

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI
nositelka Řádu práce
Fakulta strojní

IDENTIFIKACE DYNAMICKÝCH VLASTNOSTÍ JEDNOVLNOVÝCH
VLNOVCOVÝCH PNEUMATICKÝCH PRUŽIN

Kandidátská disertační práce

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

Aspirant: Ing. Jiří Danča

Odborné vedení: Prof. Ing. Oldřich Krejčíř, CSc.

Liberec, únor 1987

ÚVOD	6
Přehled o současném stavu problematiky a odborné literatury	9
Cíl disertace a zvolené metody zpracování	14
1.0. PNEUMATICKÉ PRUŽINY	17
1.1. Geometrické charakteristiky	22
1.2. Tlakové charakteristiky	32
1.3. Zatěžovací charakteristiky	38
1.4. Frekvenční charakteristiky	44
1.5. Tuhost pneumatické pružiny	51
2.0. METODY IDENTIFIKACE DYNAMICKÝCH VLAST- NOSTÍ JEDNOVLNOVÝCH VLNOVCOVÝCH PNEUMATICKÝCH PRUŽIN	53
2.1. Základní vztahy statistické dynamiky	56
2.2. Stacionární a ergodický náhodný proces	58
2.2.1. Stacionární náhodný proces	58
2.2.2. Ergodický náhodný proces	60
2.3. Náhodný proces, vlastnosti a popis	60
2.3.1. Momenty pevného řádu	62
2.3.2. Korelační funkce	63
2.3.3. Výkonová spektrální hustota	68

3.0.	PROSTŘEDKY A METODY EXPERIMENTU	68
3.1.	Experimentální zařízení	73
3.2.	Návrh experimentu	77
3.2.1.	Definice úlohy a výběr podmínek experimentu	77
3.3.	Vlastní experiment	78
4.0.	ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKŮ MĚŘENÍ ^o	79
4.1.	Výpočet veličin potřebných pro analýzu vibroizolačních schopností PP	79
4.2.	Spektrální výkonová hustota a její nahrazení racionálně lomenou funkcí	86
4.3.	Zpracování experimentálních dat číslicovým počítačem	102
4.3.1.	Vzorkování a chyby způsobené vzorkováním	102
4.3.2.	Programové zabezpečení pro zpracování výsledků experimentu	104
5.0.	ANALÝZA ZÍSKANÝCH VÝSLEDKŮ ^o	108
	ZÁVĚR	111
a)	Výsledky disertace s uvedením nových poznatků	111
b)	Konkrétní závěry pro realizaci ve společenské praxi a rozvoj vědy	113
	LITERATURA	116
	Přílohy	

Přehled základních označení

A	- vztažná hladina zrychlení
A_i	- koeficient regresního polynomu
B, Br	- šířka frekvenčního pásma
C_m	- jednotková tuhost
C	- konstanta
$C_{xy}(f)$	- koincidenční spektrální hustota
$F(z)$	- síla
$F_p(f_k)$	- efektivní hodnota vstupního zrychlení
$F_v(f_k)$	- efektivní hodnota zrychlení odezvy
$G_{vij}(f_k)$	- spektrální výkonová hustota vstupního procesu
$G_{pij}(f_k)$	- spektrální výkonová hustota výstupního procesu
G_{xx}	- spektrální výkonová hustota vstupního procesu
G_{yy}	- spektrální výkonová hustota výstupního procesu
G_{xy}, G_{yx}	- vzájemná spektrální hustota
H	- operátor
H	- statická výška
J_0	- Besselova funkce
K_{xy}	- vzájemná kovarianční funkce
N	- počet vzorků
$Q_{xy}(f)$	- kvadraturní spektrální hustota
Q	- prostor
R_{xy}, R_{yx}	- vzájemná korelační funkce
R_{xx}, R_{yy}	- korelační funkce vstupního a výstupního procesu
S_{xx}	- oboustranná výkonová spektrální hustota vstupního procesu
S_{yy}	- oboustranná výkonová spektrální hustota výstupního procesu
$S(z)$	- efektivní plocha
S_{xy}, S_{yx}	- vzájemná oboustranná výkonová spektrální hustota
T_v	- vzorkovací perioda
T	- čas
U	- ukazatel efektivní plochy, prostor
W	- objem pružiny
$X_T(f)$	- frekvenční spektrum vstupu
$Y_T(f)$	- frekvenční spektrum odezvy

$w_p(j\omega)$	-	přenosová funkce
a_p, a_v	-	výstupní zrychlení, vstupní zrychlení
a_i, b_i	-	koefficienty regresních polynomů
f	-	frekvence
f_i, f_v	-	tvořiví frekvence, vzorkovací frekvence
i, n	-	vzorek
j	-	imaginární jednotka
m	-	hmotnost
p_p	-	přetlak
q, u	-	prvky prostoru
t	-	čas
w_i	-	váhová funkce
w_k	-	moment k-tého řádu
w_1-w_n	-	funkce rozdělení
$x(t), y(t)$	-	časový průběh procesu
z	-	deformace pružiny
α, α_i	-	koefficient, koefficienty Gramových polynomů
M_x, M_y	-	střední hodnoty procesu
κ	-	parametr
φ_{xy}	-	fáze
λ_{VP}	-	poměrový součinitel
ρ	-	normovaná autokorelační funkce
G_{yy}, G_{xx}	-	disperze odezvy, buzení
τ	-	čas, časové posunutí
ω	-	frekvence úhlová
$\Psi(w)$	-	spektrální hustota

indexy

a, abs	-	absolutní
c	-	celkový
d	-	doplňkový
i	-	číslo měření
j	-	číslo pružiny
k	-	řád
m	-	střední

ÚVOD

"Všestranná intenzifikace naší ekonomiky je podmíněna podstatným urychlením vědeckotechnického pokroku a důsledným zaváděním jeho výsledků do praxe. Ve vědě a technice probíhá skutečná revoluce s dalekosáhlými vlivy na všechny stránky výroby, na společenské vztahy a celý systém řízení na podmínky života a práce každého člověka. Mluvíme-li o revoluci, pak ovšem také musíme k vědě a technice, k jejich zavádění do praxe přistupovat odpovídajícím náročným způsobem. Příkazem doby je radikálně zvýšit schopnost rozvíjet vědu a techniku, realizovat jejich výsledky rychle a v nejširší míře uplatňovat technologické inovace přinášející výrazný společenský efekt, vysokou technickou úroveň a kvalitu výroby".

(politická zpráva ÚV KSČ XVII. sjezdu
Komunistické strany Československa)

Současný přístup k řešení technických problémů nebývá na nové kvalitě tou skutečností, že celá řada problémů a jevů dříve řešené empirickými metodami je posuzována a zkoumána za použití moderních vědeckých metod se snahou teoreticky podložit jejich zákonitosti a stanovit podmínky jejich existence. Vytváří se tak i prostor pro jejich využití v technické praxi ku prospěchu kvality vyráběných výrobků, výrobních postupů, pracovního prostředí a tím i člověka a společnosti. Jednou z takovýchto oblastí je i otázka mechanických kmitů a jejich přenosu, kterou se zabývá tato práce. Výroba totiž požaduje stále výkonnější stroje a s růstem výkonu je úzce spjat růst rychlosti pohybu jejich agregátů a mechanismů.

V každém strojním zařízení vznikají mechanické kmity jako produkt jeho funkce. V některých případech je kmitání potřebným jevem pro průběh technologického procesu či správný chod zařízení. Většinou se však jedná o nežádoucí projev funkce buď celého stroje nebo jeho části. Je proto nezbytně nutné hledat zdroj a příčinu těchto nežádoucích projevů a následně pak tuto příčinu odstranit. Velmi často prvně příčinu odstranit nelze a je třeba nalézt technický prostředek, který alespoň nežádoucí kmitání eliminuje na přijatelnou míru.

S rozvojem techniky vystupuje před konstruktéry a projektanty stejně důležitý problém, ochrana obsluhy zařízení před nepříznivými účinky rázů, hluku a vibrací. Ochrana zdraví člověka je v socialistické společnosti povinností státu, a proto především záležitostí všech pracovníků zabývajících se konstruováním nových zařízení či projektováním závodů. Na činnosti těchto pracovníků závisí nejen výkonnost zařízení a jeho provozní spolehlivost, ale i kvalita pracovního prostředí [1]. Úkolem průmyslu je vyrábět a dodávat takové strojní zařízení a výrobní celky, které nezneškodňují pracovní a chrání životní prostředí nás všech [2].

Je tedy nutné pro splnění úkolu ochrany pracovního prostředí obsluh různých zařízení i ochrany technických prostředků před nepříznivým působením mechanických kmitů obsluhující personál i zařízení chránit.

V podstatě existují dva základní přístupy k řešení ochrany před účinky vibrací. Prvním je připojení zvláštního mechanického systému, jehož parametry jsou vybrány tak, aby bylo zmenšeno kmitání základního systému. Tento způsob se nazývá [3, 4, 5, 6] dynamickým tlumením a mechanický systém

dynamickým tlumičem.

Druhá metoda je založena na rozdělení kmitajícího systému na dvě části doplněné mechanickým systémem obsahujícím soustavu pružin a tlumičů. Tato metoda se nazývá vibroizolace a mechanický systém, který obě části spojuje v celek, se jmenuje vibroizolátor [4,5,6,7].

Většina autorů se shoduje na terminologii a chráněnou část nazývá (např. [3,4,5]) chráněným, tlumeným nebo izolovaným objektem a druhou část (i s vibroizolátorem) pak základem, podpěrným objektem [4,5] nebo pružným uložením [8,9,10].

Jestliže dynamické vlivy působí na základ, je cílem vibroizolace ochrana izolovaného objektu. V případě, že zdroj dynamických vlivů je na izolovaném objektu, je cílem vibroizolace minimalizovat působení na základ. V klasickém rozdělení se první případ nazývá pasivní a druhý aktivní vibroizolací. Zařízení, které izolaci realizuje, je aktivní nebo pasivní vibroizolátor.

V současné době se oba termíny používají rovněž, avšak s novým významem. Pasivní vibroizolátor má přesně definované parametry a jeho charakteristiky nelze během provozu (bez záměny některé části) prakticky ovlivnit.

Aktivní vibroizolátor sleduje pomocí snímačů chování izolovaného objektu, porovnává veličiny a provádí aktivní zásah do svých charakteristik a tím ovlivňuje chování izolovaného objektu podle požadavků [4,7,11,12].

V současné praxi se nejvíce používají vibroizolátory, které korigují pouze některou veličinu, resp. reagují na její překročení, např. nastavenou statickou výšku [8,9,10,13, 72], nebo vodorovnou polohu [12,14] a pro ně by byl vhodný název semiaktivní vibroizolátory.

Přehled o současném stavu problematiky a odborné literatuře

Klasické případy řešení pružného ukládání využívají jako pružících elementů pružin ocelových nebo pryžových [3,5]. Tento způsob je nevýhodný zejména proto, že pro úspěšné vyřešení je třeba znát poměrně přesně polohu těžiště ukládaného zařízení a podle návrhu prostorového uspořádání se musí určit velikost zatížení připadajícího na jednotlivé prvky zařízení. Dále proto, že prakticky nenabízí možnost regulování nosnosti, tedy jej nelze použít k izolaci zařízení s proměnnou hmotností, nebo zařízení, u kterého se některý element, s relativně vysokou hmotností, pohybuje. Nevýhodou je rovněž to, že neumožňují regulování vlastních frekvencí, tj. změnu rezonančních oblastí.

V automobilovém průmyslu se již řadu let úspěšně používá pro pérování vozidel [15,16,17,18,20,21] pneumatických pružin. Tyto pružiny jsou výhodným konstrukčním prvkem a nacházejí uplatnění i v jiných oblastech techniky, např. pérování sedaček řidiče (např. [13,19,22,33,34]), pro pružné ukládání stabilních [10,23,24,25,26,27,28] a mobilních hmot [8,18,29,31,14].

Katedra částí strojů a mechanismů (KST) VŠST v Liberci vyvinula v rámci řešení vědeckovýzkumných úkolů v uplynulém období řadu pneumatických pružin různých typů a únosností, tyto pružiny národní podnik Rubena Náchod podle dodaných podkladů vyrobila. Vzhledem k tomu, že výroba pneumatických pružin je technologicky i materiálově náročná a ČSSR jak vývoj tak výrobu pneumatických pružin úspěšně zvládla, zařadili jsme se tím mezi několik málo světových výrobců.

Počátek výzkumných a vývojových prací spadá na KST do počátku 70. let, kdy se s vývojem pneumatických pružin a jejím aplikačním využitím začínalo při ukládání speciální techniky na vozidlech [8,14,29,35].

Po získání prvních zkušeností se záhy objevují další možnosti využití [36,37,38,39,40] vlastností pneumatických pružin při pružném ukládání techniky. Především se jedná o problematiku vibroizolace speciálních měřicích a zkušebních zařízení velmi citlivých na vibrace.

Množství literatury ukazuje, že problematika pružného ukládání (vibroizolace) je v řadě států velmi sledována (dále např. [45,46,47,48,49,50]). Při studiu literatury bylo zjištěno, že dosud je zkoumáno především chování celého pružně uloženého objektu, resp. je zkoumán přenos vibrací a jejich odezva na objektu jako celku [4,5,18,19,24-28, 39,41, 32,43]. V podstatě lze odbornou literaturu, která se problematiky vibroizolace s využitím pneumatických pružin týká, rozdělit na tyto úseky

- literatura týkající se přímo pneumatických pružin;
- literaturu nutnou pro vytvoření matematického aparátu a identifikaci vlastností dynamických soustav;
- literaturu zabývající se přenosem vibrací vibroizolátorem; resp. hledáním optimálních parametrů vibroizolátoru podle charakteru působících vibrací.

K problematice pneumatických pružin existuje rozsáhlá literatura, ale přesto je možno říci, že prakticky všichni z autorů vycházejí z klasických prací Bidermana [44] a Djapina [105], ve kterých jsou uvedeny základní hypotézy pro návrh a výpočet pryžekordových prvků. Další práce pak rozebírají

některé z problémů, se kterými je návrh či využití pneumatických pružin svázáno. Autoři se shodují na tom, že pro charakterizování vlastností je nutno určit především závislost změny objemu pružiny na její deformaci a též změny tzv. efektivní plochy při deformacích.

Práce [51,52,53] uvádějí základní vztahy pro výpočet únosnosti, návrh rozměru pneumatických pružin a grafickou metodu řešení průběhu změny poloměru efektivní plochy v závislosti na deformaci.

Práce [54,55] navrhuji, při zanedbání energie nutné k deformaci stěny pneumatické pružiny a při zanedbání problému životnosti, závislost mezi objemem a deformací a odvozují též výraz pro osovou tuhost pružiny.

V [56,57] vycházejí autoři podobně jako v [44] z bezmomentové teorie, které je podrobně rozpracována v [65] při namáhání stěny rotačně symetrické pryžokordové anizotropní skořepiny a uvádějí obecné poznatky pro namáhání kordové vrstvy resp. pro určení její velikosti.

V článku [59] je uveden vztah pro výpočet osové tuhosti pneumatické pružiny, která je v superpozici dvou částí. Na základě rozboru je ukázáno, že v určitých případech lze tuto tuhost ovlivňovat i na konkrétním provedení pneumatické pružiny. Autor zavádí pojem statické a dynamické tuhosti pružiny a dokazuje, že vztah mezi nimi závisí na konstrukčních parametrech pneumatické pružiny a na exponentu polytropy.

Článek [60] se zabývá problematikou hermetičnosti autonomně plněných pneumatických pružin, především membránových, a dělí hermetičnost na statickou a dynamickou. Uvádí rovněž příčné charakteristiky, které mají tvar hysteretických smyček.

V [61] autor vychází z [55] a navrhuje zatěžovací charakteristiky, které nahrazuje hládkou, ev. po částech hládkou funkcí. Dokazuje, že zatěžovací charakteristika závisí především na počátečních podmínkách, jež vycházejí z podmínek zadaného prostoru (prostorových možností pro umístění pneumatické pružiny). Ukazuje, že charakteristika může mít nestabilní oblast. Objevení nestabilní oblasti způsobené vlivem převodového mechanismu ve funkci pneumatické pružiny je dokázáno ve výzkumné zprávě KST VŠST [34].

V článku [62] je uveden vliv teploty a difuze plynu uzavřeného v pneumatické pružině, je zaveden pojem tzv. difuzní a teplotní deformace (průhybu) u pneumatické pružiny, pro poloměr efektivní plochy je uvedena nelineární funkční závislost. Při změnách teplot se mění stavové veličiny a pro konstantní zatížení se mění i nosnost a její funkční vyjádření vede na transcendentní rovnici, která je uvedena.

V článku [63] autor vychází z prací [55, 59] a provádí výpočet kombinovaných pneumatických pružin, které rozděluje do pěti základních tříd. Pro jednotlivé třídy jsou zde uvedeny vztahy pro výpočet zatěžovacích charakteristik a tuhostí.

V [64] vychází autor ze své práce [61] a dokazuje, že lze zabezpečit nelinearitu charakteristiky pneumatické pružiny tak, aby měla nízkou tuhost v oblasti pracovního bodu (statické výšce) a zvýšenou tuhost při plné deformaci (stlačení). Určuje a definuje též hraniční oblasti se zajištěnou funkcí pneumatické pružiny při zadaných a požadovaných parametrech.

Ve výzkumných zprávách [66 až 69] jsou uvedeny výpočty příslušných charakteristik pneumatických pružin vyvinutých na KST VŠST v Liberci v uplynulém období. Nově jsou uvedeny

výpočty příčných charakteristik ve zprávách [67,68]. V těchto výpočtech není uvažován vliv změny efektivní plochy v závislosti na přetlaku. Vliv tlaku je pro jednovlnové vlnovcové pneumatické pružiny uveden v [69]. Ve výzkumné zprávě [67] jsou charakteristiky všech dosud v ČSSR vyrobených pneumatických pružin a též charakteristiky několika pružin zahraničních výrobců.

V článku [70] definuje autor pneumatickou toroidální pružinu a aplikuje pro její výpočet metody vyvinuté pro výpočet pneumatik; pomocí osově symetrických deformací a linearizace definuje koeficienty tuhosti. Vliv konstrukce pružin se projevuje pouze prostřednictvím koeficientu tuhosti.

Pro analytické určování dynamických vlastností pneumatických pružin je nutná znalost základních charakteristik pryžokordového pláště, který je anizotropním materiálem. Monografie [71] zobecňuje zákonitosti mechanického chování kaučuků, pryžových směsí a technických pryží i pryžokordových materiálů (pryžové vrstvy jsou armovány několika navzájem kříženými vrstvami kordů) a podává inženýrsky použitelné výpočty napětí a deformací nelineárních vazkopružných materiálů. Uvádí dosud nejrozsáhlejší literaturu. Pro experimentální určování komplexních modulů pružnosti ve smyku je možno vyjít z práce [72].

Z platnosti 1. věty termodynamiky pro izotermický děj vycházejí výpočty [44, 73] pro určování tuhosti pryžokordových prvků s vnitřním přetlakem.

Pro identifikaci vlastností pneumatických pružin je třeba vytvořit jistý matematický aparát. Teorie přenosu signálů soustavou je propracována především v radiotechnice a v teo-

rii regulace.

V [90,95,97,98,100] je prováděna analýza transformace náhodného vstupního procesu na proces výstupní. V [91] jsou uvedeny základní teorémy umožňující převádět korelační funkce ve spektrální výkonové hustoty a naopak. Práce [92,93] uvádějí metody, které umožňují na základě experimentálně zjištěných údajů analyzovat náhodné procesy.

Metodami identifikace dynamických vlastností procesů a dějů se zabývají práce [86,89,93,101]. Použitím deterministických vstupů k identifikaci se zabývá [103] a použitím pseudonáhodných vstupů práce [104].

Cíl disertace a zvolené metody zpracování

Studiem rozsáhlé literatury zabývající se problematikou projektování, výroby a chování při statickém i dynamickém namáhání, pneumatických pružin bylo zjištěno, že kromě práce [59] se žádná práce nezabývá zkoumáním dynamického chování pružin při působení vibrací.

Předkládaná práce, která vznikla při řešení dílčí etapy úkolu III-3-3/07-1 "Pružné ukládání hmot s použitím pneumatických pružin" úkolů státního plánu základního výzkumu, se zabývá přenosem vibrací přes nejjednodušší vibroizolátor, kterým je samotná pneumatická pružina.

V první části práce jsou shrnuty dosavadní poznatky o pneumatických pružinách pro konkrétní sadu jednovlnových vlnovcových pneumatických pružin, jsou uvedeny ve vzorcích a grafech, používané údaje o geometrických, zatěžovacích a frekvenčních charakteristikách. Tato část je faktickým shrnutím poznatků, které má v současné době k dispozici

konstruktér, projektující vibroizolátor na základě pneumatických pružin.

Vlastní práce si klade za cíl:

- navrhnout jednoduché použitelné experimentální zařízení pro reprodukovatelný experiment,
- vypracovat metodiku zpracování výsledků experimentálního výzkumu,
- vytvořit matematický model jednovlnové vlnovcové pneumatické pružiny.

Metody zpracování byly zvoleny tak, aby byl splněn vytýčený cíl disertace a výsledky výzkumu mohly být použity v dalších výzkumných pracích a při realizaci výstavby.

Jednou z podmínek je možnost reprodukovatelnosti experimentu. Experiment je zcela reprodukovatelný při deterministickém průběhu vibrací nebo podléhá-li vibrace zákonitostem stacionárního náhodného procesu, který je navíc ergodický, ev. tehdy, je-li proces pseudonáhodný.

Analýza experimentálních údajů bude prováděna na číslicovém počítači, a proto ji musí předcházet několik operací. Těmito operacemi je snímání veličin zkoumaného procesu, v našem případě zrychlení obou signálů. Tímto způsobem byly vytvořeny podmínky pro další zpracování experimentálně získaných dat.

Součástí analýzy zkoumaného procesu je posouzení jeho charakteru především zjišťování periodicity. To vše je možné pouze po vytvoření potřebného matematického aparátu.

Pro zpracování výsledků je vytvořeno programové zabezpečení a vytvořený algoritmus je univerzálně použitelný,

Získané výsledky pak dovolují popsat transformační závislost mezi vstupním a výstupním zrychlením tzv. přenosovou funkcí. Znalost této funkce umožňuje vytvářet závěry pro pravděpodobné chování složitějších systémů vibroizolace.

Pro porovnání výsledků s nezávislou kontrolou kvality náhrady přenosové funkce je proveden výpočet disperzí výstupního procesu.

Výpočtové práce jsou prováděny na počítači ICL 4-72 s grafickým výstupem v oblastním výpočetním centru MŠ ČSR a ve výpočetním středisku VŠST v Liberci na počítači EC 1033 v jazyce FORTRAN.

1.0 PNEUMATICKÉ PRUŽINY

Základním stavebnicovým prvkem vibroizolátoru je pneumatická pružina. V současné době se vyrábí a používá několik základních typů těchto pružin, odlišujících se tvarem pryžového pláště. Jedná se především o pneumatické pružiny vlnovcové (dále se rozdělují podle počtu vln na jedno až třívlnové, výjimečně bývají i čtyřvlnové), vakové (pryžový vak může být válcového tvaru, ev. na koncích seškrcen), membránové, kombinované a toroidální [70].

Zcela obecně lze říci, že všechny typy pneumatických pružin jsou tvořeny pryžovým pláštěm armovaným několika vrstvami kordových nití, které jsou pod určitým úhlem kříženy [44,15,67]. Plášť je svými konci uchycen ve tvarované armatuře. Pružicím médiem je jednak plášť pneumatické pružiny, ale především uvnitř uzavřený vzduch.

Všechny uvedené typy pneumatických pružin jsou použitelné pro vibroizolátory.

Následující část se bude zabývat pouze pružinami vlnovcovými, přesněji jednovlnovými vlnovcovými pružinami (JVPP).

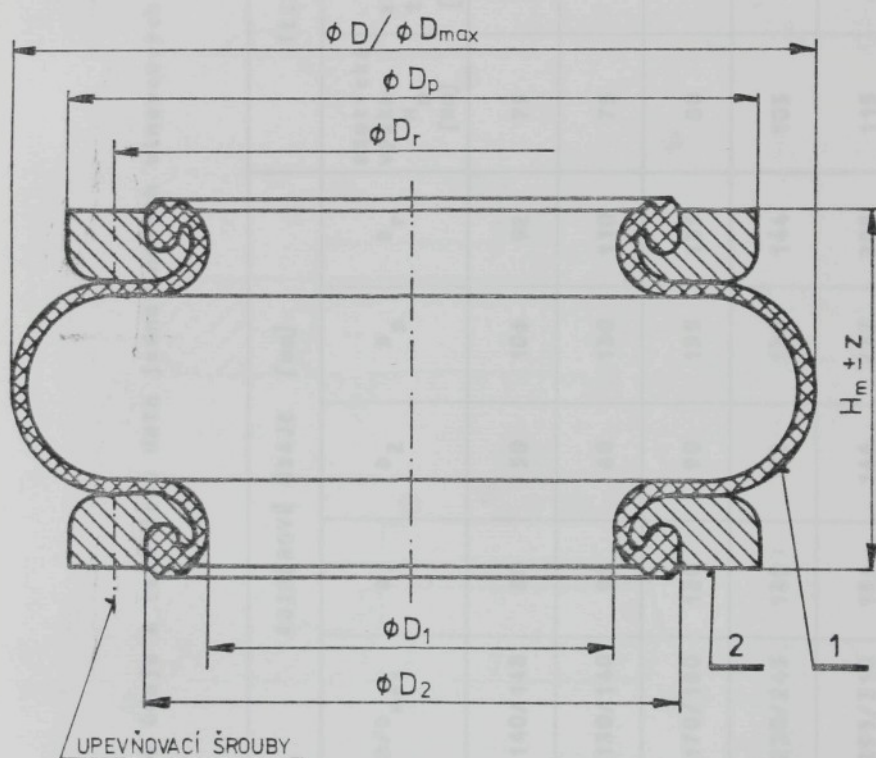
Pro zkoumání dynamických vlastností JVPP byla vybrána sada pěti kusů pružin lišících se velikostí i tvarem upesňovacích přírub. Zkoumané pružiny jsou označeny VJ 75-3,75, VJ 75-04, VJ 80-07, VJ 105-10 a VJ 115-20. Zde první dvojčíslí označuje přibližně statickou výšku pružiny a druhé únosnost pružiny v kN.

Na obr. 1.1 je znázorněn řez jednovlnovou vlnovcovou pružinou tvořenou rotačně souměrným, dvěma vrstvami kordových nití armovaným pryžovým pláštěm 1, který je na obou koncích zakončen patkami, na nichž jsou vytvořeny těsnící bříty.

Na patkách jsou nasazeny přípojovací příruby 2.

Vlastnosti pneumatických pružin se v současné době (např. [15,44,67,53,75]) posuzují podle tzv. geometrických, tlakových zatěžovacích a frekvenčních charakteristik. Na obr. 1.1 jsou obecně zakresleny charakteristické rozměry pružin a jejich konkrétní hodnoty pro řadu pěti zkoumaných pružin jsou uvedeny v tab. 1. Detailní provedení tvaru přírub jednotlivých pružin je znázorněno na obr. 1.2.

Pro úplnost je třeba stanovit vliv sametného armovaného pryžového pláště. Před měřeními zatěžovacích charakteristik byl zkoumán vliv pláště zatěžováním neuzavřené pružiny z výrobní výšky. Experimentálně bylo dokázáno, že síly potřebné k deformaci pružiny se pohybují od 16 do 36 N, tj. kolem 1 % statického zatížení pružiny naplněné a přetlakem 0,1 MPa. Vliv armovaného pryžového pláště na zatěžovací charakteristiky je tedy zanedbatelný.

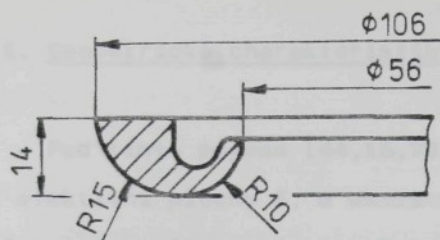


Obr. 1.1. Rozměrové schéma jednovlnové vlnovcové
pneumatické pružiny

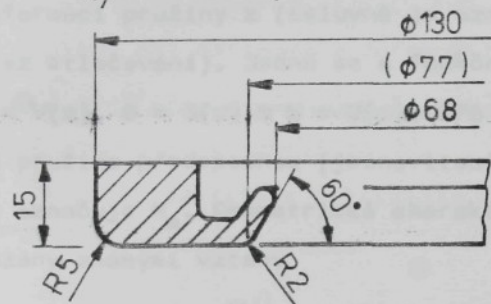
Tab. 1 Rozměrové údaje a technická data jednovlnových vlnecových pneumatických pružin

JVPP	ROZMĚROVÉ ÚDAJE [mm]					TECHNICKÁ DATA				
	D/D_{max}	D_1	D_2	D_p	D_r	statická výška H_m [mm]	zdvih z [mm]	efektivní plocha S_m [cm ²]	objem V_m [cm ³]	hmot- nost M [kg]
Označení										
VJ 75-3,75	140/148	80	50	106	92	75	20	68	465	0,6
VJ 75-04	130/140	95	60	130	110	75	30	72,5	640	1,0
VJ 80-07	170/180	120	90	155	135	80	40	120	960	1,20
VJ 105-10	230/245	180	82	170	144	105	45	214	2160	2,45
VJ 115-20	295/310	184	146	232	205	115	60	345	4300	2,45

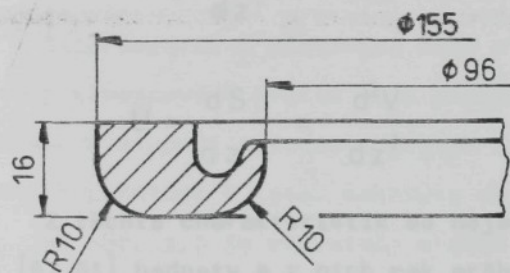
Poznámka: Efektivní plocha S_m i objem V_m jsou určeny při smluvním přetlaku $p_m = 500$ kPa



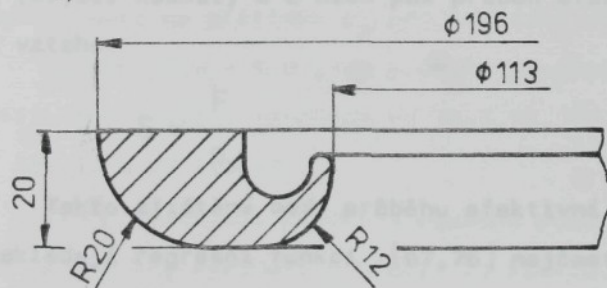
VJ 75-3,75



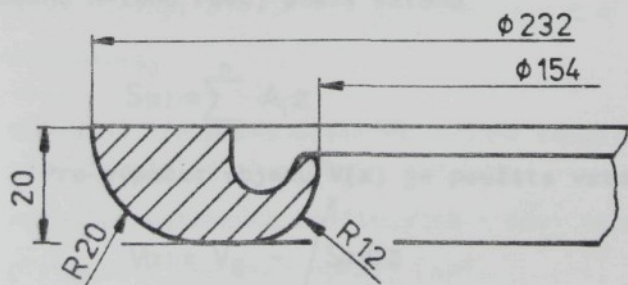
VJ 75-04



VJ 80-07



VJ 105-10



VJ 115-20

1.1. Geometrické charakteristiky

Pod tímto pojmem [44,15,75] se rozumí závislost objemu V , efektivní plochy S , a ukazatele efektivní plochy U na deformaci pružiny z (smělně je označováno $-z$ táhnutí a $+z$ stlačování). Jedná se o funkční závislosti veličin typu $V = V(z)$, $S = S(z)$ a $U = U(z)$. Při deformaci srovnané $z = 0$ má pružina předepsanou (jmenovitou) statickou výšku, které se označuje H_0 . Geometrické charakteristiky jsou vzájemně vázány známými vztahy

$$S = - \frac{dV}{dz} \quad (1.1)$$

$$U = \frac{dS}{dz} = - \frac{d^2V}{dz^2} \quad (1.2)$$

Z těchto charakteristik se nejedná experimentálně určují [67,51] hodnoty a z nich pak průběh efektivní plochy $S(z)$ ze vztahu

$$S = \frac{F}{p_p} \quad (1.3)$$

Takto zjištěné body průběhu efektivní plochy $S(z)$ se prokládají regresní funkcí [67,76] nejčastěji polynomem (obecně n -tého řádu) podle vztahu

$$S(z) = \sum_{i=0}^n A_i z^i \quad (1.4)$$

Pro výpočet objemu $V(z)$ je použito vztahu

$$V(z) = V_0 - \int_{-z}^z S(z) dz \quad (1.5)$$

který lze s použitím (1.4) a následující integrací převést na tvar

$$V(z) = V_0 - \sum_{i=0}^n \frac{A_i}{i+1} z^{i+1} \quad (1.6)$$

Zde hodnota V_0 odpovídá integrační konstantě a je rovna objemu pružiny při definované deformaci (většinou $z = 0$, tj. objemu při statické výšce H_m) a zjišťuje se podobně jako efektivní plocha experimentálně ¹⁾.

Funkční závislost ukazatele efektivní plochy je podle (1.2) a (1.4) dána výrazem

$$U(z) = \frac{dS}{dz} = \sum_{i=0}^n i A_i z^{i-1} \quad (1.7)$$

Experimentálně získanými body efektivních ploch jednotlivých vlnovcových pružin byly proloženy regresní polynomy (vesměs 8 stupně) a hodnoty jejich koeficientů A_i i integračních konstant V_0 jsou zahrnuty do tab. 2. ²⁾

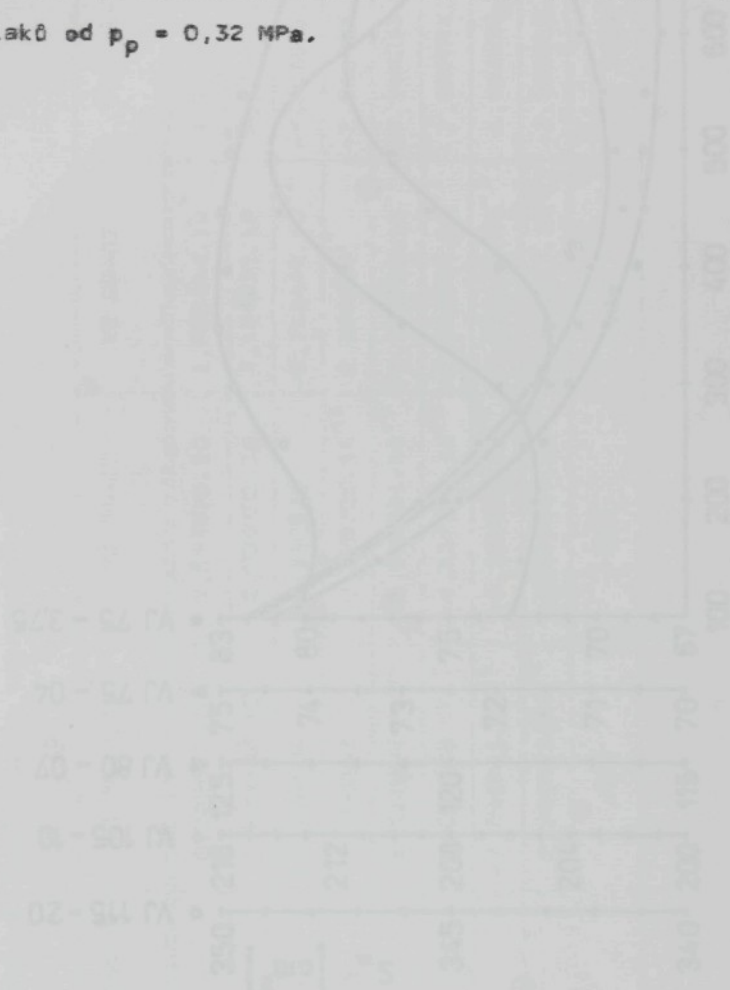
Na obr. 1.3 je znázorněn průběh efektivní plochy $S(z)$ v závislosti na přetlaku p_p při statické výšce H_m .

