-0,4226
2,00E+05	-0,4224	-0,4224	-0,4224	-0,4224	-0,4224	-0,4224	-0,4224
4,50E+05	-0,4219	-0,4219	-0,4219	-0,4219	-0,4219	-0,4219	-0,4219
1,00E+06	-0,4209	-0,4209	-0,4209	-0,4209	-0,4209	-0,4209	-0,4209
2,00E+06	-0,419	-0,4191	-0,4191	-0,4191	-0,4191	-0,4191	-0,4191
4,50E+06	-0,4148	-0,4146	-0,4146	-0,4146	-0,4147	-0,4147	-0,4147
1,00E+07	-0,4077	-0,4049	-0,405	-0,4051	-0,4052	-0,4052	-0,4052
2,00E+07	-0,4001	-0,3889	-0,3888	-0,3889	-0,389	-0,3891	-0,3892
4,50E+07	-0,3921	-0,358	-0,355	-0,3546	-0,3546	-0,3547	-0,3548
1,00E+08	-0,3868	-0,3189	-0,3062	-0,3024	-0,301	-0,3006	-0,3004
2,00E+08	-0,3841	-0,2873	-0,2607	-0,2505	-0,2459	-0,2437	-0,2426
4,50E+08	-0,3825	-0,261	-0,2179	-0,1987	-0,1889	-0,1834	-0,1803
1,00E+09	-0,3817	-0,2463	-0,1919	-0,1655	-0,1512	-0,1429	-0,1377
2,00E+09	-0,3814	-0,2396	-0,1794	-0,1492	-0,1324	-0,1223	-0,116
4,50E+09	-0,3812	-0,2357	-0,172	-0,1393	-0,1208	-0,1096	-0,1025
1,00E+10	-0,3811	-0,2339	-0,1686	-0,1347	-0,1155	-0,1037	-0,0962
2,00E+10	-0,3811	-0,2331	-0,1671	-0,1328	-0,1132	-0,1012	-0,0936
4,50E+10	-0,3811	-0,2327	-0,1663	-0,1318	-0,112	-0,0998	-0,0921
1,00E+11	-0,3811	-0,2325	-0,166	-0,1313	-0,1114	-0,0992	-0,0914
2,00E+11	-0,3811	-0,2325	-0,1658	-0,1311	-0,1112	-0,099	-0,0911
4,50E+11	-0,3811	-0,2324	-0,1658	-0,131	-0,111	-0,0988	-0,091

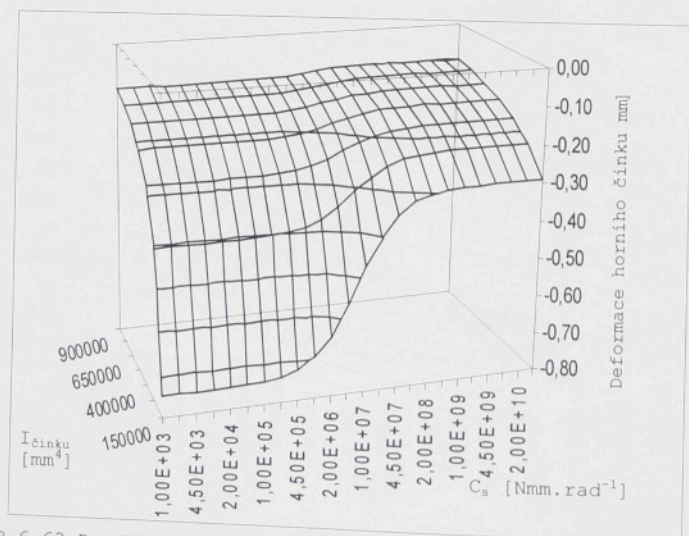
Tab.P.6.62 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně I_{krajnice} (var.C)



Obr.P.6.62 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně I_{krajnice} (var.C)

I činku [mm ⁴]	150000	275000	400000	525000	650000	775000	900000
C _s [Nmm.rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,0E+03	-0,7440	-0,4058	-0,2790	-0,2126	-0,1717	-0,1440	-0,1240
2,0E+03	-0,7439	-0,4058	-0,2790	-0,2126	-0,1717	-0,1440	-0,1240
4,5E+03	-0,7438	-0,4058	-0,2790	-0,2126	-0,1717	-0,1440	-0,1240
1,0E+04	-0,7435	-0,4057	-0,2789	-0,2125	-0,1717	-0,1440	-0,1240
2,0E+04	-0,7429	-0,4055	-0,2789	-0,2125	-0,1716	-0,1440	-0,1240
4,5E+04	-0,7415	-0,4051	-0,2787	-0,2124	-0,1716	-0,1439	-0,1239
1,0E+05	-0,7384	-0,4042	-0,2782	-0,2121	-0,1714	-0,1438	-0,1238
2,0E+05	-0,7328	-0,4025	-0,2774	-0,2117	-0,1711	-0,1436	-0,1237
4,5E+05	-0,7191	-0,3983	-0,2754	-0,2105	-0,1703	-0,1430	-0,1233
1,0E+06	-0,6908	-0,3894	-0,2711	-0,2080	-0,1687	-0,1419	-0,1224
2,0E+06	-0,6461	-0,3745	-0,2638	-0,2036	-0,1658	-0,1398	-0,1209
4,5E+06	-0,5657	-0,3453	-0,2488	-0,1945	-0,1597	-0,1355	-0,1176
1,0E+07	-0,4722	-0,3074	-0,2285	-0,1819	-0,1511	-0,1292	-0,1129
2,0E+07	-0,4019	-0,2761	-0,2109	-0,1706	-0,1433	-0,1235	-0,1085
4,5E+07	-0,3465	-0,2495	-0,1954	-0,1605	-0,1362	-0,1182	-0,1044
1,0E+08	-0,3166	-0,2345	-0,1865	-0,1546	-0,1320	-0,1151	-0,1020
2,0E+08	-0,3032	-0,2276	-0,1823	-0,1518	-0,1300	-0,1136	-0,1009
4,5E+08	-0,2954	-0,2235	-0,1798	-0,1502	-0,1288	-0,1127	-0,1002
1,0E+09	-0,2918	-0,2217	-0,1787	-0,1494	-0,1283	-0,1123	-0,0999
2,0E+09	-0,2904	-0,2209	-0,1783	-0,1491	-0,1281	-0,1122	-0,0997
4,5E+09	-0,2896	-0,2205	-0,1780	-0,1490	-0,1279	-0,1121	-0,0997
1,0E+10	-0,2892	-0,2203	-0,1779	-0,1489	-0,1279	-0,1120	-0,0996
2,0E+10	-0,2891	-0,2202	-0,1778	-0,1489	-0,1279	-0,1120	-0,0996
4,5E+10	-0,2890	-0,2202	-0,1778	-0,1488	-0,1279	-0,1120	-0,0996

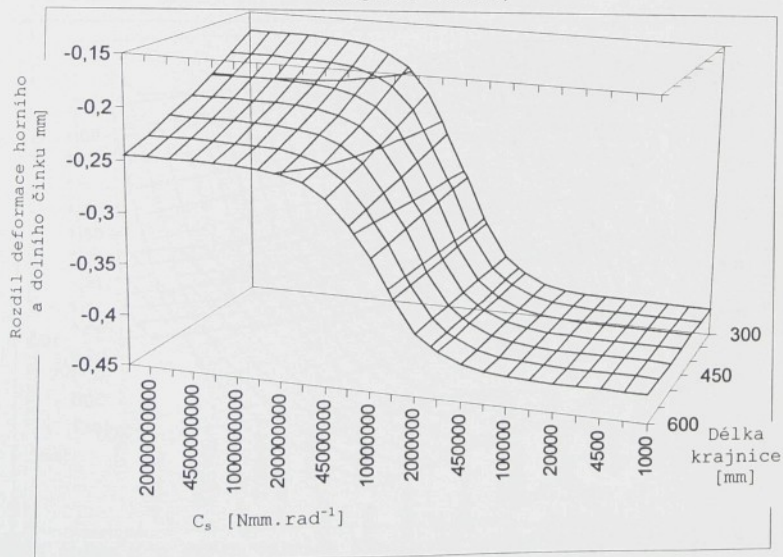
Tab.P.6.63 Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm] při změně I_{činku} (var.C)



Obr.P.6.63 Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm] při změně I_{činku} (var.C)

délka krajnice	300 [mm]	350 [mm]	400 [mm]	450 [mm]	500 [mm]	550 [mm]	600 [mm]
C_s [Nmm.rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227
2,00E+04	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227
4,50E+04	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227
1,00E+05	-0,4226	-0,4226	-0,4226	-0,4226	-0,4226	-0,4226	-0,4226
2,00E+05	-0,4224	-0,4224	-0,4224	-0,4224	-0,4224	-0,4224	-0,4224
4,50E+05	-0,4219	-0,4219	-0,4219	-0,4219	-0,4219	-0,4219	-0,4219
1,00E+06	-0,4209	-0,4209	-0,4209	-0,4209	-0,4209	-0,4209	-0,4209
2,00E+06	-0,4191	-0,4191	-0,4191	-0,4191	-0,4191	-0,4191	-0,4191
4,50E+06	-0,4146	-0,4146	-0,4146	-0,4146	-0,4146	-0,4146	-0,4146
1,00E+07	-0,405	-0,405	-0,4049	-0,4049	-0,4049	-0,4049	-0,4049
2,00E+07	-0,3888	-0,3887	-0,3887	-0,3888	-0,3888	-0,3889	-0,389
4,50E+07	-0,3551	-0,3556	-0,3562	-0,3568	-0,3575	-0,3582	-0,359
1,00E+08	-0,3068	-0,3093	-0,3118	-0,3145	-0,3171	-0,3197	-0,3222
2,00E+08	-0,262	-0,2677	-0,2733	-0,2787	-0,2838	-0,2887	-0,2933
4,50E+08	-0,2203	-0,2301	-0,2393	-0,2478	-0,2557	-0,263	-0,2698
1,00E+09	-0,195	-0,2078	-0,2195	-0,2302	-0,2399	-0,2488	-0,2569
2,00E+09	-0,183	-0,1973	-0,2103	-0,222	-0,2326	-0,2423	-0,251
4,50E+09	-0,1757	-0,191	-0,2048	-0,2172	-0,2284	-0,2384	-0,2476
1,00E+10	-0,1724	-0,1882	-0,2023	-0,215	-0,2264	-0,2367	-0,246
2,00E+10	-0,1711	-0,187	-0,2013	-0,2141	-0,2256	-0,236	-0,2454
4,50E+10	-0,1703	-0,1863	-0,2007	-0,2136	-0,2252	-0,2356	-0,245
1,00E+11	-0,17	-0,186	-0,2005	-0,2134	-0,225	-0,2354	-0,2449
2,00E+11	-0,1698	-0,1859	-0,2003	-0,2133	-0,2249	-0,2354	-0,2448
4,50E+11	-0,1697	-0,1859	-0,2003	-0,2132	-0,2248	-0,2353	-0,2448

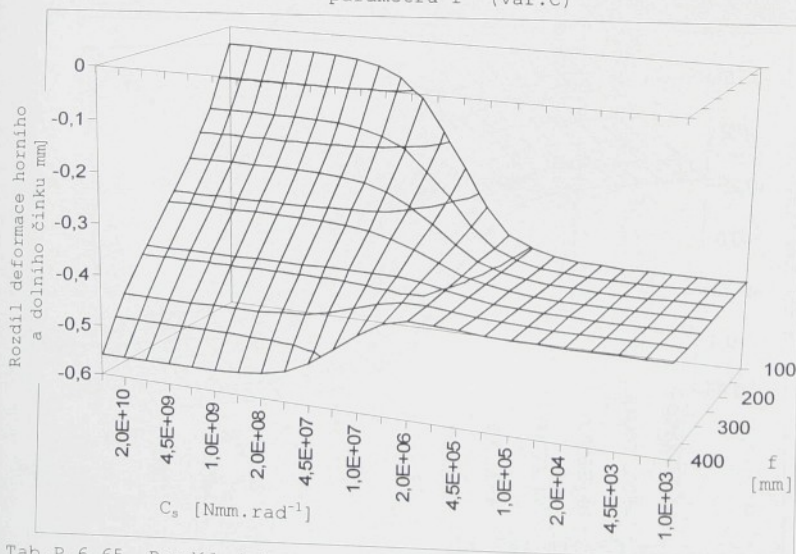
Tab.P.6.64 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně délky krajnice (var.C)



Tab.P.6.64 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně délky činku (var.C)

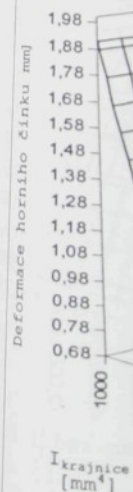
parametr f	300 [mm]	350 [mm]	400 [mm]	450 [mm]	500 [mm]	550 [mm]	600 [mm]
C_s [Nmm.rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227
2,00E+04	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227
4,50E+04	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227
1,00E+05	-0,4226	-0,4226	-0,4226	-0,4226	-0,4226	-0,4226	-0,4226
2,00E+05	-0,4224	-0,4224	-0,4224	-0,4224	-0,4224	-0,4224	-0,4224
4,50E+05	-0,4219	-0,4219	-0,4219	-0,4219	-0,4219	-0,4219	-0,422
1,00E+06	-0,4209	-0,4209	-0,4209	-0,421	-0,421	-0,421	-0,421
2,00E+06	-0,4189	-0,419	-0,4191	-0,4192	-0,4193	-0,4194	-0,4195
4,50E+06	-0,4138	-0,4142	-0,4147	-0,4151	-0,4156	-0,416	-0,4164
1,00E+07	-0,4016	-0,4035	-0,4054	-0,4072	-0,4089	-0,4107	-0,4126
2,00E+07	-0,3788	-0,3847	-0,3902	-0,3956	-0,4009	-0,4062	-0,4117
4,50E+07	-0,3276	-0,3454	-0,3614	-0,3765	-0,3912	-0,4063	-0,4224
1,00E+08	-0,2513	-0,2913	-0,3251	-0,3558	-0,3855	-0,4165	-0,4513
2,00E+08	-0,1807	-0,2447	-0,2958	-0,3407	-0,3841	-0,4301	-0,4842
4,50E+08	-0,1155	-0,2039	-0,2713	-0,3291	-0,3845	-0,4442	-0,5175
1,00E+09	-0,0765	-0,1805	-0,2576	-0,3228	-0,3852	-0,4531	-0,5384
2,00E+09	-0,0579	-0,1695	-0,2514	-0,32	-0,3856	-0,4574	-0,5485
4,50E+09	-0,0468	-0,1631	-0,2477	-0,3184	-0,3859	-0,4599	-0,5546
1,00E+10	-0,0418	-0,1602	-0,246	-0,3177	-0,386	-0,4611	-0,5574
2,00E+10	-0,0397	-0,159	-0,2453	-0,3174	-0,3861	-0,4616	-0,5586
4,50E+10	-0,0385	-0,1583	-0,245	-0,3172	-0,3861	-0,4619	-0,5592
1,00E+11	-0,038	-0,158	-0,2448	-0,3171	-0,3861	-0,462	-0,5595
2,00E+11	-0,0378	-0,1579	-0,2447	-0,3171	-0,3862	-0,462	-0,5596
4,50E+11	-0,0377	-0,1578	-0,2447	-0,3171	-0,3862	-0,4621	-0,5597

Tab.P.6.65 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně parametru f (var.C)



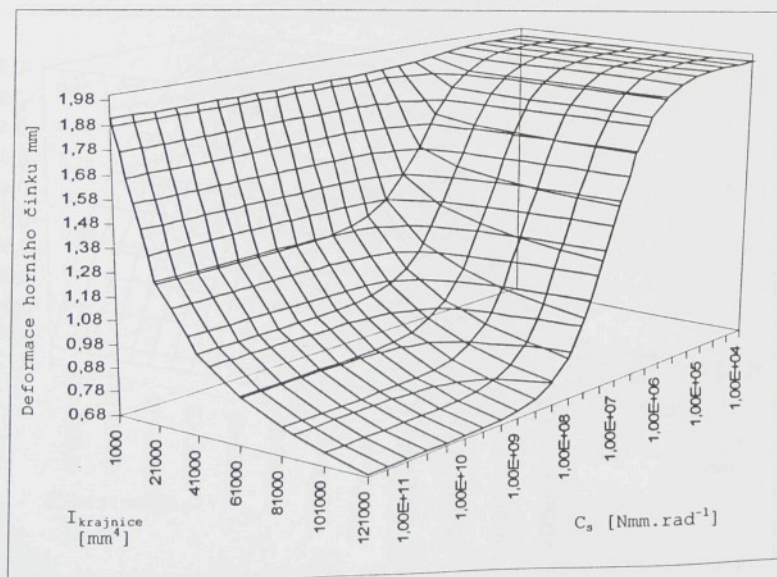
Tab.P.6.65 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně parametru f (var.C)

parametr f	300 [mm]	350 [mm]	400 [mm]	450 [mm]	500 [mm]	550 [mm]	600 [mm]
C_s [Nmm.rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227
2,00E+04	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227
4,50E+04	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227	-0,4227
1,00E+05	-0,4226	-0,4226	-0,4226	-0,4226	-0,4226	-0,4226	-0,4226
2,00E+05	-0,4224	-0,4224	-0,4224	-0,4224	-0,4224	-0,4224	-0,4224
4,50E+05	-0,4219	-0,4219	-0,4219	-0,4219	-0,4219	-0,4219	-0,422
1,00E+06	-0,4209	-0,4209	-0,4209	-0,421	-0,421	-0,421	-0,421
2,00E+06	-0,4189	-0,419	-0,4191	-0,4192	-0,4193	-0,4194	-0,4195
4,50E+06	-0,4138	-0,4142	-0,4147	-0,4151	-0,4156	-0,416	-0,4164
1,00E+07	-0,4016	-0,4035	-0,4054	-0,4072	-0,4089	-0,4107	-0,4126
2,00E+07	-0,3788	-0,3847	-0,3902	-0,3956	-0,4009	-0,4062	-0,4117
4,50E+07	-0,3276	-0,3454	-0,3614	-0,3765	-0,3912	-0,4063	-0,4224
1,00E+08	-0,2513	-0,2913	-0,3251	-0,3558	-0,3855	-0,4165	-0,4513
2,00E+08	-0,1807	-0,2447	-0,2958	-0,3407	-0,3841	-0,4301	-0,4842
4,50E+08	-0,1155	-0,2039	-0,2713	-0,3291	-0,3845	-0,4442	-0,5175
1,00E+09	-0,0765	-0,1805	-0,2576	-0,3228	-0,3852	-0,4531	-0,5384
2,00E+09	-0,0579	-0,1695	-0,2514	-0,32	-0,3856	-0,4574	-0,5485
4,50E+09	-0,0468	-0,1631	-0,2477	-0,3184	-0,3859	-0,4599	-0,5546
1,00E+10	-0,0418	-0,1602	-0,246	-0,3177	-0,386	-0,4611	-0,5574
2,00E+10	-0,0397	-0,159	-0,2453	-0,3174	-0,3861	-0,4616	-0,5586
4,50E+10	-0,0385	-0,1583	-0,245	-0,3172	-0,3861	-0,4619	-0,5592
1,00E+11	-0,038	-0,158	-0,2448	-0,3171	-0,3861	-0,462	-0,5595
2,00E+11	-0,0378	-0,1579	-0,2447	-0,3171	-0,3862	-0,462	-0,5596
4,50E+11	-0,0377	-0,1578	-0,2447	-0,3171	-0,3862	-0,4621	-0,5597



I krajnice	1000 [mm ⁴]	21000 [mm ⁴]	41000 [mm ⁴]	61000 [mm ⁴]	81000 [mm ⁴]	101000 [mm ⁴]	121000 [mm ⁴]
C _s [Nmm.rad ⁻¹]	Deformace horního činku [mm]						
1,00E+04	1,96751	1,96749	1,96749	1,96749	1,96749	1,96749	1,96749
2,00E+04	1,96669	1,96664	1,96664	1,96664	1,96664	1,96664	1,96664
4,50E+04	1,96477	1,96453	1,96453	1,96452	1,96452	1,96452	1,96452
1,00E+05	1,96100	1,95993	1,95990	1,95989	1,95989	1,95988	1,95988
2,00E+05	1,95537	1,95174	1,95161	1,95157	1,95155	1,95154	1,95153
4,50E+05	1,94555	1,93212	1,93155	1,93134	1,93124	1,93117	1,93113
1,00E+06	1,93387	1,89290	1,89039	1,88948	1,88900	1,88871	1,88852
2,00E+06	1,92454	1,83274	1,82459	1,82149	1,81986	1,81885	1,81816
4,50E+06	1,91668	1,72409	1,69727	1,68633	1,68036	1,67660	1,67401
1,00E+07	1,91221	1,58939	1,52311	1,49368	1,47695	1,46614	1,45857
2,00E+07	1,91014	1,47760	1,36311	1,30866	1,27657	1,25535	1,24025
4,50E+07	1,90893	1,38045	1,21102	1,12533	1,07313	1,03786	1,01237
1,00E+08	1,90837	1,32400	1,11635	1,00738	0,93962	0,89322	0,85937
2,00E+08	1,90815	1,29757	1,07029	0,94889	0,87265	0,82009	0,78158
4,50E+08	1,90802	1,28190	1,04244	0,91316	0,83149	0,77496	0,73341
1,00E+09	1,90796	1,27477	1,02962	0,89663	0,81237	0,75395	0,71095
2,00E+09	1,90794	1,27181	1,02427	0,88971	0,80436	0,74514	0,70152
4,50E+09	1,90792	1,27015	1,02127	0,88583	0,79987	0,74019	0,69622
1,00E+10	1,90792	1,26942	1,01995	0,88411	0,79788	0,73799	0,69387
2,00E+10	1,90792	1,26912	1,01940	0,88341	0,79706	0,73710	0,69291
4,50E+10	1,90792	1,26895	1,01910	0,88301	0,79661	0,73660	0,69238
1,00E+11	1,90791	1,26888	1,01897	0,88284	0,79641	0,73638	0,69214
2,00E+11	1,90791	1,26885	1,01891	0,88277	0,79632	0,73629	0,69205
4,50E+11	1,90791	1,26883	1,01888	0,88273	0,79628	0,73624	0,69199

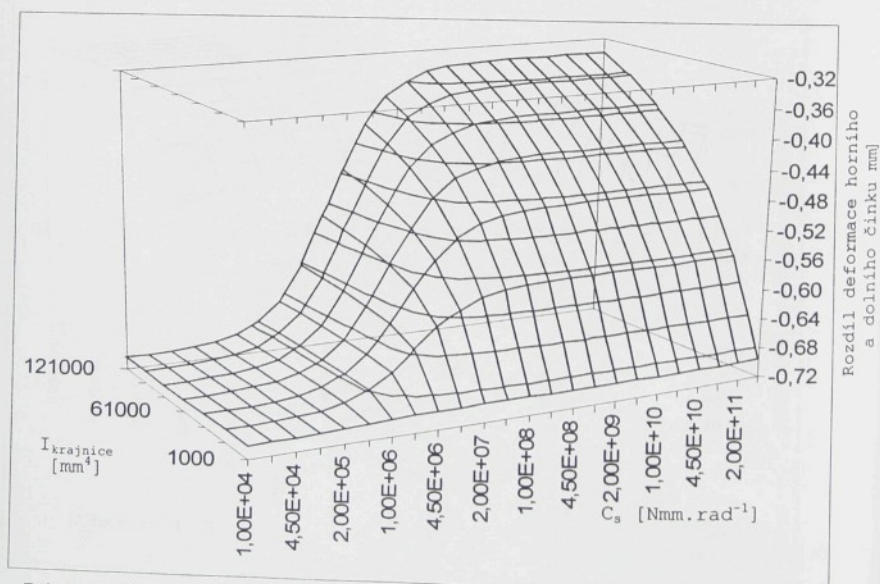
Tab.P.6.66 Deformace horního činku při změně I_{krajnice}
(var.B, I_{činku}=264000mm⁴)



Obr. P.6.66 Deformace horního činku při změně I_{krajnice}
(var.B, I_{činku}=264000mm⁴)

I krajnice	1000 [mm ⁴]	21000 [mm ⁴]	41000 [mm ⁴]	61000 [mm ⁴]	81000 [mm ⁴]	101000 [mm ⁴]	121000 [mm ⁴]
C _s [Nmm·rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	-0,7032	-0,7032	-0,7032	-0,7032	-0,7032	-0,7032	-0,7032
2,00E+04	-0,7029	-0,7029	-0,7029	-0,7029	-0,7029	-0,7029	-0,7029
4,50E+04	-0,7023	-0,7021	-0,7021	-0,7021	-0,7021	-0,7021	-0,7021
1,00E+05	-0,7012	-0,7005	-0,7005	-0,7005	-0,7004	-0,7004	-0,7004
2,00E+05	-0,6999	-0,6976	-0,6975	-0,6975	-0,6975	-0,6975	-0,6975
4,50E+05	-0,6983	-0,6910	-0,6906	-0,6904	-0,6903	-0,6903	-0,6903
1,00E+06	-0,6969	-0,6786	-0,6768	-0,6761	-0,6757	-0,6755	-0,6754
2,00E+06	-0,6961	-0,6614	-0,6560	-0,6538	-0,6526	-0,6518	-0,6513
4,50E+06	-0,6955	-0,6352	-0,6197	-0,6125	-0,6084	-0,6058	-0,6039
1,00E+07	-0,6953	-0,6095	-0,5772	-0,5603	-0,5498	-0,5427	-0,5376
2,00E+07	-0,6952	-0,5924	-0,5442	-0,5162	-0,4980	-0,4851	-0,4756
4,50E+07	-0,6951	-0,5799	-0,5171	-0,4777	-0,4506	-0,4308	-0,4158
1,00E+08	-0,6951	-0,5734	-0,5021	-0,4552	-0,4220	-0,3973	-0,3782
2,00E+08	-0,6951	-0,5706	-0,4952	-0,4446	-0,4084	-0,3811	-0,3599
4,50E+08	-0,6951	-0,5690	-0,4912	-0,4384	-0,4002	-0,3714	-0,3487
1,00E+09	-0,6951	-0,5682	-0,4893	-0,4355	-0,3965	-0,3669	-0,3436
2,00E+09	-0,6951	-0,5679	-0,4886	-0,4344	-0,3949	-0,3650	-0,3415
4,50E+09	-0,6951	-0,5678	-0,4882	-0,4337	-0,3941	-0,3639	-0,3403
1,00E+10	-0,6951	-0,5677	-0,4880	-0,4334	-0,3937	-0,3635	-0,3398
2,00E+10	-0,6951	-0,5677	-0,4879	-0,4333	-0,3935	-0,3633	-0,3395
4,50E+10	-0,6951	-0,5676	-0,4879	-0,4332	-0,3934	-0,3632	-0,3394
1,00E+11	-0,6951	-0,5676	-0,4878	-0,4332	-0,3934	-0,3631	-0,3394
2,00E+11	-0,6951	-0,5676	-0,4878	-0,4332	-0,3934	-0,3631	-0,3393
4,50E+11	-0,6951	-0,5676	-0,4878	-0,4332	-0,3934	-0,3631	-0,3393

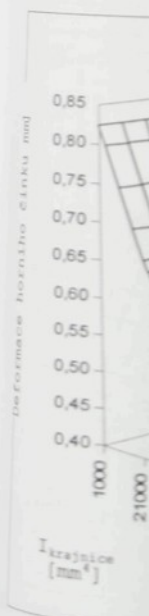
Tab.P.6.67 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně I_{krajnice}
(var.B, I_{činku}=264000mm⁴)



Tab.P.6.67 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně I_{krajnice}
(var.B, I_{činku}=264000mm⁴)