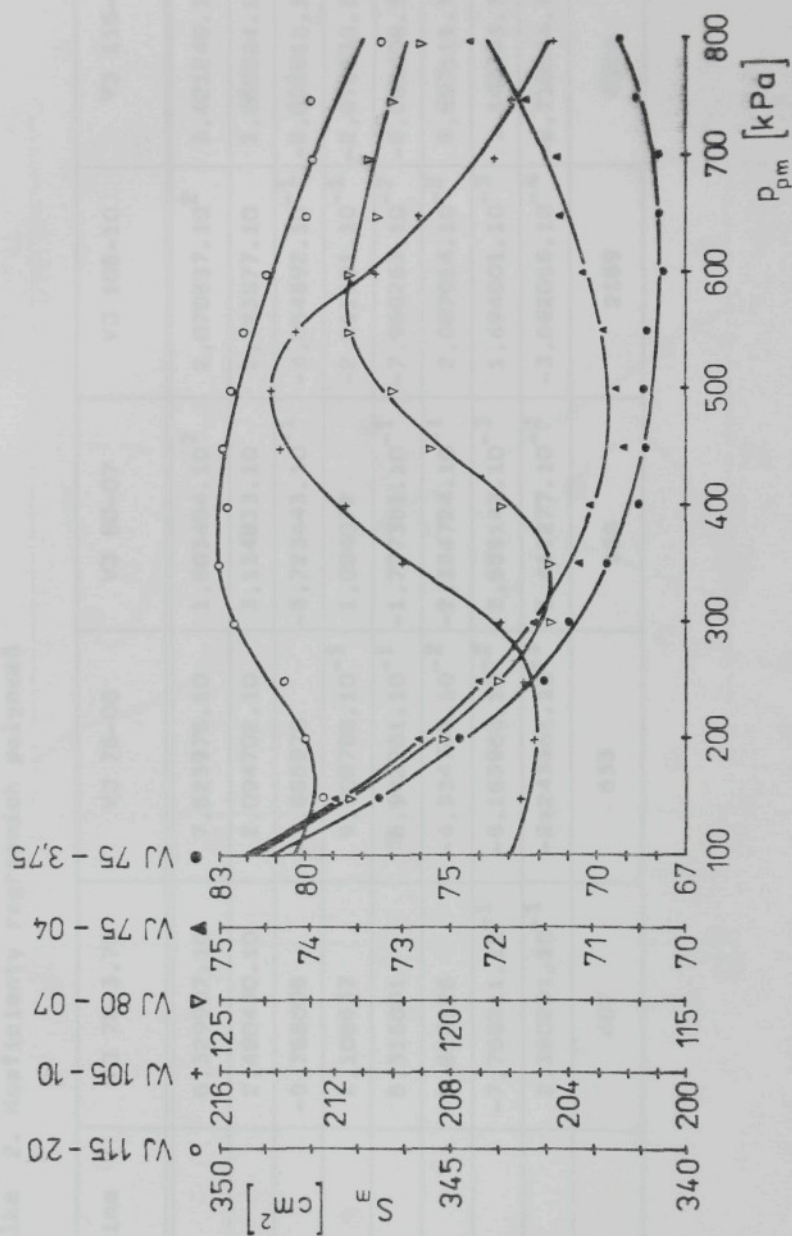
Na obr. 1.4 - 1.8 jsou průběhy geometrických charakteristik pro pružiny označené VJ 75-3,75, VJ 75-04, VJ 80-07, VJ 105-10 a VJ 115-20.

Změna efektivní plochy v rozsahu používaných přetlaků 0,1 - 0,8 MPa dosahuje u pružin VJ 115-20, VJ 105-10, a VJ 80-07 hodnot 0,9 %, 4,3 %, resp. 5,4 % a je prakticky zanedbatelná

- 1) Určování efektivní plochy a objemu se provádí při dohodnutém eluvním přetlaku $p_p = 500$ kPa.
- 2) Hodnoty regresních koeficientů i část charakteristik je převzata z výzkumné zprávy [67].

Situace se mění u pružiny VJ 75-04, kde dosahuje hodnoty 10,6 % v celém rozsahu přetlaku a je proto výhodné využívat této pružiny od přetlaku $p_p = 0,20$ MPa a nejnepříznivější je situace u pružiny VJ 75-3,75, kde změna efektivní plochy dosahuje největších hodnot, až 22 % a pružina je prakticky použitelná (s minimální změnou efektivní plochy) v rozsahu přetlaků od $p_p = 0,32$ MPa.

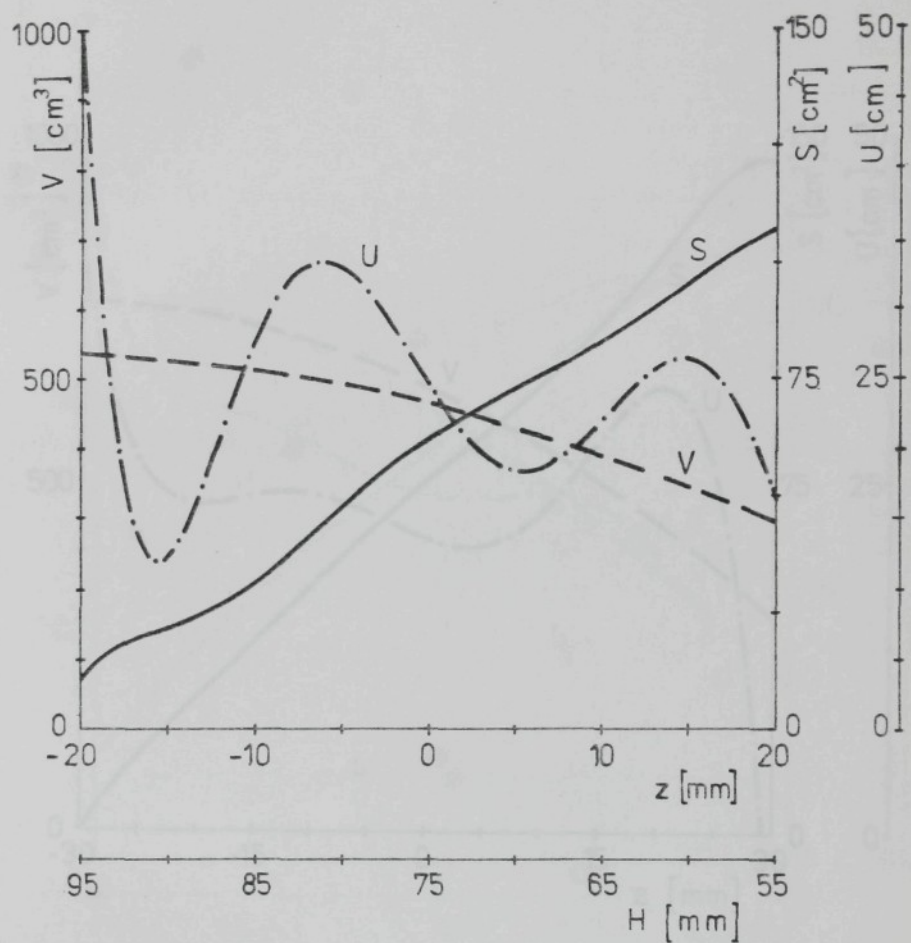




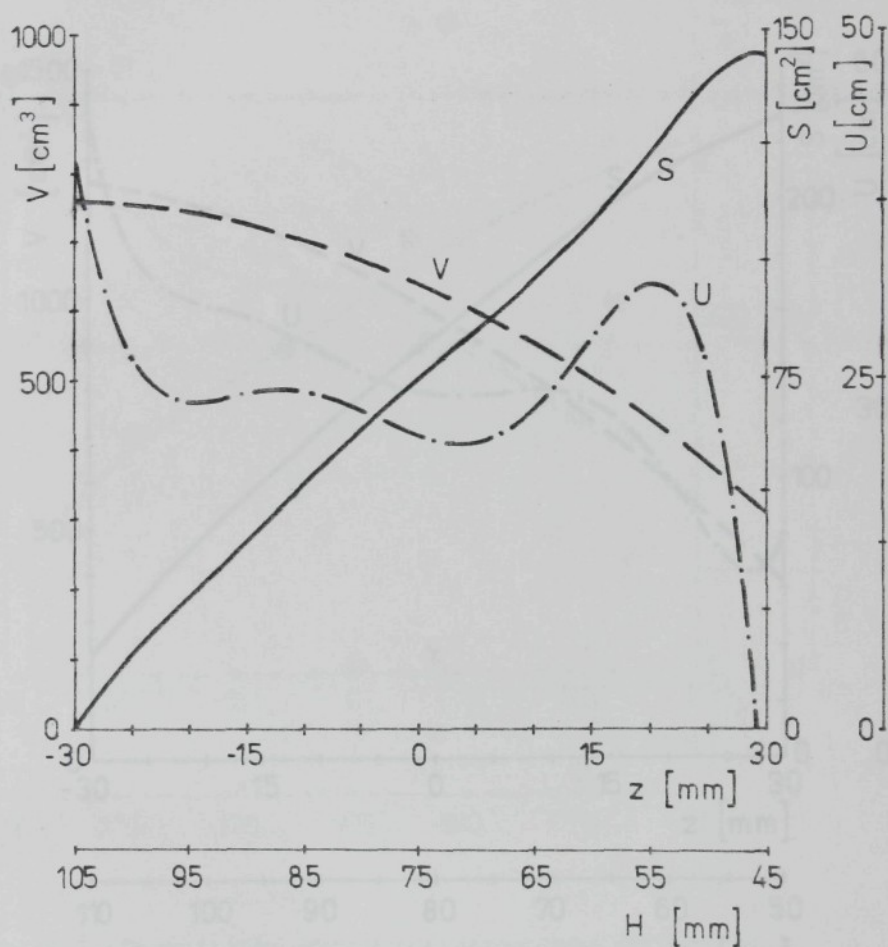
Obr. 1.3. Změna efektivní plochy $S(\eta_p)$

Tabulka 2. Koeficienty regresních polynomů

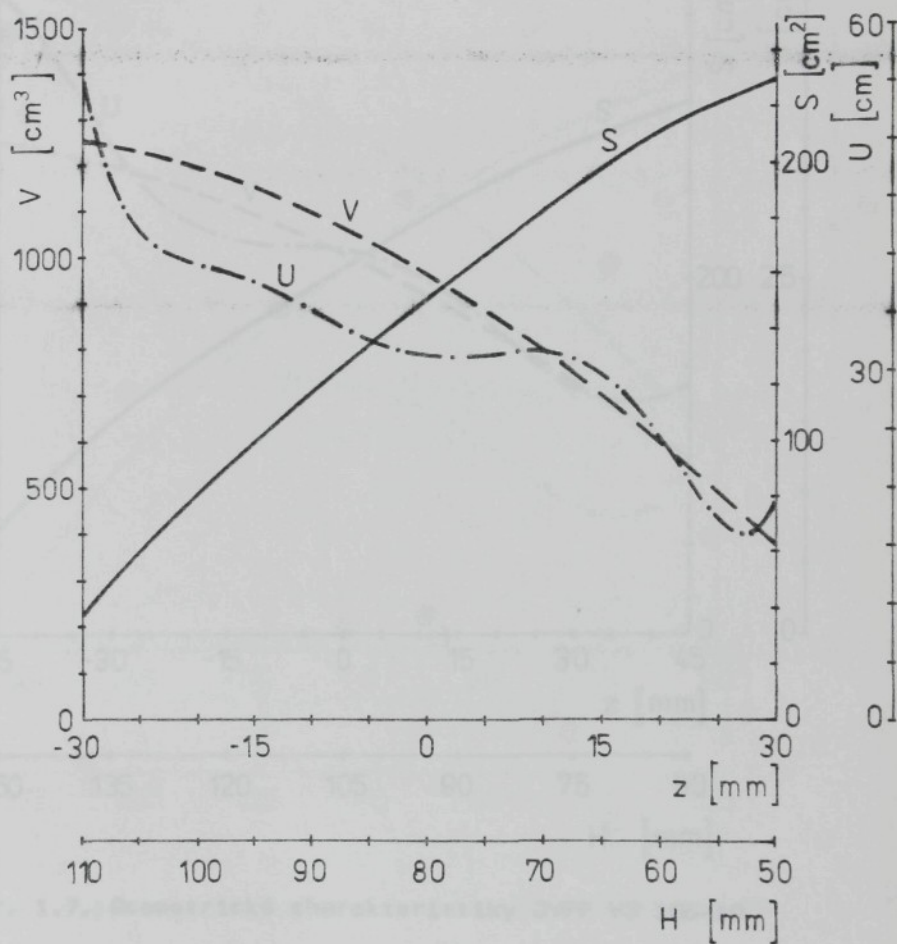
Pružina	VJ 75-3,75	VJ 75-05	VJ 80-07	VJ 105-10	VJ 115-20
A_0	6,329907.10	7,523975.10	1,503454.10 ²	2,078837.10 ²	3,421249.10 ²
A_1	2,480430.10	2,094702.10	3,134833.10	2,723877.10	3,652524.10
A_2	-9,768005	-1,555970	-5,723443.10 ⁻¹	-4,054592.10 ⁻¹	-8,692612.10 ⁻¹
A_3	2,108637	9,308798.10 ⁻¹	1,084072	-2,911181.10 ⁻¹	-2,070533.10 ⁻¹
A_4	5,315001	6,942741.10 ⁻¹	-1,777351.10 ⁻¹	-7,968263.10 ⁻²	-6,580498.10 ⁻²
A_5	-1,520125	-4,334749.10 ⁻²	-2,354724.10 ⁻¹	2,087914.10 ⁻²	8,693111.10 ⁻³
A_6	-7,755211.10 ⁻¹	-6,163955.10 ⁻²	2,559142.10 ⁻³	1,694501.10 ⁻³	1,148533.10 ⁻³
A_7	2,350201.10 ⁻¹	-2,243361.10 ⁻³	1,411277.10 ⁻²	-3,582016.10 ⁻⁴	-6,730544.10 ⁻⁵
V_0	467	633	955	2159	4314



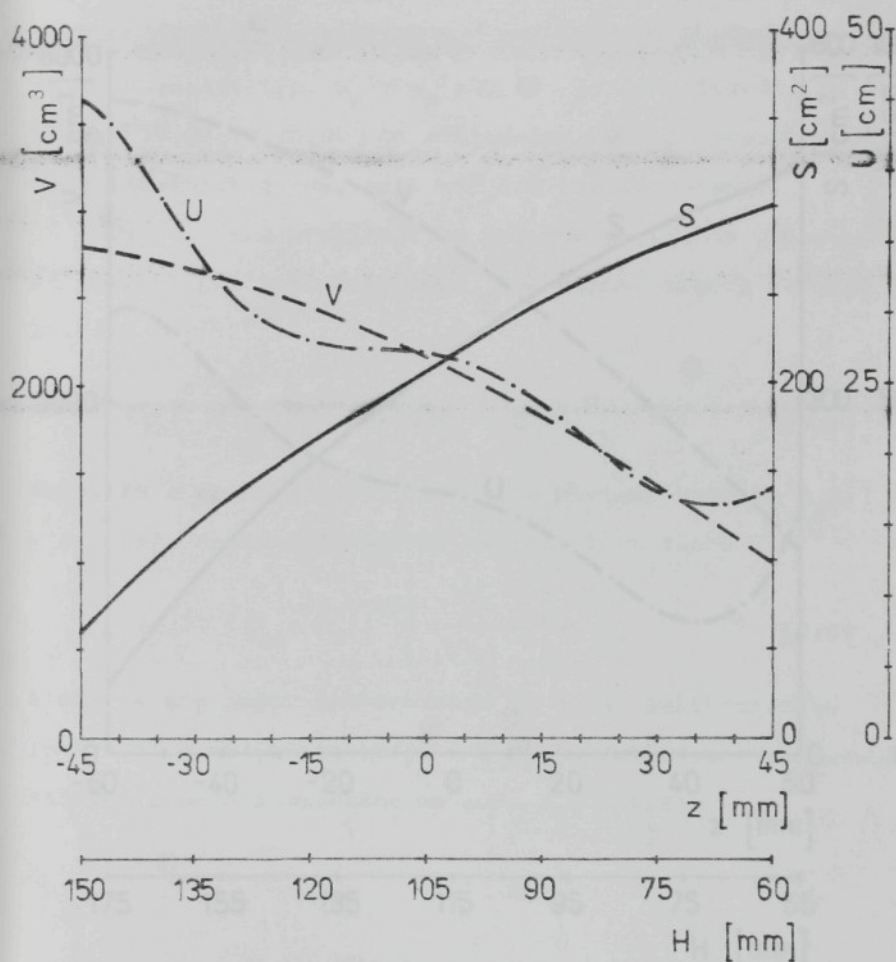
Obr. 1.4. Geometrické charakteristiky JVPP VJ 75-3,75



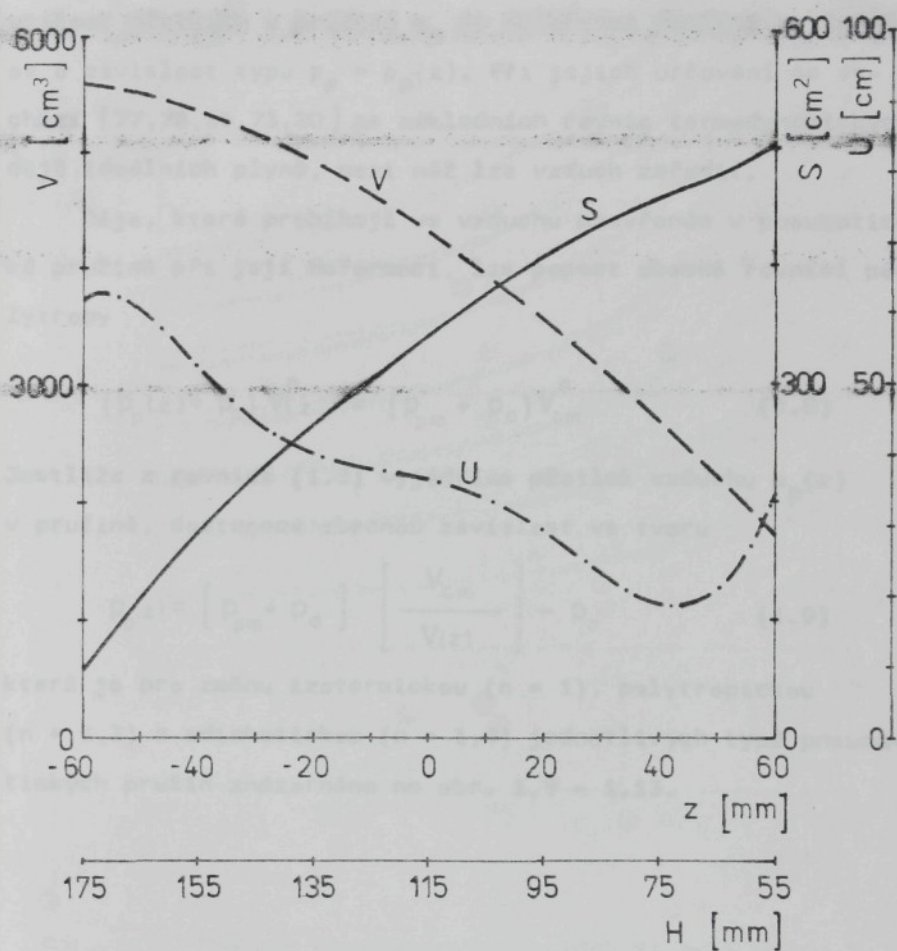
Obr. 1.5. Geometrické charakteristiky JVPP VJ 75-04



Obr. 1.6. Geometrické charakteristiky JVPP VJ 80-07



Obr. 1.7. Geometrické charakteristiky JVPP VJ 105-10



Obr. 1.8. Geometrické charakteristiky JVPP VJ 115-20

1.2. Tlakové charakteristiky

Tlakové charakteristiky jsou dalšími určujícími závislostmi, které charakterizují vlastnosti PP a popisují funkční závislost přetlaku v pružině p_p na deformaci pružiny z , jedná se o závislost typu $p_p = p_p(z)$. Při jejich určování se vychází [77,78,15,73,20] ze základních rovnic termodynamických dějů ideálních plynů, mezi něž lze vzduch zařadit.

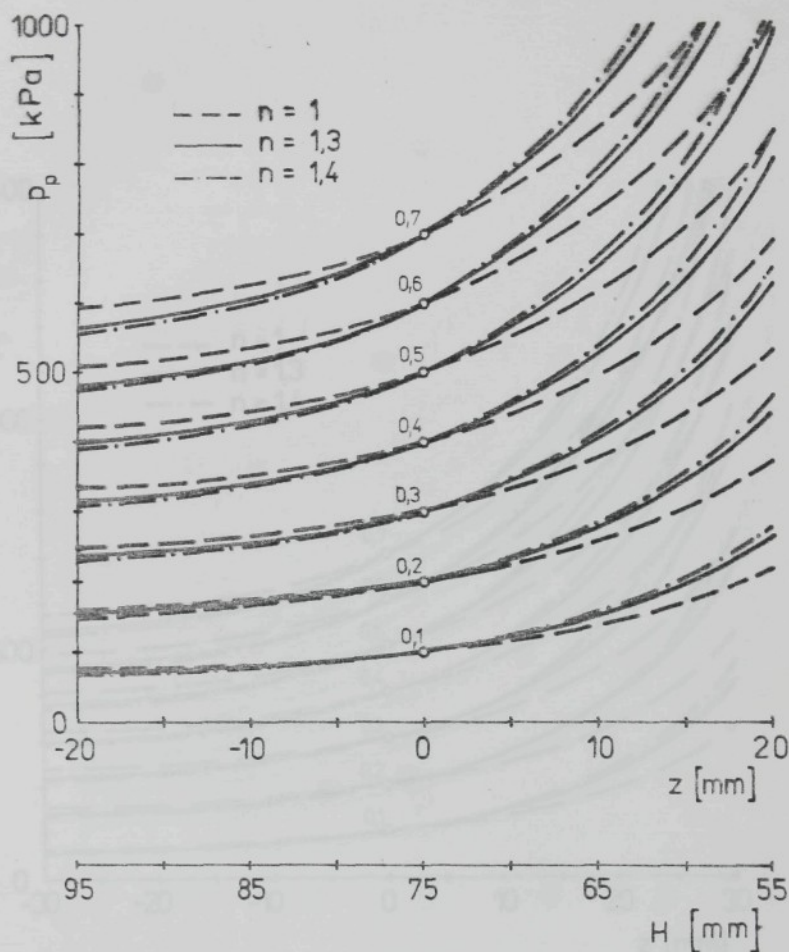
Děje, které probíhají ve vzduchu uzavřeném v pneumatické pružině při její deformaci, lze popsat obecně rovnicí polytropy

$$(p_p(z) + p_a) V(z)^n = (p_{pm} + p_a) V_{cm}^n \quad (1.8)$$

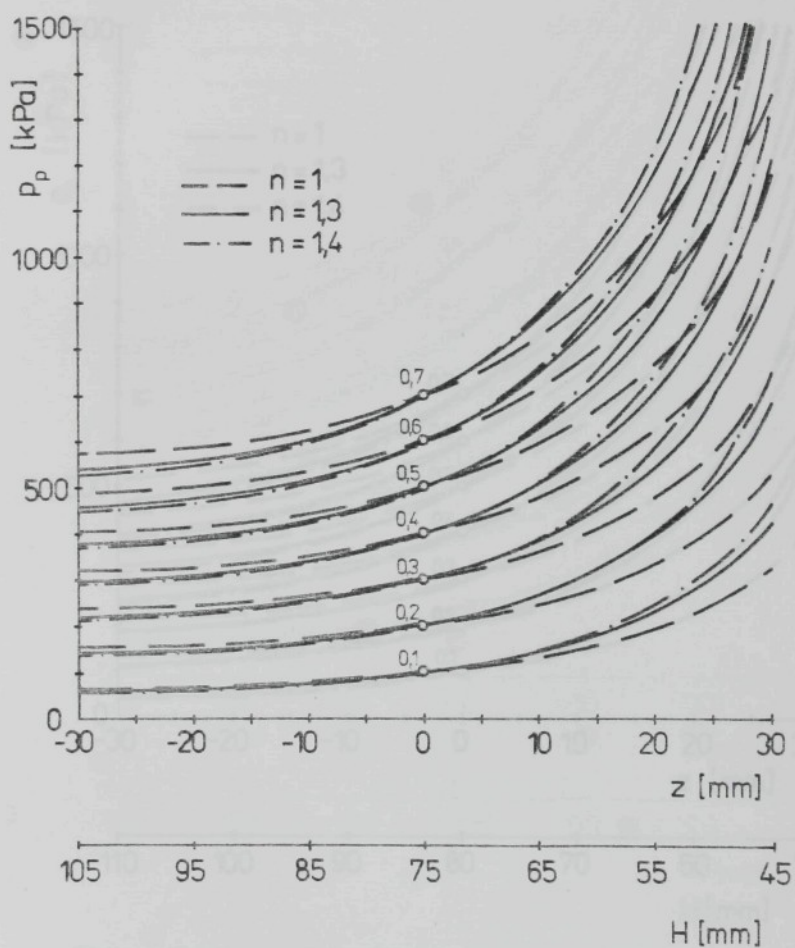
Jestliže z rovnice (1.8) vyjádříme přetlak vzduchu $p_p(z)$ v pružině, dostaneme obecnou závislost ve tvaru

$$p_p(z) = \left[p_{pm} + p_a \right] \left[\frac{V_{cm}}{V(z)} \right]^n - p_a \quad (1.9)$$

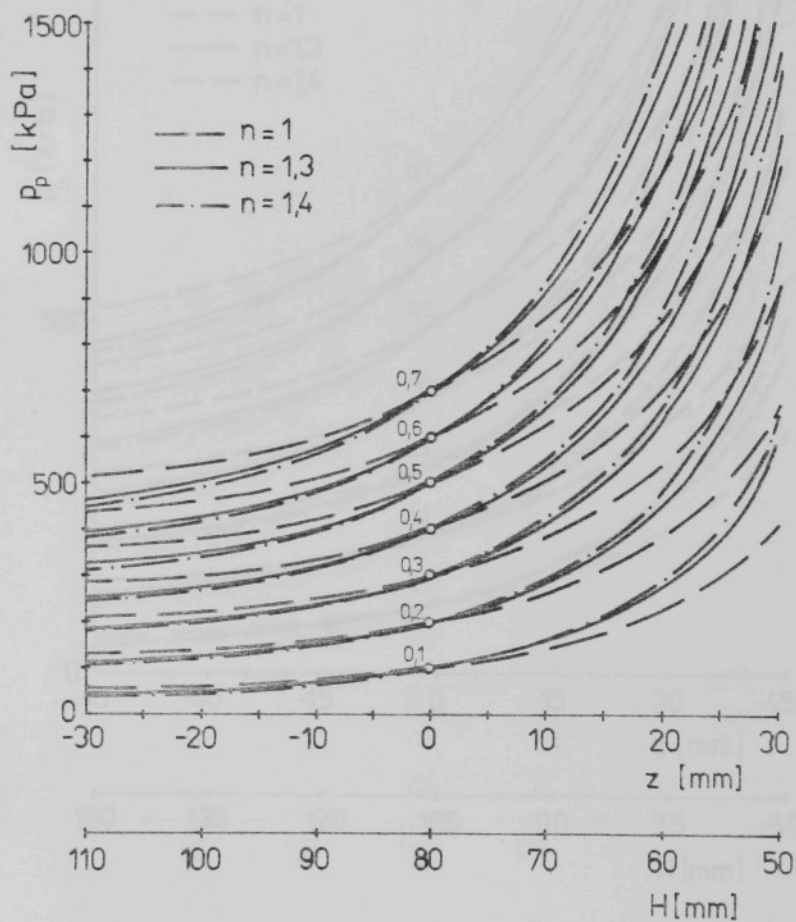
kteřá je pro změnu izotermickou ($n = 1$), polytropickou ($n = 1,3$) a adiabatickou ($n = 1,4$) jednotlivých typů pneumatických pružin znázorněna na obr. 1.9 - 1.13.



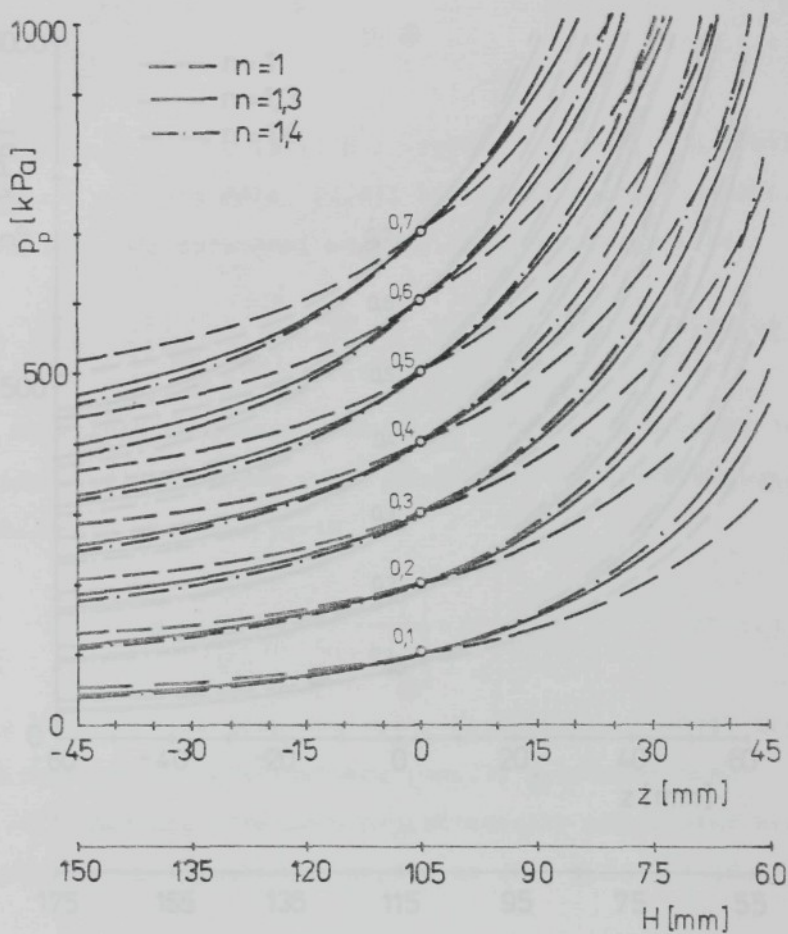
Obr. 1.9. Tlakové charakteristiky JVPP VJ 75-3,75



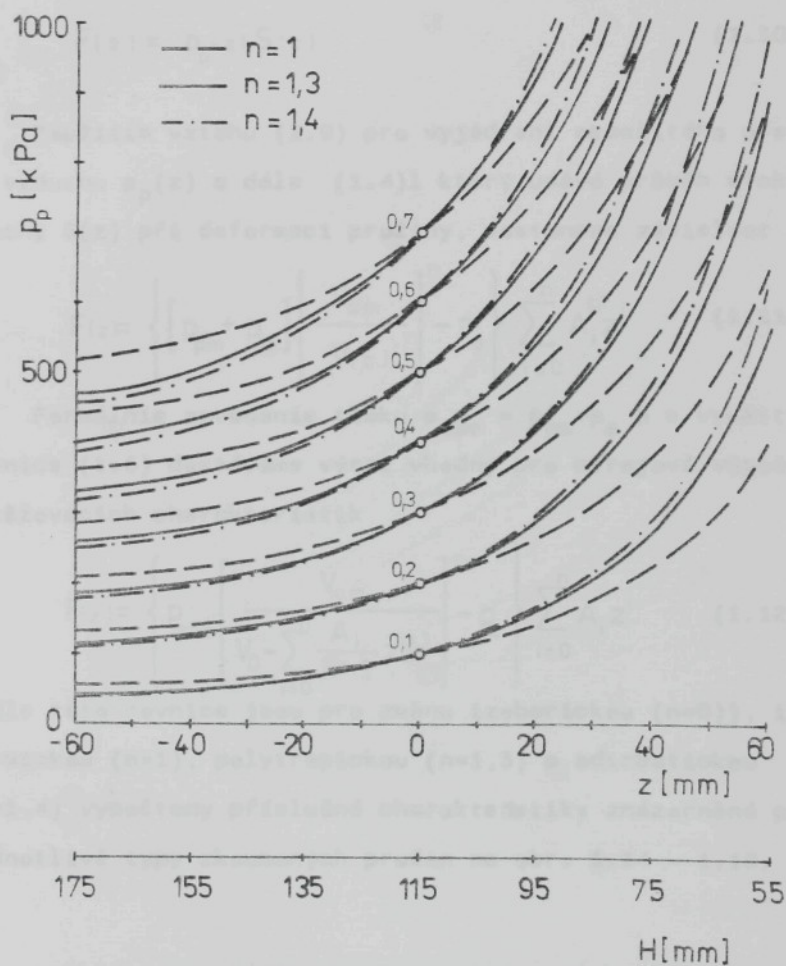
Obr. 1.10. Tlakové charakteristiky JVPV VJ 75-04



Obr. 1.11. Tlakové charakteristiky JVPP 80-07



Obr. 1.12. Tlakové charakteristiky JWPP VJ 105-10



Obr. 1.13. Tlakové charakteristiky JVPP 115-20

1.3. Zatěžovací charakteristiky

Zatěžovací charakteristiky udávají závislost síly

$F = F(z)$ na deformaci pružiny z a jsou obecně popsány vztahem

$$F(z) = p_p(z) S(z) \quad (1.10)$$

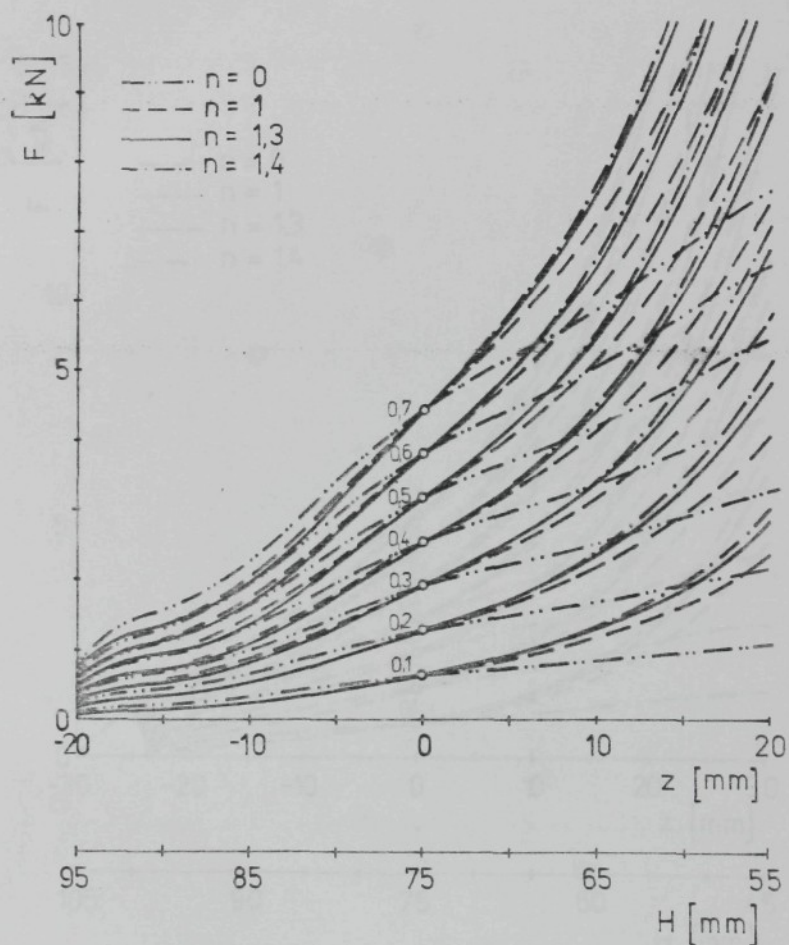
Použitím vztahu (1.9) pro vyjádření okamžitého přetlaku vzduchu $p_p(z)$ a dále (1.4)l který udává průběh efektivní plochy $S(z)$ při deformaci pružiny, dostaneme závislost

$$F(z) = \left\{ \left[p_{pm} + p_a \right] \left[\frac{V_{cm}}{V(z)} \right]^n - p_a \right\} \sum_{i=0}^n A_i z^i \quad (1.11)$$

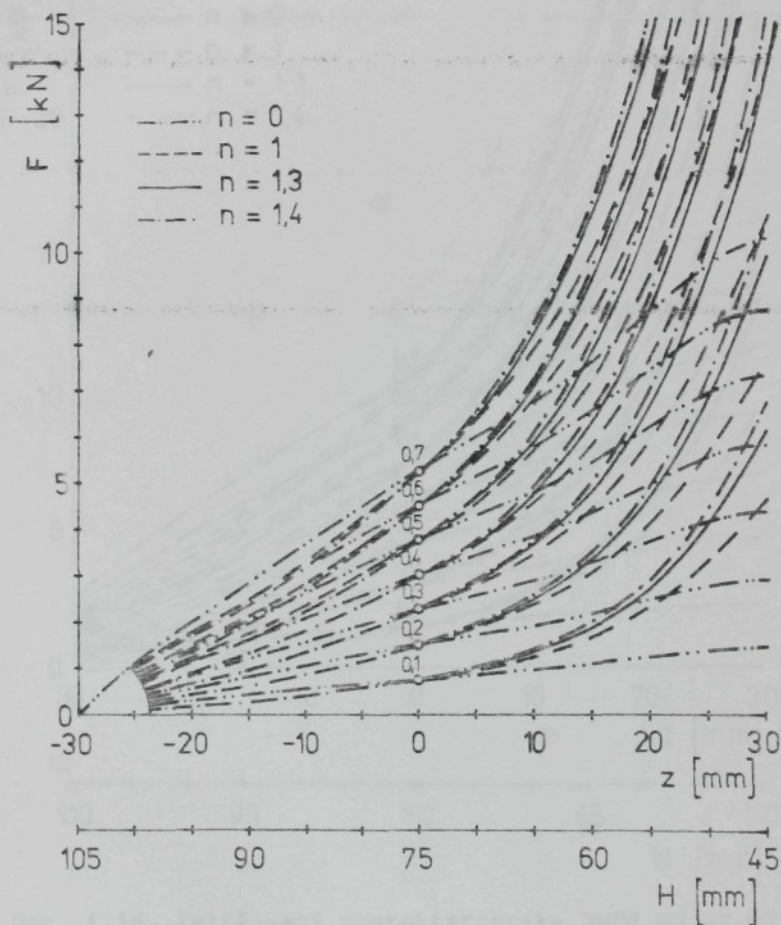
Formálním zavedením tlaku $p_{abs} = p_{pm} + p_a$ a s využitím rovnice (1.6) dostáváme výraz vhodný pro strojové výpočty zatěžovacích charakteristik

$$F(z) = \left\{ p_{abs} \left[\frac{V_{cm}}{V_0 - \sum_{i=0}^n \frac{A_i}{i+1} z^{i+1}} \right]^n - p_c \right\} \sum_{i=0}^n A_i z^i \quad (1.12)$$

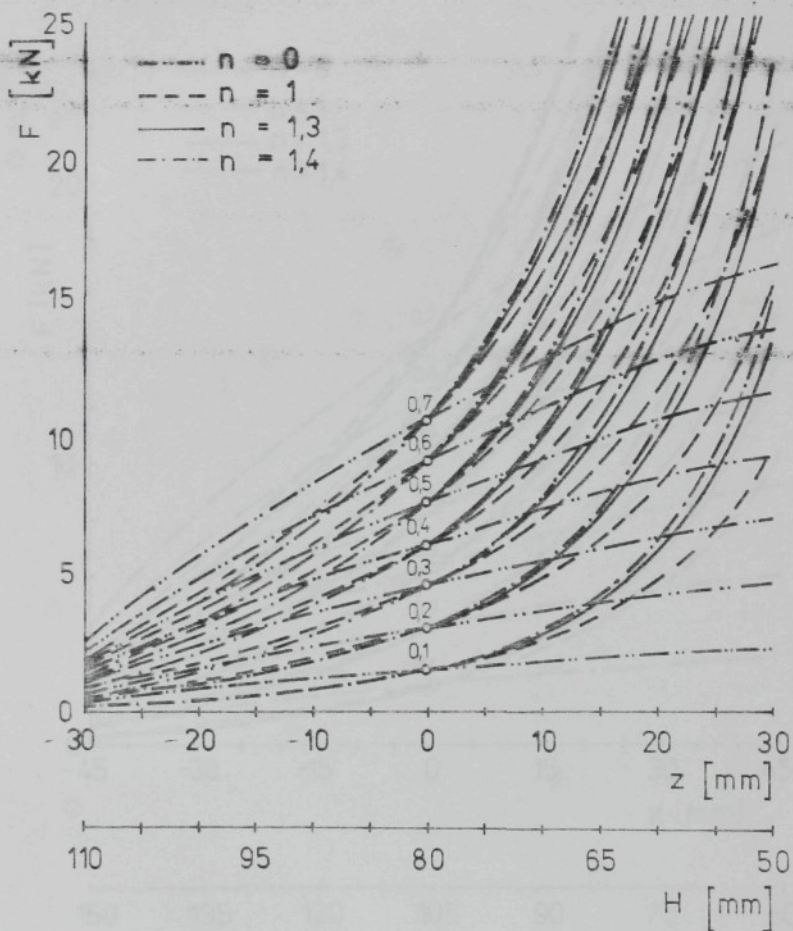
Podle této rovnice jsou pro změnu izobarickou ($n=0$), izotermickou ($n=1$), polytropickou ($n=1,3$) a adiabatickou ($n=1,4$) vypočteny příslušné charakteristiky znázorněné pro jednotlivé typy zkoumaných pružin na obr. 1.14 - 1.18.



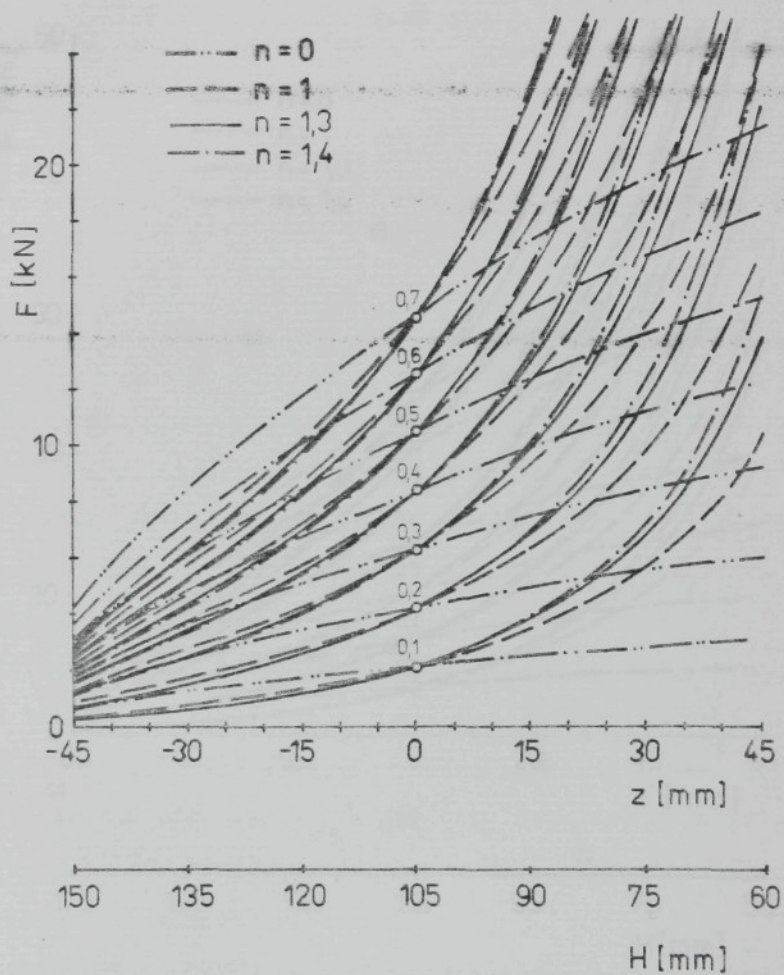
Obr. 1.14. Zatěžovací charakteristiky JVPP VJ-3,75



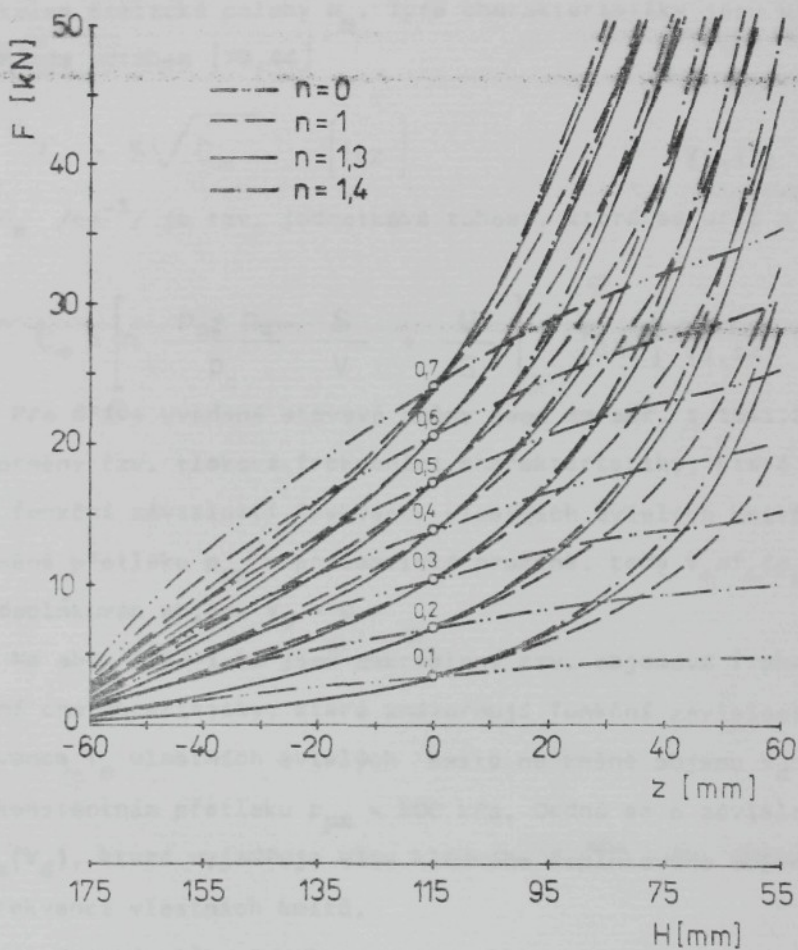
Obr. 1,15. Zatěžovací charakteristiky JVPP VJ 75-04



Obr. 1.16. Zatěžovací charakteristiky JVPP VJ 80-07



Obr. 1.17. Zatěžovací charakteristiky JVPP VJ 105-10



Obr. 1.18. Zatěžovací charakteristiky JVPP VJ 115-20

1.4. Frekvenční charakteristiky

Frekvenční charakteristiky udávají frekvenci f_m vlastních svislých kmitů pneumatické pružiny při nulové amplitudě vychylek, což vlastně odpovídá kmitání o nulovou amplitudu kolem statické polohy H_m . Tyto charakteristiky jsou určeny známým vztahem [79,44]

$$f_m = 5 \sqrt{C_m} \quad [\text{Hz}] \quad (1.13)$$

kde C_m / cm^{-1} / je tzv. jednotková tuhost, které se určí z výrazu

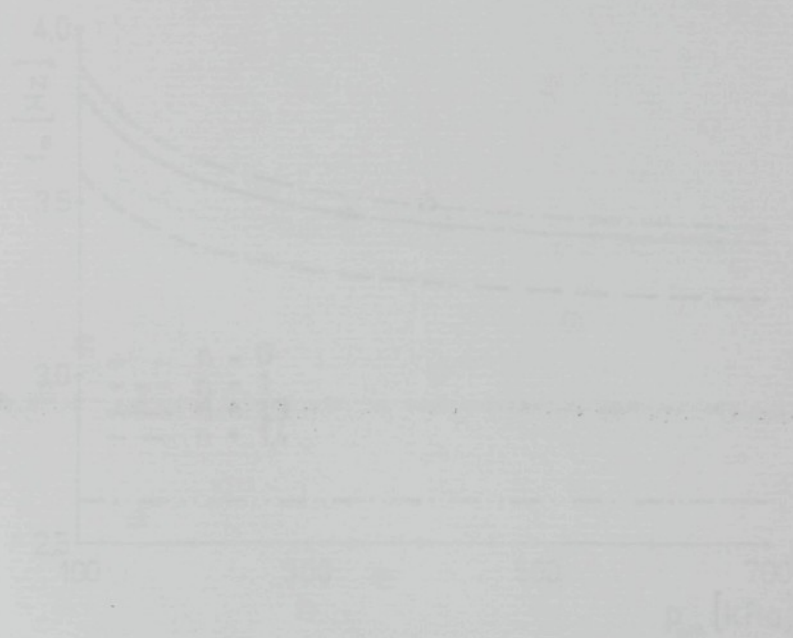
$$C_m = \left[n \frac{p_{pm} + p_0}{p_0} \cdot \frac{S}{V} + \frac{U}{S} \right]_m [\text{cm}^{-1}] \quad (1.14)$$

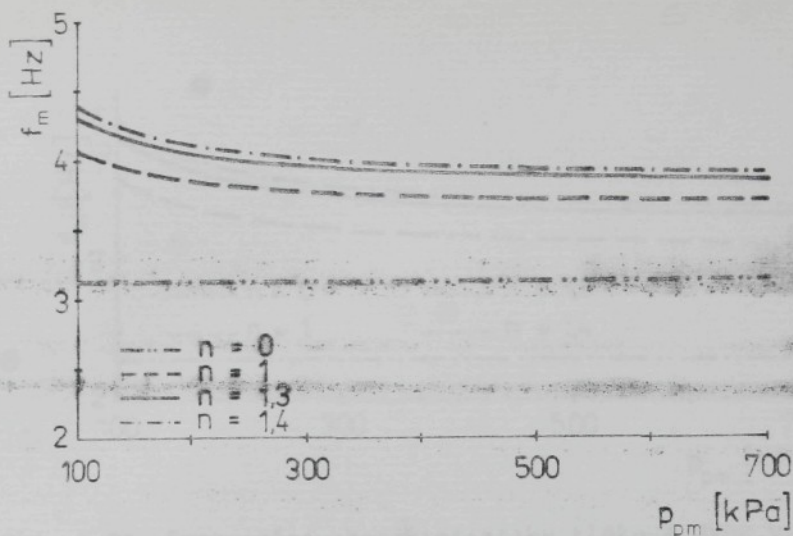
Pro dříve uvedené stavební změny jsou na obr. 1.19-1.23 znázorněny tzv. tlakové frekvenční charakteristiky, které jsou funkční závislostí frekvence vlastních svislých kmitů na změně přetlaku p_{pm} v pneumatické pružině, tedy $f_m = f_m(p_{pm})$ při doplňkovém objemu $V_d = 0$.

Na obr. 1.24-1.28 jsou zakresleny tzv. objemové frekvenční charakteristiky, které znázorňují funkční závislost frekvence f_m vlastních svislých kmitů na změně objemu V_d při konstantním přetlaku $p_{pm} = 500$ kPa. Jedná se o závislost $f_m = f_m(V_d)$, která vyjadřuje vliv kladného doplňkového objemu na frekvenci vlastních kmitů.

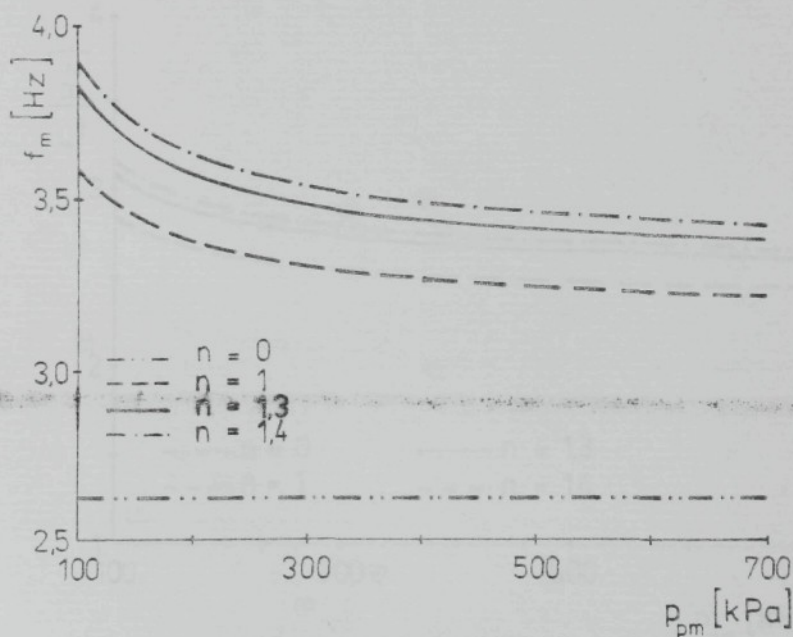
Kladným doplňkovým objemem je myšleno zvětšení objemu pneumatické pružiny dalším objemem, např. vzduchem. Pneumatické pružiny mohou mít i negativní doplňkový objem, který objem vzduchu v pružině naopak zmenšuje. Realizace je velmi snadná a je např. možná zaplněním vnitřního prostoru pružiny

netěkavou a neagresivní kapalinou (tento způsob umožňuje i plynulou regulaci frekvence), ev. vložení tělesa, např. dorazu do vnitřního objemu pneumatické pružiny.

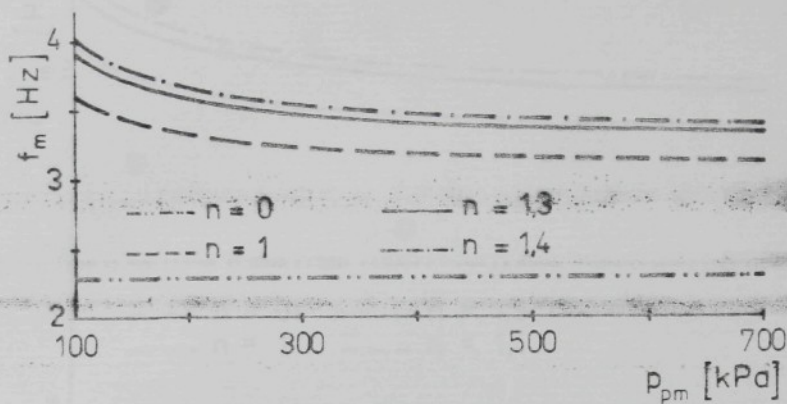




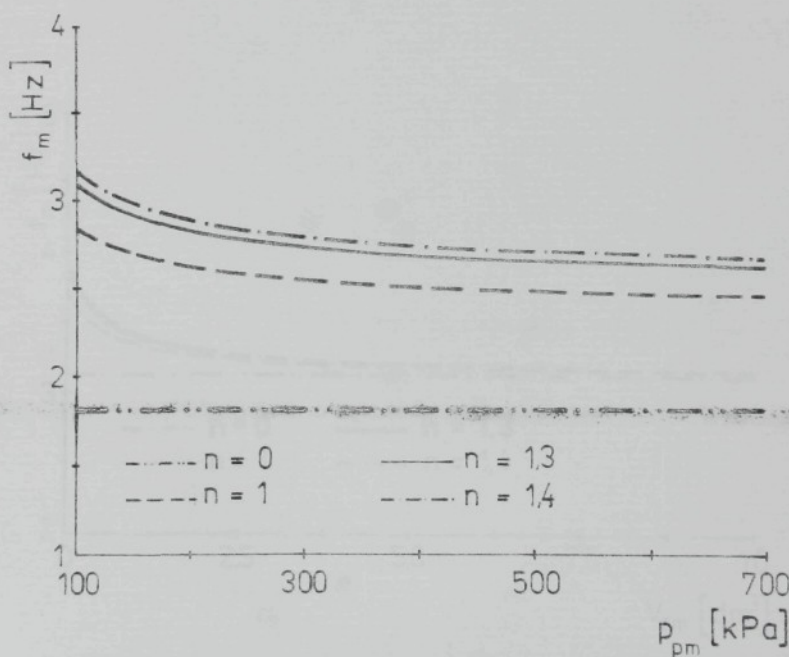
Obr. 1.19. Frekvenční charakteristiky tlakové JVPP VJ 75-3,75



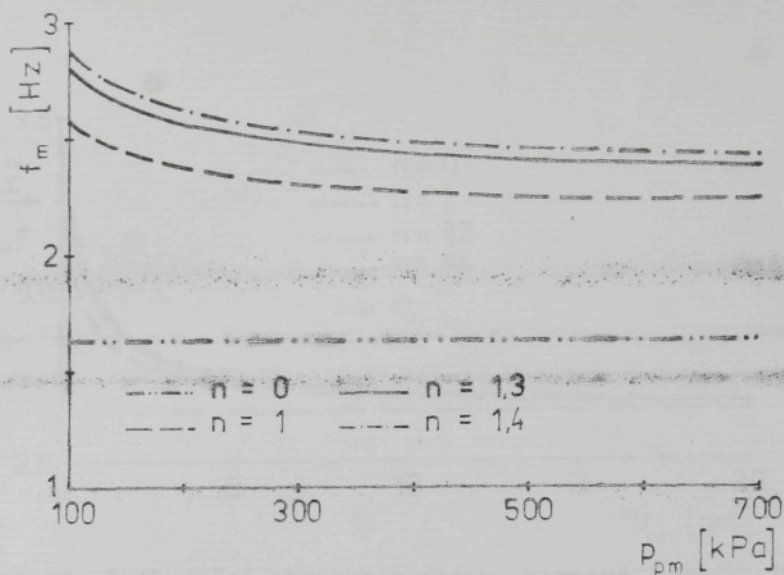
Obr. 1.20. Frekvenční charakteristiky tlakové JVPP VJ75-04



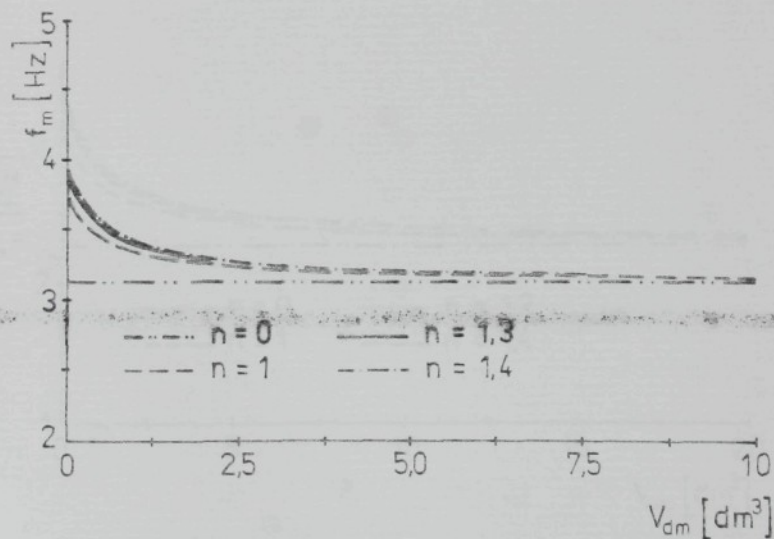
Obr. 1.21. Frekvenční charakteristiky tlakové JVPP VJ 80-07



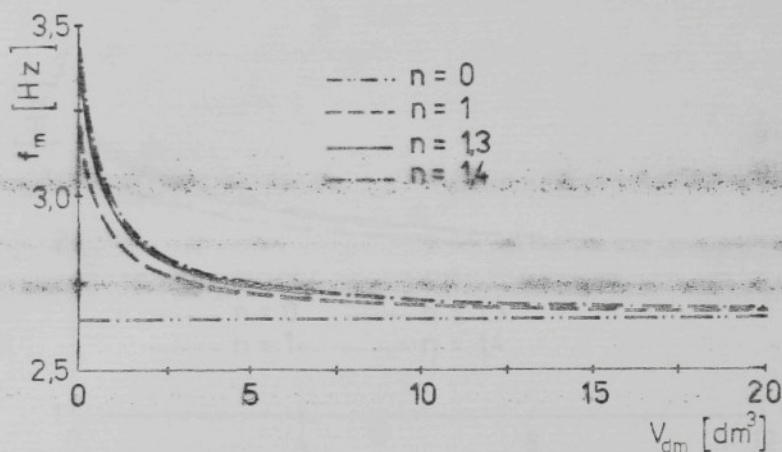
Obr. 1.22. Frekvenční charakteristiky tlakové JVPP VJ 105-10



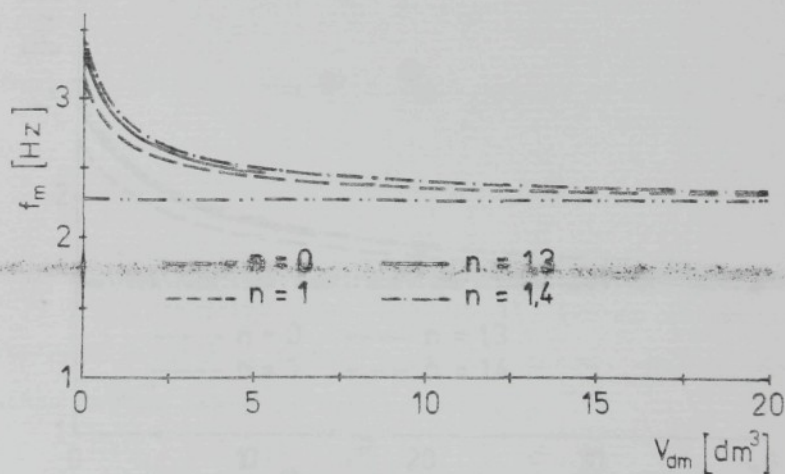
Obr. 1.23. Frekvenční charakteristiky tlakové Jx PP V3 115-20



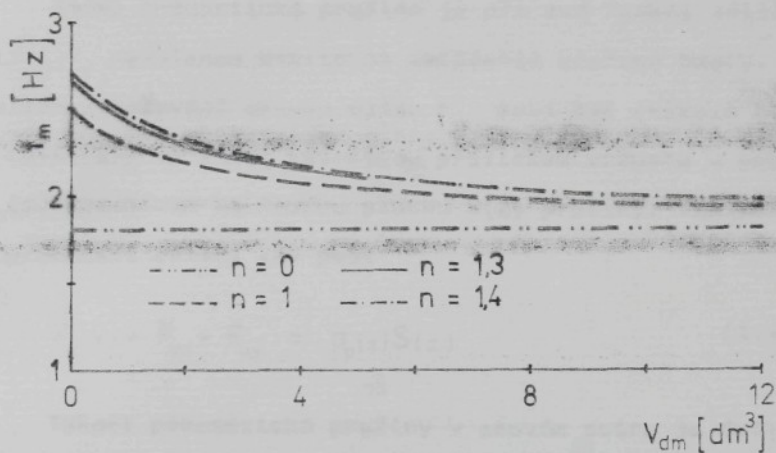
Obr. 1.24. Frekvenční charakteristiky objemové JVPP VJ 75-3,75



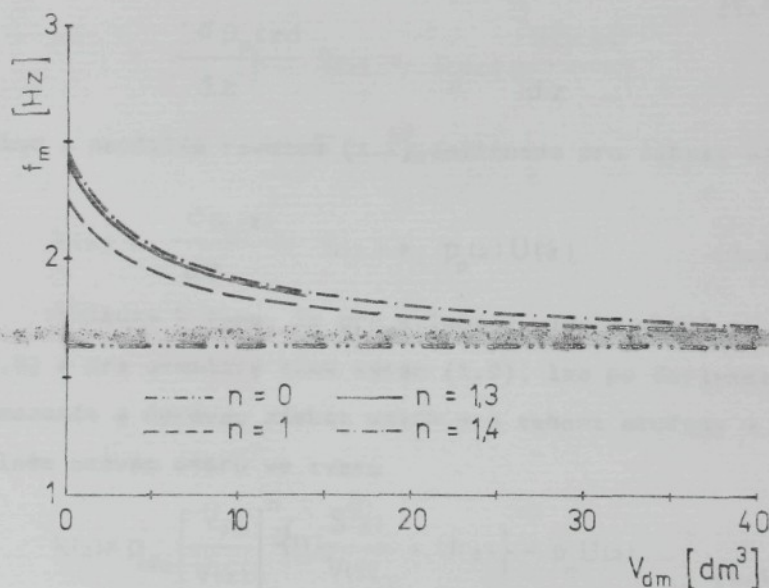
Obr. 1.25. Frekvenční charakteristiky objemové JVPP VJ 75-04



Obr. 1.26. Frekvenční charakteristiky objemové JV PP VJ-80-07



Obr. 1.27. Frekvenční charakteristiky objemové JVP VJ 105-10



Obr.1.28. Frekvenční charakteristiky objemové JVP VJ 115-20

1.3. Tuhost vlnovcové pneumatické pružiny

Každá pneumatická pružina je při své funkci zatěžována silou F_m vyvolanou statickým zatížením uložené hmoty. Při dalším zatěžování osovou silou F_{oy} musí být celková síla F_c v rovnováze se silou vyvolanou přetlakem vzduchu v pružině $p_p(z)$ působícím na nosnou plochu $S(z)$ pružiny. Vzhledem k platnosti (1.10) lze psát

$$F_c(z) = F_m + F_{oy} = p_p(z)S(z) \quad (1.15)$$

Tuhost pneumatické pružiny v osovém směru je definována poměrem změny síly a deformace (určuje směrnici tečny k zatěžovací charakteristice) podle vztahu

$$\begin{aligned} k(z) &= \frac{dF_c(z)}{dz} = \\ &= \frac{dp_p(z)}{dz} S(z) + p_p(z) \frac{dS(z)}{dz} \end{aligned} \quad (1.16)$$

odkud s použitím rovnice (1.2) dostaneme pro tuhost výraz

$$k(z) = \frac{dp_p(z)}{dz} S(z) + p_p(z) U(z) \quad (1.17)$$

Vzhledem k tomu, že pro stlačený vzduch platí rovnice (1.8) a pro okamžitý tlak výraz (1.9), lze po derivaci (1.9) dosazením a úpravou získat vztah pro tuhost pružiny v podélném osovém směru ve tvaru

$$k(z) = p_{abs} \left[\frac{V_{cm}}{V(z)} \right]^n \left\{ n \frac{S(z)}{V(z)} + U(z) \right\} - p_a U(z) \quad (1.18)$$

který lze s použitím (1.4), (1.6) a (1.7) formálně upravit do tvaru, který je vhodný pro výpočty na počítači

$$k(z) = p_{abc} \left(\frac{V_{om}}{V_0 - \sum_{i=0}^h \frac{A_i}{i+1} z^{i+1}} \right)^n \times \left[n \frac{\left(\sum_{i=0}^h A_i z^i \right)^2}{V - \sum_{i=0}^h \frac{A_i}{i+1} z} + \sum_{i=0}^h i A_i z^{i-1} \right] - (1.19)$$

$$- p_0 \sum_{i=0}^h i A_i z^{i-1}$$

Výraz (1.16) platí za předpokladu, že efektivní plocha S je pouze funkcí deformace z , tj. $S = S(z)$, pokud je uvažována změna efektivní plochy vlivem vnitřního přetlaku $p_p(z)$ (že taková závislost existuje, dokazují experimentálně zjištěné křivky z obr. 1.3, jde o závislost $S=S(z, p_p(z))_m$). V tomto případě je nutné nalézt totální diferenciál rovnice (1.16). Pokud budeme uvažovat použití pneumatických peuzin v rozsahu přetlaků, při němž změna efektivní plochy vlivem přetlaku nepřesahuje 5%, platí výše uvedené rovnice.

2.0. METODY IDENTIFIKACE DYNAMICKÝCH VLASTNOSTÍ JEDNOVLNOVÝCH VLNOVCOVÝCH PNEUMATICKÝCH PRUŽIN

Všeobecně se uznává, že chování všech reálných konstrukcí (tedy i pneumatických pružin) je podmíněno spolupůsobením celé řady vlivů náhodné (stochastické) povahy. Z tohoto důvodu je možné popsat chování každého mechanického systému, kterým je v tomto případě pneumatická pružina (jako nejjednodušší vibroizolátor), při náhodném vnějším působení (k náhodné změně vlastností vyjma porušení pružiny nemůže dojít) metodami statistické dynamiky.

V další části se bude pneumatická pružina nazývat systémem a bude se užívat terminologie běžné v technické kybernetice. Vnější působení se bude nazývat, popisovat a definovat pomocí vstupních parametrů (proměnných veličin či procesů) buditých funkcí nebo krátce buzení a chování pružiny pak výstupními parametry (proměnnými veličinami či procesy) nebo také odezvou.

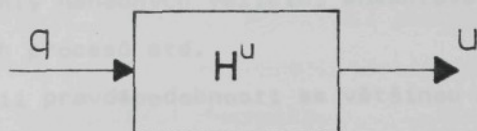
Obecně lze znázornit transformaci vstupních parametrů (přenos vibrací) vibroizolátorem operátorovým vztahem

$$u = H^u q \quad (2.1)$$

kde q jsou prvky prostoru Q (těmito prvky mohou obecně být čísla, vektory, tenzory, ale i funkce jedné či několika proměnných apod.). Struktura a vlastnosti systému jsou charakterizovány operátorem H , jehož prostřednictvím každé realizaci $q \in Q$ přísluší realizace chování $u \in U$ popisující výstupní veličiny nebo také odezvu systému na vstupní veličinu.

Operátorový vztah (2.1) lze jednoduše znázornit schéma-

tem znázorněným na obr. 2.1. Tímto vztahem je zobrazena vazba mezi prvky $q \in Q$ prostoru vstupních parametrů a prvky $u \in U$ prostoru výstupních parametrů. Je ovšem nutné si uvědomit, že výběr prostorů Q a U a rovněž operátoru H^u není jednoznačný [81, 82, 83].



Obr. 2.1. Transformace vstupních parametrů soustavou

Je tomu tak proto, že pojem systému a okolního prostředí je ovlivněn [84,85] schematizací systému a vztahem samotných parametrů systému k jemu samotnému a k okolnímu prostředí [86] (např. parametrické působení, tj. působení, které může být zahrnuto ve vlastnostech systému).

Nejednoznačnost vztahu (2.1) spočívá rovněž ve způsobu výběru výstupních parametrů. V závislosti na výběru se bude měnit i tvar operátoru H^u . Uvažuje-li se prostor výstupních parametrů U jako neomezený, neomezený v tom smyslu, že pomocí prvků tohoto prostoru lze popsat chování libovolného systému, pak je zřejmé, že pro každý systém existuje nekonečná množina neomezených prostorů. Všechny tyto prostory jsou ekvivalentní, neboť každý z nich podává úplnou informaci o chování systému [85]. Operátory H_i^u odpovídající různým neomezeným prostorům musí umožňovat vzájemné vyjádření.

Stochastickým vstupním parametrům $q_i \in Q$ náleží určité míra míra pravděpodobnosti. Např. náhodné číslo jako vstupní para-

metr je charakterizováno hustotou pravděpodobnosti (distribuční funkcí), náhodný vektor vícerozměrným simultánním rozdělením pro jednotlivé složky, atd. Místo úplného popisu pravděpodobnosti zadáním míry ve funkčním prostoru se často přistupuje k popisu částečnému. Při tom se užívá integrálů míry pravděpodobnosti, kterými jsou matematické naděje, rozptyl i jiné momenty náhodných veličin, momentové a korelační funkce náhodných procesů atd.

V teorii pravděpodobnosti se většinou používá statistický výklad pravděpodobnosti, která je definována [87,88] jako "objektivní míra, jež je ekvivalentní empirické četnosti".

Podle Bernoulliho zákona velkých čísel je pravděpodobnost náhodného jevu mez, ke které směřuje (pravděpodobně) empirická četnost tehdy, jestliže počet pozorování neomezeně roste. Použití pojmu empirické četnosti předpokládá, že jev je hromadný, tedy umožňuje mnohanásobnou reprodukci za statisticky stejných podmínek.

Takový přístup by však značně omezoval oblast použití metod počtu pravděpodobnosti, neboť neumožňuje zkoumat unikátní systémy, ani systémy vyrobené v malém počtu vzájemně srovnatelných vzorků. Z definice vyplývá, že pravděpodobnost je objektivní míra nastoupení jevu nezávislá na počtu výskytu jevu. V běžné praxi však pravděpodobnost nabývá významu "určité" míry důvěry pro některá tvrzení.

K získání pravděpodobnostních charakteristik systému je třeba odpovídající statistická informace a tu je možné získat na základě vyšetření reprezentativního, byť třeba fiktivního souboru.

2.1. Základní úlohy statistické dynamiky

Operátorovým vztahem (2.1) je upravena závislost mezi vstupními a výstupními parametry systému. Jsou-li vstupními parametry či (nebo i) parametry systému náhodné veličiny, naskýtá se otázka, jaká vazba vzniká mezi příslušnými mírami pravděpodobnosti nebo mezi některými charakteristikami vstupních parametrů systému. Stanovení těchto vazeb je předmětem řešení úloh statistické dynamiky.

První typ úlohy spočívá v nalezení pravděpodobnostních vlastností výstupních parametrů při známých pravděpodobnostních vlastnostech vstupních parametrů a parametrů systému.