I krajnice	1000 [mm ⁴]	21000 [mm ⁴]	41000 [mm ⁴]	61000 [mm ⁴]	81000 [mm ⁴]	101000 [mm ⁴]	121000 [mm ⁴]
C _s [Nmm·rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	-0,7032	-0,7032	-0,7032	-0,7032	-0,7032	-0,7032	-0,7032
2,00E+04	-0,7029	-0,7029	-0,7029	-0,7029	-0,7029	-0,7029	-0,7029
4,50E+04	-0,7023	-0,7021	-0,7021	-0,7021	-0,7021	-0,7021	-0,7021
1,00E+05	-0,7012	-0,7005	-0,7005	-0,7005	-0,7004	-0,7004	-0,7004
2,00E+05	-0,6999	-0,6976	-0,6975	-0,6975	-0,6975	-0,6975	-0,6975
4,50E+05	-0,6983	-0,6910	-0,6906	-0,6904	-0,6903	-0,6903	-0,6903
1,00E+06	-0,6969	-0,6786	-0,6768	-0,6761	-0,6757	-0,6755	-0,6754
2,00E+06	-0,6961	-0,6614	-0,6560	-0,6538	-0,6526	-0,6518	-0,6513
4,50E+06	-0,6955	-0,6352	-0,6197	-0,6125	-0,6084	-0,6058	-0,6039
1,00E+07	-0,6953	-0,6095	-0,5772	-0,5603	-0,5498	-0,5427	-0,5376
2,00E+07	-0,6952	-0,5924	-0,5442	-0,5162	-0,4980	-0,4851	-0,4756
4,50E+07	-0,6951	-0,5799	-0,5171	-0,4777	-0,4506	-0,4308	-0,4158
1,00E+08	-0,6951	-0,5734	-0,5021	-0,4552	-0,4220	-0,3973	-0,3782
2,00E+08	-0,6951	-0,5706	-0,4952	-0,4446	-0,4084	-0,3811	-0,3599
4,50E+08	-0,6951	-0,5690	-0,4912	-0,4384	-0,4002	-0,3714	-0,3487
1,00E+09	-0,6951	-0,5682	-0,4893	-0,4355	-0,3965	-0,3669	-0,3436
2,00E+09	-0,6951	-0,5679	-0,4886	-0,4344	-0,3949	-0,3650	-0,3415
4,50E+09	-0,6951	-0,5678	-0,4882	-0,4337	-0,3941	-0,3639	-0,3403
1,00E+10	-0,6951	-0,5677	-0,4880	-0,4334	-0,3937	-0,3635	-0,3398
2,00E+10	-0,6951	-0,5677	-0,4879	-0,4333	-0,3935	-0,3633	-0,3395
4,50E+10	-0,6951	-0,5676	-0,4879	-0,4332	-0,3934	-0,3632	-0,3394
1,00E+11	-0,6951	-0,5676	-0,4878	-0,4332	-0,3934	-0,3631	-0,3394
2,00E+11	-0,6951	-0,5676	-0,4878	-0,4332	-0,3934	-0,3631	-0,3393
4,50E+11	-0,6951	-0,5676	-0,4878	-0,4332	-0,3934	-0,3631	-0,3393

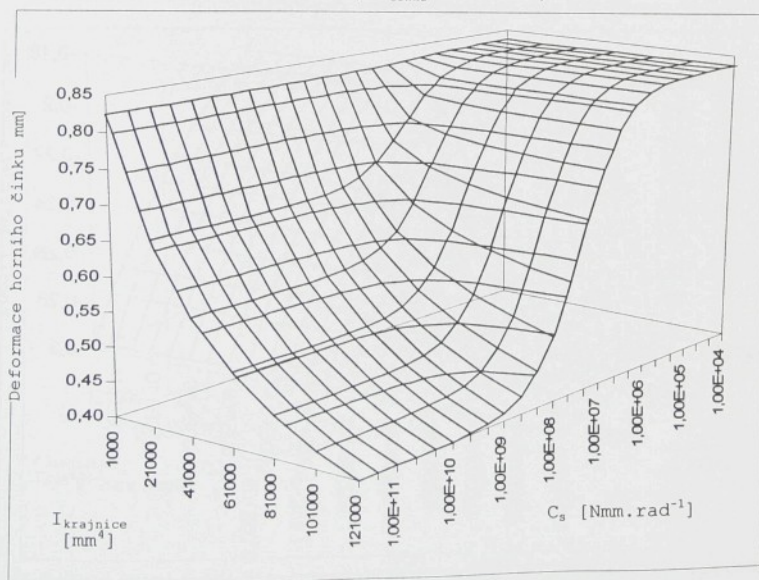
Tab.



Obr. P.

I krajnice	1000 [mm ⁴]	21000 [mm ⁴]	41000 [mm ⁴]	61000 [mm ⁴]	81000 [mm ⁴]	101000 [mm ⁴]	121000 [mm ⁴]
C_s [Nmm.rad ⁻¹]	Deformace horního činku [mm]						
1,00E+04	0,83529	0,83529	0,83529	0,83529	0,83529	0,83529	0,83529
2,00E+04	0,83514	0,83513	0,83513	0,83513	0,83513	0,83513	0,83513
4,50E+04	0,83479	0,83475	0,83475	0,83475	0,83475	0,83513	0,83513
1,00E+05	0,83411	0,83392	0,83391	0,83391	0,83475	0,83475	0,83475
2,00E+05	0,83309	0,83243	0,83241	0,83391	0,83391	0,83391	0,83391
4,50E+05	0,83130	0,82883	0,82872	0,83240	0,83239	0,83239	0,83239
1,00E+06	0,82915	0,82146	0,82098	0,82866	0,82072	0,82865	0,82864
2,00E+06	0,82741	0,80973	0,80810	0,82081	0,82066	0,82066	0,82063
4,50E+06	0,82594	0,78707	0,78121	0,80748	0,80715	0,80695	0,80681
1,00E+07	0,82510	0,75590	0,73944	0,77878	0,77745	0,77660	0,77602
2,00E+07	0,82471	0,72692	0,69471	0,73184	0,72744	0,72456	0,72252
4,50E+07	0,82448	0,69895	0,64485	0,67826	0,66819	0,66137	0,65642
1,00E+08	0,82437	0,68131	0,60926	0,61416	0,59420	0,58011	0,56962
2,00E+08	0,82433	0,67267	0,59044	0,56525	0,53534	0,51359	0,49702
4,50E+08	0,82431	0,66742	0,57852	0,53822	0,50188	0,47499	0,45425
1,00E+09	0,82429	0,66499	0,57289	0,52068	0,47977	0,44918	0,42538
2,00E+09	0,82429	0,66398	0,57051	0,51226	0,46907	0,43660	0,41122
4,50E+09	0,82429	0,66342	0,56917	0,50869	0,46450	0,43120	0,40514
1,00E+10	0,82429	0,66316	0,56858	0,50667	0,46191	0,42814	0,40168
2,00E+10	0,82429	0,66306	0,56833	0,50577	0,46076	0,42678	0,40014
4,50E+10	0,82429	0,66300	0,56820	0,50540	0,46028	0,42622	0,39951
1,00E+11	0,82429	0,66298	0,56814	0,50520	0,46002	0,42591	0,39916
2,00E+11	0,82429	0,66297	0,56811	0,50507	0,45990	0,42577	0,39900
4,50E+11	0,82429	0,66296	0,56810	0,50505	0,45983	0,42568	0,39891

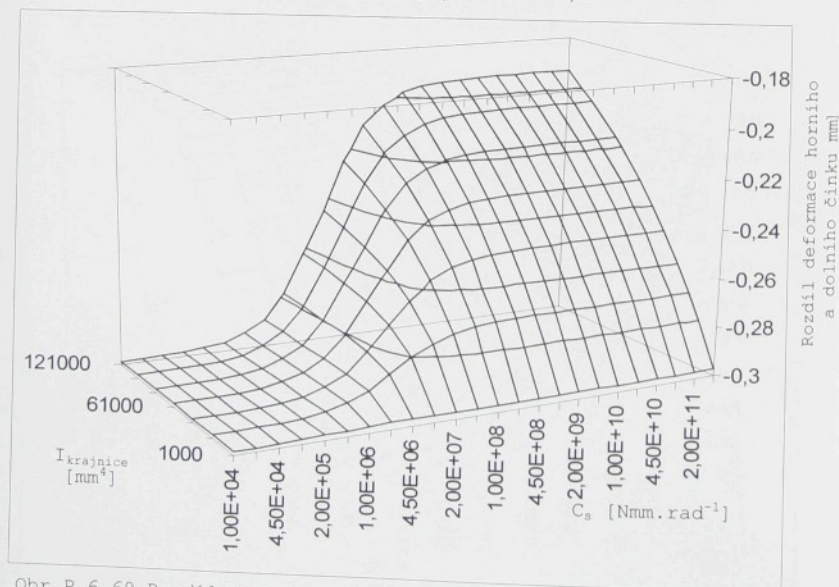
Tab.P.6.68 Deformace horního činku při změně I_{krajnice}
(var.B, $I_{\text{činku}}=622000\text{mm}^4$)



Obr.P.6.68 Deformace horního činku při změně I_{krajnice}
(var.B, $I_{\text{činku}}=622000\text{mm}^4$)

I krajnice [mm ⁴]	1000 [mm ⁴]	21000 [mm ⁴]	41000 [mm ⁴]	61000 [mm ⁴]	81000 [mm ⁴]	101000 [mm ⁴]	121000 [mm ⁴]
C _s [Nmm.rad ⁻¹]	Rozdíl deformace horního a dolního činku [mm]						
1,00E+04	-0,2985	-0,2985	-0,2985	-0,2985	-0,2985	-0,2985	-0,2985
2,00E+04	-0,2985	-0,2985	-0,2985	-0,2985	-0,2985	-0,2985	-0,2985
4,50E+04	-0,2984	-0,2983	-0,2983	-0,2983	-0,2983	-0,2983	-0,2983
1,00E+05	-0,2982	-0,298	-0,298	-0,298	-0,298	-0,298	-0,298
2,00E+05	-0,2979	-0,2975	-0,2975	-0,2975	-0,2975	-0,2975	-0,2975
4,50E+05	-0,2976	-0,2963	-0,2962	-0,2962	-0,2962	-0,2962	-0,2962
1,00E+06	-0,2974	-0,294	-0,2936	-0,2935	-0,2934	-0,2934	-0,2934
2,00E+06	-0,2972	-0,2907	-0,2896	-0,2891	-0,2889	-0,2888	-0,2886
4,50E+06	-0,2971	-0,2854	-0,2821	-0,2805	-0,2796	-0,279	-0,2786
1,00E+07	-0,2971	-0,2799	-0,2725	-0,2684	-0,2657	-0,2639	-0,2626
2,00E+07	-0,2971	-0,276	-0,2643	-0,2569	-0,2517	-0,2479	-0,245
4,50E+07	-0,2971	-0,2731	-0,2571	-0,2457	-0,2371	-0,2305	-0,2251
1,00E+08	-0,2971	-0,2716	-0,2529	-0,2386	-0,2274	-0,2183	-0,2108
2,00E+08	-0,2971	-0,2709	-0,2509	-0,2352	-0,2224	-0,2119	-0,2031
4,50E+08	-0,2971	-0,2705	-0,2497	-0,2331	-0,2194	-0,208	-0,1983
1,00E+09	-0,2971	-0,2703	-0,2492	-0,2321	-0,218	-0,2061	-0,196
2,00E+09	-0,297	-0,2702	-0,249	-0,2317	-0,2174	-0,2053	-0,195
4,50E+09	-0,297	-0,2702	-0,2488	-0,2315	-0,217	-0,2049	-0,1945
1,00E+10	-0,297	-0,2702	-0,2488	-0,2314	-0,2169	-0,2047	-0,1942
2,00E+10	-0,297	-0,2702	-0,2488	-0,2313	-0,2168	-0,2046	-0,1941
4,50E+10	-0,297	-0,2702	-0,2487	-0,2313	-0,2168	-0,2046	-0,1941
1,00E+11	-0,297	-0,2702	-0,2487	-0,2313	-0,2168	-0,2045	-0,1941
2,00E+11	-0,297	-0,2702	-0,2487	-0,2313	-0,2168	-0,2045	-0,1941
4,50E+11	-0,297	-0,2702	-0,2487	-0,2313	-0,2168	-0,2045	-0,1941

Tab.P.6.69 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně I_{krajnice} (var.B, I_{činku}=622000mm⁴)



Obr.P.6.69 Rozdíl deformace horního a dolního činku při změně I_{krajnice} (var.B, I_{činku}=622000mm⁴)

I krajnice [mm ⁴]	1,60E+04	3,20E+04	6,40E+04	1,28E+05	2,56E+05	5,12E+05	1,02E+06	2,05E+06	4,10E+06	8,19E+06	1,64E+07	3,28E+07	6,55E+07	1,31E+08	2,62E+08	5,24E+08	1,05E+09	2,10E+09	4,19E+09	8,39E+09	1,68E+10	3,36E+10	6,71E+10	1,34E+11
----------------------------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------

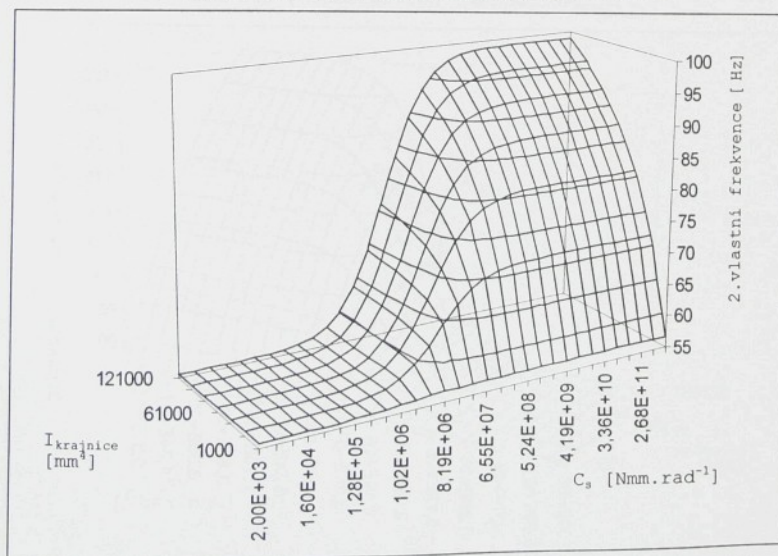
Tab. P



Obr. P. 6

I krajnice	1000 [mm ⁴]	21000 [mm ⁴]	41000 [mm ⁴]	61000 [mm ⁴]	81000 [mm ⁴]	101000 [mm ⁴]	121000 [mm ⁴]
C _s [Nmm.rad ⁻¹]	2.vlastní frekvence [Hz]						
1,60E+04	55,661	55,661	55,661	55,661	55,661	55,661	55,661
3,20E+04	55,6788	55,6788	55,6788	55,6788	55,6788	55,6788	55,6788
6,40E+04	55,7142	55,7177	55,7177	55,7177	55,7177	55,7177	55,7177
1,28E+05	55,778	55,7957	55,7957	55,7957	55,7957	55,7957	55,7957
2,56E+05	55,8809	55,9484	55,9484	55,9519	55,9519	55,9519	55,9519
5,12E+05	56,0265	56,2436	56,2507	56,2543	56,2543	56,2543	56,2578
1,02E+06	56,1973	56,7969	56,8291	56,8399	56,847	56,8506	56,8506
2,05E+06	56,3576	57,7962	57,9082	57,9479	57,9696	57,9841	57,9913
4,10E+06	56,4789	59,4322	59,7915	59,9311	60,0046	60,0488	60,0819
8,19E+06	56,5574	61,7571	62,7463	63,1645	63,3949	63,5425	63,6447
1,64E+07	56,6003	64,4694	66,696	67,7472	68,3622	68,7633	69,051
3,28E+07	56,6253	66,991	70,9821	73,1062	74,4235	75,3275	75,9801
6,55E+07	56,636	68,8893	74,7023	78,1226	80,3842	81,993	83,1971
1,31E+08	56,6432	70,1046	77,348	81,9371	85,1182	87,456	89,2503
2,62E+08	56,6467	70,7982	78,9727	84,3881	88,2616	91,1762	93,4529
5,24E+08	56,6467	71,1703	79,8868	85,803	90,1137	93,3978	95,9947
1,05E+09	56,6467	71,3627	80,3672	86,5656	91,1218	94,6225	97,405
2,10E+09	56,6467	71,463	80,6185	86,9637	91,6484	95,2703	98,1516
4,19E+09	56,6467	71,5112	80,7465	87,1631	91,9213	95,5997	98,533
8,39E+09	56,6467	71,5393	80,8062	87,2651	92,058	95,7669	98,7264
1,68E+10	56,6467	71,5513	80,8404	87,3184	92,1263	95,8506	98,8255
3,36E+10	56,6467	71,5554	80,8575	87,345	92,1628	95,8924	98,8727
6,71E+10	56,6467	71,5594	80,866	87,3539	92,1765	95,9156	98,901
1,34E+11	56,6467	71,5634	80,8703	87,3627	92,1856	95,925	98,9105