Druhá úloha spočívá v nalezení pravděpodobnostních vlastností vstupních parametrů ze známých vlastností výstupních parametrů při známých vlastnostech systému. Jde o úlohu inverzní k úloze první. Řešení této úlohy je složité, jedná-li se o společné působení několika výstupních parametrů a pak je nutné vyjadřovat působení systému pro každý účinek zvlášť statistickými charakteristikami.

Třetí úloha řeší problém určení pravděpodobnostních charakteristik systému ze známých vstupních a výstupních charakteristik procesů. V zásadě jde o tzv. problém "černé schránky" (black box), kterým je v nejobecnějším případě řešení vnitřní struktury systému. Většinou však nejde o řešení vnitřní struktury, ta bývá, ačepoň částečně, známá ani o informace o deterministických vlastnostech systému. Výzkum se zabývá sběrem informací a z nich pak analýzou vlastností (stochastických) systému.

Nejjednodušší způsob řešení této úlohy je založen na vyšetřování reakcí systému na vhodně zvolené definované deter-

ministické vstupní signály. Jedná se v podstatě o jakési spojení druhé a třetí úlohy.

Poslední úloha je založena na vyhledávání systému, který při zadaném vnějším působení bude mít zadané vlastnosti. Jedná se o řešení úloh syntézy optimálního systému, který má v jistém slova smyslu nejlepší vlastnosti. Kritéria optimálnosti [4, 89] bývají formulována nejčastěji jako maxima nebo minima některých funkcí (vlastností) systému nebo jeho reakcí na vnější působení při omezení ostatních funkcí a parametrů.

Způsob řešení úloh statistické dynamiky do značné míry závisí na charakteru systému. Podle chování systému při vnějším působení lze systémy rozdělit na lineární a nelineární.

Popíšeme-li systém operátorem rovnicí (2.1), pak systém bude lineární, jestliže operátor H splňuje podmínky

$$H[\alpha q] = \alpha Hq \quad a \quad (2.2)$$

$$H[q_1 + q_2] = Hq_1 + Hq_2 \quad b$$

kde α je libovolné číslo a q resp. q_1, q_2 jsou vnější účinky. Pokud operátor H nevyhovuje podmínkám (2.2), je systém nelineární. Z podmínky (2.2b) vyplývá, že v lineárních systémech platí zákon superpozice.

Dalším kritériem pro charakterizování systému je způsob jeho chování v čase. Jsou-li jeho vlastnosti v čase invariantní, nazývá se systém stacionární, Operátor H je invariantní k posunutí v čase.

Pro hodnocení vlastností systému je třeba vyšetřit i analytické vlastnosti operátoru H . Tyto vlastnosti mohou být (ale nemusí) spojené se strukturou prostorů Q vstupních a U výstupních parametrů. Je vhodné rozlišovat ohraničené a ne-

ohraničené operátory. Operátor je ohraničený, jsou-li prostory Q a U konečné Euklidovy prostory. Podrobný rozbor vlastností lze nalézt např. v [81,82,83,85].

2.2. Stacionární a ergodický náhodný proces

Znalost vlastností a chování praxistických prutín při působení vibrací je důležitá při návrzích vibroizolátorů, ale i při návrzích pružných uložení. Problém identifikace dynamických vlastností je, jak bylo řečeno, jednou z úloh statistické dynamiky. K identifikaci lze v zásadě přistupovat buď z hlediska deterministického nebo stochastického.

V této práci budeme používat stochastické identifikace dynamických vlastností. Je tomu tak proto, že přístrojové vybavení katedry částí strojů a mechanismů VŠST neumožňuje provádět deterministickou identifikaci. Stochastická identifikace je poměrně jednoduchá z hlediska experimentu, ale naopak je náročnější na zpracování výsledků a na výpočetní techniku.

Vzhledem k tomu, že pro získání objektivní informace o systému je třeba velkého počtu pokusů, nebo za předpokladu, že vstupní signály jsou stacionární a ergodické, stačí jedna, teoreticky nekonečně dlouhá, realizace, v níž je již veškerá míra informace obsažena.

2.2.1. Stacionární náhodný proces

Náhodný proces $x(t)$ je stacionární, jestliže jsou všechny jeho statistické charakteristiky invariantní vzhledem k libovolné změně počátku času, tedy tehdy, jestliže funkce roz-

dělení $W_n(x_1, x_2, \dots, x_n, t_1, t_2, \dots, t_n)$, kde n je libovolného řádu, se nemění při libovolném pohybu celé skupiny bodů $t_1, \dots, t_n$ podél časové osy. Tedy, jestliže pro libovolná n a τ platí [90]

$$W_n(x_1, x_2, \dots, x_n, t_1, t_2, \dots, t_n) = \\ = (x_1, x_2, \dots, x_n, t_1 + \tau, t_2 + \tau, \dots, t_n + \tau) \quad (2.3)$$

Náhodný proces bude stacionární, jestliže výraz pro funkci rozdělení libovolného řádu nebude záviset na volbě počátku časové osy. Z toho vyplývá, že takový proces bude mít následující vlastnosti:

- první funkce rozdělení nezávisí na čase

$$w_1(x, t) = w_2(x, t + \tau) \quad (2.4)$$

- druhá funkce rozdělení závisí pouze na rozdílu $t_2 - t_1$

$$w_2(x_1, x_2, t_1, t_2) = w_2(x_1, x_2, t_2 - t_1) \quad (2.5)$$

- třetí funkce rozdělení může záviset pouze na rozdílu $t_3 - t_2$ a $t_2 - t_1$, tedy

$$w_3(x_1, x_2, x_3, t_1, t_2, t_3) = w_3(x_1, x_2, x_3, t_3 - t_2, t_2 - t_1) \quad (2.6)$$

atd.

Číselnými charakteristikami náhodných veličin jsou tzv. počáteční momenty rozdělení různého řádu, které jsou určeny vztahem

$$m_k\{x(t)\} = \int_{-\infty}^{\infty} x^k w(x) dx \quad (2.7)$$

kde k značí řád a symbol $m_k\{x(t)\}$ střední hodnotu náhodné veličiny x^k v množině jejich možných hodnot. Postupným dosazováním vztahů (2.4), (2.5), (2.6) do (2.7) lze získat počáteční momenty různých řádů. Je však zřejmé, že tyto momenty závisí na rozdílu $\tau = t_1 - t_{1-1}$. V tomto případě mluvíme o stacionaritě v širším smyslu (stacionaritě ve smyslu A.J. Činčina [91]).

2.2.2. Ergodický náhodný proces

Stacionární náhodný proces se nazývá ergodický, jestliže jedna jeho realizace obsahuje veškerou informaci o pravděpodobnostních vlastnostech procesu. Tyto procesy vykazují své vlastnosti nejen na množině realizací, ale rovněž v čase. Jejich zásadní vlastností je to, že dávají možnost záměny množiny realizací jedinou realizací probíhající v dostatečně dlouhém čase. Lze tedy pro centrální moment k -tého řádu napsat vztah

$$m_k\{x(t)\} = m_1\{[x(t)]^k\} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T [x^{(r)}(t)]^k dt \quad (2.8)$$

A.J. Činčin [91] dokázal, že stacionární náhodné procesy jsou, při dostatečně obecných předpokladech, ergodické.

2.3. Náhodný proces, vlastnosti a popis

Předpokládejme, že dále popisované děje jsou stacionární

a ergodické. Ani u těchto procesů nelze jednoznačně říci, jakou hodnotu bude mít náhodná proměnná x v čase t . Je však možné určit, s jakou pravděpodobností $P(x(t))$ se bude náhodná proměnná $x(t)$ vyskytovat ve zvolených mezích a lze ji charakterizovat pomocí statistických ukazatelů.

V této části budou vysvětleny základní pojmy a charakteristiky náhodných procesů (stacionárních a ergodických).

Důležité je objasnění pojmu náhodného procesu z hlediska matematického a fyzikálního. Matematicky je pod tímto pojmem chápán soubor všech možných realizací se společnými statistickými vlastnostmi [90,92,93]. Z hlediska fyzikálního se jím rozumí jev, který v čase probíhá náhodně [94,95].

Probíhá-li náhodný proces jako náhodná funkce času $x(t)$ je jej možno, podle toho zda proměnné jsou spojité či diskrétní, rozdělit do čtyř kategorií

- $x(t)$ spojitá - t spojitý;
- $x(t)$ diskrétní - t spojitý;
- $x(t)$ spojitá - t diskrétní;
- $x(t)$ diskrétní - diskrétní.

Nabývá-li náhodná proměnná $x(t)$ spojitě všech možných hodnot, jedná se o spojitý náhodný proces; nabývá-li těchto hodnot diskrétně, jde o diskrétní náhodný proces. Jedná-li se o proces, jehož proměnná $x(t)$ je definována v určitých časových okamžicích, označuje se názvem náhodná časová řada.

K náhodným procesům se svými vlastnostmi řadí i procesy [92,99] pseudonáhodné. Jejich vytváření je poměrně snadné a výhodná je jejich plná reprodukovatelnost.

2.3.1. Momenty prvního řádu

Ke stručnému popisu náhodných procesů se používá číselných charakteristik-momentů prvního řádu, které jsou definovány jednak jako číselné charakteristiky souboru všech realizací náhodného procesu v určitém okamžiku, nebo, pro stacionární a ergodické procesy, jako číselné charakteristiky v čase jedné realizace. V další části se bude jednat vždy o popis stacionárního ergodického náhodného procesu.

Prvním momentem je střední hodnota v čase

$$\mu_x = \bar{x} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t) dt \quad (2.9)$$

pro spojitý proces a pro diskrétní proces, který má hodnoty $x(t)$ definovány v časových okamžicích t_k

$$\mu_x = \bar{x} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{2n+1} \sum_{k=-n}^n x(t_k) \quad k=0,1,2,\dots,n \quad (2.10)$$

kde $\bar{x}$ je stejnosměrná vložka průběhu $x(t)$ a

$$t_k = k T_v \quad (T = \text{konst.})$$

Druhým momentem je střední hodnota druhé mocniny v čase

$$\overline{x^2} = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x^2(t) dt \quad (2.11)$$

$$\overline{x^2} = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{2n+1} \sum_{k=-n}^n x^2(t_k) \quad (2.12)$$

jehož druhá odmocnina je tzv. efektivní hodnota.

Odečtením stejnosměrné složky $\bar{x}$ od realizace $x(t)$ dostáváme časově poměrnou část. Velikost těchto fluktuací kolem střední hodnoty udává disperze

$$D(x) = \overline{(x(t) - \mu_x)^2} \quad (2.13)$$

2.3.2. Korelační funkce

Momenty prvního řádu neposkytují žádné informace o souvislostech mezi hodnotami v různých okamžicích. Tuto informaci dává moment druhého řádu, kterým je korelační ev. kovarianční funkce, která pro popis statistických vlastností jednoho náhodného procesu nese název autokorelační funkce a při popisu dvou a více různých náhodných procesů se označuje jako vzájemná korelační funkce.

Jak bylo ukázáno v kap. 2.2.1, momenty vyšších řádů (tedy i autokorelační funkce) stacionárních náhodných procesů závisí jen na časovém posunutí τ nikoliv na čase t .

$$R'_{xx}(t, t+\tau) = E[x(t')x(t)] = E[x(t)x(t+\tau)] \quad (2.14)$$

resp. v autokovarianční funkci (při centrovaném procesu)

$$K'_{xx}(t, t+\tau) = E\left\{[x(t) - \mu(t)][x(t+\tau) - \mu(t+\tau)]\right\} \quad (2.15)$$

nebo při použití autokorelační funkce v normovaném tvaru

$$\begin{aligned} \rho'_{xx}(t, t+\tau) &= \frac{R'_{xx}(t, t+\tau) - \mu_x(t) \mu_x(t+\tau)}{\sigma_x(t) \sigma_x(t+\tau)} \\ &= \frac{K'_{xx}(t, t+\tau)}{\sigma_x(t) \sigma_x(t+\tau)} \end{aligned} \quad (2.16)$$

která je bezrozměrná a její hodnota je max ± 1 .

Můžeme proto ve vztazích (2.14), (2.15), (2.16) položit $t=0$.

Autokorelační funkce je sudá a tedy platí

$$R'_{xx}(\tau) = R'_{xx}(-\tau) \quad (2.17)$$

a pro její velikost platí

$$|R'_{xx}(\tau)| \leq R'_{xx}(0) \geq 0 \quad (2.18)$$

u stacionárních náhodných procesů bez periodické složky platí

$$K'_{xx}(\pm \infty) = 0 \quad (2.19)$$

$$R'_{xx}(\pm \infty) = \mu_x^2$$

Moment druhého řádu v čase realizace stacionárního náhodného procesu $x(t)$ je rovněž autokorelační funkci

$$R_{xx}(\tau) = x(t)x(t+\tau) \quad (2.20)$$

Pro realizaci, která je spojitou funkcí času, platí

$$R_{xx}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t)x(t+\tau) dt \quad (2.21)$$

a pro diskrétní funkci času

$$R_{xx}(\tau) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{2n+1} \sum_{k=-n}^n x(t_k)x(t_k+\tau) \quad (2.22)$$

kde τ je celistvým násobkem časového intervalu

$$\tau = r T_v \quad (r=0, +1, +2, \dots) \quad (2.23)$$

Porovnáním výrazu (2.11) a (2.21), (2.12) a (2.22) dostaneme

$$R_{xx}(0) = \overline{x^2} \quad (2.24)$$

U ergodického náhodného procesu $x(t)$ je autokorelační funkce seuberu (2.14) rovna autokorelační funkci v čase (2.20) [91]

$$E[x(t)x(t+\tau)] = \overline{x(t)x(t+\tau)} \quad (2.25)$$

Charakteristickou hodnotou autokorelační funkce je interval korelace

$$\tau_k = \int_0^{\infty} \rho_{xx}(\tau) d\tau \quad (2.25a)$$

Maximální interval korelace τ_{km} [91,94] je taková hodnota τ při níž má autokorelační funkce v normalizovaném tvaru $\rho_{xx}(\tau)$ hodnotu 0,05 a při $\tau > \tau_m$ ji nepřesahuje.

Ze vztahu (2.20) vyplývá, že autokorelační funkce periodického signálu $x(t)$ je rovněž periodická s periodou rovnou periodě signálu.

Pomocí autokorelační funkce je možno rozlišit náhodné procesy od periodických, ev. odhalit periodickou složku ve směsi náhodných složek.

K autokorelační funkci náhodného procesu $x(t)$ lze dospět, s využitím Wiener-Chinčinova teorému [91], Fourierovou transformací oboustranné výkonové spektrální hustoty $S_{xx}(f)$

$$R_{xx}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} S_{xx}(f) e^{j2\pi f\tau} df \quad (2.26)$$

nebo vzhledem k tomu, že výkonová spektrální hustota je sudou funkcí, vztahem

$$R_{xx}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} S_{xx}(f) \cos 2\pi f\tau df \quad (2.27)$$

Obdobné vztahy platí pro $R'_{xx}(\tau)$ a $S'_{xx}(f)$. V technické praxi se používá častěji jednostranná výkonová spektrální hustota definovaná v intervalu kladných frekvencí $0 \leq f < \infty$. Pak pro autokorelační funkci platí

$$R_{xx}(\tau) = \int_0^{\infty} G_{xx}(f) \cos 2\pi f \tau df \quad (2.28)$$

Obdobné vzťahy platí tiež pre vzájemnou korelačnú funkciu náhodného procesu $x(t)$ v okamžiku t a souboru realizáci náhodného procesu $y(t)$ v okamžiku $t' = t + \tau$, tedy

$$R'_{xy}(t, t+\tau) = E[x(t) y(t+\tau)] \quad (2.29)$$

Vzájemná kovariančná funkcia dvou centrovaných náhodných procesů bude

$$K'_{xy}(t, t+\tau) = E \left\{ \begin{aligned} &[x(t) - \mu_x(t)] \\ &[y(t+\tau) - \mu_y(t+\tau)] \end{aligned} \right\} \quad (2.30)$$

Přitom platí

$$K'_{xy}(t, t+\tau) = R'_{xy}(t, t+\tau) - \mu_x(t) \mu_y(t+\tau) \quad (2.31)$$

Běžně se užívá také normalizovaného tvaru vzájemné korelační funkce

$$\rho'_{xy}(t, t+\tau) = \frac{K'_{xy}(t, t+\tau)}{\sigma_x(t) \sigma_y(t+\tau)} \quad (2.32)$$

U stacionárních náhodných procesů platí

$$R'_{xy}(\tau) = R'_{yx}(\tau) \quad (2.33)$$

a vzájemná korelační funkcia má velikost

$$|R'_{xy}(\tau)|^2 \leq R'_{xx}(0) R'_{yy}(0) \quad (2.34)$$

Vzájemná korelační funkce v čase mezi realizací $x(t)$ náhodného procesu a posunutou realizací náhodného procesu $y(t)$ je dána vztahem

$$R_{xy}(\tau) = \overline{x(t)y(t+\tau)} \quad (2.35)$$

$$R_{yx}(\tau) = \overline{x(t+\tau)y(t)} \quad (2.36)$$

Jsou-li realizace $x(t)$ a $y(t)$ spojitou funkcí času, je vzájemná korelační funkce

$$R_{xy}(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} x(t)y(t+\tau) dt \quad (2.37)$$

Pro diskrétní časové řady platí

$$R_{xy}(\tau) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{2n+1} \sum_{k=-n}^n x(k)y(k+\tau) \quad (2.38)$$

Pro ergodické procesy platí

$$R'_{xy}(\tau) = R_{xy}(\tau) \quad (2.39)$$

Jsou-li uvažované náhodné procesy nekorelované, je jejich vzájemná kovarianční funkce nulová pro všechna posunutí

$$K_{xy}(\tau) = 0 \quad \text{pro všechna } \tau \quad (2.40)$$

a vzájemná korelační funkce

$$R_{xy}(\tau) = \mu_x \mu_y \quad \text{pro všechna } \tau \quad (2.41)$$

Vzájemnou korelační funkci lze, podobně jako (2.26) získat inverzní Fourierovou transformací vzájemné výkonové spektrální hustoty $S_{xy}(f)$

$$R_{xy}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} S_{xy}(f) e^{j2\pi f\tau} df \quad (2.42)$$

ev.

$$R_{xy}(\tau) = \int_0^{\infty} G_{xy}(f) e^{j2\pi f\tau} df \quad (2.43)$$

používáme-li jednostranné vzájemné výkonové spektrální hustoty definované rovněž pro kladné frekvence.

2.3.3. Výkonová spektrální hustota

Frekvenční spektra popisují, podobně jako u deterministických jevů, vlastnosti náhodných procesů. Stejně jako korelační funkce lze frekvenční spektrum definovat buď pro soubor realizací nebo pro průběh jedné, dostatečně dlouhé, realizace. Pro každou realizaci dostaneme pomocí Fourierovy transformace frekvenční spektrum

$$X_T(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x_T(t) e^{-j2\pi ft} dt = \int_{-T/2}^{T/2} x(t) e^{-j2\pi ft} dt \quad (2.44)$$

Závislost $\frac{1}{T} |X_T(f)|^2$ se nazývá periodogram.

Střední hodnota souboru těchto funkcí pro $T \rightarrow \infty$ se nazývá spektrální výkonová hustota náhodného procesu $x(t)$ a je vyjádřena vztahem

$$S_{xx}(f) = \lim_{T \rightarrow \infty} E \left\{ \frac{1}{T} |X_T(f)|^2 \right\} \quad (2.45)$$

vzhledem k tomu, že $X_T(f)$ je funkcí komplexní, platí

$$|X_T(f)|^2 = X_T(f) X_T^*(f) \quad (2.46)$$

kde * je označena komplexní konjugovanost.

Pro realizaci náhodného procesu $x(t)$ v intervalu $\langle -T/2; T/2 \rangle$ je výkonová spektrální hustota dána výrazem

$$S_{xx}(f) = \lim_{B \rightarrow 0} \frac{1}{B} \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_{f+B/2}^{f-B/2} |X_T(f)|^2 df \quad (2.47)$$

V případě, že existuje druhá limita, platí

$$S_{xx}(f) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} |X_T(f)|^2 \quad (2.48)$$

Pro ergodické procesy platí

$$S_{xx}(f) = S'_{xx}(f) \quad (2.49)$$

a výkonová spektrální hustota je sudou funkcí frekvence

$$S_{xx}(-f) = S_{xx}(f) \quad (2.50)$$

V technické praxi je vhodnější pracovat s jednostrannou výkonovou spektrální hustotou $G_{xx}(f)$

$$G_{xx}(f) = \begin{cases} 2 S_{xx}(f) & \text{pro } 0 \leq f < \infty \\ 0 & \text{pro ostatní } f \end{cases} \quad (2.51)$$

která je definována pro kladné frekvence $0 \leq f < \infty$. V některých případech je vhodnější pracovat místo s frekvencí f naopak s úhlovou frekvencí ω a mezi příslušnými spektrálními výkonovými hustotami platí vztah

$$S_{xx}(f) = 2\pi \psi_{xx}(\omega) \quad (2.52)$$

Frekvenční spektrum, které pro spojitou realizaci má tvar vztahu (2.44) se pro diskrétní realizaci náhodné časové

řady s hodnotami x definovanými v okamžicích $t_k = k \cdot T_V$
 ($k = 0, +1, +2, \dots, +n$) vypočte

$$X_n(f) = T_V \sum_{k=-n}^n x(t_k) e^{-j2\pi f t_k} \quad (2.53)$$

Se spektrální výkonovou hustotou

$$S_{xx}(f) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{2n+1} \mathbb{E} \left\{ \frac{1}{T} |X_n(f)|^2 \right\} \quad (2.54)$$

U ergodické náhodné časové řady se výkonová spektrální hustota určí z výrazu

$$S_{xx}(f) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{(2n+1)T_V} |X_n(f)|^2 \quad (2.55)$$

Podle Wiener -Chinčineva teorému je výkonová spektrální hustota náhodného procesu $x(t)$ Fourierovou transformací jeho autokorelační funkce

$$S_{xx}(f) = \int R_{xx}(\tau) e^{-j2\pi f \tau} d\tau \quad (2.56)$$

Výkonová spektrální hustota popisuje vlastnosti náhodného procesu a vzájemná výkonová spektrální hustota pak vztah mezi dvěma (i více) náhodnými procesy.

Vzájemná výkonová spektrální hustota dvou realizací náhodných procesů $x(t)$ a $y(t)$ se určí z výrazu

$$S'_{xy}(f) = \lim_{T \rightarrow \infty} \mathbb{E} \left\{ \frac{1}{T} X_T^*(f) Y_T(f) \right\} \quad (2.57)$$

U ergodických procesů platí

$$S_{xy}(f) = S'_{xy}(f) \quad (2.58)$$

Obecné vlastnosti vzájemných výkonových spektrálních hustot se vyjádří rovnostmi

$$S_{xy}(-f) = S_{xy}(f) = S_{xy}^*(f) \quad (2.59)$$

$$|S_{xy}(f)|^2 = S_{xx}(f) S_{yy}(f) \quad (2.60)$$

Rovněž pro jednostrannou vzájemnou výkonovou spektrální hustotu lze použít ekvivalentní výraz, jako je (2.51) pro

$$G_{xy}(f) = 2 S_{xy}(f) \quad (2.61)$$

Vzhledem k tomu, že se jedná o funkci komplexní proměnné, lze

$$G_{xy}(f) = |G_{xy}(f)| e^{-j\varphi_{xy}(f)} \quad (2.62)$$

kde φ_{xy} je fáze,

eventuelně v ortogonálním tvaru

$$G_{xy}(f) = C_{xy}(f) - jQ_{xy}(f) \quad (2.63)$$

zde $C_{xy}(f)$ je tzv. koincidenční spektrální hustota a imaginární část $Q_{xy}(f)$ je tzv. kvadraturní spektrální hustota.

Pro koincidenční a kvadraturní spektrální hustotu platí

$$C_{xy}(-f) = C_{xy}(f) \quad (2.64)$$

$$Q_{xy}(-f) = -Q_{xy}(f)$$

Vzájemná výkonová spektrální hustota diskrétních náhodných časových řad

$$S_{xy}(f) = \lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{(2n+1)T} X_n^*(f) Y_n(f) \quad (2.65)$$

přičemž $X_n(f)$ a $Y_n(t)$ se vypočte Fourierovou transformací podle (2.53). Vzájemnou výkonovou spektrální hustotu je mož-

no určit Fourierovou transformací vzájemné korelační funkce
procesů $x(t)$ a $y(t)$

$$S_{xy}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} R_{xy}(\tau) e^{-j2\pi f\tau} d\tau \quad (2.66)$$

3.0. PROSTŘEDKY A METODY EXPERIMENTU

Tato část práce popisuje experimentální zařízení, podmínky experimentu pro vybranou skupinu pěti typů dříve popsaných jednovlnových vlnovcových pneumatických pružin.

3.1. Experimentální zařízení

Při určování dynamických vlastností pneumatických pružin používaných ve vibroizolátorech je možno vycházet ze dvou přístupů - deterministického [106] a stochastického [107]. Volba jednoho z těchto přístupů je dána jednak metodikou zpracování výsledků experimentu a hlavně možnostmi experimentálního zařízení.

Pro volbu deterministického přístupu hovoří jednodušší metoda zpracování výsledků měření. Pro určení dynamických vlastností je však třeba provést experiment v celém rozsahu frekvencí s přesně definovanou amplitudou sledované veličiny.

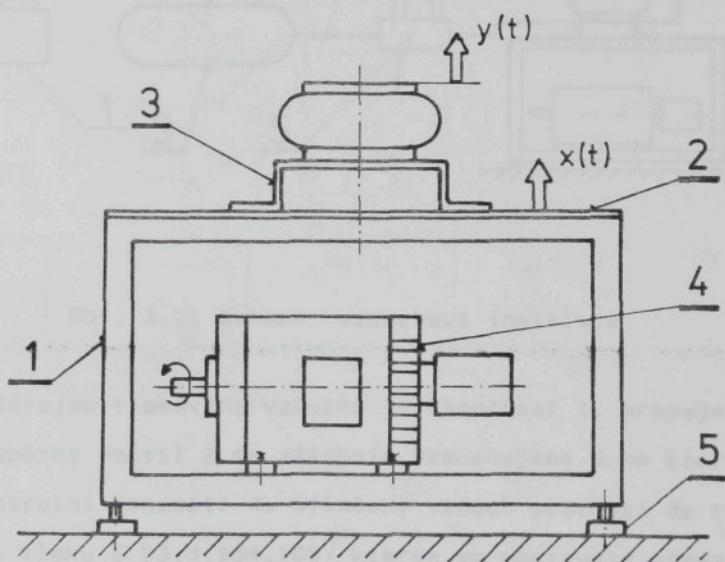
Naopak pro stochastický přístup je charakteristický poměrně jednoduchý experiment, který obecně vzato, při použití výpočetní techniky, nepotřebuje ani příliš složité měřicí zařízení. Samozřejmě existují měřicí aparatury, které naměřené údaje ve spojení s výpočetní technikou zpracovávají.

Vzhledem k tomu, že na KST VŠST nejsou k dispozici měřicí přístroje k měření korelačních funkcí ani vzájemných korelačních funkcí, rovněž tak nelze změřit vzájemnou výkovou spektrální hustotu a není zde ani zařízení vyvolávající (produkující) definované vibrace, bylo nutné před započatím experimentů navrhnout a vyrobit jednoduché experimentální

zařízení, kterým je možno vyvolat náhodné vibrace (s omezeným spektrem a s deterministickou složkou).

Měřicí technika je na katedře zastoupena zařízením pro měření mechanického kmitání formy RFT (NDR) Schwingungsmessgerät SM 231 s piezoelektrickými snímači zrychlení KD 35 a dále Tertzoktawanalysator TOA 01003 pro 1/1 a 1/3 oktávovou analýzu kmitání v rozsahu 2 Hz až 63 kHz. Pro současný záznam vstupního budicího signálu a odezvy na něj se používal osmismýčkový oscilograf Acht Kanal-Lichtsreiber 8LS1, rovněž firmy RFT.

Zdrojem náhodných vibrací je zařízení schematicky znázorněné na obr. 3.1. Skládá se z rámu 1, který je svařen z ocelových Jäckelových uzavřených profilů. V horní části rámu je šrouby upevněna ocelová rezonanční deska 2, na níž se upevňují tvarové příruby 3, jejichž uchycovací rozměry jsou stej-

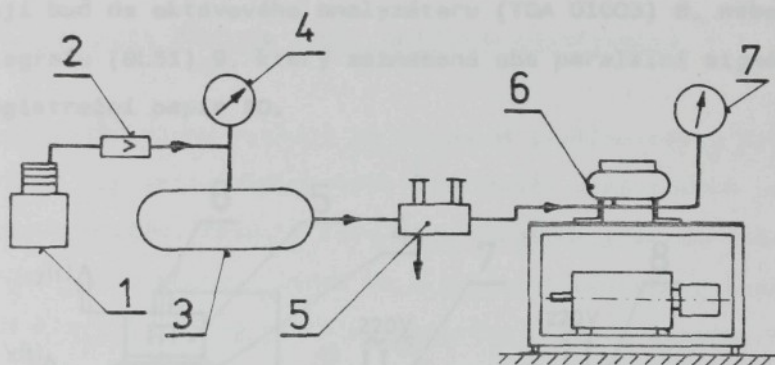


Obr.3.1. Vibrační zařízení

né pro všechny typy zkoumaných pružin. Na tvarové příruby se připevňují příruby pneumatických pružin a snímače zrychlení. Je zde rovněž šroubení pro přívod tlakového vzduchu.

Ve spodní části rámu je na patkách upevněn elektromotor 4 o výkonu 1,7 kW a regulátorem otáček ROME. Celé zařízení je možno pomocí stavěcích šroubů 5 s opěrnými hlavami vyrovnat do vodorovné polohy.

Všechny pneumatické pružiny potřebují pro svou funkci stlačený vzduch. Proto je nevyhnutelnou částí experimentálního zařízení i vzduchová instalace, která je schematicky znázorněna na obr. 3.2.

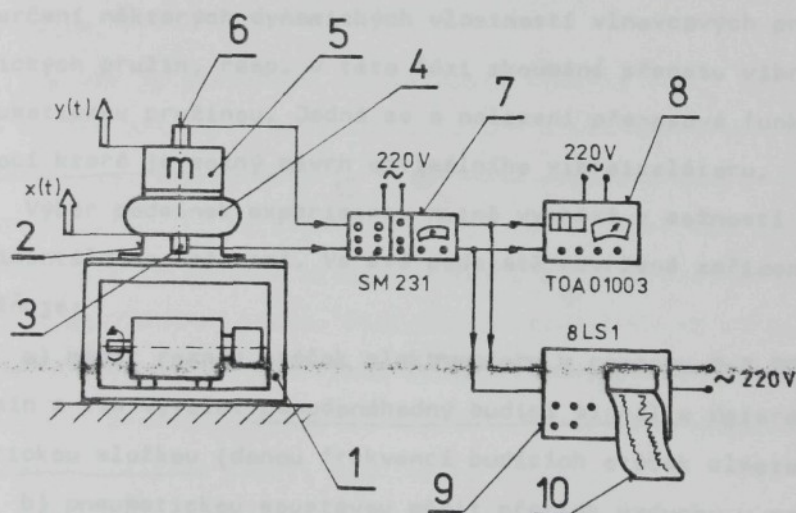


Obr. 3.2. Schema vzduchové instalace

Zdrojem tlakového vzduchu je kompresor 1, propojený přes zpětný ventil 2 se zásobním vzduchojeme 3, na kterém je kontrolní manometr 4. Stlačený vzduch prochází do regulátoru tlaku 5 [3,4,108,109] kterým se nastavuje předepsaný (experimentem požadovaný) tlak v pneumatické pružině 6. Nastavený tlak je kontrolován přístrojovým kontrolním manomet-

rem 7. K propojení je používána pryžová hadice Js4 ČSN 63 5030.

Na obr. 3.3 je schéma zapojení měřicí a registrační části zařízení. Na zdroji náhodných vibrací 1 je na tvarové přírubě 2 upevněn piezoelektrický snímač 3, který snímá budící vstupní signály (v tomto případě zrychlení) x přicházející na spodní část pneumatické pružiny. Tyto signály se průchodem přes pružinu 4 transformují na výstupní signál (odezvu) y , kterým je rovněž zrychlení. Odezva y na vstupní signál x je snímána piezoelektrickým snímačem 6 a paralelně se vstupním signálem přenášena do přístroje (SM 231) 7, kterým je možno určit hladiny efektivních hodnot zrychlení. Odtud signály postupují buď do oktávového analyzátoru (TOA 01003) 8, nebo do oscilografu (8LS1) 9, který zaznamená oba paralelní signály na registrační papír 10.



Obr. 3.3. Schéma zapojení měřicího a registračního zařízení

3.2. Návrh experimentu

Při návrhu experimentu se vychází z nutnosti získat co největší rozsah informací o zkoumaných pneumatických pružinách. Každý experiment musí pro splnění této podmínky obsahovat tyto etapy [106, 107]

- a) definovat úlohu a vybrat podmínky experimentu,
- b) provést vlastní experiment se směrem dat,
- c) zpracování výsledků experimentu,
- d) analýzu výsledků experimentu.

3.2.1. Definice úlohy a výběr podmínek experimentu

Definice úlohy vychází ze zkoumané problematiky, kterou je určení některých dynamických vlastností vlnovcových pneumatických pružin, resp. v této fázi zkoumání přenosu vibrací pneumatickou pružinou. Jedná se o nalezení přenosové funkce, pomocí které je možný návrh optimálního vibroizolátoru.

Výběr podmínek experimentu nutně vychází z možností experimentálního zařízení. Ve své podstatě navržené zařízení umožňuje:

- a) měnit rozsah otáček elektromotoru v rozsahu 0–2 880 ot/min a tím vyvolat pseudonáhodný budicí signál s deterministickou složkou (danou frekvencí budících otáček elmotoru),
- b) pneumatickou soustavou měnit přetlak vzduchu v pneumatické pružině v rozsahu 0–0,7 MPa (extrémně možno dosáhnout tlaku 1,0 MPa), těmito změnami přetlaku vyvolat změnu únosnosti pneumatických pružin,
- c) měnit nosnou plochu pneumatické pružiny tím, že do tva-

rové příruby je uchycena další ze sady zkoumaných pružin,

d) měnit zatížení pneumatické pružiny výměnou závaží umístěného na pružině,

e) určit a registrovat průběh zrychlení, resp. efektivních hodnot zrychlení,

f) provádět 1/1 oktávovou a 1/3 oktávovou analýzu efektivních hodnot zrychlení v rozsahu 2 Hz-63 kHz (prakticky se analýza provádí podle druhu snímačů v rozsahu 5 Hz-31,5 kHz).

g) vyvolat skokovou funkci,

h) provést současný časový záznam dvou paralelních signálů.

2.3. Vlastní experiment

Průběh vlastního experimentu je rozdělen do dvou základních úseků.

V prvním je prováděna 1/3 oktávová analýza všech pěti typů pružin při dvou budicích otáčkách elektromotoru. V počáteční fázi, experimentu je frekvenčně zkoumána odezva na vstupní vibrace pouze pláště pružiny (vnitřní přetlak $p_p=0$), v další fázi je podobně zkoumána odezva při přetlacích ($p_p = 0,2; 0,5$ MPa) a dvou hmotnostech závaží ($m_z=5,1; 8,9$ kg). V obou fázích je vždy dodržena budicí frekvence otáček elektromotoru, přesnost nastavení otáček kontrolována nastavením velikosti budicího napětí regulátoru otáček.

V druhém úseku experimentů se provádí paralelní časový záznam průběhu zrychlení spodní části pneumatické pružiny a odezva na horním víku pružiny při dodržení podmínek stejných jako při 1/3 oktávové analýze.

4.0 ZPRACOVÁNÍ VÝSLEDKU MĚŘENÍ

Měření, jak je uvedeno v předchozí kapitole, je prováděno ve dvou úrovních. V první je prováděna 1/3 oktávová analýza průběhu efektivních hodnot vstupních a výstupních zrychlení. Ve druhé je prováděn simultánní paralelní záznam časových průběhů zrychlení.

4.1. Výpočet veličin potřebných pro analýzu vibroizolačních schopností PP

Výpočet vychází z naměřených celkových hladin efektivních hodnot zrychlení v osovém (podélném) směru PP. Vstupní veličina je označena a_{ij} a výstupní pak $a_{p_{ij}}$, kde index i označuje číslo pružiny a j číslo měření. Dále se vychází z naměřených podílů efektivních hodnot zrychlení jednotlivých frekvenčních pásem na příslušných celkových hladinách, $F_{vij}(f_k)$ resp. $F_{p_{ij}}(f_k)$ ve směru podélné osy PP.

Pro jednodušší zhodnocení měření a snazší orientaci o získaných výsledcích je výhodné vztáhnout veličiny $F_{vij}(f_k)$ a $F_{p_{ij}}(f_k)$ ke zvolené vztažné hladině A efektivních hodnot měřené veličiny. Hodnoty podílů efektivních hodnot vstupního $F_{vij}(f_k)$ a výstupního $F_{p_{ij}}(f_k)$ procesu lze určit ze vztahů

$$F_{vij}(f_k) = 20 \log \frac{a_{vij}(f_k)}{A} = 10 \log \frac{a_{vij}^2(f_k)}{A^2} \quad (4.1)$$

$$F_{p_{ij}}(f_k) = 20 \log \frac{a_{p_{ij}}(f_k)}{A} = 10 \log \frac{a_{p_{ij}}^2(f_k)}{A^2}$$

Z rovnic (4.1) lze vyjádřit $a_{vi}(f_k)$ i $a_{pi}(f_k)$, což jsou efektivní hodnoty zrychlení vstupního a výstupního procesu v jednotlivých frekvenčních pásmech příslušných frekvencí f_k ve tvaru

$$a_{vij}(f_k) = A 10^{0,05 F_{vij}(f_k)} = A^2 10^{0,1 F_{vij}(f_k)}$$

$$a_{pij}(f_k) = A 10^{0,05 F_{pij}(f_k)} = A^2 10^{0,1 F_{pij}(f_k)} \quad (4.2)$$

V [112] je uveden poměrový součinitel λ_{vp} , který udává vztah mezi vstupní veličinou $a_{vij}(f_k)$ a výstupní veličinou $a_{pij}(f_k)$ v určitém frekvenčním pásmu f_k :

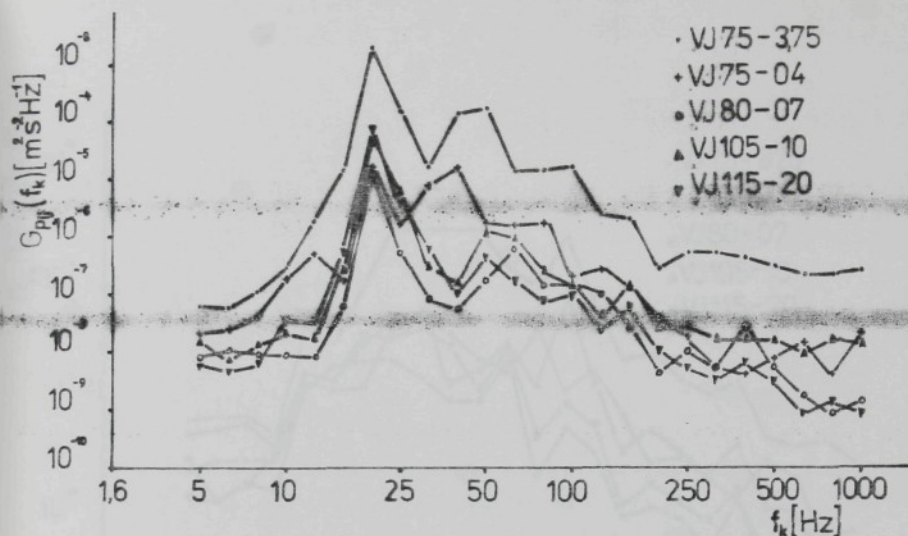
$$\lambda_{vp_{ij}} = 10^{0,05 [F_{vij}(f_k) - F_{pij}(f_k)]} \quad (4.3)$$

Z průběhů opakovaných experimentů vyplývá, že efektivní hodnoty zrychlení jsou při neměnných provozních poměrech buzení, statisticky stálé veličiny a odpovídají výkonům na jednotlivých frekvencích pásmech se šířkou B_r . Proto z nich lze vypočítat spektrální výkonové hustoty efektivních hodnot zrychlení $G(f_k)_{vij}$. Ze vztahu (4.2) lze po rozdělení výkonu na jednotku frekvence vypočítat výkonovou spektrální hustotu z výrazů

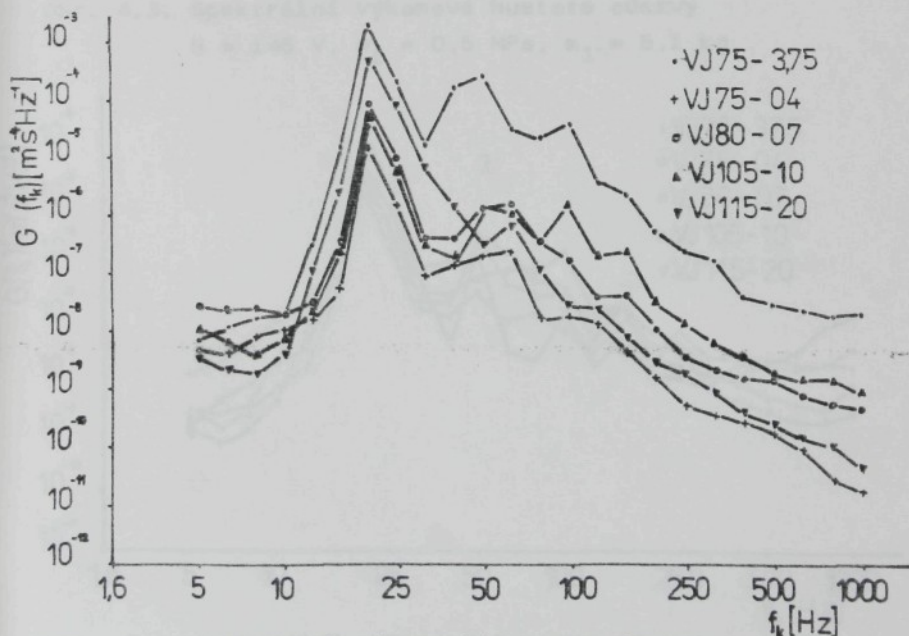
$$G_{vij}(f_k) = \frac{A^2}{B_r} 10^{0,1 F_{vij}(f_k)} \quad (4.4)$$

$$G_{pij}(f_k) = \frac{A^2}{B_r} 10^{0,1 F_{pij}(f_k)}$$

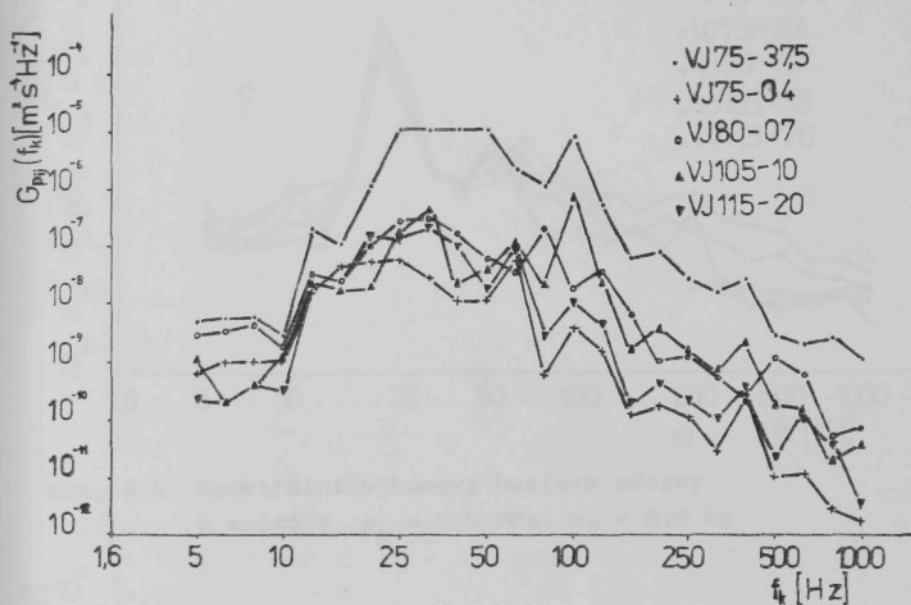
Na obr. 4.1 - 4.9 jsou znázorněny průběhy spektrálních výkonových hustot zrychlení výstupních procesů $G_{pij}(f_k)$ pro jednotlivé pneumatické pružiny. Na obr. 4.10 je znázorněn průběh spektrálních výkonových hustot vstupních procesů



Obr. 4.1. Spektrální výkonová hustota odezvy
 $b = 145 \text{ V}$, $p_p = 0,0 \text{ MPa}$, $m_1 = 4,1 \text{ kg}$

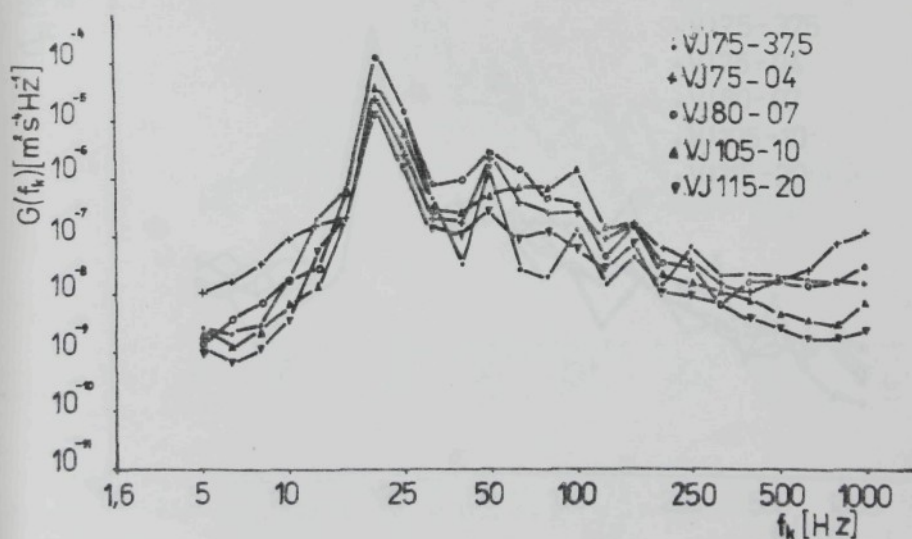


Obr. 4.2. Spektrální výkonová hustota odezvy
 $b = 145 \text{ V}$, $p_p = 0,2 \text{ MPa}$, $m_1 = 5,1 \text{ kg}$



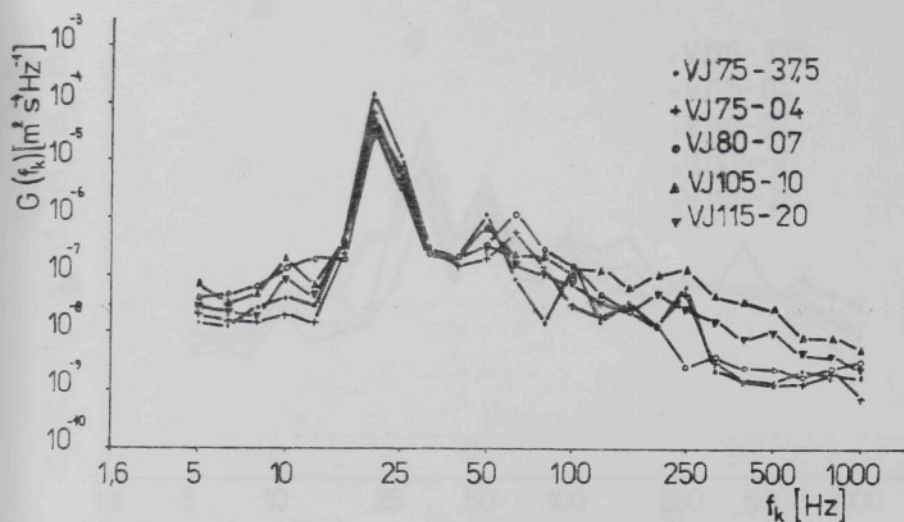
Obr. 4.3. Spektrální výkonová hustota odezvy

$b = 145 \text{ V}$, $p_p = 0,5 \text{ MPa}$, $m_1 = 5,1 \text{ kg}$

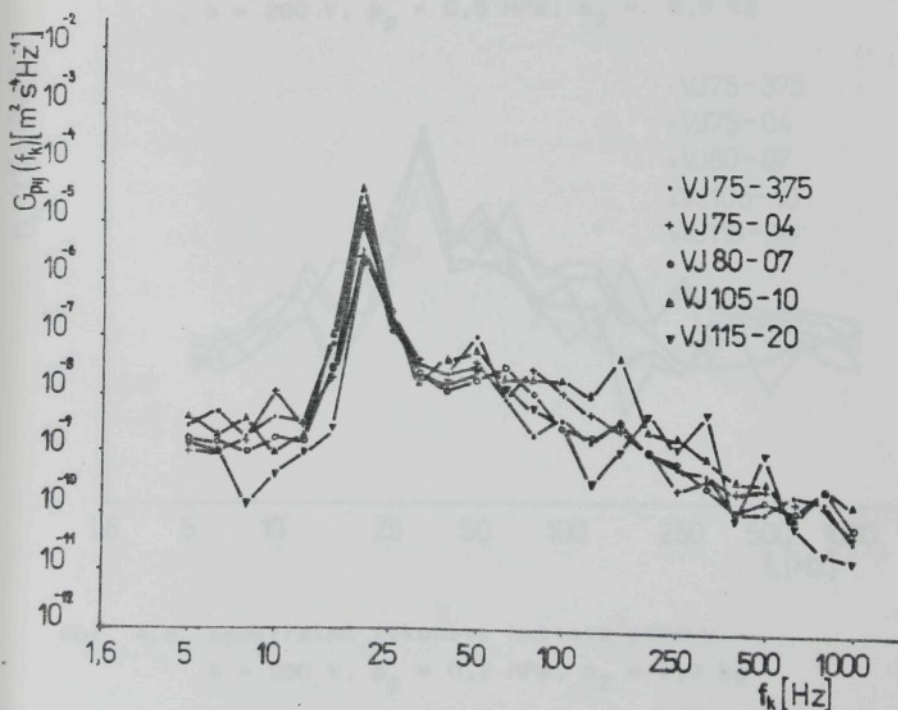


Obr. 4.4. Spektrální výkonová hustota odezvy

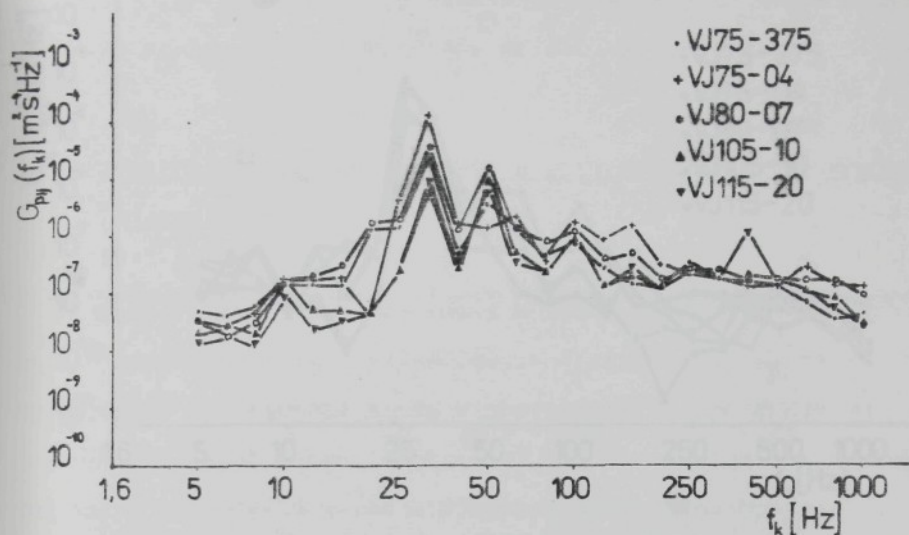
$b = 145 \text{ V}$, $p_p = 0,0 \text{ MPa}$, $m_1 = 8,9 \text{ kg}$



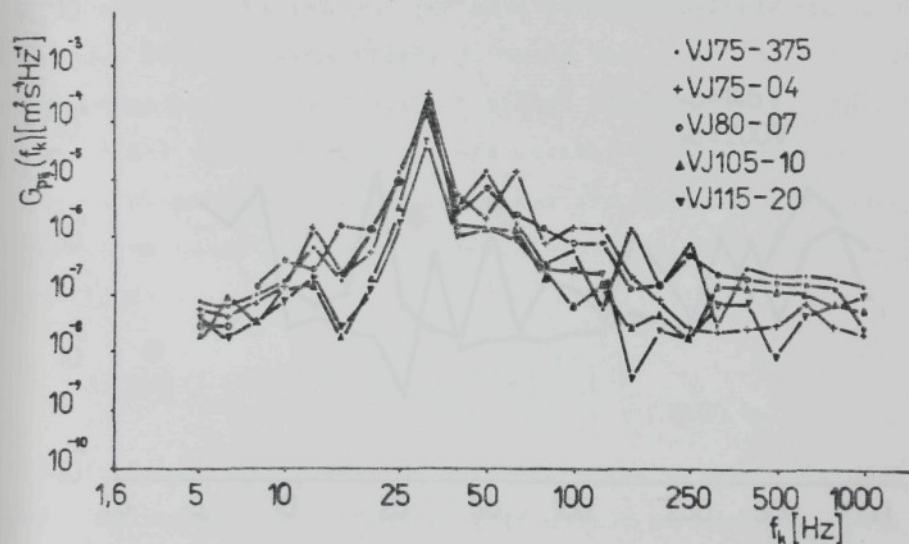
Obr. 4.5. Spektrální výkonová hustota odezvy
 $b = 145 \text{ V}$, $p_p = 0,0 \text{ MPa}$, $m_2 = 8,9 \text{ kg}$



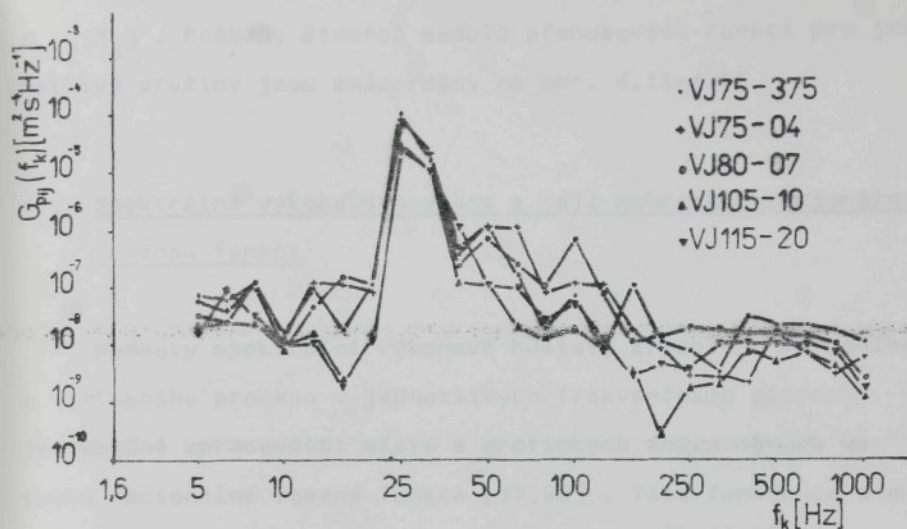
Obr. 4.6. Spektrální výkonová hustota odezvy
 $b = 145 \text{ V}$, $p_p = 0,5 \text{ MPa}$, $m_2 = 8,9 \text{ kg}$



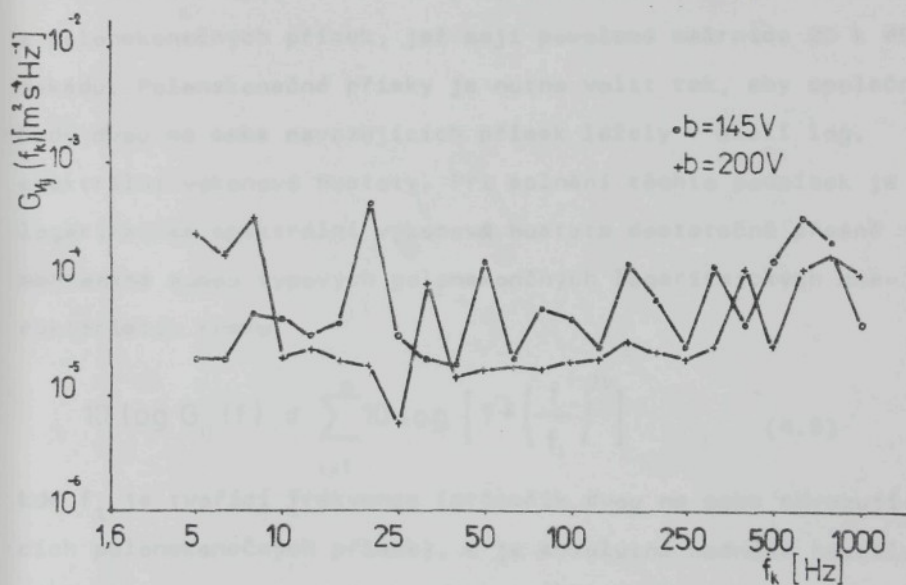
Obr. 4.7. Spektrální výkonová hustota odezvy
 $b = 200 \text{ V}$, $p_p = 0,6 \text{ MPa}$, $m_2 = 8,9 \text{ kg}$



Obr. 4.8. Spektrální výkonová hustota odezvy
 $b = 200 \text{ V}$, $p_p = 0,2 \text{ MPa}$, $m_2 = 8,9 \text{ kg}$



Obr. 4.9. Spektrální výkonová hustota odevzy
 $b = 200 \text{ V}$, $p_p = 0,5 \text{ MPa}$, $m_2 = 8,9 \text{ kg}$



Obr. 4.10. Spektrální výkonová hustota vstupního
 procesu

$G_{vij}(f_k)$. Průběhy čtverců modulů přenosových funkcí pro jednotlivé pružiny jsou znázorněny na obr. 4.11-4.19.

4.2. Spektrální výkonové hustota a její nahrazení racionální lomenou funkcí

Hodnoty spektrální výkonové hustoty zrychlení vstupního a výstupního procesu v jednotlivých frekvenčních pásmech je výhodné zpracovávat místo v grafických znázorněních ve tvaru racionálně lomené funkce [97,98]. Tato funkce je analytickým vyjádřením průběhu výkonové spektrální hustoty.

Při tomto způsobu nahrazení je využito metody aproximace spektrální výkonové hustoty $G(f)$ lomenou křivkou složenou z polonekonečných přímek, jež mají povolené směrnice 20 k dB/dekádu. Polonekonečné přímky je nutno volit tak, aby společné body dvou na sebe navazujících přímek ležely v okolí log. spektrální výkonové hustoty. Při splnění těchto podmínek je logaritmická spektrální výkonová hustota dostatečně přesně nahrazena sumou typových polonekonečných logaritmických charakteristik tvaru

$$10 \log G_{ij}(f) = \sum_{i=1}^n 10 \log \left[1 + \left(\frac{f}{f_i} \right)^{2k} \right] \quad (4.5)$$

kde f_i je tvořící frekvence (průsečík dvou na sebe navazujících polonekonečných přímek), k je absolutní hodnota rozdílu náklonu (směrnice) předcházející a následující přímky v místě f_i .

Aproximujeme-li tímto způsobem funkci $G(f)$, dostaneme pro logaritmickou spektrální výkonovou hustotu vztah

$G_{vij}(f_k)$. Průběhy čtverců modulů přenosových funkcí pro jednotlivé pružiny jsou znázorněny na obr. 4.11-4.19.

4.2. Spektrální výkonové hustota a její nahrazení racionální lomenou funkcí

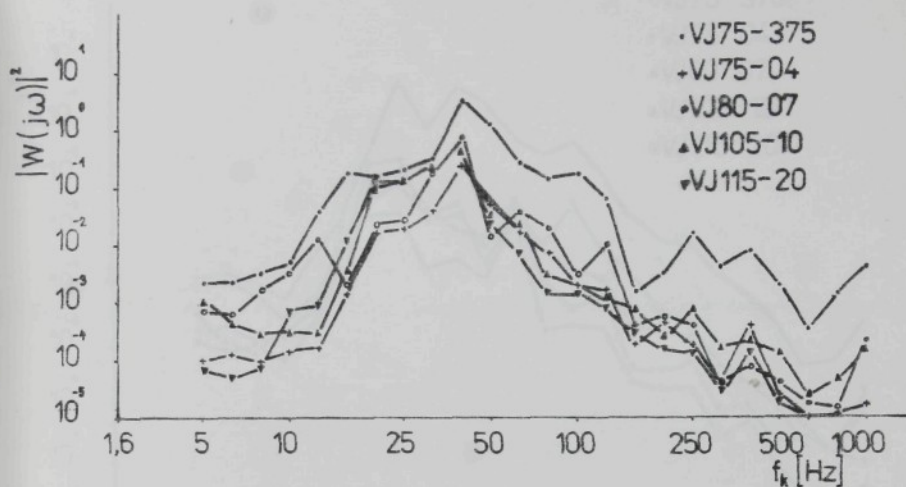
Hodnoty spektrální výkonové hustoty zrychlení vstupního a výstupního procesu v jednotlivých frekvenčních pásmech je výhodné zpracovávat místo v grafických znázorněních ve tvaru racionálně lomené funkce [97,98]. Tato funkce je analytickým vyjádřením průběhu výkonové spektrální hustoty.

Při tomto způsobu nahrazení je využito metody aproximace spektrální výkonové hustoty $G(f)$ lomenou křivkou složenou z polonekonečných přímek, jež mají povolené směrnice 20 k dB/dekádu. Polonekonečné přímky je nutno volit tak, aby společné body dvou na sebe navazujících přímek ležely v okolí log. spektrální výkonové hustoty. Při splnění těchto podmínek je logaritmická spektrální výkonová hustota dostatečně přesně nahrazena sumou typových polonekonečných logaritmických charakteristik tvaru

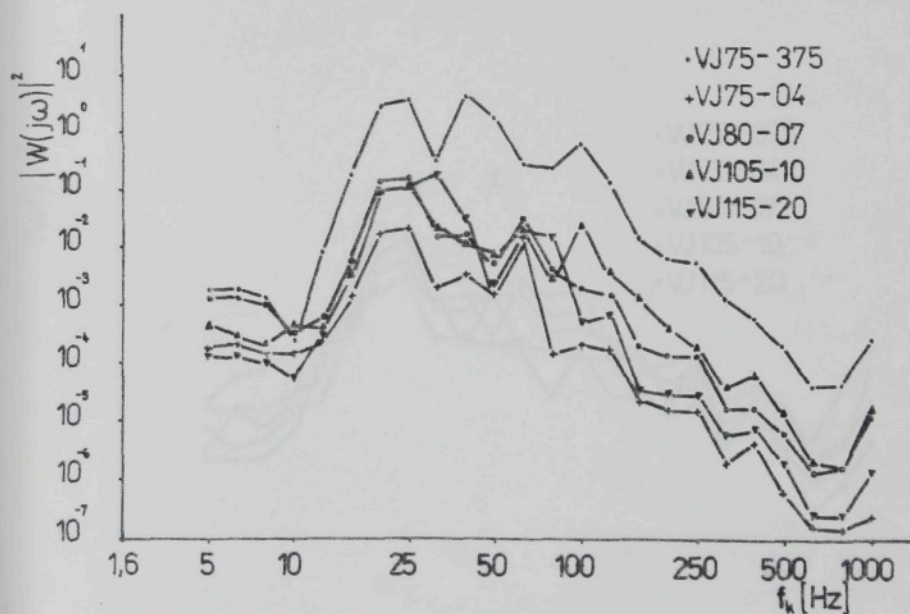
$$10 \log G_{ij}(f) = \sum_{i=1}^n 10 \log \left[1 + \left(\frac{f}{f_i} \right)^{2k} \right] \quad (4.5)$$

kde f_i je tvořící frekvence (průsečík dvou na sebe navazujících polonekonečných přímek), k je absolutní hodnota rozdílu náklonu (směrnice) předcházející a následující přímky v místě f_i .

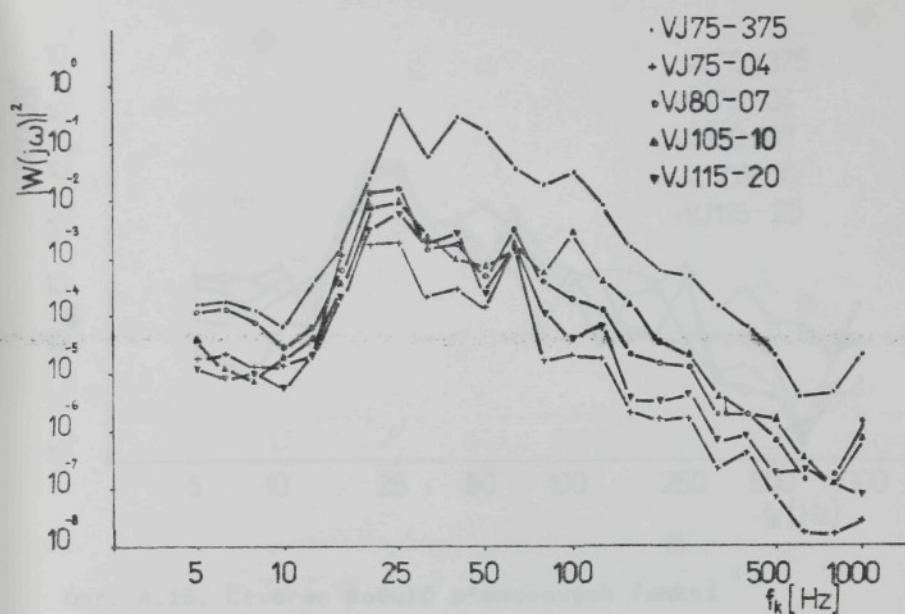
Aproximujeme-li tímto způsobem funkci $G(f)$, dostaneme pro logaritmickou spektrální výkonovou hustotu vztah



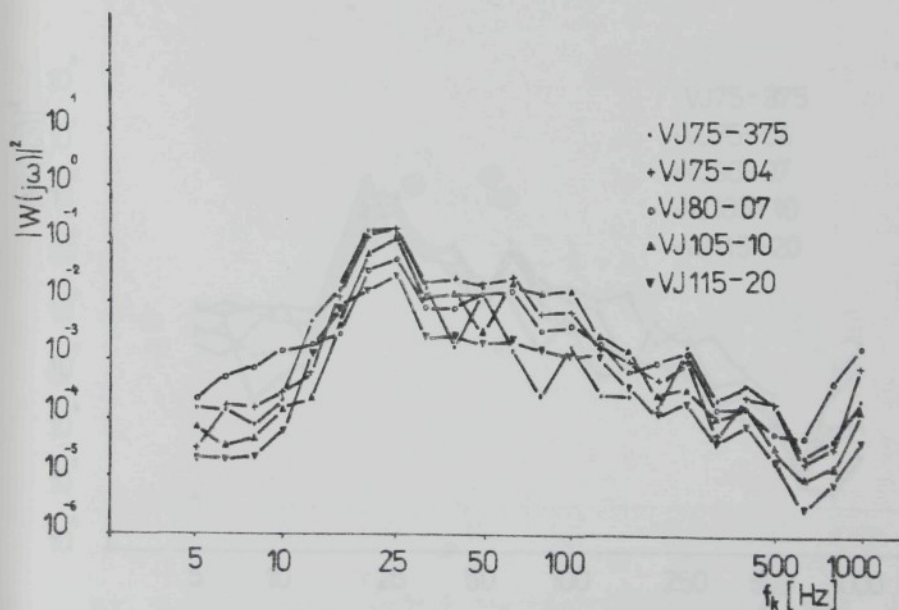
Obr. 4.11. Čtverec modulů přenosových funkcí
 $b = 145 \text{ V}$, $p_p = 0,0 \text{ MPa}$, $m_1 = 5,1 \text{ kg}$



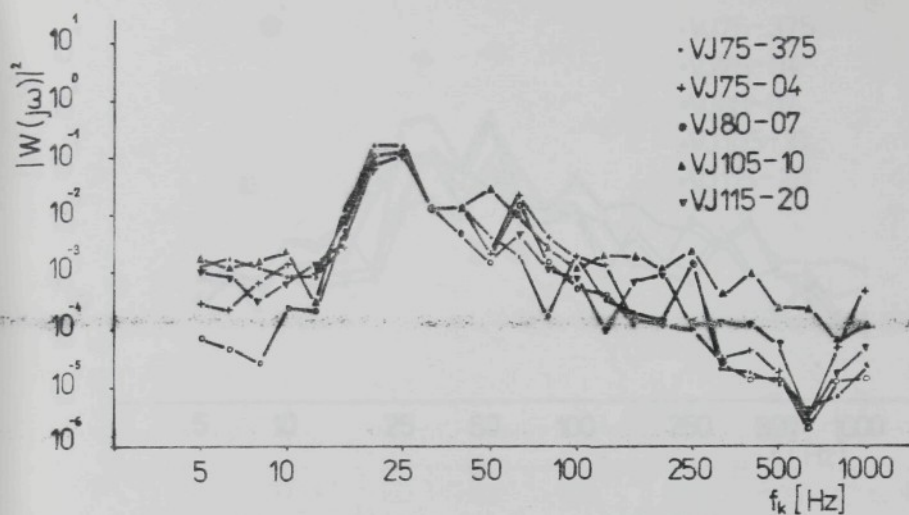
Obr. 4.12. Čtverec modulů přenosových funkcí
 $b = 125 \text{ V}$, $p_p = 0,5 \text{ MPa}$, $m_1 = 5,1 \text{ kg}$



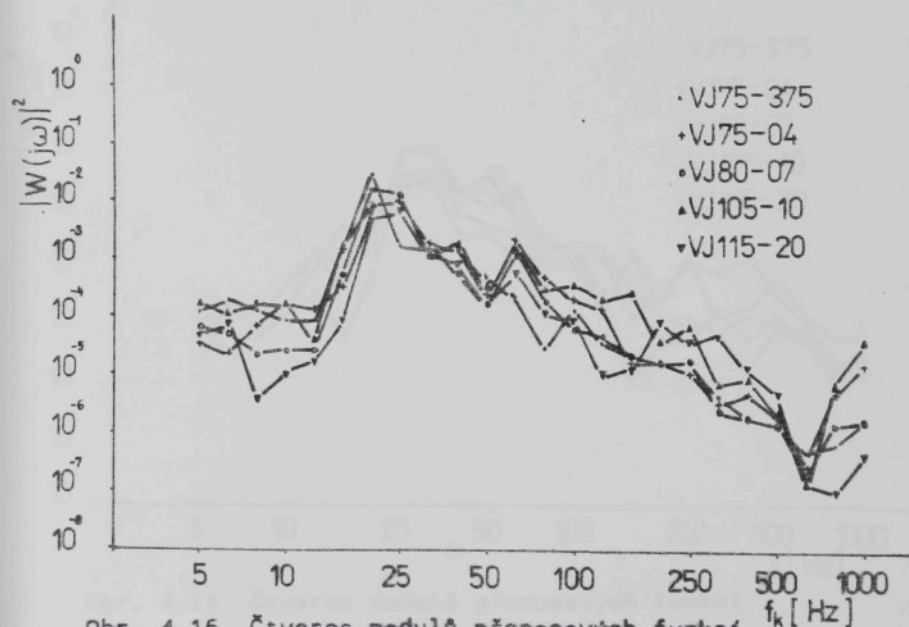
Obr. 4.13. Čtverec modulů přenosových funkcí
 $b = 1\text{m}45 \text{ V}$, $p_p = 0,8 \text{ MPa}$, $m_1 = 5,1 \text{ kg}$



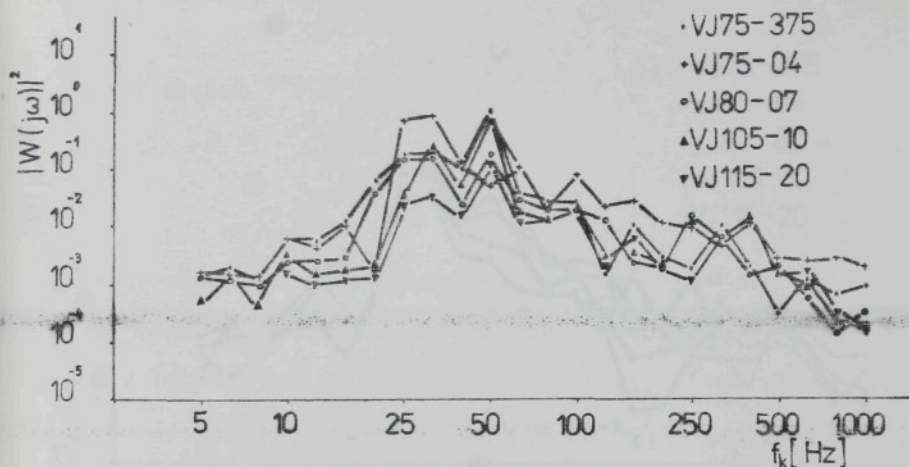
Obr. 4.14. Čtverec modulů přenosových funkcí
 $b = 145 \text{ V}$, $p_p = 0,0 \text{ MPa}$, $m_2 = 8,9 \text{ kg}$