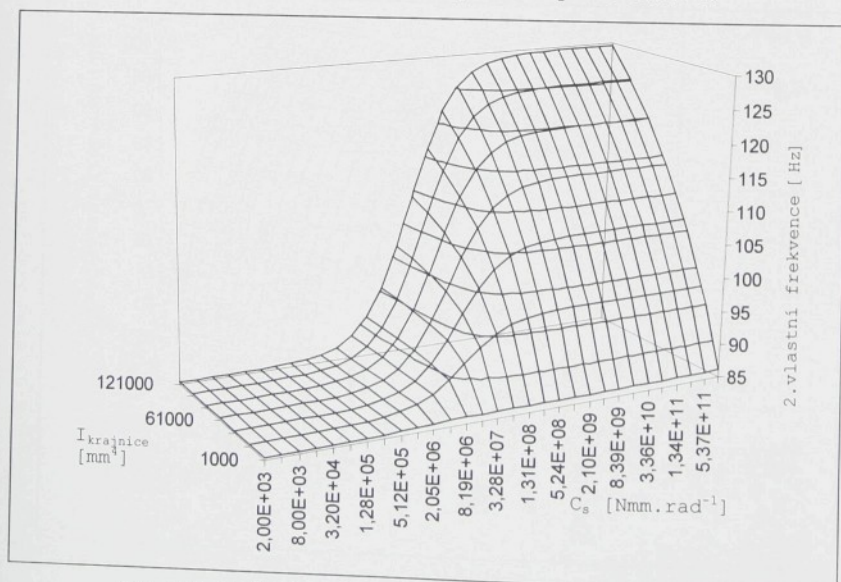
Tab.P.6.70 2.vlastní frekvence při změně I_{krajnice} (var.B)
I_{činku}=264000mm⁴, ost.parametry dle Tab.7.1



Obr.P.6.70 2.vlastní frekvence při změně I_{krajnice} (var.B)
I_{činku}=264000mm⁴, ost.parametry dle Tab.7.1

I krajnice	1000 [mm ⁴]	21000 [mm ⁴]	41000 [mm ⁴]	61000 [mm ⁴]	81000 [mm ⁴]	101000 [mm ⁴]	121000 [mm ⁴]
C _s [Nmm·rad ⁻¹]	2.vlastní frekvence [Hz]						
1,60E+04	85,4204	85,4204	85,4204	85,4204	85,4204	85,4204	85,4204
3,20E+04	85,4313	85,4313	85,4313	85,4313	85,4313	85,4313	85,4313
6,40E+04	85,453	85,4585	85,4585	85,4585	85,4585	85,4585	85,4585
1,28E+05	85,4965	85,5074	85,5074	85,5074	85,5074	85,5074	85,5074
2,56E+05	85,5618	85,6054	85,6054	85,6108	85,6108	85,6108	85,6108
5,12E+05	85,6598	85,8015	85,8069	85,8069	85,8069	85,8069	85,8069
1,02E+06	85,7742	86,167	86,1888	86,1997	86,1997	86,2052	86,2052
2,05E+06	85,8778	86,84	86,9168	86,9442	86,9607	86,9661	86,9716
4,10E+06	85,9596	87,9731	88,2216	88,3211	88,3764	88,4095	88,4317
8,19E+06	86,0087	89,6419	90,3731	90,6865	90,8659	90,9781	91,0511
1,64E+07	86,0359	91,6865	93,4469	94,3019	94,8111	95,1494	95,3848
3,28E+07	86,0523	93,6859	97,0468	98,9396	100,1605	101,0043	101,632
6,55E+07	86,0632	95,2527	100,4198	103,7365	106,0563	107,7656	109,0827
1,31E+08	86,0632	96,2833	102,9649	107,7046	111,2439	113,9973	116,2064
2,62E+08	86,0687	96,8846	104,5951	110,414	114,9793	118,6673	121,7116
5,24E+08	86,0687	97,215	105,5298	112,0396	117,2934	121,6402	125,2945
1,05E+09	86,0687	97,3833	106,0381	112,9382	118,5969	123,3397	127,3775
2,10E+09	86,0687	97,4704	106,2988	113,4076	119,2898	124,2496	128,5088
4,19E+09	86,0687	97,511	106,4322	113,652	119,6499	124,7288	129,0896
8,39E+09	86,0687	97,5343	106,499	113,7712	119,8302	124,9654	129,3906
1,68E+10	86,0687	97,5459	106,5294	113,834	119,9204	125,0904	129,5446
3,36E+10	86,0687	97,5517	106,5476	113,8654	119,9655	125,1496	129,6183
6,71E+10	86,0687	97,5575	106,5597	113,8779	119,9913	125,1825	129,6584
1,34E+11	86,0687	97,5575	106,5597	113,8905	119,9977	125,1957	129,6785

Tab.P.6.71 2.vlastní frekvence při změně I_{krajnice} (var.B)
I_{činku}=622000mm⁴, ost.parametry dle Tab.7.1



Obr.P.6.71 2.vlastní frekvence při změně I_{krajnice} (var.B)
I_{činku}=622000mm⁴, ost.parametry dle Tab.7.1

Dynam.

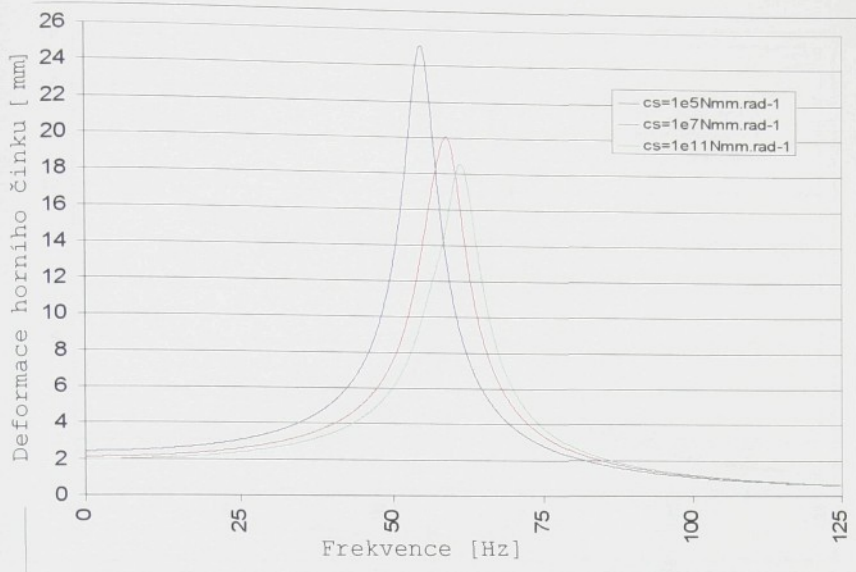
Příloha 7

Dynamická tuhost a akcelrance činku
brdového listu

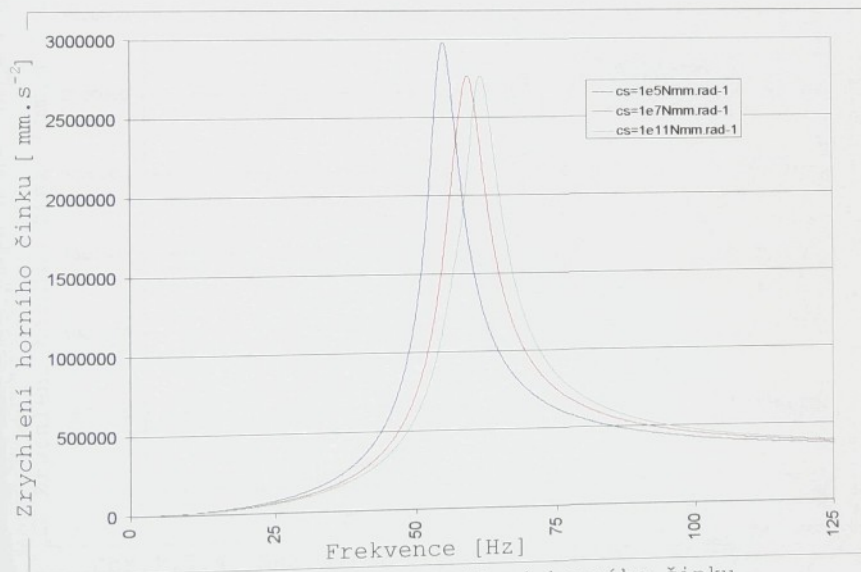
Seznam grafů:

Výpočty provedeny pro variantu uchycení B.

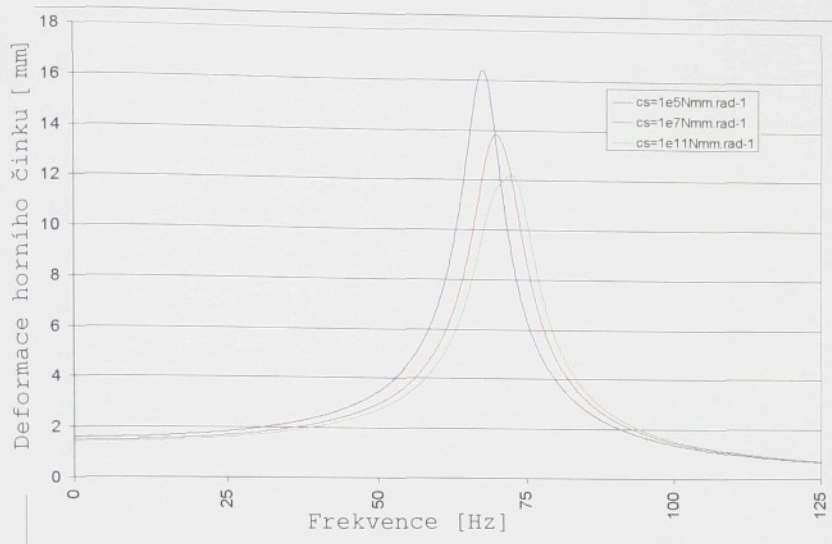
P.7.1	Deformace horního činku	$I_c = 264000\text{mm}^4$	$I_k = 7500\text{mm}^4$
P.7.2	Zrychlení horního činku		
P.7.3	Deformace horního činku	$I_c = 497000\text{mm}^4$	
P.7.4	Zrychlení horního činku		
P.7.5	Deformace horního činku	$I_c = 622000\text{mm}^4$	$I_k = 15000\text{mm}^4$
P.7.6	Zrychlení horního činku		
P.7.7	Deformace horního činku	$I_c = 264000\text{mm}^4$	
P.7.8	Deformace horního činku		
P.7.9	Zrychlení horního činku	$I_c = 497000\text{mm}^4$	$I_k = 30000\text{mm}^4$
P.7.10	Deformace horního činku		
P.7.11	Zrychlení horního činku	$I_c = 622000\text{mm}^4$	
P.7.12	Deformace horního činku		
P.7.13	Zrychlení horního činku	$I_c = 264000\text{mm}^4$	$I_k = 45000\text{mm}^4$
P.7.14	Deformace horního činku		
P.7.15	Zrychlení horního činku	$I_c = 497000\text{mm}^4$	
P.7.16	Deformace horního činku		
P.7.17	Zrychlení horního činku	$I_c = 622000\text{mm}^4$	$I_k = 45000\text{mm}^4$
P.7.18	Deformace horního činku		
P.7.19	Zrychlení horního činku	$I_c = 264000\text{mm}^4$	
P.7.20	Deformace horního činku		
P.7.21	Zrychlení horního činku	$I_c = 497000\text{mm}^4$	$I_k = 45000\text{mm}^4$
P.7.22	Deformace horního činku		
P.7.23	Zrychlení horního činku	$I_c = 622000\text{mm}^4$	
P.7.24	Deformace horního činku		



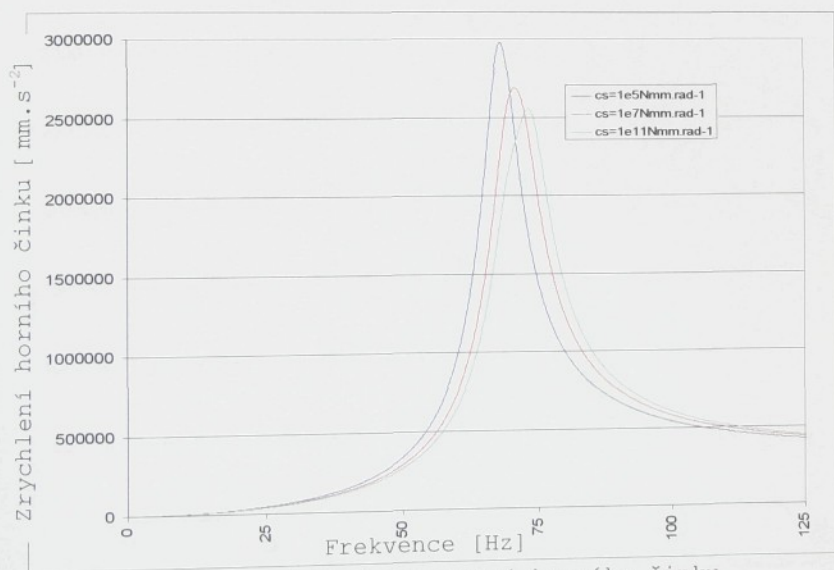
Obr.P.7.1 Maximální deformace horního činku
 $(I_s=264000 \text{ mm}^4, I_k=7500 \text{ mm}^4, \text{ var. B})$