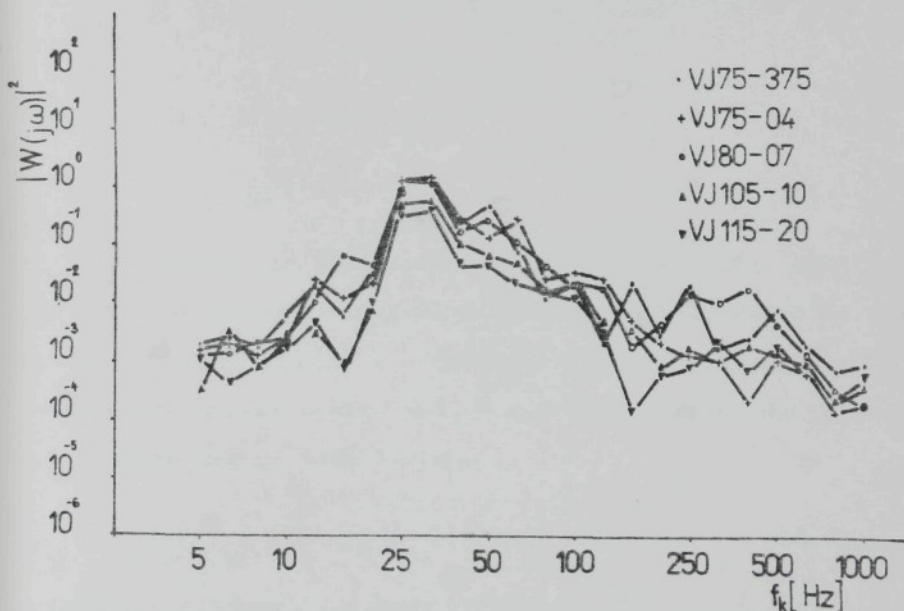
Obr. 4.15. Čtverec modulů přenosových funkcí
 $b = 145 \text{ V}$, $p_p = 0,2 \text{ MPa}$, $m_2 = 8,9 \text{ kg}$



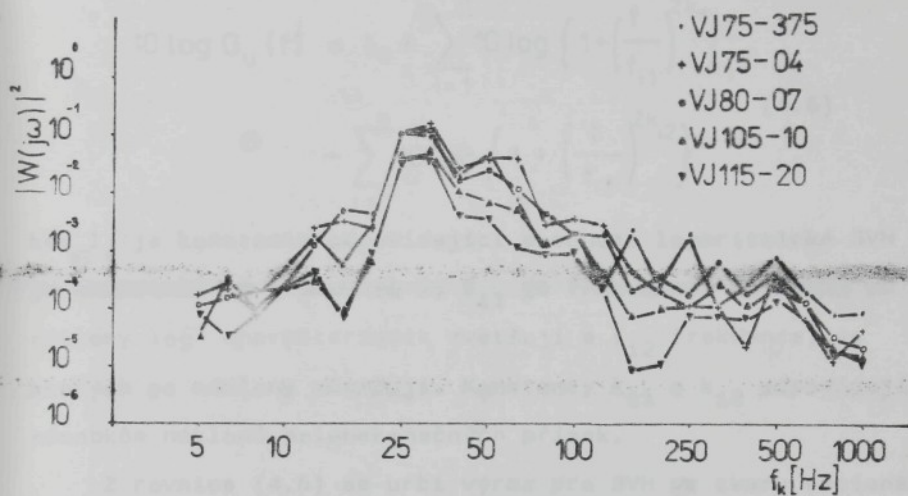
Obr. 4.16. Čtverec modulů přenosových funkcí
 $b = 145 \text{ V}$, $p_p = 0,5 \text{ MPa}$, $m_2 = 8,9 \text{ kg}$



Obr. 4.17. Čtverec modulů přenosových funkcí
 $b = 200 \text{ V}$, $p_p = 0,0 \text{ MPa}$, $m_2 = 8,9 \text{ kg}$



Obr. 4.18. Čtverec modulů přenosových funkcí
 $b = 200 \text{ V}$, $p_p = 0,2 \text{ MPa}$, $m_2 = 8,9 \text{ kg}$



Obr. 4.19. Čtverec modulů přenosových funkcí

$b = 200 \text{ V}$, $p_p = 0,2 \text{ MPa}$, $m_2 = 8,9 \text{ kg}$

$$10 \log G_{ij}(f) = l_0 + \sum_{i=1}^n 10 \log \left\{ 1 + \left(\frac{f}{f_{i1}} \right)^{2k_{i1}} \right\} - \sum_{i=1}^n 10 \log \left\{ 1 + \left(\frac{f}{f_{i2}} \right)^{2k_{i2}} \right\} \quad (4.6)$$

kde l_0 je konstanta odpovídající posunutí logaritmické SVH a je nezávislá na frekvenci f ; f_{i1} je frekvence, ve které se náklony log charakteristik zvětšují a f_{i2} frekvence, ve kterých se náklony zmenšují. Konstanty k_{i1} a k_{i2} odpovídají násobkům náklonů polonekonečných přímk.

Z rovnice (4.6) se určí výraz pro SVH ve tvaru racionální lomené funkce

$$G_{ij}(f) = C \frac{\prod_{i=1}^n \left[1 + \left(\frac{f}{f_{i1}} \right)^{2k_{i1}} \right]}{\prod_{i=1}^n \left[1 + \left(\frac{f}{f_{i2}} \right)^{2k_{i2}} \right]} \quad (4.7)$$

kde konstanta C je dána

$$C = 10^{0,1 l_0} \quad (4.8)$$

Provede-li se aproximace výsledků měření log. spektrální výkonové hustoty racionálně lomenou funkcí, získá se v podstatě odhad vyhlazené funkce. Z průběhů spektrálních výkonových hustot z obr. 4.1. - 4.9 přepočtených do logaritmických hodnot podle vztahu

$$G'_{vij}(f)_{\log} = 10 \log G_{vij}(f) \quad (4.9)$$

získáme pro jednotlivé sady PP následující racionálně lomené funkce

a) budicí napětí $b = 145$ V, hmotnost $m_1 = 5,1$ kg

přetlak $p_p = 0 \text{ MPa}$

$$G_{yy}(f)_{11} = 10^{-8} \frac{\left[1 + \left(\frac{f}{6,3}\right)^6\right] \left[1 + \left(\frac{f}{50}\right)^6\right]}{\left[1 + \left(\frac{f}{20}\right)^{12}\right]} \quad (4.10)$$

přetlak $p_p = 0,2 \text{ MPa}$

$$G_{yy}(f)_{12} = 10^{-8} \frac{\left[1 + \left(\frac{f}{6,3}\right)^6\right] \left[1 + \left(\frac{f}{160}\right)^2\right]}{\left[1 + \left(\frac{f}{20}\right)^8\right]} \quad (4.11)$$

přetlak $p_p = 0,5 \text{ MPa}$

$$G_{yy}(f)_{13} = 10^{-9} \frac{\left[1 + \left(\frac{f}{4}\right)^2\right] \left[1 + \left(\frac{f}{80}\right)^2\right]}{\left[1 + \left(\frac{f}{25}\right)^4\right]} \quad (4.12)$$

b) budicí napětí $b = 145 \text{ V}$, hmotnost $m_e = 8,9 \text{ kg}$

přetlak $p_p = 0 \text{ MPa}$

$$G_{yy}(f)_{21} = 10^{-8,2} \frac{\left[1 + \left(\frac{f}{6,3}\right)^2\right] \left[1 + \left(\frac{f}{63}\right)^2\right]}{\left[1 + \left(\frac{f}{31,5}\right)^4\right]} \quad (4.13)$$

přetlak $p_p = 0,2 \text{ MPa}$

$$G_{yy}(f)_{22} = 10^{-8} \frac{\left[1 + \left(\frac{f}{5}\right)^2\right] \left[1 + \left(\frac{f}{100}\right)^2\right]}{\left[1 + \left(\frac{f}{31,5}\right)^4\right]} \quad (4.14)$$

přetlak $p_p = 0,5 \text{ MPa}$

$$G_{yy}(f)_{23} = 10^{-7,4} \frac{\left[1 + \left(\frac{f}{6,3}\right)^4\right] \left[1 + \left(\frac{f}{90}\right)^4\right]}{\left[1 + \left(\frac{f}{25}\right)^8\right]} \quad (4.15)$$

c) budicí napětí $b = 200 \text{ V}$, hmotnost $m_e = 8,9$

přetlak $p_p = 0 \text{ MPa}$

$$G_{yy}(f)_{31} = 10^{-9} \frac{\left[1 + \left(\frac{f}{5}\right)^6\right] \left[1 + \left(\frac{f}{40}\right)^2\right]}{\left[1 + \left(\frac{f}{20}\right)^8\right]} \quad (4.16)$$

přetlak $p_p = 0,2 \text{ MPa}$

$$G_{yy}(f)_{32} = 10^{-9} \frac{\left[1 + \left(\frac{f}{63}\right)^6\right] \left[1 + \left(\frac{f}{100}\right)^2\right]}{\left[1 + \left(\frac{f}{20}\right)^8\right]} \quad (4.17)$$

přetlak $p_p = 0,5 \text{ MPa}$

$$G_{yy}(f)_{33} = 10^{-8} \frac{\left[1 + \left(\frac{f}{6,3}\right)^4\right] \left[1 + \left(\frac{f}{90}\right)^4\right]}{\left[1 + \left(\frac{f}{25}\right)^8\right]} \quad (4.18)$$

Spektrální výkonovou hustotu vstupních procesů lze popsat stejným způsobem. Proložení polonekonečných přímek v blízkosti funkce, které jsou v tomto případě rovnoběžné s vodorovnou osou, dostaneme pro spektrální výkonovou hustotu vstupního procesu vztah

pro budicí napětí $b = 145 \text{ V}$

$$G_{xx}(f)_1 = \text{konst} = 10^{-4,1} \quad (4.19)$$

a pro budicí napětí $b = 200 \text{ V}$

$$G_{xx}(f)_2 = \text{konst} = 10^{-4,6} \quad (4.20)$$

Vzhledem k tomu, že mezi vstupním budicím procesem a odezvou na něj platí operátorový vztah (2.1), je možno s využitím Parsevalovy věty vypočíst jednostranné spektrální výkonové hustoty odezvy $G_{yy}(\omega)$ ze vztahu

$$\begin{aligned}
 G_{yy}(\omega) &= \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} X(j\omega) X(-j\omega) \times \\
 &\quad \times W(j\omega) W(-j\omega) = \\
 &= G_{xx}(\omega) |W(j\omega)|^2
 \end{aligned}
 \tag{4.21}$$

Úpravou výrazu (4.21) lze získat vztah, který umožní vypočítat kvadrát modulu přenosové funkce

$$|W(j\omega)|^2 = \frac{G_{yy}(\omega)}{G_{xx}(\omega)} \tag{4.22}$$

resp. modul přenosové funkce, pro který se často užívá názvu amplitudová frekvenční charakteristika.

Průběhy nahrazených spektrálních výkonových hustot aproximovaných vztahy (4.12 - 4.19) jsou graficky znázorněny na obr. 4.20 - 4.22 a amplitudové frekvenční charakteristiky jsou zobrazeny na obr. 4.23 - 4.25.

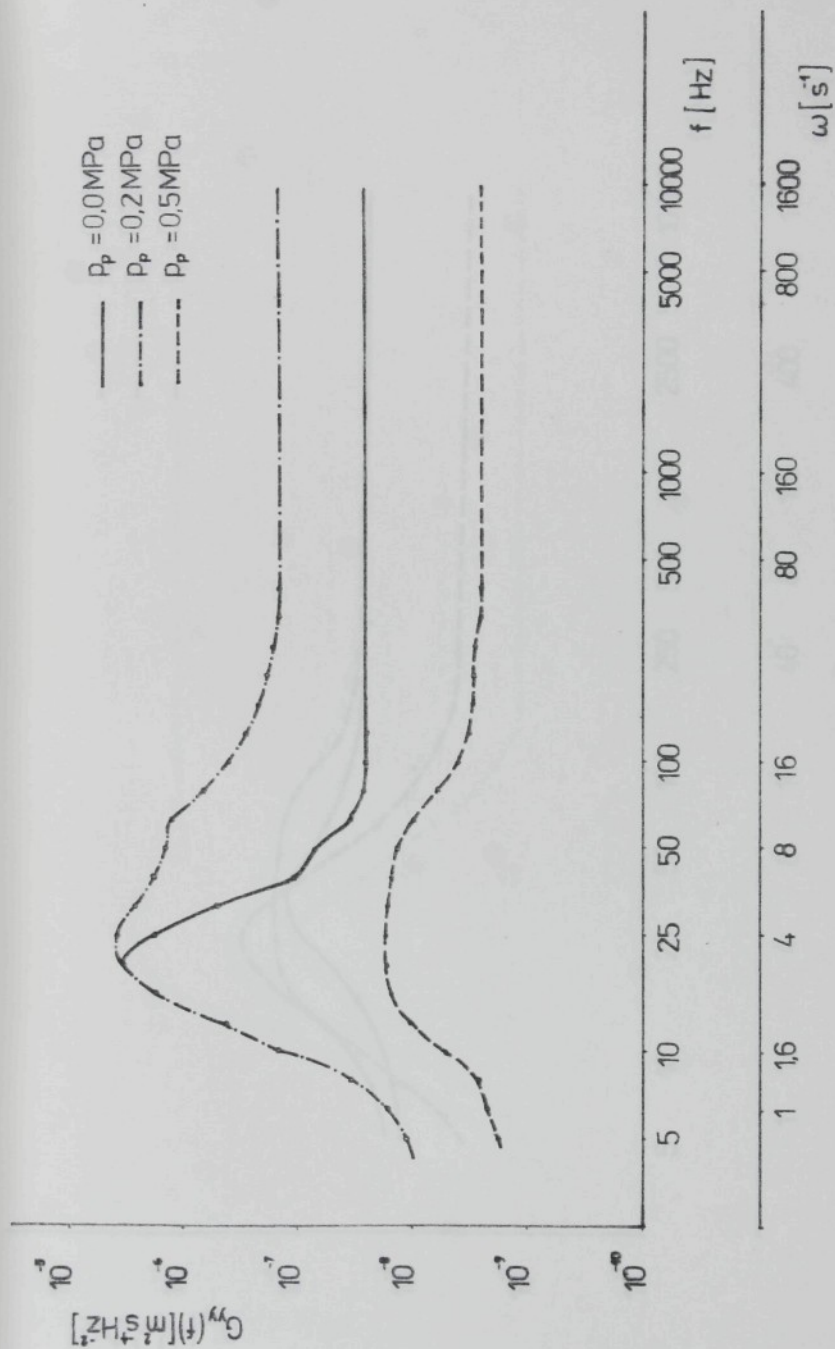
Kvalitu aproximované funkce je v podstatě možno vyjádřit velikostí disperze spektrální výkonové hustoty odezvy σ_{yy}^2 , která je určena vztahem

$$\sigma_{yy}^2 = \int_{-\infty}^{\infty} S_{yy}(\omega) d\omega \tag{4.23}$$

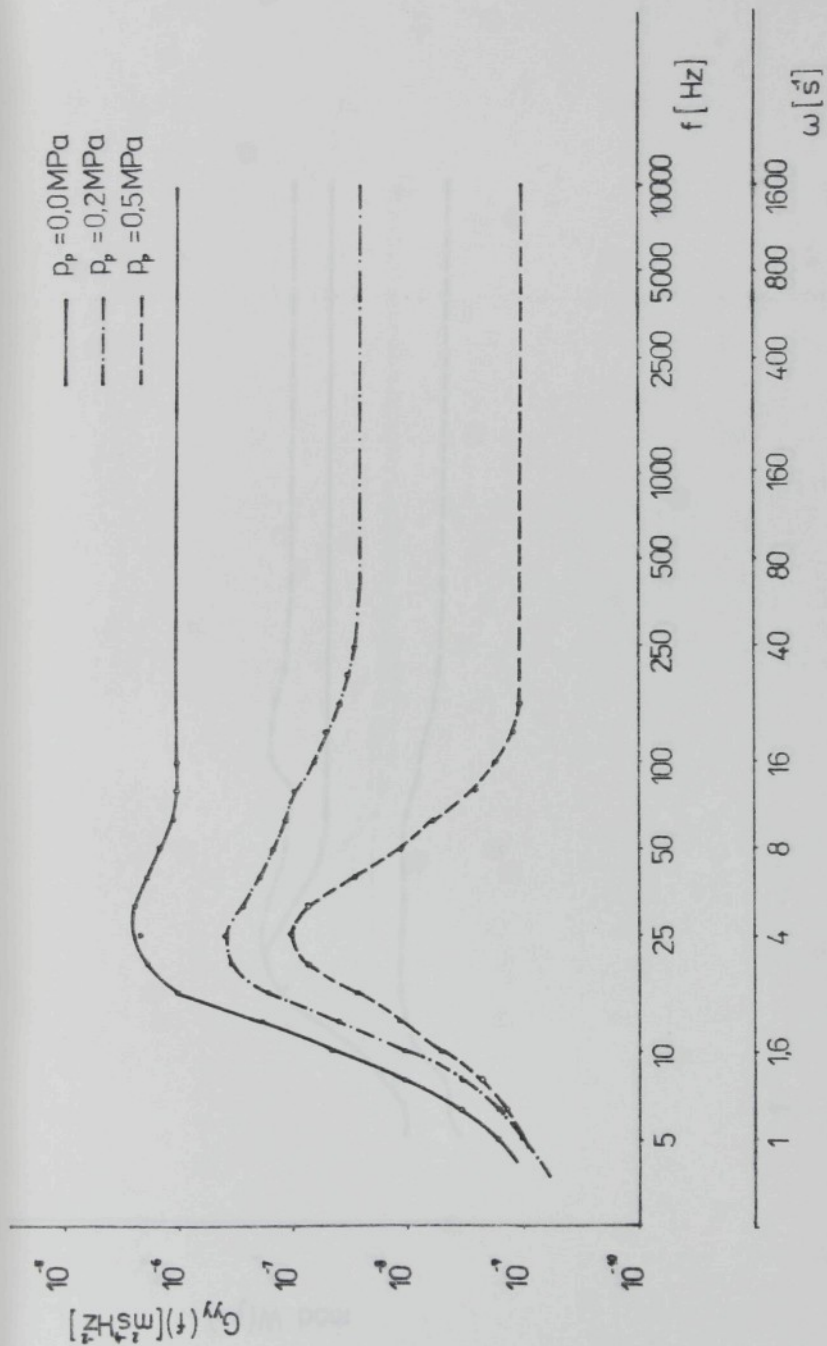
resp.

$$\sigma_{yy}^2 = \int_{-\infty}^{\infty} |W(j\omega)|^2 S_{xx}(\omega) d\omega \tag{4.24}$$

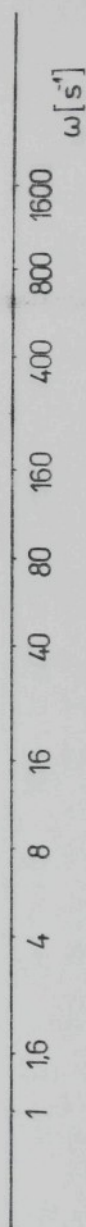
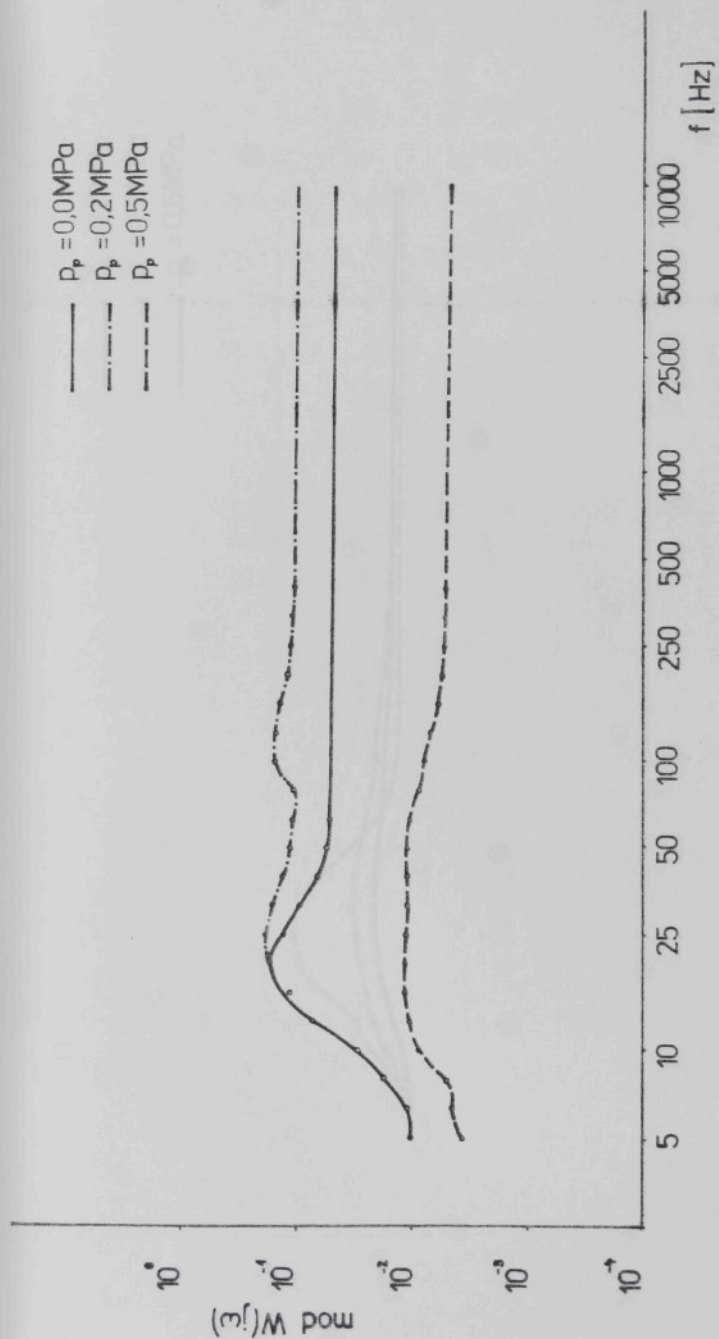
Dosazením vztahů (4.10-4.18) do výrazu (4.23) lze určit disperzi spektrální výkonové hustoty σ_{yy}^2 .



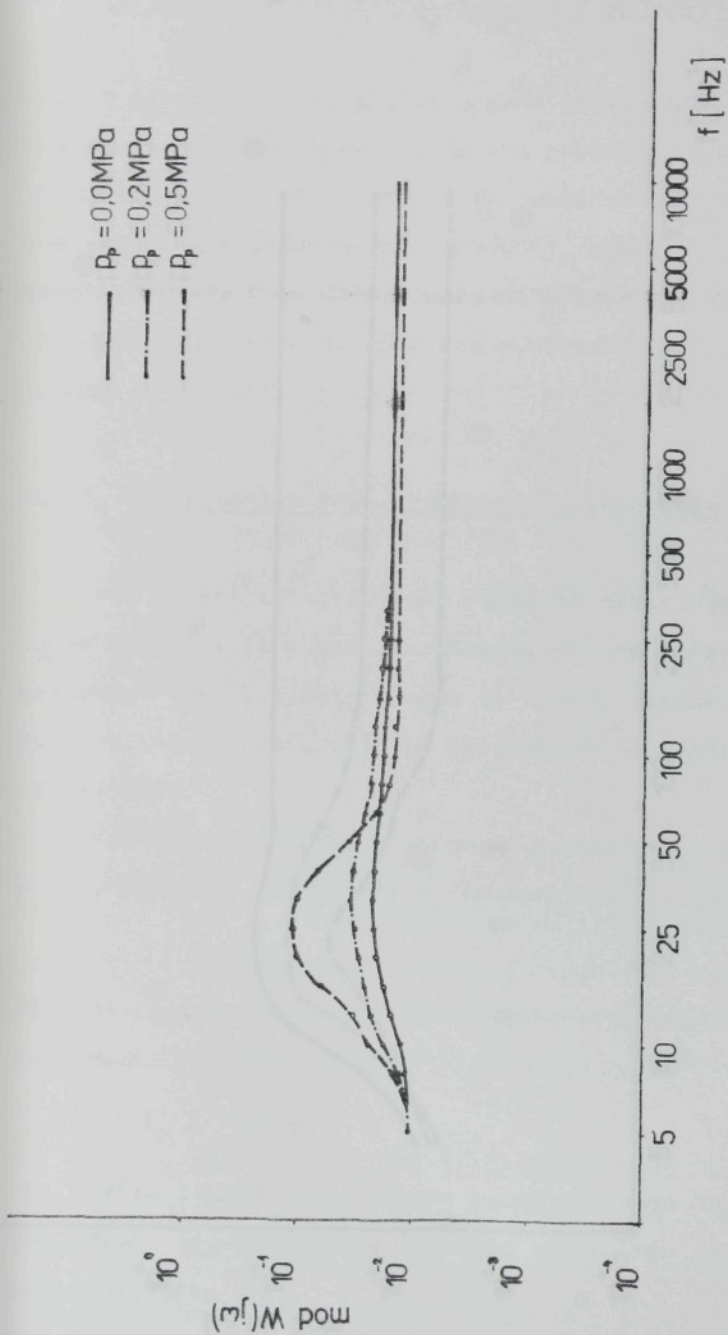
Obr. 4.20. Vyhlazení spektrální výkonové hustoty $b = 145 V$, $m_1 = 5,1 kg$



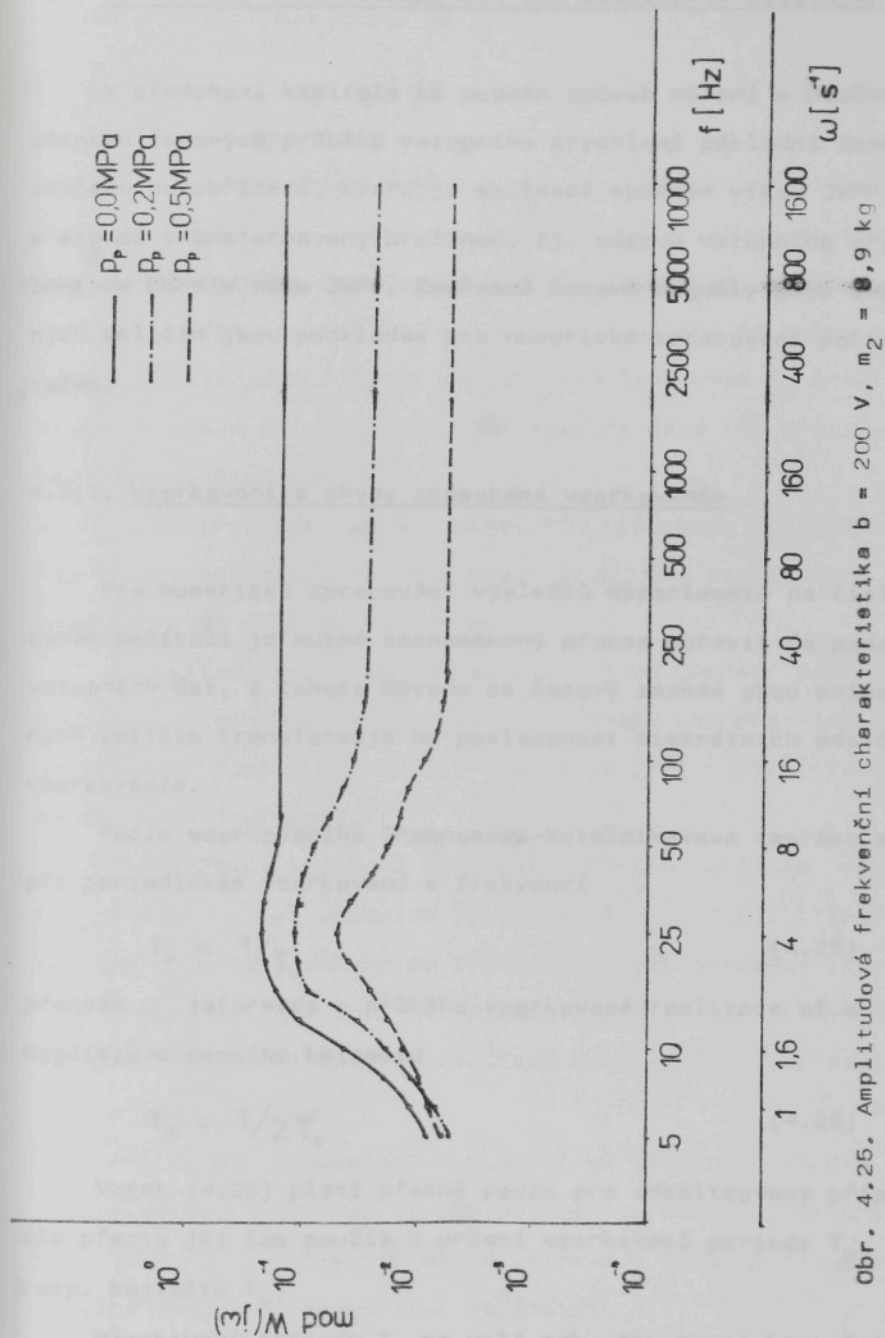
Obr. 4.22. Vyhlazená spektrální výkonová hustota $b = 200V$, $m_2 = 8,9 \text{ kg}$



Obr. 4.23. Amplitudová frekvenční charakteristika $b = 145 \text{ V}$, $m_1 = 5,1 \text{ kg}$



Obr. 4.24. Amplitudová frekvenční charakteristika $b = 145 \text{ V}$, $m_2 = 8,9 \text{ kg}$
 $\omega \text{ [s}^{-1}\text{]}$
 1 1,6 4 8 16 40 80 160 400 800 1600



obr. 4.25. Amplitudová frekvenční charakteristika $b = 200 \text{ V}$, $m_2 = 9,9 \text{ kg}$

4.3. Zpracování experimentálních dat číslicovým počítačem

V předchozí kapitole je popsán způsob měření o současném záznamu časových průběhů vstupního zrychlení základní desky zkušebního zařízení, které je současně spodním víkem JVPP a signál transformovaný pružinou, tj. odezva vstupního zrychlení na horním víku JVPP. Současné časové signály obou snímaných veličin jsou podkladem pro numerické zpracování počítačem.

4.3.1. Vzorkování a chyby způsobené vzorkováním

Pro numerické zpracování výsledků experimentu na číslicovém počítači je nutné zaznamenaný proces upravit do podoby vstupních dat. Z tohoto důvodu se časový záznam obou snímaných veličin transformuje na posloupnost diskretních údajů vzorkováním.

Podle vzorkovacího Shannonova-Kotelnikovova teorému se při periodickém vzorkování s frekvencí

$$f_v = 1/T_v \quad (4.25)$$

přenesou informace o průběhu vzorkované realizace až do Nyquistova mezního kmitočtu

$$f_m = 1/2 T_v \quad (4.26)$$

Vztah (4.26) platí přesně pouze pro idealizovaný případ, ale přesto jej lze použít k určení vzorkovací periody T_v (resp. kmitočtu f_v)

Vzorkovací perioda T_v se volí tak, aby mezní kmitočet f_m byl větší než maximální hodnota kmitočtu $f_{\max}$ obsaženého

ve spektru vzorkované zkoumané realizace. S dostatečnou rezervou se zpravidla volí [92,93,97]

$$f_m = (1,5 \div 2) f_{\max} \quad (4.27)$$

Obsahuje-li vzorkovaná realizace složky na frekvencích vyšších než f_m , jsou tyto frekvence transformovány do frekvenční oblasti $0 - f_m$. Vzorky pak dávají chybnou představu o spektru vzorkované realizace. Tomuto zkreslení je možno zabránit odfiltrováním části spektra nad frekvencí f_m před vzorkováním, pokud odfiltrovaná část spektra není pro analyzovanou realizaci významná.

Další chyby vzorkování mohou být způsobeny kolísáním vzorkovací periody. Obě tyto chyby jsou však pro značnou část analyzovaných dějů zanedbatelné.

S ohledem na to, že vibroizolátory na základě pneumatických pružin se většinou používají v průmyslových prostředích, je třeba při volbě vzorkovací frekvence brát v úvahu rozsah maximálních frekvencí.

Registrační zařízení umožňuje vzorkovat snímané údaje s $T_v = 0,01$ s, což odpovídá frekvenci $f_v = 100$ Hz. Veškeré záznamy byly dále děleny po 1/10, čímž bylo dosaženo vzorkovací frekvence $f_v = 1000$ Hz. Podle vztahu (4.27) je maximální zpracovatelná frekvence obsažená ve zkoumané realizaci $t_{\max} = 200 - 333$ Hz.

Pro oblast průmyslových vibrací se většinou uvádějí frekvence 250 - 300 Hz. Je zřejmé, že vzorkovací frekvenci $f_v = 1000$ Hz je vytvořena nízká rezerva v maximální zpracovatelné frekvenci zkoumaných realizací.

4.3.2. Programové zabezpečení pro zpracování výsledků experimentu

Pro zabezpečení zpracování výsledků experimentálně získaných dat a po provedeném vzorkování se data zpracovávala na číslicovém počítači. Při zpracování dat bylo vytvořeno postupně osm programů v jazyce FORTRAN. Jedná se o programy s názvy

- | | |
|-----------|-----------|
| a) PER 1 | e) PREN |
| b) AFTR | f) PRUBVF |
| c) KORFCE | g) KORFSR |
| d) KORFTR | h) PROLOZ |

Přesné znění programů je uvedeno v příloze práce A - H.

Stručný popis programů

Program PER 1

Pomocí tohoto programu je vyhledávána periodicitu v souborech dat o počtu N . Jako perioda se bere prvních i vzorků ($i = 1, 2, \dots, N/2$) a vytvořená periodická funkce se srovnává se zadanými vzorky a zjišťuje se součet čtverců odchylek, který se tiskne. Minimální hodnotě přísluší perioda. V některých případech měření byla periodicitu zjištěna u vstupních dat. U vstupních dat periodicitu zjištěna nebyla v žádném případě.

Pro zpřesnění byl odzkoušen ještě modifikovaný program PER 2 uvažující před periodou j prvních vzorků (pro $j = 1, 2, \dots, N/4$) a po ní následující periodu i vzorků stejnou jako u PER 1. Tento program dával pouze mírně lepší výsledky, avšak při podstatně větší spotřebě strojního času počítače. Nebyl proto použit.

Program AFTR

Umožňuje provádět diskrétní Fourierovu transformaci vzorkovaného časového průběhu dat. Dává velmi dobré výsledky. Nebyl však použit z důvodu velké časové náročnosti.

Program KORFCE

Načítá a zpracovává vzorkovaná vstupní a výstupní data, z definice korelační funkce provádí výpočet jak korelační, tak i autokorelační funkce, které přes výstupní zařízení graficky znázorňuje.

Program PREN

Načítá vzorkovaná vstupní a výstupní data (vzorkovaný časový průběh) a pomocí rychlé Fourierovy transformace (FFT) vypočítává spektrální výkonové hustoty vstupní a výstupních realizací i vzájemné výkonové spektrální hustoty a jejich pomocí (poměrem) určuje přenosovou funkci. Umožňuje vypočítat, jak amplitudovou tak i fázovou charakteristiku.

Program PRUBVF

Graficky znázorňuje průběhy váhových funkcí nutných pro vyhlazování průběhů spektrálních výkonových hustot (a z nich i přenosových funkcí).

Program KORFSR

Sleduje vliv váhových funkcí na průběh spektrální výkonové hustoty i vzájemné spektrální výkonové hustoty i na průběh přenosové funkce. Výpočet je provádět pomocí FFT.

Při výpočtu je použito následujících váhových funkcí.