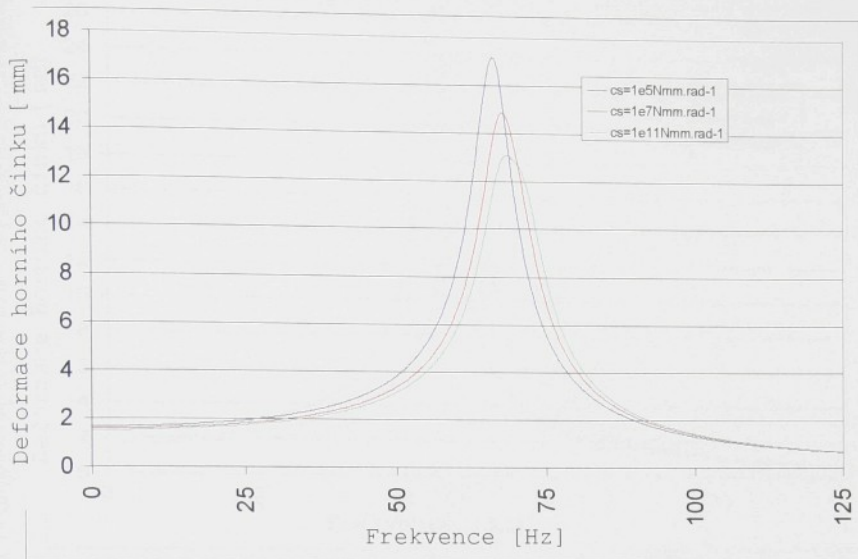
Obr.P.7.2 Maximální zrychlení horního činku
 $(I_s=264000 \text{ mm}^4, I_k=7500 \text{ mm}^4, \text{ var. B})$



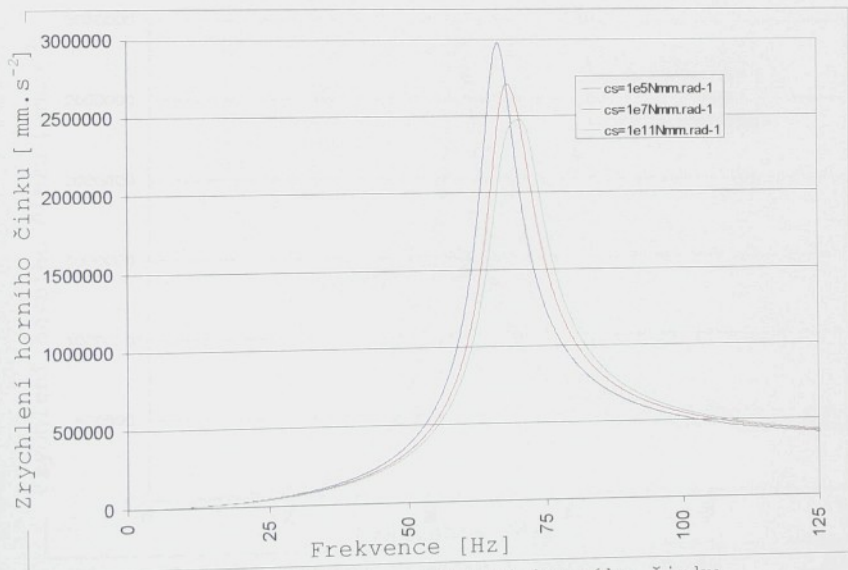
Obr.P.7.3 Maximální deformace horního činku
 $(I_{\bar{c}}=497000\text{mm}^4, I_k=7500\text{mm}^4, \text{var. B})$



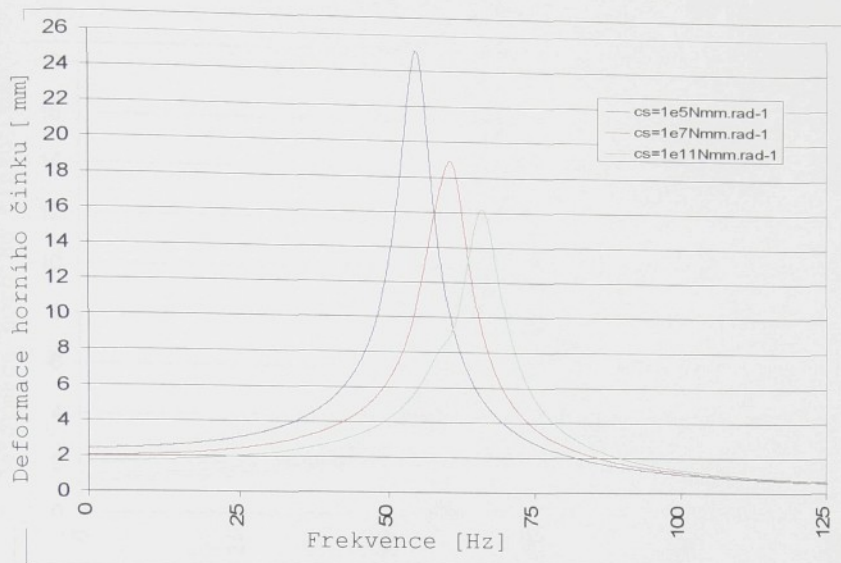
Obr.P.7.4 Maximální zrychlení horního činku
 $(I_{\bar{c}}=497000\text{mm}^4, I_k=7500\text{mm}^4, \text{var. B})$



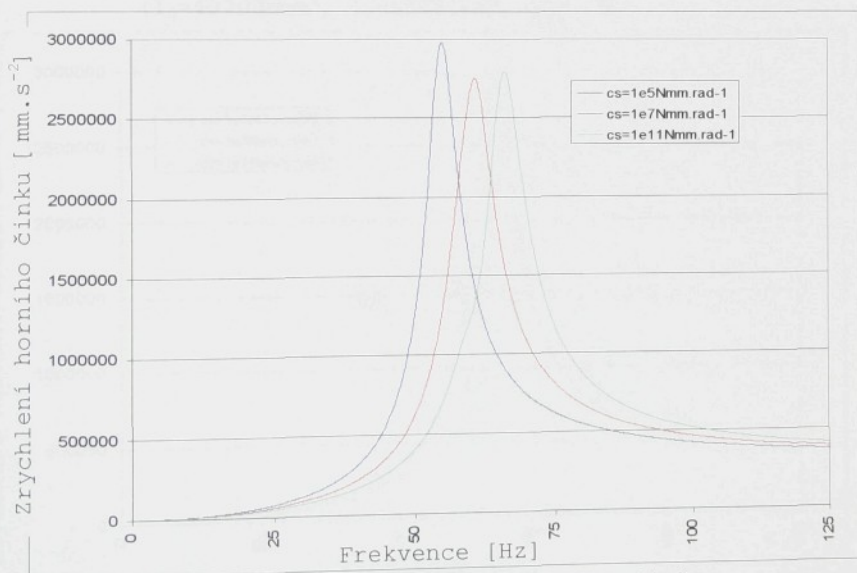
Obr.P.7.5 Maximální deformace horního činku
($I_c = 622000 \text{ mm}^4$, $I_k = 7500 \text{ mm}^4$, var. B)



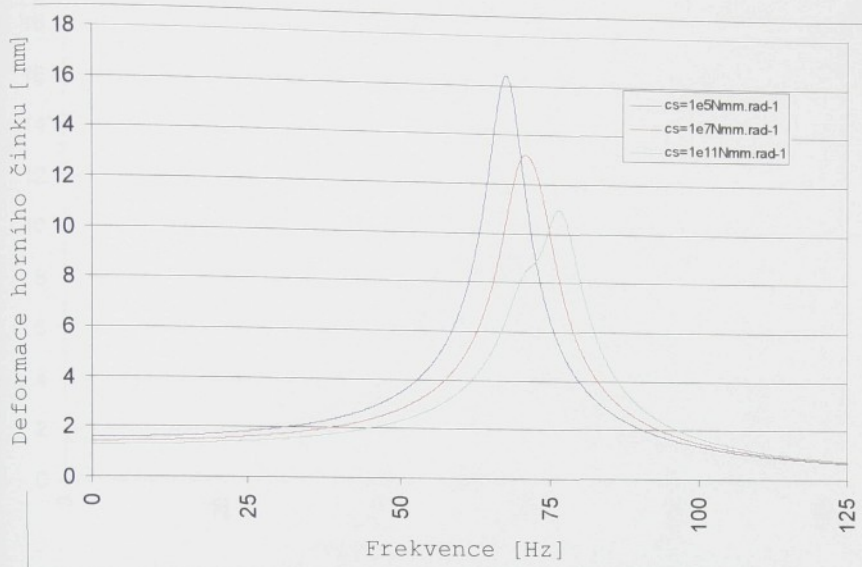
Obr.P.7.6 Maximální zrychlení horního činku
($I_c = 622000 \text{ mm}^4$, $I_k = 7500 \text{ mm}^4$, var. B)



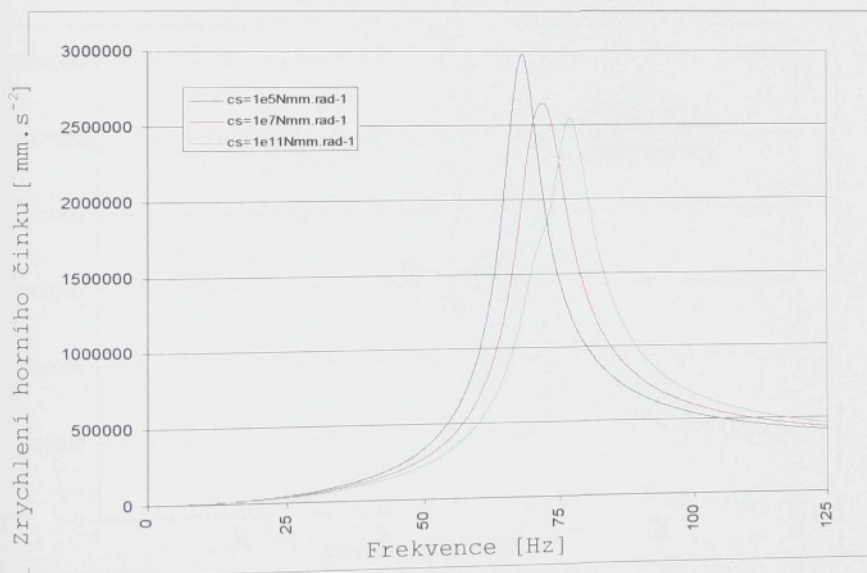
Obr.P.7.7 Maximální deformace horního činku
($I_k=264000 \text{ mm}^4$, $I_k=15000 \text{ mm}^4$, var. B)



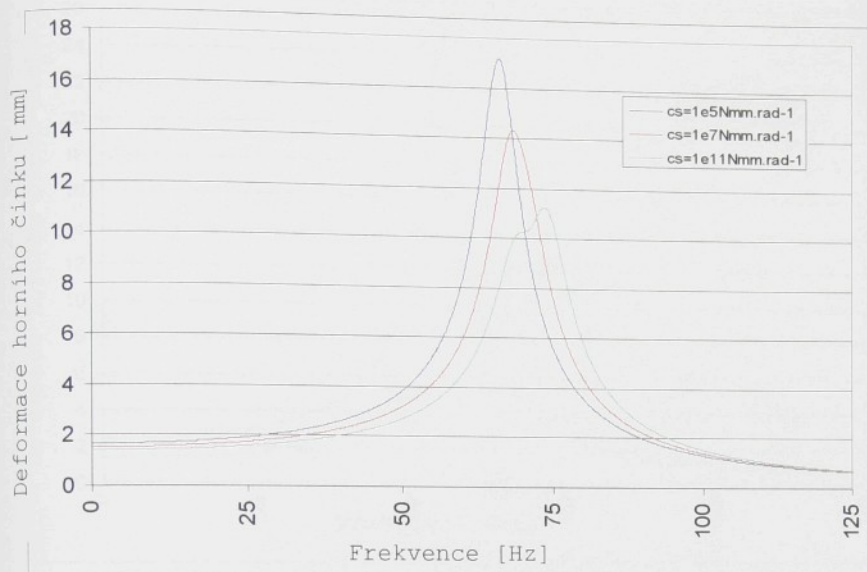
Obr.P.7.8 Maximální zrychlení horního činku
($I_k=264000 \text{ mm}^4$, $I_k=15000 \text{ mm}^4$, var. B)



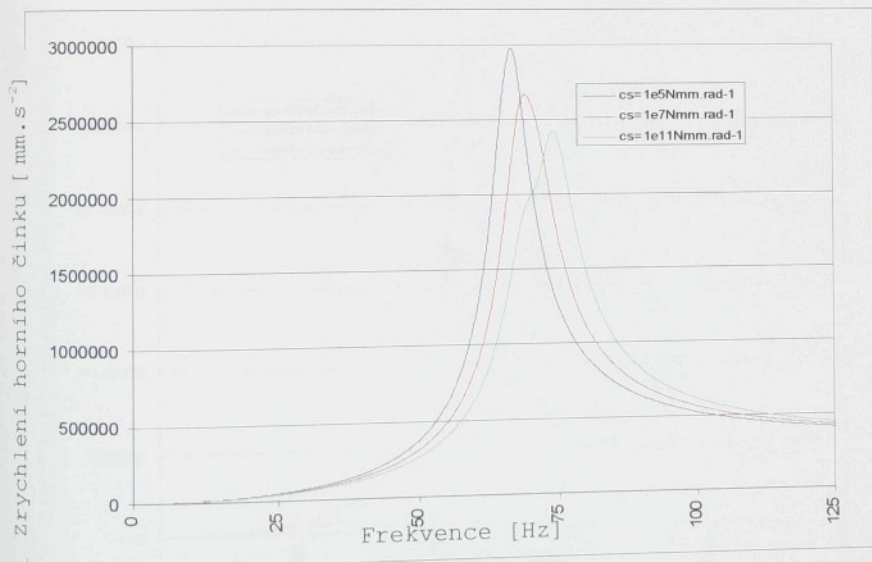
Obr.P.7.9 Maximální deformace horního činku
($I_c=497000\text{mm}^4$, $I_k=15000\text{mm}^4$, var. B)



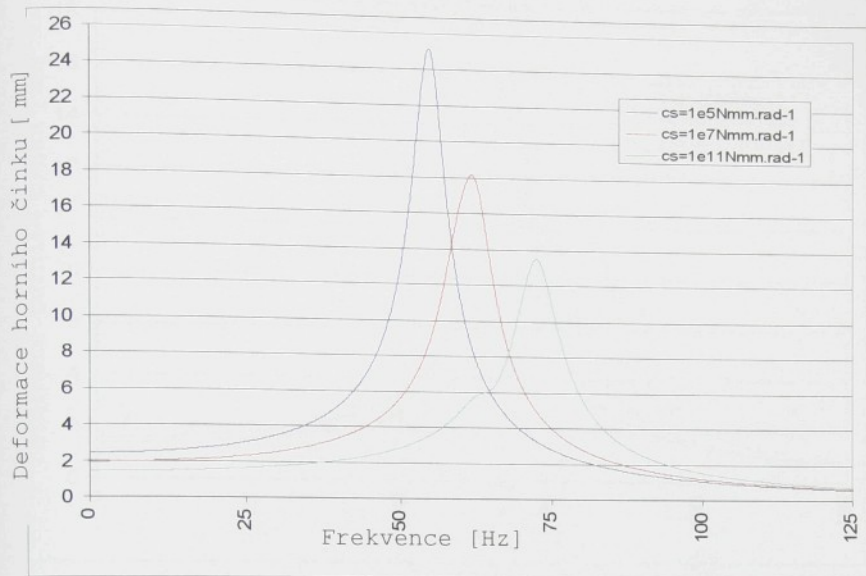
Obr.P.7.10 Maximální zrychlení horního činku
($I_c=497000\text{mm}^4$, $I_k=15000\text{mm}^4$, var. B)



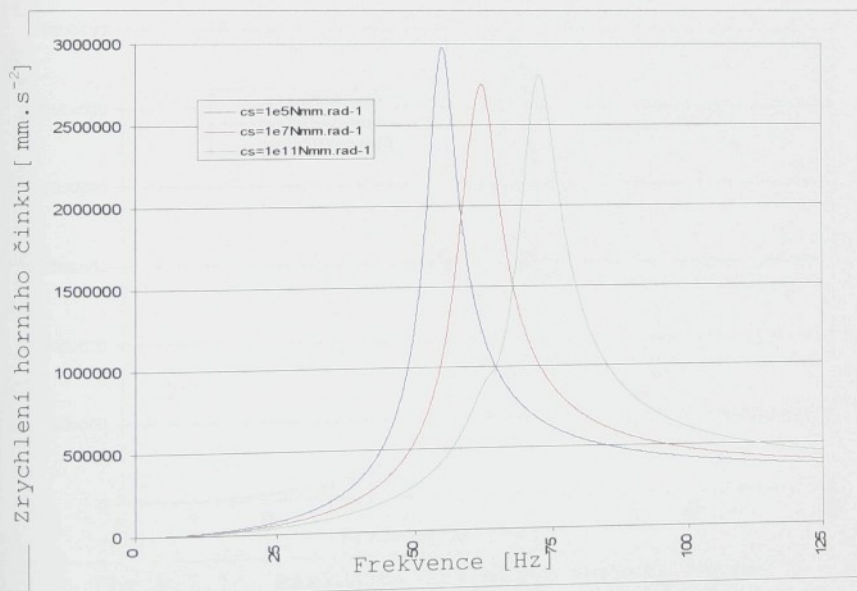
Obr.P.7.11 Maximální deformace horního činku
($I_c = 622000 \text{ mm}^4$, $I_k = 15000 \text{ mm}^4$, var. B)



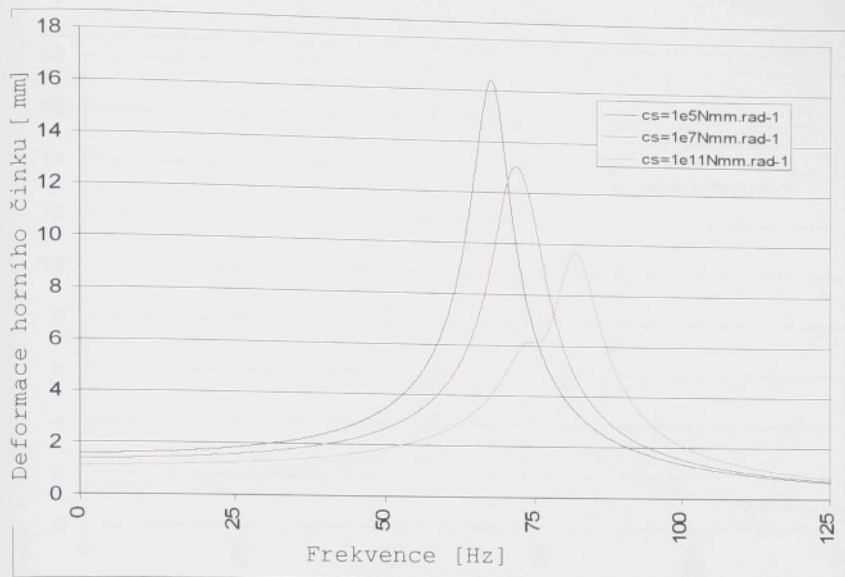
Obr.P.7.12 Maximální zrychlení horního činku
($I_c = 622000 \text{ mm}^4$, $I_k = 15000 \text{ mm}^4$, var. B)



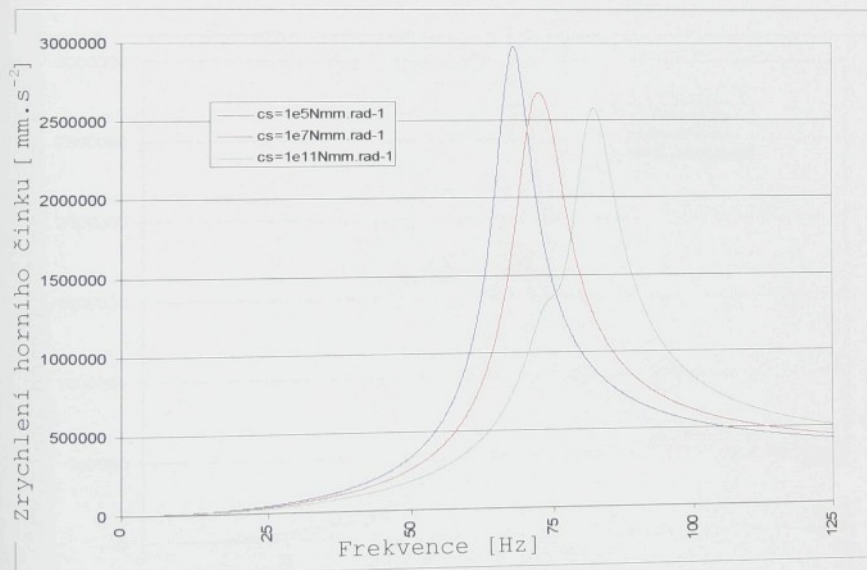
Obr.P.7.13 Maximální deformace horního činku
 $(I_c=264000\text{mm}^4, I_k=30000\text{mm}^4, \text{var. B})$



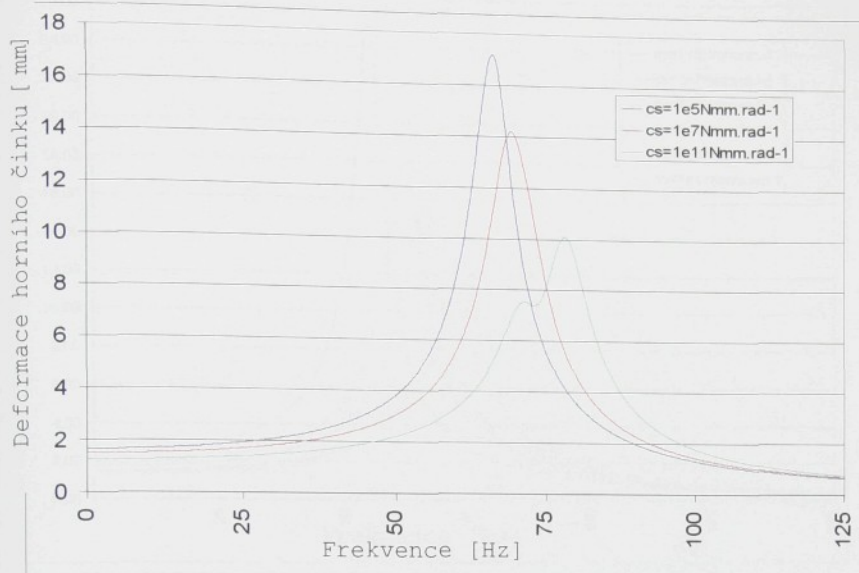
Obr.P.7.14 Maximální zrychlení horního činku
 $(I_c=264000\text{mm}^4, I_k=30000\text{mm}^4, \text{var. B})$



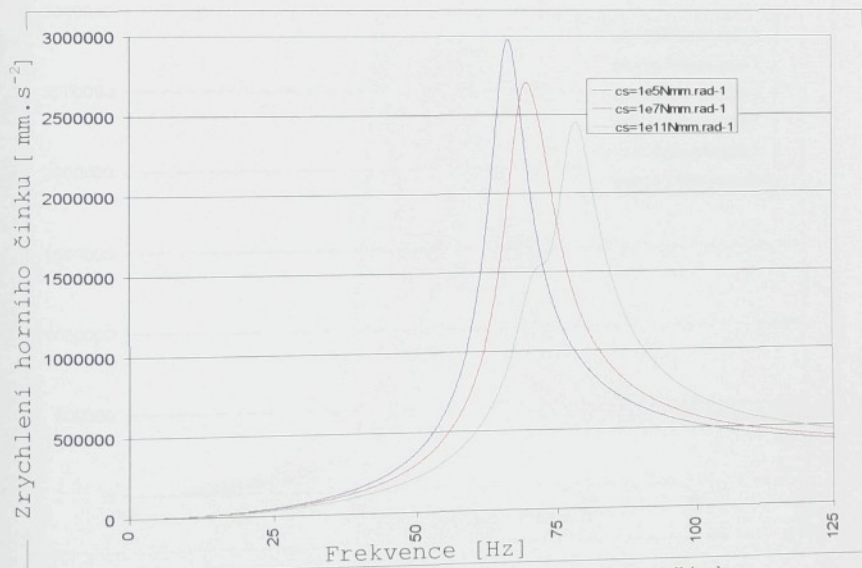
Obr.P.7.15 Maximální deformace horního činku
($I_c=497000 \text{ mm}^4$, $I_k=30000 \text{ mm}^4$, var. B)



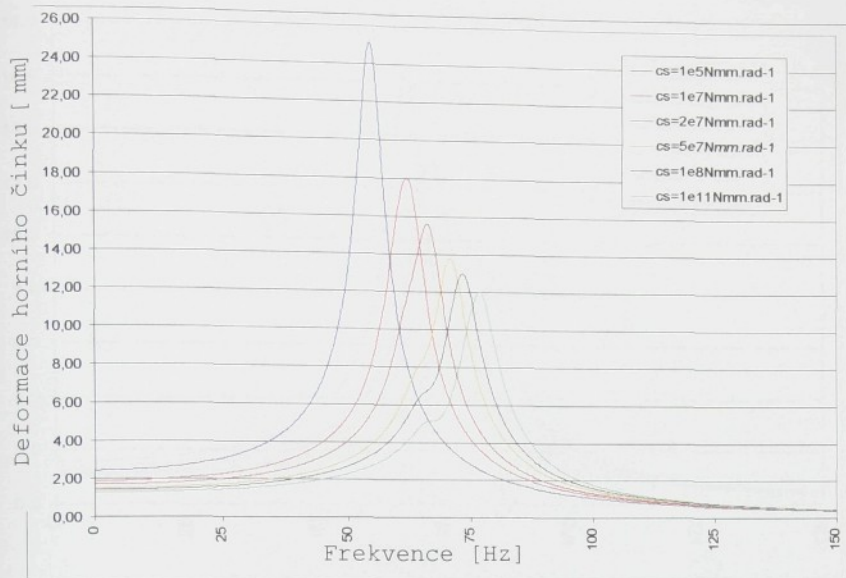
Obr.P.7.16 Maximální zrychlení horního činku
($I_c=497000 \text{ mm}^4$, $I_k=30000 \text{ mm}^4$, var. B)



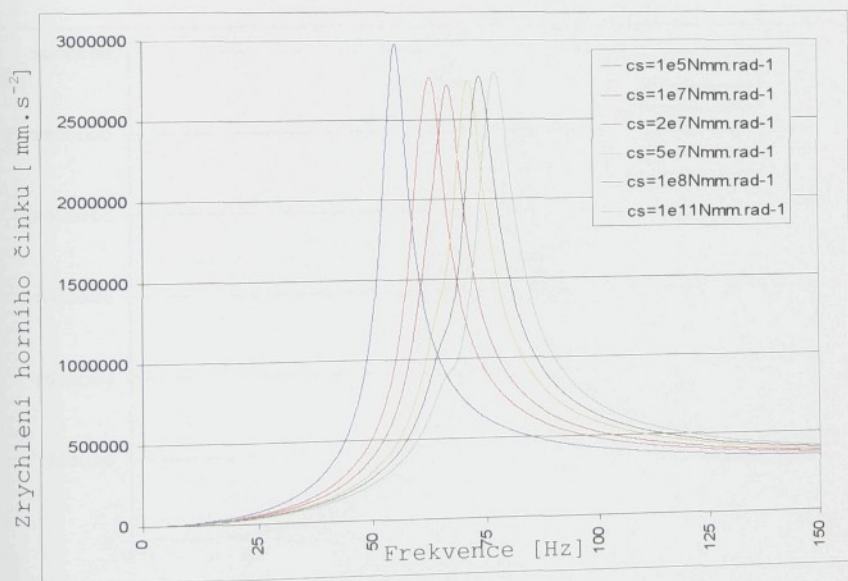
Obr.P.7.17 Maximální deformace horního činku
 $(I_c = 622000 \text{ mm}^4, I_k = 30000 \text{ mm}^4, \text{ var. B})$



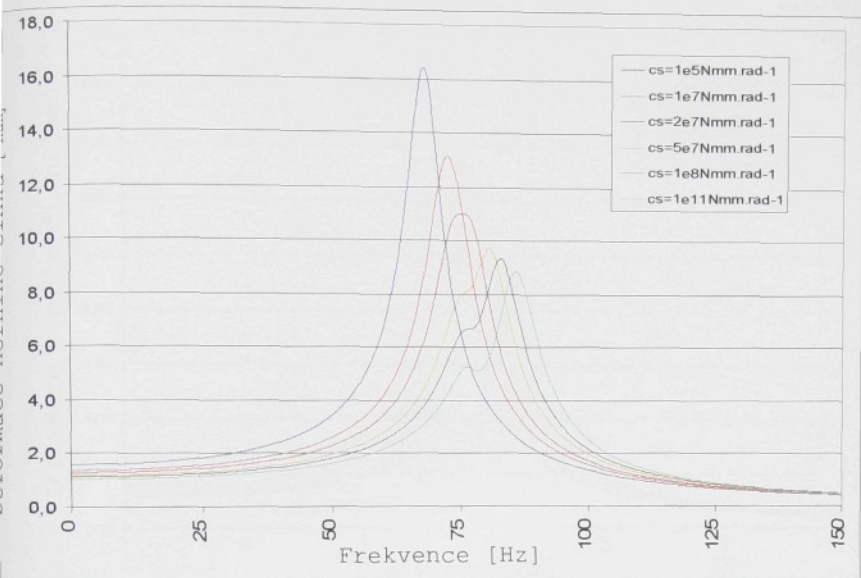
Obr.P.7.18 Maximální zrychlení horního činku
 $(I_c = 622000 \text{ mm}^4, I_k = 30000 \text{ mm}^4, \text{ var. B})$