- funkce s konstantním průběhem

$$w_i = 1 \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, N \quad (4.28)$$

- zvonová funkce (cosinový náběh a ukončení)

$$\begin{aligned}
 w_i &= 0,5 \left(1 - \cos \frac{10\pi i}{N} \right) && \text{pro } i < 0,1N \\
 w_i &= 1 && \text{pro } 0,1N \leq i \leq 0,9N \quad (4.29) \\
 w_i &= 0,5 \left(1 - \cos \frac{10(N-i)\pi}{N} \right) && \text{pro } i > 0,9N
 \end{aligned}$$

Tři následující váhové funkce vycházejí v podstatě z Gramových funkcí vedoucích na váhovou funkci ve tvaru

$$\begin{aligned}
 w_i &= \alpha_0 + 2\alpha_1 \cos \frac{\pi(i - N/2)}{N} + \\
 &+ 2\alpha_2 \cos \frac{2\pi(i - N/2)}{N} + \quad (4.30)
 \end{aligned}$$

příčemž koeficienty pro

- "hanning"

$$\alpha_0 = 0,5, \quad \alpha_1 = 0,25, \quad \alpha_2 = 0$$

- "hamming"

$$\alpha_0 = 0,54 \quad \alpha_1 = 0,23 \quad \alpha_2 = 0$$

- funkci Blackman-Vasile

$$\alpha_0 = -0,42 \quad \alpha_1 = 0,25 \quad \alpha_2 = 0,04$$

- Parzenova funkce

$$\begin{aligned}
 w_i &= 1 - G \left(\frac{i - N/2}{N/2} \right)^2 + \\
 &+ G \left(\frac{|i - N/2|}{N/2} \right)^3 \quad \text{pro } N/4 \leq i \leq 3N/4 \\
 w_i &= 2 \left(1 - \frac{|i - N/2|}{N/2} \right)^3 \quad \text{pro } 0 \leq i < N/4 \\
 &\quad \text{pro } 3N/4 < i \leq N
 \end{aligned} \quad (4.31)$$

kde G je výkonová spektrální hustota

- Kaiserova funkce

$$w = J_0 x \sqrt{1 - \left(\frac{i - N/2}{N/2} \right)^2} \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, N \quad (4.32)$$

kde J_0 je Besselova funkce prvního druhu nultého řádu
a x je volitelný parametr.

Kaiserová váhová funkce přináší nejlepší výsledky pro vyhlazení průběhů spektrálních výkonových hustot a volbou parametru α lze aproximovat mj. i váhové funkce hamming, hanning i Blackman-Vesile.

Program PROLOZ

Navazuje na program KORFSR a aproximuje průběh spektrálních výkonových hustot (i vzájemných) analytickou funkcí. Umožňuje v podstatě z poměru spektrálních výkonových hustot vstupního a výstupního procesu proximací analytickou funkcí modelovat pneumatickou pružinu.

Z rozboru výsledků získaných při vyšetřování geometrických charakteristik vyplývá, že efektivní plocha není závislá pouze na deformaci PP, ale že nastává její změna též vlivem vnitřního přetlaku p_p vzduchu v pružině.

Na obr. 1.3 jsou znázorněny průběhy efektivní plochy $S(p_p)$ pro $H_m = \text{konst.}$ odpovídající příslušným statickým výškám jednotlivých JVPP.

Z porovnání výsledků je zřejmé, že změna efektivní plochy v rozsahu v praxi používaných přetlaků $p_{pm} = 0,1-0,8 \text{ MPa}$ dosahuje u pružin VJ 115-20, VJ 105-10 a VJ 90-07 hodnot 0,9 %, 4,3 % resp. 5,4 % hodnot $S(p_p)$. Efektivní plocha pak lze uvažovat jako necitlivou na přetlak, tedy pouze závislou na deformaci pružiny. Jiná situace je u pružiny VJ 75-04, u které se mění až o 10 % a nejhorší je u pružiny VJ 75-3,75 u které změna efektivní plochy dosahuje hodnot až 22 %. Jestliže pro praktická použití lze brát změnu efektivní plochy do cca 5 % za nezávislou na přetlaku, pak pružinu VJ 75-04 lze bez ovlivnění vlastností používat od přetlaku 0,23 MPa a pružinu VJ 75-3,75 dokonce až od přetlaku 0,31 MPa.

Je zřejmé, že PP malých rozměrů jsou mnohem náchylnější ke změnám geometrických charakteristik vlivem přetlaku.

Při rozboru výsledků získaných 1/3 oktávovou analýzou, přepočtením určených spektrálních výkonových hustot na jednotlivých frekvenčních pásmech (obr. 4.1-4.9) odezvy se ukazuje, že všechny sledované JVPP vykazují prakticky obdobné vlastnosti. Výsledky graficky znázorněné na obr. 4.1 až 4.9 odpovídají celé zkoumané řadě pružin při stejných

podmínkách tlakových i stejném buzení. Prakticky všechny průběhy jsou si podobné a vede k těmto závěrům:

- zkoumané pružiny mají v rozsahu frekvencí 20-35 Hz snahu sledovat budicí frekvence (budicí napětí $b = 145$ V odpovídá otáčkám elektromotoru $\omega = 22,1 \text{ s}^{-1}$, budicí napětí $b = 200$ V otáčkám $\omega = 31,3 \text{ s}^{-1}$);
- i v oblasti nejvyšších hodnot výkonové spektrální hustoty je poměr budicího procesu a odezvy na něj < 1 , tak, že pružiny pohltí a utlumí vibrace nejméně 10x;
- pružiny mají vysoké vibroizolační schopnosti v oblasti nad 35 Hz;
- pomocí použitých snímačů zrychlení bylo možno sledovat frekvence pouze nad 5 Hz, v oblasti 5-20 Hz je přenášení vibrací rovněž silně ovlivněno.

Amplitudové frekvenční charakteristiky znázorněné na obr. 4.23-4.25 vypočtené z poměru spektrálních výkonových hustot výstupního a vstupního procesu a nahrazené racionálně lomenou funkcí ukazují, že oblast, ve které PP sledují vliv budicích frekvencí je mírně širší a obsahuje pásmo frekvencí od 16 - 50 Hz. Nejnižších hodnot dosahuje u pružin s $p_p = 0$ MPa, tedy u samotného pláště pružiny. S rostoucím přetlakem se extrém posouvá ke stále nižším hodnotám. Obecně lze říci, že s růstem ukládané hmoty narůstá i přetlak v pružině a přenos vibrací PP se snižuje.

Při zpracování časových záznamů průběhu zrychlení se v jednom případě prokázala periodicitu u výstupního souboru, který byl proto z dalších výpočtů vyřazen.

Při zpracování se potvrdily výsledky výpočtů vlastních svislých kmitů podle vztahu (1.13) a průběhy přenosových funkcí mají lokální extrémy na frekvencích pod 3 Hz.

přenosové funkce pružin s $p_p = 0$ MPa, tj. pouze pro pryžokordový plášť prokazují dobré vibroizolační schopnosti ve frekvenčních pásmech nad 20 Hz. Rozborem se rovněž potvrzuje, že sledované JVPP sledují ve frekvenčních oblastech 20-35 Hz budící frekvence vibrací.

Přenosovou funkci modelující jednovlnovou vlnovcovou pneumatickou pružinu lze obecně popsat vztahem

$$W(f) = \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{b_i + (f - f_i)^2} \quad (5.1)$$

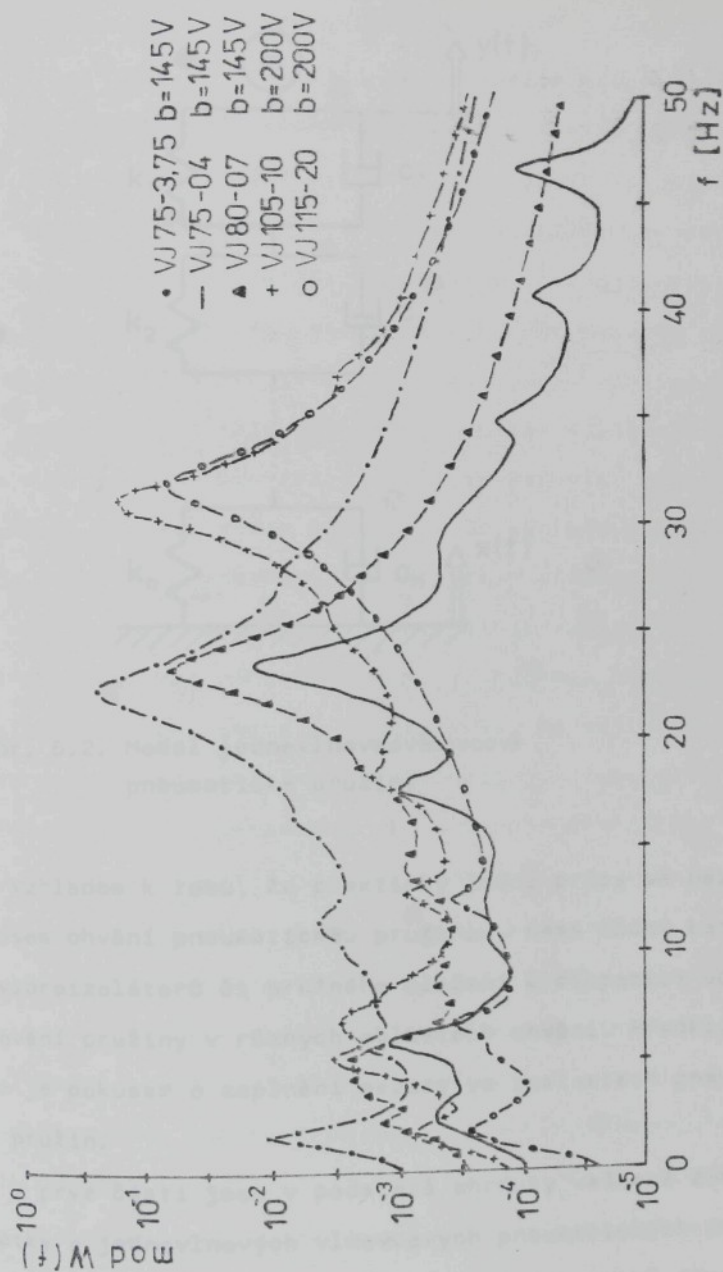
kde a_i , b_i jsou koeficienty a f je frekvence, na níž má přenosová funkce lokální extrém. Několik typických průběhů přenosové funkce je na obr. 5.1. Přenosová funkce při všech experimentech měla extrémní hodnotu menší než 1.

Přenosovou funkci popsanou rovnicí (5.1) je možno znázornit modelem vytvořeným z řady sériově spojených Kelvinyých článků podle obr. 5.2. Počet článků odpovídá počtu lokálních extrémů přenosové funkce.

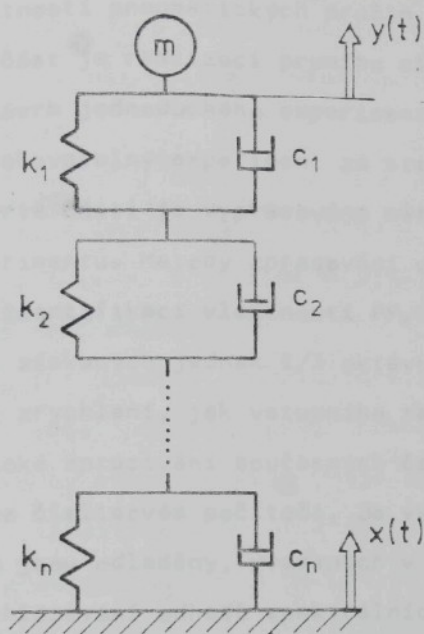
Závěr

a) Výsledky disertace s uvedením nových poznatků

Předkládaná práce, která vznikla v souvislosti s řešením dílčí etapy úkolu III-3-3/07-1 "Pružné ukládání hmot s použitím pneumatických pružin státního plánu základního výzkumu se zabývá studiem přenosu vibrací přes jednovlnovou vlnovcovou pneumatickou pružinu, která je sama o sobě nejjednodušším vibroizolátorem.



obr. 5.1 Průběh modulu přenosových funkcí



Obr. 5.2. Model jednovlnové vlnovcové
pneumatické pružiny

Vzhledem k tomu, že prakticky žádná práce se nezabývá přenosem chvění pneumatickou pružinou, nemá žádný konstruk-
tér vibroizolátorů či pružného uložení k dispozici údaje
o chování pružiny v různých oblastech chvění. Předkládaná
práce je pokusem o zaplnění mezery ve znalostech pneumatic-
kých pružin.

V první části jsou v podstatě shrnuty veškeré dostupné
poznatky o jednovlnových vlnovcových pneumatických pružinách
včetně graficky vyjádřených charakteristik. Nově jsou uve-
dены grafické průběhy změny efektivní plochy v závislosti
na přetlaku vzduchu v pružině.

Druhá část shrnuje dosavadní poznatky pro vytvoření
teoretického aparátu potřebného pro stochastickou identi-

fikací vlastností pneumatických pružin.

Třetí část je realizací prvního cíle disertační práce, kterým je návrh jednoduchého experimentálního zařízení umožňujícího opakovatelný experiment za stejných podmínek.

Ve čtvrté části je vypracována metodika zpracování výsledků experimentu. Metody zpracování umožňují provádět stochastickou identifikaci vlastností PP. Je uvedeno zpracování výsledků získaných jednak 1/3 oktávovou analýzou efektivních hodnot zrychlení, jak vstupního tak výstupního zrychlení a numerické zpracování současných časových signálů obou zrychlení na číslicovém počítači. Je vypracována řada programů, které jsou odladěny, uvedeny v příloze A-H.

Při vyhlazování odhadů spektrálních výkonových hustot je třeba používat váhové funkce. V programu KORFSR je uvedeno několik váhových funkcí - ukazuje se, že nejvýhodnější je Kaiserova funkce, založená na Besselových funkcích, která pomocí proměnného parametru α umožňuje přiblížení k průběhu funkce s největší přesností a nahrazuje běžně používané vyhlazení "hanning, hamming i Blackman-Vasile.

Poslední část provádí rozbor získaných výsledků, zde se ukazuje, že JVPP prokazují výborné vibroizolační schopnosti nad frekvencí 40-50 Hz. V oblasti 20-35 Hz sledují pneumatické pružiny budící frekvence, i v této frekvenční oblasti dochází ke snížení přenosu chvění PP. V oblasti do 20 Hz dochází rovněž k intenzivnímu snížení přenosu vibrací.

b) Konkrétní závěry pro realizaci ve společenské praxi

a další rozvoj vědy

Způsob a použití metody zkoumání dynamických vlastností

sady jednovlnových vlnovcových pneumatických pružin je možno zobecnit i pro zkoumání těchto vlastností u jiných typů pneumatických pružin.

Při vyšetřování geometrických charakteristik je třeba rovněž sledovat vliv přetlaku vzduchu v pružině na změnu efektivní plochy a objemu. Efektivní plocha je u "malých" pružin silně závislá na přetlaku.

Při určování dynamických vlastností stačí pro získání orientačních hodnot průběhů modulů přenosových funkcí provádět 1/3 oktávovou analýzu. Její údaje jsou postačující pro určování kvality vibroizolace na určitých frekvenčních pásmech.

Pomocí programů KORFSR a PROLOZ je při sejmutí vzorkovaných časových záznamů a jejich digitalizování AD převodníkem možno provádět výpočet přenosových funkcí metodou "off-line".

Při výpočtech průběhů spektrálních výkonových hustot a následném vyhlazení pomocí váhových funkcí je nejvýhodnější používat Kaiserovy váhové funkce, založené na Besselových funkcích, s volbou proměnného parametru.

Ukazuje se, že jednovlnové vlnovcové pneumatické pružiny je možno modelovat sérií Kelvinových článků.

Závěrem je třeba říci, že výsledky získané při studiu dynamických vlastností jednovlnových vlnovcových pneumatických pružin, resp. pouze při sledování průchodu vibrací pružinami, jsou počátečním vkladem pro zkoumání vlastností těchto perspektivních konstrukčních prvků. Vibroizolátory založené na základě pneumatických pružin bude třeba v budoucnu zkoumat komplexně, zabývat se vlivem tlumičů kmitů na přenos vibrací, sledovat vliv regulátoru stálé statické výšky na chování vibroizolátoru. Je tedy zřejmé, že předkládaná

práce, přestože splnila vytčené cíle, je pouze skromným příspěvkem k řešení zajímavé problematiky přenosu chvění pneumatickou pružinou.

Závěrem bych chtěl poděkovat Prof. Ing. Oldřichu Krejčířovi, CSc., vedoucímu katedry části strojů a mechanismů VŠST za odborné vedení po celou dobu mé vědecké přípravy, svým spolupracovníkům za trpělivou snahu pomoci při hledání odpovědí na řadu otázek, které při řešení práce vyvstaly, pracovníkům ÚMMS SAV v Bratislavě, především Ing. Štefanu Markušovi, DrSc., za pomoc při hledání možnosti návrhů nejjednodušších experimentálních zařízení.

- [1] 8. zasedání ÚV KSČ ve dnech 15.-16.6.1983 k urychlenému uplatňování výsledků vědy a techniky v praxi. Svoboda, Praha 1983.
- [2] 10. zasedání ÚV KSČ ve dnech 17.-18.4.1984 o úkolech a rozvoji strojírenství, elektrotechnického a hutního průmyslu po XVI. sjezdu KSČ. Svoboda, Praha 1984.
- [3] LADAN, V. - PUST, L.: Pružné ukládání strojů, SNTL, Praha 1965.
- [4] KOLOVSKIJ, M.Z.: Avtomatičeskoje upravlenije vibrozaščitnymi sistemami. Nauka, Moskva 1976.
- [5] ČELOMEJ, V.N. a jiní: Vibracii v technike. Spravočnik v 6. Tomach, Mašinostrojenije, Moskva 1981.
- [6] SINEEV, A.V.: Vybór parametrov sistem vibroizolacii i dynamičeskich gasitelej na osnove metodov teorii opej. Mašínovedenije No 1., s. 28-34.
- [7] FURMAN, F.A.: Aktivnye vibrozaščitnyje sistemy. Vestnik mašinostrojenija. No 5, 1975, s. 31-34.
- [8] KREJČÍŘ, O. - BUREŠ, M., BANDOUC, M., DANČA, J.: Prototyp pneumatické podložky na dvabarvový tiskový stroj AD-724 (Výzkumná zpráva KST 75-04) VŠST Liberec, 1975.
- [9] KREJČÍŘ, O. - DANČA, J. - BUREŠ, M. a jiní: Universální pneumatický závěs (Výzkumná zpráva KST 75-17) VŠST, Liberec 1975.
- [10] KREJČÍŘ, O. - DANČA, J.: Vibroizolační schopnosti autonivelizačního stolu. In: Sborník referátů III. konference o teorii strojů a mechanismů. Díl A. Liberec 1980.
- [11] GOJARSKÝ, M.: Analýza některých dynamických vlastností elektropneumatické aktivní vibroizolační soustavy (kandidátská disertační práce) SAV ÚMMS, Bratislava 1984.
- [12] DANČA, J.: Teorie regulace pružného uložení strojů s použitím logických obvodů. Příspěvek na II. konferenci o teorii strojů a mechanismů. Liberec, 1976.
- [13] KREJČÍŘ, O. - DANČA, J. - STEHLÍK, J. - ZAMASTIL, L.: Sedadlo řidiče s pneumatickým pérováním, varianty E, F, G (výzkumná zpráva KST 78-02). VŠST Liberec 1977.

- [14] DANČA, J.: Pružné uložení tiskového stroje Dominant 714 na vozidle PRAGA V3S. (diplomová práce), VŠST Liberec 1973.
- [15] AKOPJAN, P.A.: Pnevmatičeskoje podressirovanije avto-transportnyh sredstv, voprosy teorii i praktiki. N.1., Vyšča škola. Lvov 1979., 217 s.
- [16] KREJČÍŘ, O.: Vlnovcové pružiny pro automobily a užitková vozidla. "Stavba automobilů" 1968, č. 1, s. 8.-12.
- [17] ČECH, I.: Příčné úhlové vypružení vozidla. Strojírenství č. 5, 1976, s. 266-273.
- [18] BUREŠ, M.: Pružně uložená skříň vozidla Praga V3S. (Kandidátská disertační práce). VŠST Liberec, 1984.
- [19] STRÁNSKÝ, Z.: Odpérované sedadlo pro řidiče vozidel (kandidátská disertační práce). VŠST Liberec, 1981.
- [20] CHAČATUNOV, A.A.: Dinamika sistemy doroga-šina-avtomobil-voditel. Mašinostrojenije, Moskva 1976, 535 s.
- [21] ROTENBERG, R.V.: Podvjeska avtomobilja. Mašinostrojenije, Moskva 1972, 392 s.
- [22] DANČA, J.-VÍT, J.-PAVLU, M.: Odpružené sedadlo pro řidiče a obsluhu vozidel a strojů. Přihláška vynálezu PV 629-86.
- [23] DANČA, J.-MĀLINA, C.-MĀLINA, R.: Autonivelační stůl s pevnou nivelizací. Přihláška vynálezu PV 8646-83, AO 236348
- [24] KREJČÍŘ, O.-DANČA, J.: Autonivelační stůl (funkční model) (Výzkumná zpráva KST 79-19) VŠST Liberec 1979.
- [25] KREJČÍŘ, O.-DANČA, J.: Pasivní kmitová izolace citlivé měřicí a laboratorní techniky. In.: III. mezinárodní vědecké sympozium "Racionalizace, konstrukce a technologie. Liberec 1980.
- [26] KREJČÍŘ, O.-BORUVKA, F.: Pneumatická kmitová izolace měřicího stolu. In. Sborník referátů XX. vědecké konference kateder částí strojů. Liberec 1979. s. 267.
- [27] PEŠÍK, L.: Pružné uložení motorgenerátoru (kandidátská disertační práce) VŠST Liberec 1982.

- [28] DANČA, J.: Vibroizolační stůl (výzkumná zpráva KST 80-20). VŠST Liberec, 1980.
- [29] KREJČÍŘ, O. a kol.: Pneumatický závěs (výzkumná zpráva KST 75-19) VŠST Liberec 1975.
- [30] KREJČÍŘ, O. a kol.: Studie využitelnosti regulovatelného pružného uložení techniky pro ČSLA (výzkumná zpráva KST 75-17) VŠST Liberec, 1975.
- [31] DANČA, J.-BUREŠ, M.: Pneumatische Fundament für Fahrzeuge KD 19-79. VEB Polygraph ZPB Leipzig, 1979.
- [32] KREJČÍŘ, O.-DANČA, J.-STEHLÍK, J.: Pneumatický podstavec (výzkumná zpráva KST 75-15) VŠST Liberec, 1975.
- [33] KREJČÍŘ, O. a kol.: Rekonstrukce pérování sedadel Karosa (výzkumná zpráva KST 75-03) VŠST Liberec 1975.
- [34] KREJČÍŘ, O.-DANČA, J.-STEHLÍK, J.-ZAMASTIL, L.: Sedadlo řidiče s pneumatickým pérováním (výzkumná zpráva KST 75-18) VŠST Liberec 1976.
- [35] KREJČÍŘ, O.-BUREŠ, M.-JEŘÁBEK, A.: Odpružená podložka pro uložení tiskového stroje AD-714 na vozidle Praga V3S (výzkumná zpráva KST 74-02). VŠST Liberec, 1974.
- [36] PAVLŮ, M.-DANČA, J.: Konstruktivní řešení pružného uložení měřicího stolu pro SVUM Praha, pobočka Brno, (výrobní výkresová dokumentace) Liberec 1984.
- [37] KREJČÍŘ, O.-BUREŠ, M.-MEVALD, J.: Pružné uložení čelistového drtiče skla. In. Sborník XX. vědecké konference kateder částí strojů. Liberec VŠST 1979.
- [38] DANČA, J.: Pružné uložení elektrodynamického zatěžovacího zařízení INOVA pro VUZS Praha-Chodov, (dokumentace), 1977
- [39] PAVLŮ, M.-STRNÁDEK, J.: Útlum dynamických účinků Hydropulsu. In.: Sborník vědeckých prací VŠST v Liberci sv. XVI, VŠST Liberec 1953, s. 235-245.
- [40] DANČA, J.-KREJČÍŘ, O.: Pneumatická podpora 20 kN pro VUSTE Praha, VŠST Liberec, 1983
- [41] LEITMAN, M.: K problematice znížení přenosu chvění pružným uloženíem pneumatického tkacího stroja. (kandidátská dizertační práce) VŠST Liberec, 1982.

- [42] BORUVKA, F.: Výpočet pneumatického uložení hmot s aplikacemi na podložky tiskových strojů (kandidátská disertační práce) Liberec, VŠST 1982
- [43] BUREŠ, M.: Vibroizolační schopnosti diferenční pneumatické podložky (Písemná část odborné zkoušky) Liberec, VŠST 1981
- [44] BIDERMAN, B.L.: Rasčety rezinovyh i rezinokordnyh detalej. In.: Rasčety na pročnosť v mašinostrojenii. Díl II., Mašgiz, Moskva 1953, s. 487-591
- [45] GRIGORJEV, E.T.: Rasčet i konstruirovanije rezinovyh amortizatorov. Mašgiz, Moskva, 1960, 281 s.
- [46] Iljinskij, V.C.: Zaščita aparatov ot dinamičeskich vozdejstvij. Energija, Moskva 1970, 320 s.
- [47] NAJDENKO, O.K.-PETROV, P.P.: Amortizacija sudovyh dvigatelej i mehanizmov. Sudirangiz Leningrad, 1962, 288 s.
- [48] ŠMAKOV, V.T.: Vyravničajuščaja pnevmatičeskaja vibroopora dlja precizionnyh stankov. Stanki i instrumenty. No 1, 1970.
- [49] LARIN, V.B.: Vibor napametrov sistemy vibroizoljacii priborov. Prikladnaja mehanika, 1968, T2, No2, 1968
- [50] MAKSIMOVIČ, Ju.P.: O dostižnom kačestve vibrozaščity ot periodičeskogo vozdejstva: Mašinostrojenije No 4, 1970
- [51] Bittel, K.: Die Federnkennlinie der Balg-Luftfeder. ATZ 61, 1959, č. 7, s. 199-202.
- [52] FABIAN, M.: Výpočet pneumatických pružin typu rotačního vlnovce (kandidátské minimum). ÚVMV Praha 1961, 36 s.
- [53] FABIAN, M.: Zjištění průběhů charakteristik základních typů pneumatických pružin (kandidátská disertační práce). ÚVMV Praha 1962, 96 s.
- [54] BIDERMAN, V.L.-BUCHIN, B.L.: Rasčet rezinokordnyh pnevmatičeskich amortizatorov. Rasčety na pročnosť. Sb. statej, vyp. 5, Moskva, Mašgiz, 1960.

- [55] BUCHIN, B.L.: K rasčetu rezikordnych uprugich elementov pnevmatičeskoj podveski avtomobilja. Avtomobilnaja promyšlenost'. No 9, 1963, s. 15-17.
- [56] GRINERIDJA K.I.: Probliznyj metod opredelenija objema rezino-kordnogo balona avtomobilnoj podveski. Avtomobilnaja promyšlenost'. No 9, 1962, s. 25-27.
- [57] KREJČÍŘ, O. a kol.: K teorii tvarování kordem armovaných pryžových elementů pneumatických pružin. Výzkumná zpráva KST 85-10, VŠST Liberec, 1985.
- [58] PUSTKA, Z.: Namáhání vlnovce pneumatické pružiny jako funkce jeho rozměrů. In: Sborník referátů XVI. vědecké konference kateder částí strojů. VUT Brno 1975.,
- [59] GORELIK, A.M.-PEVZNER, J.M.: Rezinokordnyje pnevmatičes-kije uprugije elementy. Avtomobilnaja promyšlenost' No 11, 1962, s. 21-29.
- [60] VITAŠEVSKIJ, E.P.: Rezinokordnyje uprugije elementy dlja sistem avtonomnogo pnevmatičeskogo podvešivanija. Avtomobilnaja promyšlenost'. No 11, 1975, s. 28-29.
- [61] KUZNĚCOV, J.I.: K rasčetu konstruktivnych parametrov obespečivajuščich ustojčivuju rabotu rezino-kordnogo uprugogo elementa. Avtomobilnaja promyšlenost'; No 10, 1973, s. 25-27.
- [62] VITAŠEVSKIJ, E.P.-KUZNĚCOV, B.I.: K voprosu o rabote rezi-no-kordnoj pnevmatičeskoj resory avtonomnogo pnevmopodvešivanija. Avtomobilnaja promyšlenost', No 5, 1972, s. 20-24.
- [63] KUZNĚCOV, J.I.: K rasčetu pnevmatičeskich resor s kombinirovanymi sistemami rezinokordnych uprugich elementov. Avtomobilnaja promyšlenost', No 3, 1976, s. 20-22
- [64] KUZNĚCOV, J.I.: K voprosu projektirovanija pnevmatičeskoj resory avtomobilja. Avtomobilnaja promyšlenost', No 6, 1977, s. 23-25.
- [65] TIMOSHENKO, S.P.-WOJNOWSKI-KRIEBER, S.: Theory of plates and shells. N.Y. Mc Graw-Hill Book Company, Inc 1959, 635 s.
- [66] KREJČÍŘ, O.-PUSTKA, Z.: Vlnovcové pružiny pro pneumatické podložky (výzk. zpráva KST 75-06), VŠST Liberec 1976

- [55] BUCHIN, B.L.: K rasčetu rezikordnych uprugich elementov pnevmatičeskoj podveski avtomobilja. Avtomobilnaja promyšlenošť. No 9, 1963, s. 15-17.
- [56] GRINERIDŽ K.I.: Probližnyj metod opredelenija objema rezino-kordnogo balona avtomobilnoj podveski. Avtomobilnaja promyšlenošť. No 9. 1962, s. 25-27.
- [57] KREJČÍŘ, O. a kol.: K teorii tverování kordem armovaných pryžových elementů pneumatických pružin. Výzkumná zpráva KST 85-10, VŠST Liberec, 1985.
- [58] PUSTKA, Z.: Namáhání vlnovce pneumatické pružiny jako funkce jeho rozměrů. In: Sborník referátů XVI. vědecké konference kateder částí strojů. VUT Brno 1975.,
- [59] GORELIK, A.M.-PEVZNER, J.M.: Rezinokordnyje pnevmatičeskie uprugije elementy. Avtomobilnaja promyšlenošť No 11, 1962, s. 21-29.
- [60] VITAŠEVSKIJ, E.P.: Rezinokordnyje uprugije elementy dlja sistem avtonomnogo pnevmatičeskogo podvešivanija. Avtomobilnaja promyšlenošť. No 11, 1975, s. 28-29.
- [61] KUZNEČOV, J.I.: K rasčetu konstruktivnych parametrov obespečivajuščich ustojčivuju rabotu rezino-kordnogo uprugogo elementa. Avtomobilnaja promyšlenošť; No 10, 1973, s. 25-27.
- [62] VITAŠEVSKIJ, E.P.-KUZNEČOV, B.I.: K voprosu o rabote rezino-kordnoj pnevmatičeskoj resory avtonomnogo pnevmopodvešivanija. Avtomobilnaja promyšlenošť, No 5, 1972, s. 20-24.
- [63] KUZNEČOV, J.I.: K rasčetu pnevmatičeskich resor s kombinirovannymi sistemami rezinokordnych uprugich elementov. Avtomobilnaja promyšlenošť, No 3, 1976, s. 20-22
- [64] KUZNEČOV, J.I.: K voprosu projektirovanija pnevmatičeskoj resory avtomobilja. Avtomobilnaja promyšlenošť, No 6, 1977, s. 23-25.
- [65] TIMOSHENKO, S.P.-WOJNOWSKI-KRIEBER, S.: Theory of plates and shells. N.Y. Mc Graw-Hill Book Company, Inc 1959, 635 s.
- [66] KREJČÍŘ, O.-PUSTKA, Z.: Vlnovcové pružiny pro pneumatické podložky (výzk. zpráva KST 75-06), VŠST Liberec 1976

- [67] KREJČÍŘ, O. a kol.: Teorie, konstrukce, zkoušení a charakteristiky pneumatických pružin (výzkumná zpráva KST 83-04) VŠST Liberec, 1984
- [68] KREJČÍŘ, O. a kol.: Charakteristiky osové a příčně zatížených pneumatických pružin (výzkumná zpráva KST 80-19) VŠST Liberec, 1980.
- [69] DANČA, J.-BORUVKA, F.: Vyjádření efektivní plochy pneumatických pružin aproximačním polynome. In.: Sborník vědeckých prací VŠST Liberec, sv. XV, Liberec 1982.
- [70] KOUTNÝ, F.: Pneumatické toroidální pružiny. Strojnický časopis, 33, 1982, č. 4, s. 477-486
- [71] LUKOMSKAJA, A.I.-JERSTRAKOV, V.F.: Osnovy prognozirovanija mehaničeskogo povedenija kaučukov i rezin. Chimija, Moskva 1975, 359 s.
- [72] MARKUŠ, Š.-RŮŽIČKA, I.: Experimentálne určovanie komplexného modulu pružnosti ve šmyku. Strojnírenství 26, 1976, č. 2, s. 115-118.
- [73] KOUTNÝ, F.: Metoda objemové práce vzduchu v teorii pneumatik. Plasty a kaučuk, 15, 1978, č. 4, s. 101-107.
- [74] PAUER, V.: Regulace pneumatického pružení. Automobil. 1962, č. 3, 4, 5.
- [75] GORELIK, A.I.: Rezinovyje podveski. CNTI maš. Moskva 1962, 125 s.
- [76] KOLOC, Z.-VÁCLAVÍK, M.: Vyhodnocení grafických záznamů a měření na stolním počítači Hewlett-Packard. Textilní strojírenství 1974, č. 65-66, s. 28-49.
- [77] ENENKL, V.-CHRASTINA, J.: Termomechanika, VUT Brno, 1970, 405 s.
- [78] LITVIN, V.: Techničeskaja termodinamika. Energija, Moskva 1968, 376 s.
- [79] MAGNUS, K.: Schwingungen-eine Einführung in die theoretische Behandlung von Schwingungsproblem. B.G.Taubner Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart 1976, 289 s.
- [80] MEVALD, J.: Modelování a optimalizace pružného regulačního uložení (výzkumná zpráva KST 77-18) VŠST Liberec 1977.

- [81] MAC LANE, S.-BIRKHOFF, G.: Algebra, Alfa, Bratislava, 1973, s. 661
- [82] ANGOT, A.: Užité matematika pro elektrotechnické inženýry. SNTL-SVTL, Praha 1971, s. 819.
- [83] COLLATZ, L.: Funktionalanalysis und numerische Mathematik. Springer-Verlag Berlin-Göttingen-Heidelberg 1964, s. 411
- [84] WUNSCH, G.: Systemtheorie, Akademische Verlagsgesellschaft Geest und Portig K.G. Leipzig 1975, 252 s.
- [85] MESAROVIC, M.D.-TAKAHARA, Y.: General Systems theory: Mathematical Foundations, Academic Press, New York, San Francisco, London 1975, 298 s.
- [86] FLEMING, W.-RISHEL, R.: Deterministic and stochastic Optimal Control, Springer-Verlag Berlin-Heidelberg-New York 1975, 311 s.
- [87] RENYI, A.: Teorie pravděpodobnosti. Akademia. Praha 1972. 511 s.
- [88] ANDĚL, J.: Matematická statistika. SNTL-ALFA, Praha 1978. 343 s.
- [89] ÅSTRÖM, K.J.: Introduction to stochastic Control Theory, Academic Press, New York, 1970, 293 s.
- [90] LEVIN, B.R.: Teoriya slučajnykh processov i jejo priměnenija v radiotekhnike. Sovetskoje radio. Moskva 1957.
- [91] CHINČIN, A.Ju.: Teoriya korelacii stacionarnykh slučajnykh processov. Uspechy matematičeskich nauk. 1938, vypusk 5.
- [92] MATYÁŠ, V.: Měření, analýza a vytváření náhodných procesů. SNTL Praha, 1976, 157 s.
- [93] BENDAT, J.-PIERSOL, A.: RANDOM DATA: Analysis and Measurement Procedures, John Wiley and sons, New York, London. Sydney. Toronto 1971, 431 s.
- [94] DOOB, J.: Stochastic Processes, John Wiley and sons, New York. London 1953, s. 216
- [95] SOLODOVSKIJ, V.V.: Vvedenije v statičeskiju dinamiku sistem avtomatičeskogo upravlenija. Gostechizdat, Moskva, 1952, s. 386.