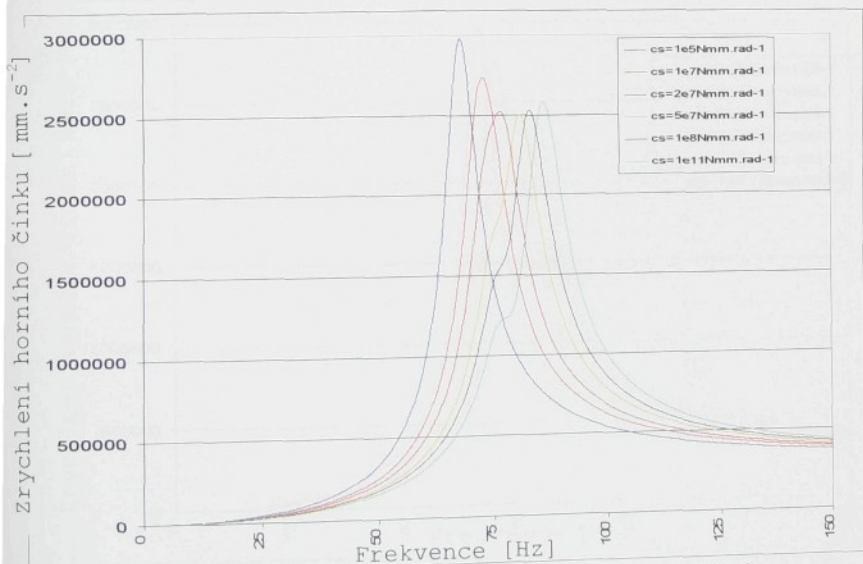
Obr.P.7.19 Maximální deformace horního činku
($I_c=264000\text{mm}^4$, $I_k=45000\text{mm}^4$, var. B)



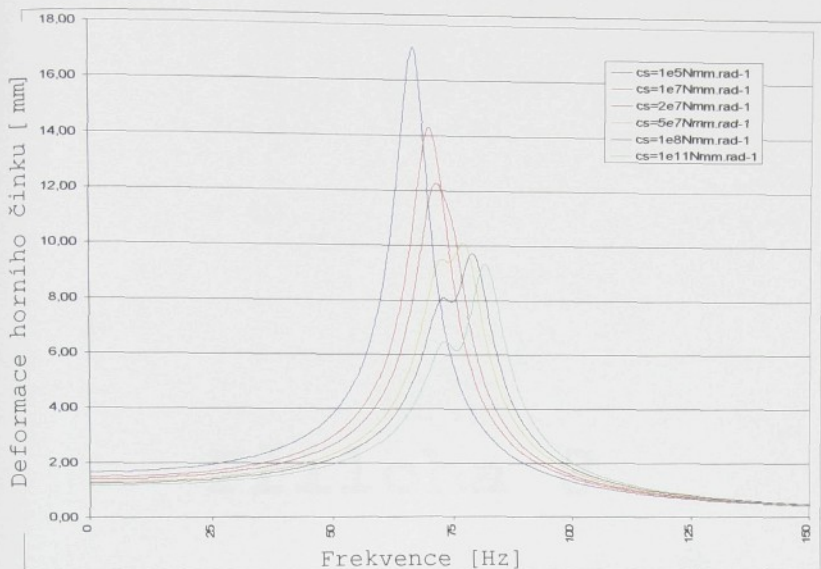
Obr.P.7.20 Maximální zrychlení horního činku
($I_c=264000\text{mm}^4$, $I_k=45000\text{mm}^4$, var. B)



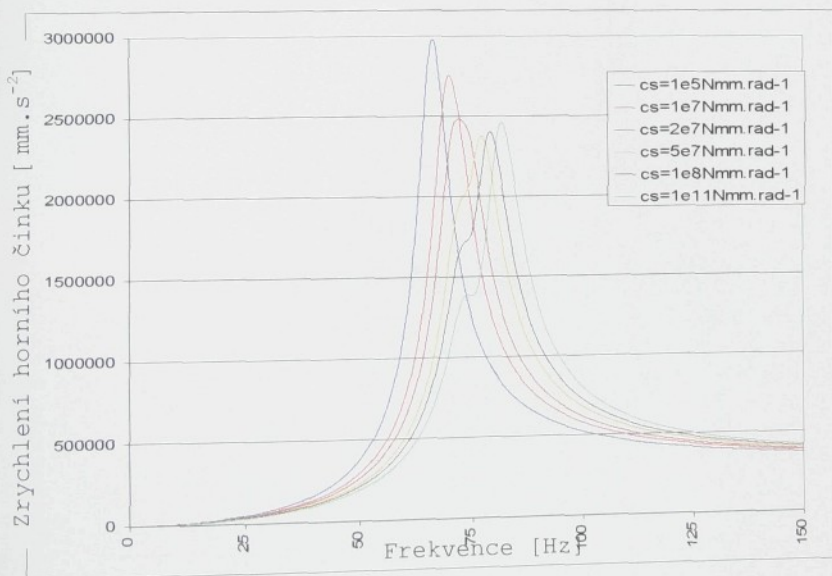
Obr. P.7.21 Maximální deformace horního činku
($I_c = 497000 \text{ mm}^4$, $I_k = 45000 \text{ mm}^4$, var. B)



Obr. P.7.22 Maximální zrychlení horního činku
($I_c = 497000 \text{ mm}^4$, $I_k = 45000 \text{ mm}^4$, var. B)



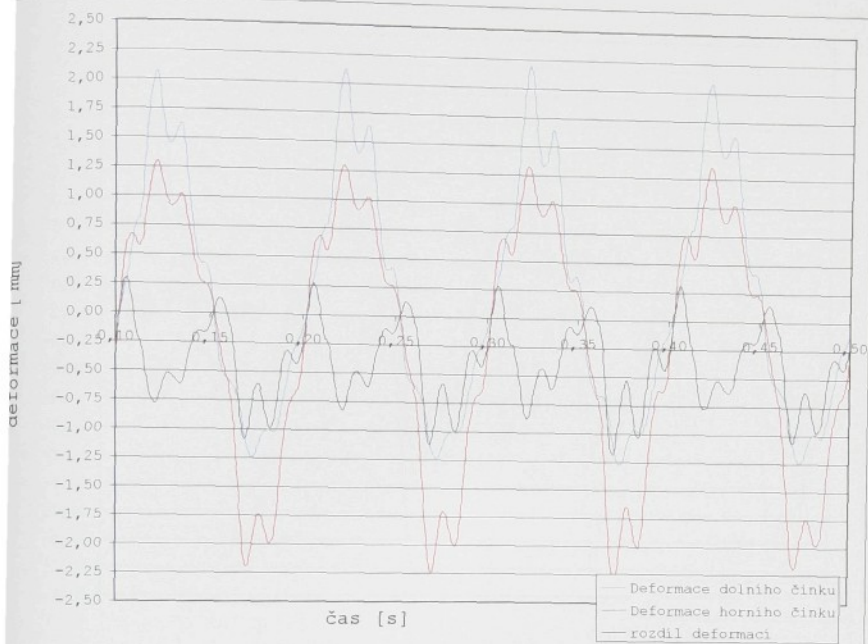
Obr.P.7.23 Maximální deformace horního činku
($I_c=622000\text{mm}^4$, $I_k=45000\text{mm}^4$, var. B)



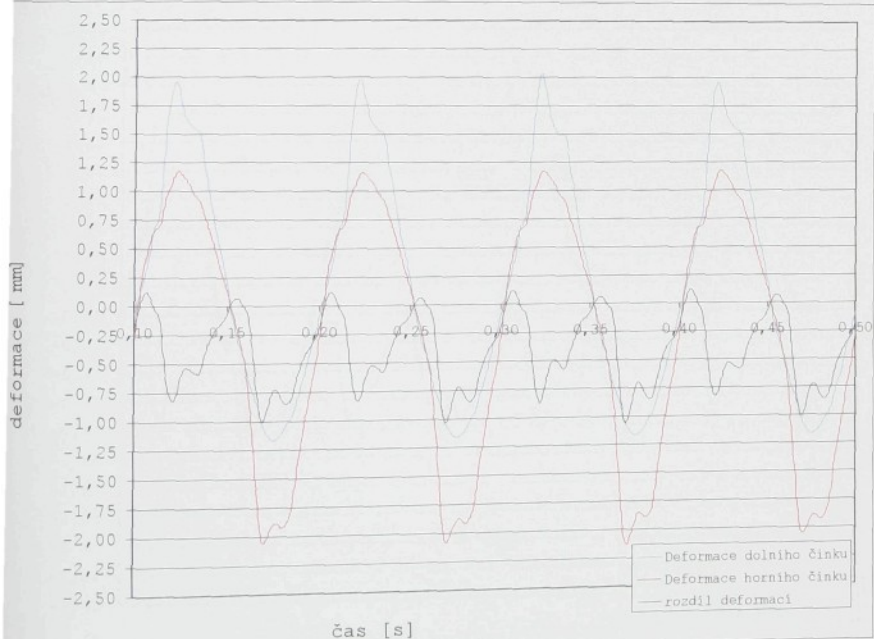
Obr.P.7.24 Maximální zrychlení horního činku
($I_c=622000\text{mm}^4$, $I_k=45000\text{mm}^4$, var. B)

Příloha 8

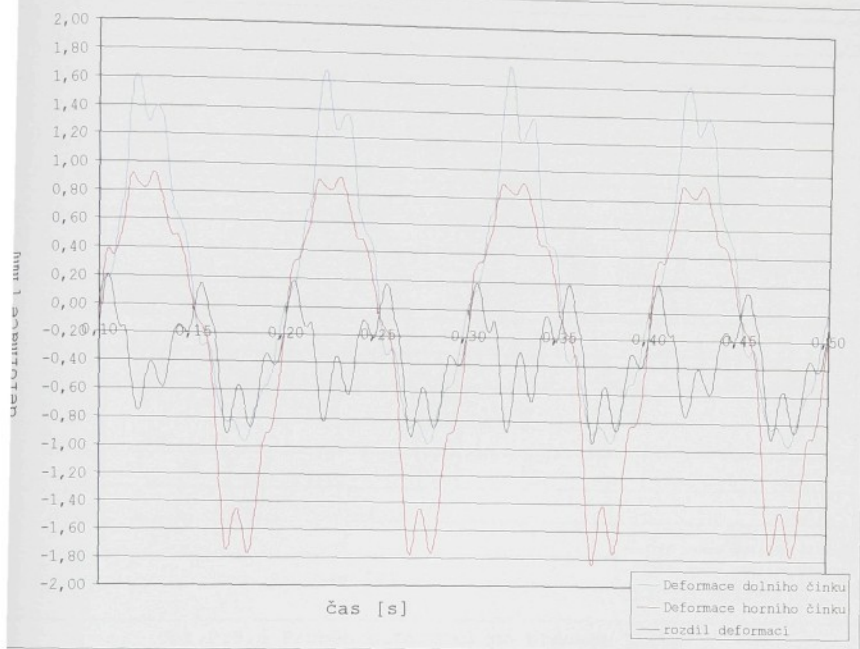
Deformace brdového listu v čase



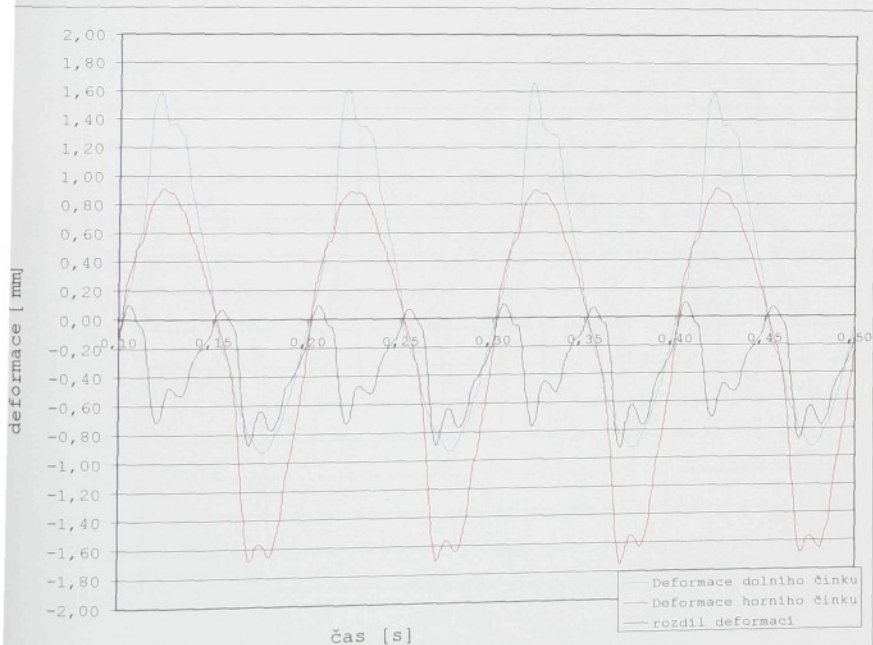
Obr. P.8.1 Průběh deformací na brzdovém listu
(stroj ALPHA 190, $c_s=1E5 \text{ Nmm.rad}^{-1}$, $b_p=4,9\%$)



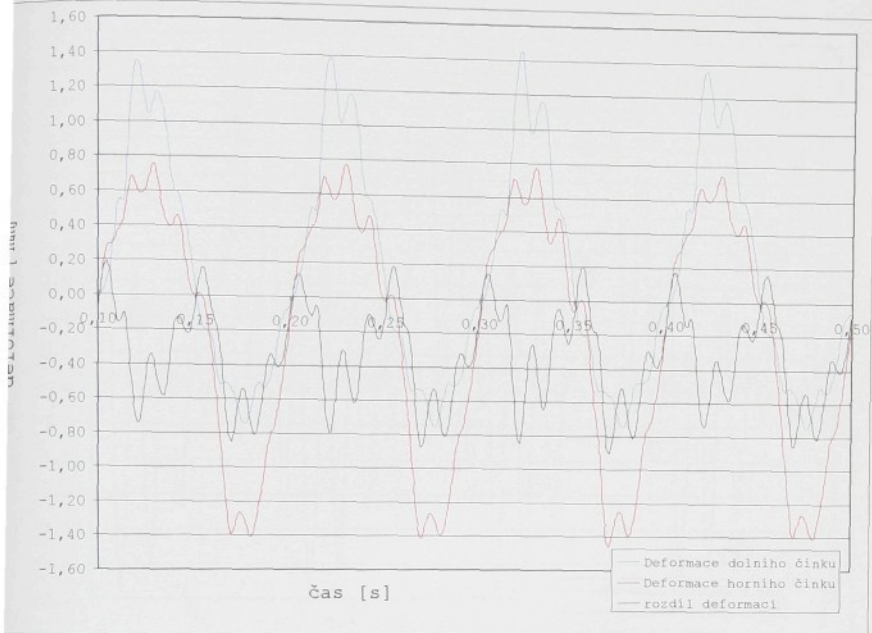
Obr. P.8.2 Průběh deformací na brzdovém listu
(stroj ALPHA 190, $c_s=1E5 \text{ Nmm.rad}^{-1}$, $b_p=16,2\%$)



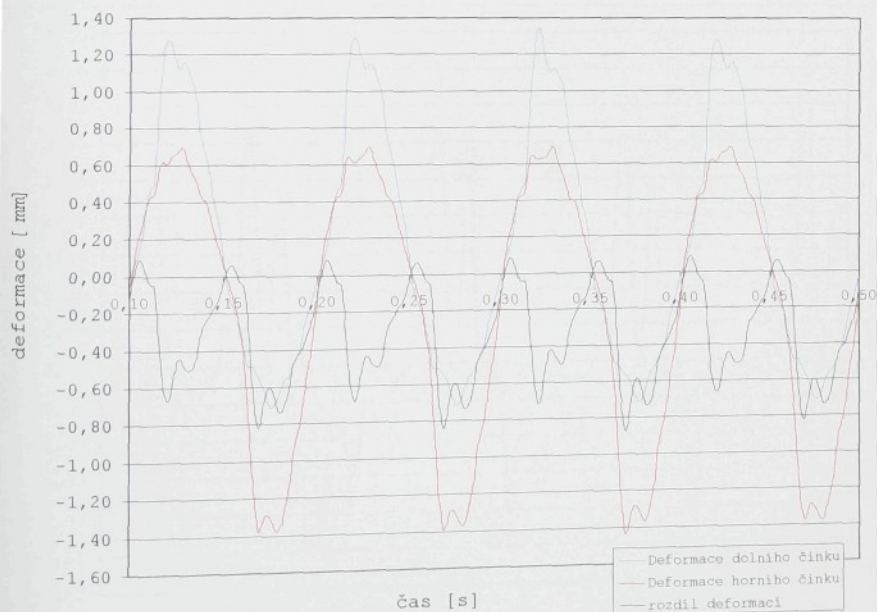
Obr.P.8.3 Průběh deformací na brdovém listu
(stroj ALPHA 190, $c_s = 2E7 \text{ Nmm} \cdot \text{rad}^{-1}$, $b_p = 4,9\%$)



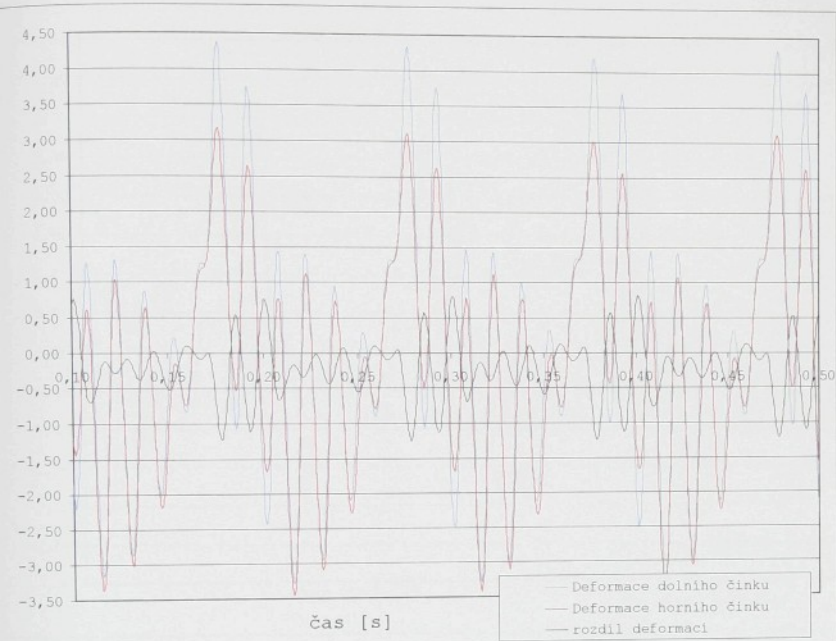
Obr.P.8.4 Průběh deformací na brdovém listu
(stroj ALPHA 190, $c_s = 2E7 \text{ Nmm} \cdot \text{rad}^{-1}$, $b_p = 16,2\%$)



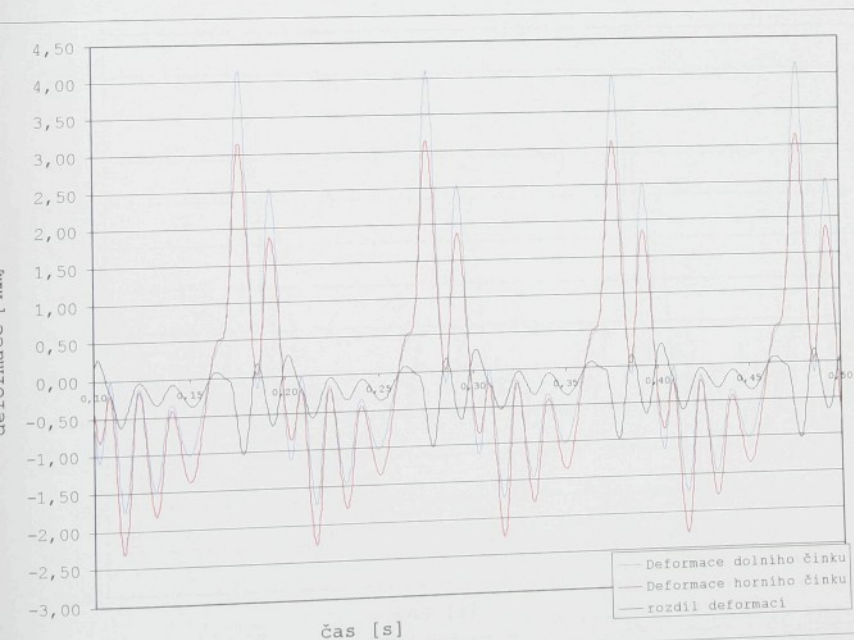
Obr.P.8.5 Průběh deformací na brdovém listu
(stroj ALPHA 190, $c_s = 1E11 \text{ Nmm} \cdot \text{rad}^{-1}$, $b_p = 4,9\%$)



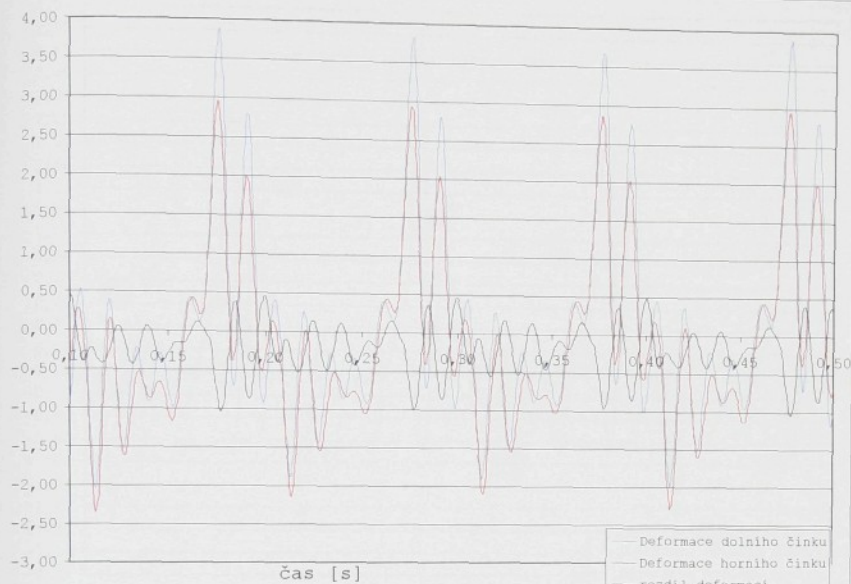
Obr.P.8.6 Průběh deformací na brdovém listu
(stroj ALPHA 190, $c_s = 1E11 \text{ Nmm} \cdot \text{rad}^{-1}$, $b_p = 16,2\%$)



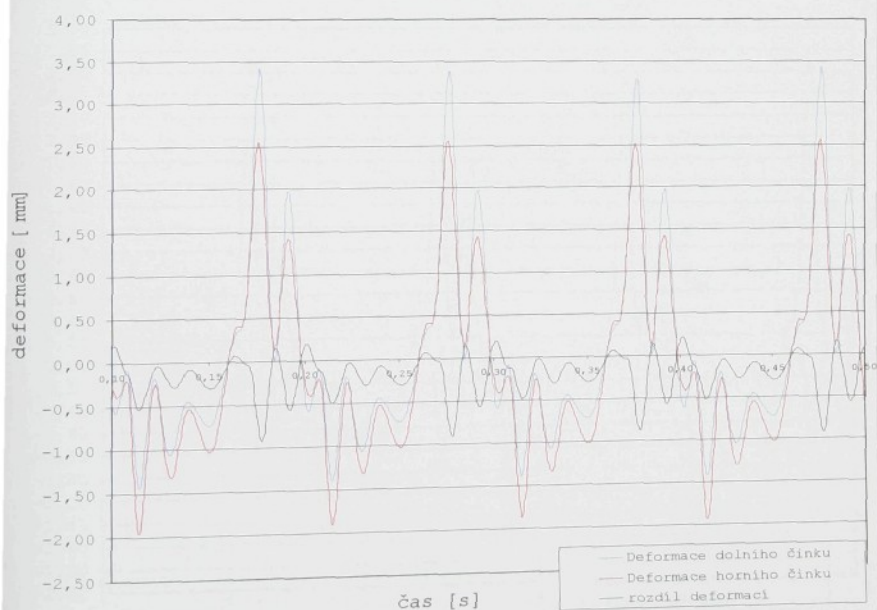
Obr.P.8.7 Průběh deformací na brzdovém listu
(stroj PN 170, $c_s=1E5 \text{ Nmm.rad}^{-1}$, $b_p=4,9\%$)



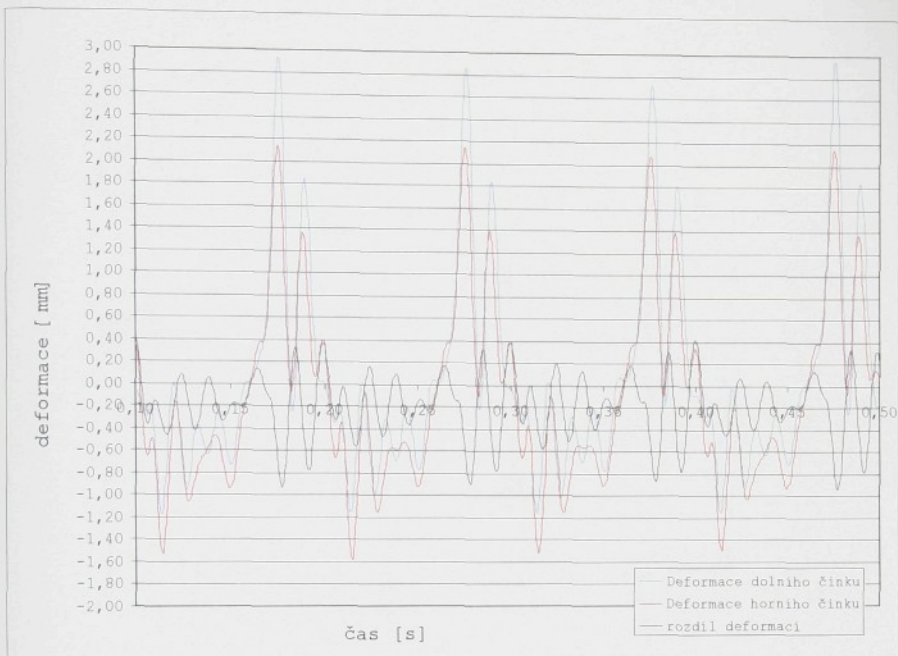
Obr.P.8.8 Průběh deformací na brzdovém listu
(stroj PN 170, $c_s=1E5 \text{ Nmm.rad}^{-1}$, $b_p=16,2\%$)



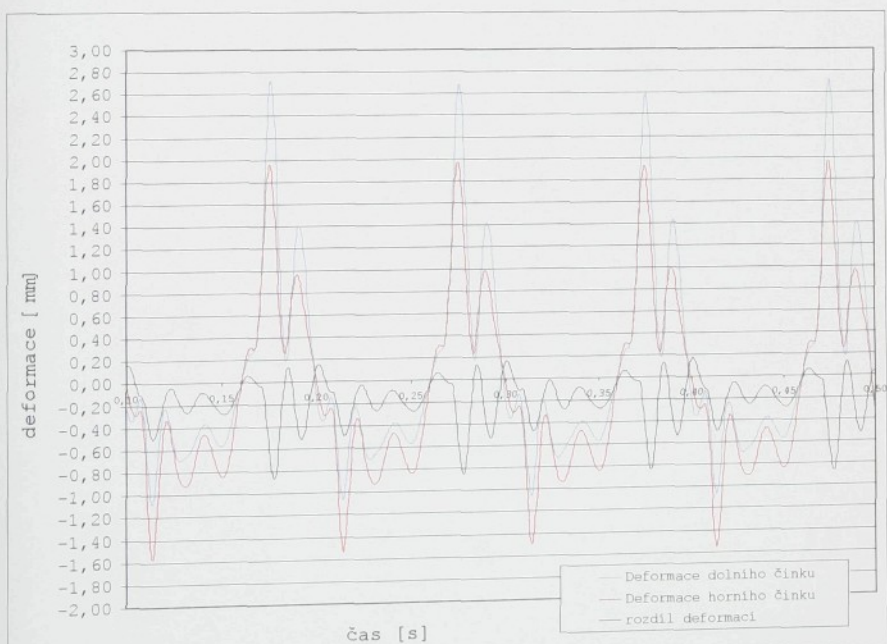
Obr. P.8.9 Průběh deformací na brdovém listu
(stroj PN 170, $c_s=2E7 \text{ Nmm.rad}^{-1}$, $b_p=4,9\%$)



Obr. P.8.10 Průběh deformací na brdovém listu
(stroj PN 170, $c_s=2E7 \text{ Nmm.rad}^{-1}$, $b_p=16,2\%$)



Obr.P.8.11 Průběh deformací na brdovém listu
(stroj PN 170, $c_s=1\text{E}11 \text{ Nmm.rad}^{-1}$, $b_p=4,9\%$)



Obr.P.8.12 Průběh deformací na brdovém listu
(stroj PN 170, $c_s=1\text{E}11 \text{ Nmm.rad}^{-1}$, $b_p=16,2\%$)