- [96] ČSN 01 0101 - Názvosloví z oboru řízení jakosti.
- [97] LIVŠIC, M.A.-PUGAČEV, V.N.: Verojatnyj analiz sistem avtomatičeskogo upravlenija. Sovětskoje radio, Moskva 1963.
- [98] PUGAČEV, V.S.: Teorija verojatnostej i matematičeskaja statistika. Nauka, Moskva 1979, 495 s.
- [99] КОТJUK, A.P.-ОЛШEVSKI, V.V.-CVETKOV, E.I.: Metody i aparatura dlja analiza charakteristik slučajnyh procesov. Energija, Moskva, 1967.
- [100] ALEKSEJEV A.J. a j.: Teorija primenenija psevdoslučajnyh signalov. Nauka, Moskva 1969.
- [101] OLEHLA, M.-VĚCHET, V.,-OLEHLA, J.: Řešení úloh matematické statistiky ve Fortranu, Nadas, Praha 1982, 368 s.
- [102] KOŽEŠNÍK, J.: Kmitání mechanických soustav. Akademia, Praha 1979.
- [103] TIRINDA, P.: Niektoré problémy identifikácie dynamických vlastností gumových pružín. (kandidátská disertační práce). UMS SAV Bratislava 1976.
- [104] PETERKA, V.: Použití pseudonáhodných signálů k identifikaci dynamických soustav. Kybernetika, 5, 1969, č. 2, s. 113-135.
- [105] LAPIN, A.A.: Rezinokordovyje oboločki kak uprugije i silovyje elementy mašin. In: Rasčety uprugich elementov mašin i priborov. MVTI um. Bauman, Mašgiz, 1952.
- [106] TICHOMIROV, V.B.: Planirovanije i analiz eksperimenta. Legkaja industrija. Moskva 1974.
- [107] DANIEL, C.: Applications of statistics to industrial experimentation. John Wiley and Sons, New York-London-Toronto, 1976.
- [108] KREJČÍŘ, O.-DANČA, J.: Ruční regulátor tlaku vzduchu v nádobách. AO ČSSR, 173 047
- [109] DANČA, J.-DUDÁŠ, L.-PAVLŮ, M.: Jednokomorový regulační ventil. AO ČSSR 236889
- [110] DANČA, J.-PAVLŮ, M.: Záchranné saně pro svoz raněných. AO ČSSR 236372

- [111] KREJČÍŘ, O.-PEŠÍK, L.: Pneumatická opora s regulovatelnou tuhostí pro pružné uložení hmot. AD ČSSR 236 600
- [112] PAVLŮ, M.: Výpočet veličin potřebných pro vibroizolační analýzu pružných pneumatických uložení. In: II. sborník vědeckovýzkumných prací MTI Moskva a VŠST Liberec, Moskva, Liberec 1983.
- [113] SMETANA, C.: Měření hluku a chvění. Praha, SNTL 1974.

P Ř Í L O H Y

SEZNAM PROGRAMŮ:

1. PER 1	str. A1 - A3
2. AFTR	B1 - B11
3. KORFCE	C1 - C13
4. KORFTR	D1 - D8
5. PREN	E1 - E8
6. PRUBVF	F1 - F8
7. KORFSR	G1 - G11
8. PROLOZ	H1 - H6

```

HLEDANÍ PERIODICITY V DATECH
VSTUPNI DATA AZ DO 1000 PRVKU JSOU NA POLI X
DIMENSION X(1000),XP(500),IPZAD(10)
DIMENSION ITEXT(10),VST(10),KK(10),XX(10)
READ(5,320) ITEXT
READ(5,302) NPZAD,APARM
READ(5,302) ICISM,TZAD
READ(5,102) FPOC,FKON
FORMAT(2F0.0)
FORMAT(10F0.0)
FORMAT(10I0)
FORMAT(10,F0.0)
FORMAT(20A4)
IF(NPZAD.GT.0) GO TO 8
READ(5,210) (IPZAD(I),I=1,NPZAD)
N=0
DO 10 I=1,101
  READ(5,110,END=9) VST
  DO 15 J=1,10
    IF(VST(J).LE.0.0) GOTO 15
    IF(N.GT.999) GOTO 10
    N=N+1
    X(N)=VST(J)/APARM
  CONTINUE
CONTINUE
WRITE(6,1000)
FORMAT(//1X,'ZJISTOVANI PERIODICITY V DATECH'//)
WRITE(6,320) ITEXT
WRITE(6,1050) N,TZAD
FORMAT(//1X,'VSTUPNI DATA'//)
:1X,'POCET',I5/
:1X,'INTERVAL',2X,F7.5,' S'//
:1X,7(' P.C.',5X,'HODNOTA',3X)/)
N7=N/7+1
DO 80 I=1,N7
  DO 85 J=1,7
    KK(J)=0
    XX(J)=0.0
    K=(J-1)*N7+I
    IF(K.GT.N) GO TO 85
    KK(J)=K
    XX(J)=X(K)
  CONTINUE
  WRITE(6,1100) (KK(J),XX(J),J=1,7)
  FORMAT(1X,7(I5,F12.6,3X))
CONTINUE
IF(NPZAD.LE.0) GO TO 7
WRITE(6,1200)
FORMAT(1H1,' PŘEHLED PRUMERNÝCH ČTVERCU ODCHYLEK'//)
:1X,5X,'POCET',2X,'OPT.POC.',5X,'PERIODA',4X,'OPT.POR.',
:2X,'PRUM.ODCH.'/)
MAXPER=N/3+1
DIFM=1.0E+70
IPER=0
DO 20 I=1,MAXPER
  IP=I
  DIFS=DIF(N,X,IP)
  IF(DIFS.LT.DIFM) IPER=IP
  IF(DIFS.LT.DIFM) DIFM=DIFS
  TP=IP+TZAD
  TOPT=IPER+TZAD
  WRITE(6,1300) IP,IPER,TP,TOPT,DIFS
  FORMAT(1X,2I10,0P2F12.3,1PE12.3)

```



```

CONTINUE
NPUPR=1
IF(NPZAD.LT.0)NPUPR=NPZAD
DO 50 I=1,NPUPR
IF(NPZAD.LT.0)IPER=IPZAD(ICYKL)
TOPT=IZAD*FLOAT(IPER)
WRITE(6,1400)TOPT
1400 FORMAT(1H1,1X,'OPT.PERIODA',F6.3,' S'//
1X,4X,'PORADI',4X,'STR.HOD.',3X,'DIFFERENCE',4X,'REL.DIF.')
NOPA=N/IPER+1
DO 30 I=1,IPER
NJ=0
XS=0.0
XMIN=X(I)
XMAX=X(I)
DO 40 J=1,NOPA
K=I+(J-1)*IPER
IF(K.GT.N)GOTO 40
XS=XS+X(K)
NJ=NJ+1
IF(X(K).LT.XMIN)XMIN=X(K)
IF(X(K).GT.XMAX)XMAX=X(K)
CONTINUE
XS=XS/FLOAT(NJ)
XDA=XMAX-XMIN
XDR=100.0*XDA/XS
WRITE(6,1500)I,XS,XDA,XDR
1500 FORMAT(1X,I10,1P2E12.3,0PF12.2)
CONTINUE
CONTINUE
STOP 777
END

```

```

REAL FUNCTION DIF(N,X,IP)
DIMENSION X(1000),XS(50),XD(500)
JOPA=N/IP+1
DO 10 I=1,IP
NJ=0
XS(I)=0.0
DO 20 J=1,JOPA
K=I+(J-1)*IP
IF(K.GT.N)GOTO 20
XS(I)=XS(I)+X(K)
NJ=NJ+1
CONTINUE
XS(I)=XS(I)/FLOAT(NJ)
NJ=0
XD(I)=0.0
DO 30 J=1,JOPA
K=I+(J-1)*IP
IF(K.GT.N)GOTO 30
XD(I)=XD(I)+(X(K)-XS(I))**2
NJ=NJ+1
CONTINUE
XD(I)=XD(I)/FLOAT(NJ)
CONTINUE
D=0.0
DO 50 I=1,IP
D=D+XD(I)
CONTINUE
DIF=D/FLOAT(IP)

```

RETURN
END

```

DIMENSION KK(5), ERT(5), UTT(5), FZT(5), AP(5), AA(5)
: APAR(10), KK(5), ERT(5), UTT(5), FZT(5), AP(5), AA(5)
COMPLEX H(300), IJ, CARG
DIMENSION ITEXT(10), VST(10)
READ(5,320) ITEXT
READ(5,302) NPZAD, APARM
READ(5,303) ICISM, TZAD, STRVST
READ(5,103) FPOC, FKON, PRIR
FORMAT(2F0.0)
FORMAT(3F0.0)
FORMAT(10F0.0)
FORMAT(10I0)
FORMAT(10, F0.0)
FORMAT(10, 2F0.0)
FORMAT(20A4)
T=TZAD
FP=FPOC
FK=FKON
DF=PRIR
IPAR(1)=ICISM
PI=3.14159
IJ=(0.0, 1.0)
FS=1.0/T
WRITE(6,1000)
FORMAT(1X, 'ANALOGOVA FOURIEROVA TRANSFORMACE'
: 'RELATIVNIHO PRENOSU'//)
WRITE(6,320) ITEXT
WRITE(6,1050) T, FS
FORMAT(1X, 'VZORKOVACI INTERVAL', F10.3, ' S'//
: 1X, 'STREDNI FREKVENCE', F10.3, ' HZ'//)
N=0
DO 10 I=1, 210
  READ(5,110, END=9) VST
  DO 15 J=1, 10
    IF(VST(J).LE.0.0) GOTO 15
    IF(N.GT.999) GOTO 10
    N=N+1
    A(N)=VST(J)/APARM
  15 CONTINUE
  10 CONTINUE
  IF(N.LE.0) STOP 111
  IF(N.GT.1000) N=1000
  AS=0.0
  DO 25 J=1, N
    AS=AS+A(J)
  25 CONTINUE
  AS=AS/FLOAT(N)
  WRITE(6,1070) N
  FORMAT(//1X, 'POCET VZORKU', I5//
: 1X, 'PREHLED VZORKU'//
: 1X, 5(1X, 'P.C.', 3X, 'PUVODNI', 2X, 'UPRAVENE', 5X)//)
  NS=N/5+1
  ASTP=0.0
  DO 20 I=1, NS
    DO 35 J=1, 5
      KK(J)=0
      AP(J)=0.0
      AA(J)=0.0
      K=(J-1)*NS+I
      IF(K.GT.N) GO TO 35
      KK(J)=K
      AP(J)=A(K)
      A(K)=(A(K)-AS)/STRVST
    35 CONTINUE
  20 CONTINUE

```



```

      XA(J)=X(K)
      CONTINUE
      WRITE(6,1100)((K(K(J),AP(J),A(J),I=1,5)
      FORMAT(1X,5(15,DP2F10.6,5X))
1100 CONTINUE
      ASTR=ASTR*STRVST/FLOAT(N)
      APAR(1)=ASTR/STRVST
      WRITE(6,1150)ASTR
1150 FORMAT(///1X,'STREDNI RELATIVNI JEDNOTA VYSTUPU',1P2F12.3//)
      WRITE(6,1200)
1200 FORMAT(1H1,1X,'FREKVENCNI CHARAKTERISTIKA'//
      1X,5('FREKVENCE',4X,'UTLUM',5X,'FAZE',3X)//)
      NF=(FK-EP)/DF
      IF(NF.GT.300)NF=300
      UTMX=-1000.0
      DO 20 J=1,NF
        H(J)=0.0
        FR=(EP+FLOAT(J-1)*DF)/FS
        CARG=2.0*PI*FR*IJ
        DO 30 I=1,N
          AI=FLOAT(I)
          H(J)=H(J)+A(I)*CEXP(-CARG*AI)
30 CONTINUE
        H(J)=H(J)*T
        AH=CABS(H(J))
        UT(J)=-1000.0
        IF(AH.GT.0.0)UT(J)=20.0*ALOG10(AH)
        IF(AH.GT.0.0)
          FZ(J)=(180.0/PI)*ATAN2(AIMAG(H(J)),REAL(H(J)))
          IF(UT(J).GT.UTMX)UTMX=UT(J)
20 CONTINUE
      DO 60 I=1,NF
        GR(1,I)=UT(I)
60 CONTINUE
      N5=NF/5+1
      DO 40 I=1,N5
        DO 45 J=1,5
          K=(J-1)*N5+I
          IF(K.GT.NF)K=NF
          FRT(J)=EP+DF*FLOAT(K-1)
          UTT(J)=UT(K)
          FZT(J)=FZ(K)
45 CONTINUE
        WRITE(6,1300)(FRT(J),UTT(J),FZT(J),J=1,5)
1300 FORMAT(1X,5(3F9.3,3X))
40 CONTINUE
      IF(NPZAD.GT.0)GO TO 3
      NF=5*(NF/5)
      WRITE(7,5201)NF
      WRITE(7,5103)EP,FK,DF
      WRITE(7,5105)(UT(I),I=1,NF)
      FORMAT(3F10.5)
      FORMAT(5F10.3)
      FORMAT(11,)
      IPAR(1)=1
      CALL GRASY(GR,1,NF,0.0,0.0,0.0,IPAR,APAR,EP,FK,DF,
      :15.2,T,N)
      STOP 777
      END

```


*LX,LY,APAR,IPAR)
 DIMENSION YY(1,300),IC(10),PARAM(10),Y1(300),X1(300),
 *DELCL(10),MET(10)

YY - POLE TABELOVANYCH HODNOT V POCTU MM X MM
 YDOLNI, YHOPNI - DOLNI A HOPNI MEZ ZAVISLE PROMENNE,
 JE-LI LX ZAPORNE
 XD,XH,DXF - HRANICE A KRCK NEZAVISLE PROMENNE
 LX, LY - DELKA OSY X A POLOVICNI DELKA OSY Y V CM,
 JE-LI LX ZAPORNE,
 POZADUJI SE MEZE NA PARAMETRECH YDOLNI, YHOPNI

FORMAT('SPOJITE FOUR. TRAN. RELATIVNIHO PRENOSU')
 FORMAT('FREKV.')

FORMAT('REL.PR. (D3)')

FORMAT('FAZE')

FORMAT('T=')

FORMAT('N=')

FORMAT('POPIS KRIVEK')

FORMAT('PARAMETR')

M=MM

IF(M.GT.10)M=10

N=NN

IF(N.GT.300)N=300

IF(LX.LT.0)YD=YDOLNI

IF(LX.LT.0)YH=YHOPNI

IF(LX.LT.0)GO TO 9

YD=YY(1,1)

YH=YY(1,1)

DO 10 I=1,M

DC 10 J=1,N

IF(YY(I,J).LT.YD)YD=YY(I,J)

IF(YY(I,J).GT.YH)YH=YY(I,J)

CONTINUE

LX=IABS(LX)

ZAKLADNI VOLANI

CALL GRAFOR(1,50000,0,-1,0,LX,LY)

IPOLY=10*IFIX(0.2*FLOAT(LX))

CALL GRAFOR(3,0,1,0,1,IPOLY,0,3100)

VYPOCET MERITEK A NAKRTESENI STUPNIC

WRITE(6,1000)

FORMAT(1H1,' INFORMACE O GRAFICKEM ZPRACOVANI UDAJU'//)

CALL STUPCE(1,XD,XH,XP,XK,DX,IRX,XDM,XHM,HX,NXD,YY,M,N)

CALL STUPCE(2,YD,YH,YP,YK,DY,IRY,YDM,YHM,NY,NYD,YY,M,N)

IF(NX.LE.0.OR.NY.LE.0)STOP 111

DELKAX=8.5*FLOAT(LX)

DELKAY=8.5*FLOAT(LY)

DXG=DELKAX/FLOAT(NX)

DYG=DELKAY/FLOAT(NY)

CALL GRAFOR(4,DXG,DYG,100*NX+1,100*NY+1)

NX1=NX+1

YTISK=0.05*DELKAY

DO 50 I=1,NX1

AI=FLOAT(I-1)+0.25

X=XP+FLOAT(I-1)*DX

CALL GRAFOR(5,AI*DXG,-YTISK)

CALL GRAFOR(2,X,FLOAT(NXD),2,0)

CONTINUE

CALL GRAFOR(7,0.85*DELKAX,-2,0+YTISK,2,0,3200)

```

      IF (X1.EQ.1)
      IFLOAT(1-1)
      Y=XD+AI*DY
      CALL GRAFOR(5,-1.8*DXG,AI*DYG)
      CALL GRAFOR(0,Y,FLOAT(NYD),2,0)
      CONTINUE
      IF(MET(10).EQ.1)
      CALL GRAFOR(7,-DXG,0.95*DELKAY,2,0,&300)
      IF(MET(10).EQ.2)
      CALL GRAFOR(7,-DXG,0.95*DELKAY,2,0,&310)
      IF(1RX.EQ.0) GO TO 11
      CALL GRAFOR(7,0,0,-2.0*YTISK,2,0,'MERITKO OSY X: ')
      CALL GRAFOR(10,3,0,2,0,1RX,0)
      IF(1RY.EQ.0) GO TO 12
      CALL GRAFOR(7,0,0,-3.0*YTISK,2,0,'MERITKO OSY Y: ')
      CALL GRAFOR(10,3,0,2,0,1RY,0)
      IF(XDM.EQ.0.0.OR.XHM.EQ.0.0) GO TO 13
      XMAX=AMAX1(ABS(XD),ABS(XHM))
      IF(ABS(XHM-XDM)/XMAX.GT.0.01) GO TO 13
      IRDM=IRAD(XDM)
      DMM=XDM*10.0+*(-IRDM)
      CALL GRAFOR(7,0.5*DELKAX,-2.0*YTISK,2,0,
      *POCATECHNI HOD.STOP.X: ')
      CALL GRAFOR(9,DMM,6,0,2,0)
      CALL GRAFOR(3,0,0,0,0,2,0,'E')
      CALL GRAFOR(10,2,0,2,0,IRDM,0)
      IF(YDM.EQ.0.0.OR.YHM.EQ.0.0) GO TO 14
      YMAX=AMAX1(ABS(YDM),ABS(YHM))
      IF(ABS(YHM-YDM)/YMAX.GT.0.01) GO TO 14
      IRDM=IRAD(YDM)
      DMM=YDM*10.0+*(-IRDM)
      CALL GRAFOR(7,0.5*DELKAX,-3.0*YTISK,2,0,
      *POCATECHNI HOD.STOP.X: ')
      CALL GRAFOR(9,DMM,6,0,2,0)
      CALL GRAFOR(3,0,0,0,0,2,0,'E')
      CALL GRAFOR(10,2,0,2,0,IRDM,0)
      CALL GRAFOR(5,0,0,0,0)

      KRESLENI GRAFU
      UX,UY - MERTITKO = MM/JEDN.
      UX=DELKAX/(XHM-XDM)
      UY=DELKAY/(YHM-YDM)
      DO 210 I=1,N
      IC(I)=MET(I)
      CONTINUE
      DO 110 I=1,N
      DO 120 J=1,N
      X=XD+FLOAT(J-1)*DIFX
      XI(J)=(X-XDM)*UX
      YI(J)=(YY(I,J)-YDM)*UY
      XPD=X-XD
      YPD=YY(I,J)-YD
      CONTINUE
      CALL TYPEC(1,DELKAX/30,'CERA,DELC)
      CALL KRIVKA(1,X3,Y1,'CARG,DELC)
      WRITE(0,110)I
      FORMAT(' NAKRESLEN GRAF C.',I3/)
      CONTINUE
      XTP=0.7*DELKAX
      YTP=0.95*DELKAY
      XTISK=0.15*DELKAX
      YTISK=0.95*DELKAY

```

```

CALL GRAFOR(7,APAR,4.0,2.0)
CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-YTISK,2.0,8500)
CALL GRAFOR(10,2.0,5.0,IPAR,0)
CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-2.0*YTISK,2.0,8000)
CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-3.0*YTISK,2.0,'PERENT')
CALL GRAFOR(7,XTP+XTISK,YTP-3.0*YTISK,2.0,8700)
DO 150 I=1,M
  CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-FLOAT(I+3)*YTISK,2.0,' ')
  CALL GRAFOR(10,2.0,2.0,MET(I),0)
  CALL GRAFOR(7,XTP+XTISK,YTP-FLOAT(I+3)*YTISK,2.0,' ')
  CALL GRAFOR(9,PARA(I),3.0,2.0)

```

```

150 CONTINUE
CALL GRAFOR(2)
WRITE(6,1200)
1200 FORMAT('/',ZPRACOVANI GRAFICKYCH UDAJU UKONCENO'/)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE STUPCE(IOSA,PD,PH,PP,PK,DP,IR,PDM,PHM,N,ND,
+Y,MM,NN)

```

```

DIMENSION Y(5,300)
DATA IX,IY/1HX,1HY/
IF(IOSA.EQ.1)IXY=IX
IF(IOSA.EQ.2)IXY=IY
WRITE(6,1000)IXY
1000 FORMAT('/',POPIS OSY',2X,A1/)
IF(PD.GE.PH.AND.IOSA.EQ.1)CALL TISK1(1,PD,PH)
IF(PD.GE.PH.AND.IOSA.EQ.2)CALL TISK2(1,PD,PH,Y,MM,NN)
IF(PD.GE.PH)N=0
IF(PD.GE.PH)RETURN
IF(ABS(PD).LT.1.0E-75)PD=0.0
IF(ABS(PH).LT.1.0E-75)PH=0.0
IF(PD.EQ.0.0)GO TO 1
IF(PH.EQ.0.0)GO TO 2
IF(PD.NE.0.0.AND.PH.NE.0.0)GO TO 3

```

```

DOLNI HODNOTA PROMENNE NULOVA

```

```

IR=IRAD3(ABS(PH))
REDH=ABS(PH)/10.0**IR
PP=0.0
CALL VYPST(REDH,PK,DP,N,ND)
PDM=0.0
PHM=PK*10.0**IR
GO TO 99

```

```

HORNI HODNOTA PROMENNE NULOVA

```

```

IR=IRAD3(ABS(PD))
REDH=ABS(PD)/10.0**IR
PK=0.0
CALL VYPST(REDH,PKK,DP,N,ND)
PP=-PKK
PHM=0.0
PDM=PP*10.0**IR
GO TO 99

```

```

OBE HODNOTY PROMENNE JSOU NENULOVE

```

```

PODIL=ABS(PH/PD)
POM=ABS(PH)
IF(PDM.LT.ABS(PD))POM=ABS(PD)
IR=IRAD3(POM)

```



```

REDMIN=PH/10.0**IR
REDMAX=PH/10.0**IR
IF(PODIL.GT.1000.0)AND.(IOSA.EQ.1)CALL TASK1(2,PD,PH)
IF(PODIL.GT.1000.0)AND.(IOSA.EQ.2)CALL TASK2(2,PD,PH)
*Y.MM,NN)
IF(PODIL.GT.1000.0)REDMIN=0.001*REDMAX
IF(PODIL.LT.0.001.AND.IOSA.EQ.1)CALL TASK1(2,PD,PH)
IF(PODIL.LT.0.001.AND.IOSA.EQ.2)CALL TASK2(2,PD,PH)
*Y.MM,NN)
IF(PODIL.LT.0.001)REDMAX=0.001*REDMIN
DIF=REDMAX-REDMIN
POM=ABS(REDMAX)
IF(POM.LT.ABS(REDMIN))POM=ABS(REDMIN)
RDIF=DIF/POM
IF(RDIF.GE.0.01)GO TO 5
IF(RDIF.LT.0.01)GO TO 6
CALL VYPST(DIF,DIFRED,DP,N,ND)
NSROV=ICC(REDMIN/DP)
IF(REDMIN.LT.0.0)NSROV=NSROV-1
PP=DP*FLOAT(NSROV)
PK=PP+DIFRED
PDM=PP*10.0**IR
PNM=PK*10.0**IR
GO TO 99
IF(IOSA.EQ.1)CALL TASK1(3,PD,PH)
IF(IOSA.EQ.2)CALL TASK2(3,PD,PH,Y.MM,NN)
IRD=IRAD3(DIF)
IRC=IR+IRD
DIF=DIF/10.0**IRD
CALL VYPST(DIF,DIFRED,DP,N,ND)
PP=0.0
PK=DIFRED
NSROV=ICC(REDMIN/(DP*10.0**IRD))
IF(REDMIN.LT.0.0)NSROV=NSROV-1
PDM=NSROV*DP*10.0**IRC
PNM=PNM+(DIFRED+DP)*10.0**IRC
IR=IRD
1100 WRITE(6,1100)PD,PH,PP,PK,DP,PDM,PNM
1100 FORMAT(1X,'MIN.HODN.',1PE15.6,5X,'MAX.HODN.',1PE15.6/
*1X,'POCATEK ',0PF15.3,5X,'KONEC',4X,0PF15.3,5X,
*'PRIRUST.',0PF15.3/
*1X,'DOLNI MEZ',1PE15.6,5X,'HORNI MEZ',1PE15.6)
1200 WRITE(6,1200)IR,N,ND
1200 FORMAT(1X,'RAD',15,20X,'POC.DILKU',15,15X,'POC.CISL',15/)
RETURN
END

```

SUBROUTINE VYPST(H,UH,OH,N,NM)

UH=1000.0

OH=100.0

N=10

NM=4

IF(H.LT.0.01)CALL POZN(4)

IF(H.LT.0.01)RETURN

IF(H.GT.1000.0)CALL POZN(5)

IF(H.GT.1000.0)RETURN

IF(H.GE.0.01.AND.H.LT.0.1)UPR=100.0

IF(H.GE.0.1.AND.H.LT.1.0)UPR=10.0

IF(H.GE.1.0.AND.H.LT.10.0)UPR=1.0

IF(H.GE.10.0.AND.H.LT.100.0)UPR=0.1

IF(H.GE.100.0.AND.H.LE.1000.0)UPR=0.01


```

IF(HH.GE.1.0.AND.HH.LE.1.4)GO TO 1
IF(HH.GT.1.4.AND.HH.LE.2.0)GO TO 2
IF(HH.GT.2.0.AND.HH.LE.3.0)GO TO 3
IF(HH.GT.3.0.AND.HH.LE.4.0)GO TO 4
IF(HH.GT.4.0.AND.HH.LE.5.0)GO TO 5
IF(HH.GT.5.0.AND.HH.LE.7.0)GO TO 6
IF(HH.GT.7.0.AND.HH.LE.10.0)GO TO 7
CALL PCZN(6)

```

```

UH=1.4
DH=0.2

```

```

N=7
GO TO 11

```

```

UH=2.0
DH=0.2
N=10

```

```

GO TO 11

```

```

UH=3.0
DH=0.3
N=10

```

```

GO TO 11

```

```

UH=4.0
DH=0.5
N=8

```

```

GO TO 11

```

```

UH=5.0
DH=0.5
N=10

```

```

GO TO 11

```

```

UH=7.0
DH=1.0
N=7

```

```

GO TO 11

```

```

UH=10.0
DH=1.0
N=10

```

```

UH=UH/UPR
DH=DH/UPR

```

```

IF(UPR.LT.0.02)NM=4

```

```

IF(UPR.GT.0.09.AND.UPR.LT.0.11)NM=3

```

```

IF(UPR.GT.0.9.AND.UPR.LT.1.1)NM=2

```

```

IF(UPR.GT.9.0.AND.UPR.LT.11.0)NM=3

```

```

IF(UPR.GT.99.0)NM=4

```

```

RETURN

```

```

END

```

```

INTEGER FUNCTION IRAD3(X)

```

```

IR=IRAD(X)

```

```

IRA=IABS(IR)

```

```

IR3=3*(IRA/3)

```

```

IZB=IR-IR3

```

```

IF(IR.LT.0)IR3=-IR3

```

```

IF(IR.LT.0.AND.IZB.GT.0)IR3=IR3-3

```

```

IRAD3=IR3

```

```

RETURN

```

```

END

```

```

INTEGER FUNCTION IRAD(X)

```

```

AX=ABS(X)

```

```

1800 IF (X.EQ.0.0) RETURN
1810 IF (X.GE.1.0.AND.AX.LE.10.0) RETURN
1820 IF (X.LT.1.0) GO TO 1
1830 IF (X.GT.10.0) GO TO 2
1840 RETURN
1850 IR=0
1860 DO 10 I=1,80
1870 AX=10.0*AX
1880 IR=IR+1
1890 IF (X.GE.1.0.AND.AX.LE.10.0) GO TO 11
1900 CONTINUE
1910 IR=0
1920 DO 20 I=1,80
1930 AX=0.1*AX
1940 IR=IR+1
1950 IF (X.GE.1.0.AND.AX.LE.10.0) GO TO 11
1960 CONTINUE
1970 IRAD=IR
1980 RETURN
1990 END

```

```

2000 INTEGER FUNCTION ICC(X)
2010 I=1
2020 IF (ABS(X-FLOAT(I)).GT.0.999) I=I+1
2030 ICC=I
2040 RETURN
2050 END

```

```

2100 SUBROUTINE TASK1(IPOZ,D,H)
2110 CALL POZN(IPOZ)
2120 WRITE(6,1000) D,H
2130 FORMAT(/,' DOLNI MEZ',1PE15.6,' HORNÍ MEZ',1PE15.6/)
2140 RETURN
2150 END

```

```

2200 SUBROUTINE TASK2(IPOZ,D,H,Y,M,N)
2210 DIMENSION Y(5,300)
2220 CALL POZN(IPOZ)
2230 WRITE(6,1000) D,H
2240 FORMAT(/,' DOLNI MEZ',1PE15.6,' HORNÍ MEZ',1PE15.6/)
2250 WRITE(6,1100)
2260 FORMAT(' ZOBRAZOVANE UDAJE'/)
2270 DO 10 I=1,N
2280 WRITE(6,1200) I
2290 FORMAT(' KRYVKA',13/)
2300 WRITE(6,1300) (Y(I,J),J=1,N)
2310 FORMAT(1P5E15.6)
2320 CONTINUE
2330 RETURN
2340 END

```

```

2400 SUBROUTINE POZN(I)
2410 FORMAT(/' PŘEHOZENÉ NEBO STEJNÉ MEZE - KONEC'/)
2420 FORMAT(/' PRILIS VELKE ROZDILY HODNOT - UPRÁVENÝ MEZE'/)
2430 FORMAT(/' PRILIS MALE ROZDILY HODNOT - ZVLÁŠTNÍ STUPNICE'/)
2440 FORMAT(/' MALÝ ROZSAH STUPNICE - STANDARDNÍ HODNOTY'/)
2450 FORMAT(/' VELKÝ ROZSAH STUPNICE - STANDARDNÍ HODNOTY'/)

```



```

CONTINUE
CALL GRAFOR(IPI6,X1,Y1)
DELKA=DELKA-GRRT((X1-P1)**2+(Y1-Q1)**2)
P1=X1
Q1=Y1
CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE PRUS(P1,Q1,X1,Y1,D,P2,Q2)
A=(Y1-Q1)/(X1-P1)
A1=SQRT(1.0+A**2)
P2=D/A1+P1
Q2=A*D/A1+Q1
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE TYPC(I,MC,DC)
REAL DC(10)
DC(1)=0.5*D
DC(2)=-0.2*D
DC(3)=0.2*D
DC(4)=-0.2*D
DC(5)=0.2*D
DC(6)=-0.2*D
DC(7)=0.2*D
DC(8)=-0.2*D
DC(9)=0.2*D
DC(10)=-0.2*D
GO TO (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10),I
1 MC=1
DC(1)=0
RETURN
2 MC=2
DC(1)=0.7*D
DC(2)=-0.3*D
RETURN
3 MC=2
DC(1)=0.7*D
DC(2)=-0.5*D
RETURN
4 MC=2
DC(1)=0.5*D
DC(2)=-0.5*D
RETURN
5 MC=4
RETURN
6 MC=6
RETURN
7 MC=8
RETURN
8 MC=10
RETURN
9 MC=2
DC(1)=0.3*D
DC(2)=-0.3*D
RETURN
10 MC=2

```


0000
0000
0000
0000

DC(2)=-0.2*D
RETURN
END

VYPOCY KORELACIONICH FUNKCI
 DIMENSION X(1024), Y(1024),
 RXX(128), RYY(128), RXY(128), RYX(128), XX(128), YY(128),
 ITX(20), ITY(20), A(10), IKRIV(10), PARAM(10), GR(6,300), GMAX(6),
 GHU(6),
 IT(5), T1(5), T2(5), T3(5), T4(5)
 LOGICAL GRAFX
 DATA ITVST, ITVYS/4HVST., 4HVYS./

READ(5,320) ITX
 READ(5,302) NPOCX, ANKOR
 N1=IFIX(ANKOR)
 PARX=ANKOR
 IF(N1.GT.128) N1=128
 READ(5,303) IMERX, TX, STRX
 GRAFX=.FALSE.
 IF(NPOCX.LT.0) GRAFX=.TRUE.
 IF(NPOCX.LT.0) NPOCX=IABS(NPOCX)
 READ(5,103) TPX, TKX, DTX
 K=0

DO 90 I=1,1024
 X(I)=0.0
 Y(I)=0.0

CONTINUE

DO 80 I=1,128
 RXX(I)=0.0
 RYY(I)=0.0
 RXY(I)=0.0
 RYX(I)=0.0
 XX(I)=0.0
 YY(I)=0.0

CONTINUE

DO 10 I=1, NPOCX
 READ(5,110) A
 KDT=1

CALL KONEC(KDT, A)

IF(KDT.LE.0) GO TO 1

DO 10 J=1,10

IF(A(J).LE.1.0E-30) GO TO 10

K=K+1

IF(K.GT.1024) GOTO 10

X(K)=A(J)

CONTINUE

NX=K

READ(5,320) ITY

READ(5,302) NPOCY, PARY

READ(5,303) IMERY, TY, STRY

READ(5,103) FPY, FKY, DFY

K=0

DO 20 I=1, NPOCY

READ(5,110, END=2) A

DO 20 J=1,10

IF(A(J).LE.1.0E-30) GO TO 20

K=K+1

IF(K.GT.1024) GOTO 20

Y(K)=A(J)

CONTINUE

FORMAT(3F0.0)

FORMAT(10F0.0)

FORMAT(10, F0.0)

FORMAT(10, 2F0.0)

```

FORMAT(20A4)
NY=K
IF(NX.LE.0)CALL CHYBA(1,NX,0)
IF(NY.LE.0)CALL CHYBA(2,0,NY)
IF(NX.LE.0.AND.NY.LE.0)CALL CHYBA(3,NX,NY)
N=NX
IF(N.GT.NY)N=NY
IF(N.GT.1024)N=1024
XST=0.0
YST=0.0
DO 30 I=1,N
  XST=XST+X(I)
  YST=YST+Y(I)
CONTINUE
XST=XST/FLOAT(N)
YST=YST/FLOAT(N)
XKV=0.0
YKV=0.0
DO 40 I=1,N
  X(I)=X(I)-XST
  XKV=XKV+X(I)*X(I)
  Y(I)=Y(I)-YST
  YKV=YKV+Y(I)*Y(I)
CONTINUE
XSTD=SQRT(XKV/FLOAT(N-1))
YSTD=SQRT(YKV/FLOAT(N-1))
WRITE(6,1000)ITX,ITY,NX,NY,IX,TY,PARX,PARY
1000 FORMAT(1H1,'VYPOCET KORELACNICH FUNKCI'//
:20A4//20A4//
:1X,'POCET VSTUPNICH A VYSTUPNICH MERENI',2I7//
:1X,'VZORKOVACI INTERVAL VSTUPU A VYSTUPU',2F12.6//
:1X,'PARAMETR VSTUPU A VYSTUPU',2F12.6//)
DXMAX=6.0*XSTD
DYMAX=3.0*YSTD
DO 420 I=1,N
  IF(ABS(X(I)).GT.DXMAX)WRITE(6,1050)ITVST,I,X(I)
  IF(ABS(X(I)).GT.DXMAX)X(I)=0.0
  IF(ABS(Y(I)).GT.DYMAX)WRITE(6,1050)ITVYS,I,Y(I)
  IF(ABS(Y(I)).GT.DYMAX)Y(I)=0.0
1050 FORMAT(1X,'OPRAVENA VYRAZNA ODCHYLKA',1X,A4,'DAT',
: 5X,'PORADI',15,5X,'PUVODNI HODNOTA',F12.6//)
CONTINUE
WRITE(6,1100)
1100 FORMAT(1H1,'VZORKY VSTUPU A VYSTUPU'//
:1X,5(2X,'P.C.',7X,'VSTUP',6X,'VYSTUP'))//
NS=5
NR=N/NS+1
DO 50 I=1,NR
  DO 60 J=1,NS
    K=I+NR*(J-1)
    IT(J)=K
    T1(J)=0.0
    T2(J)=0.0
    IF(K.GT.N)GOTO 60
    T1(J)=X(K)
    T2(J)=Y(K)
  CONTINUE
  WRITE(6,1200)(IT(J),T1(J),T2(J),J=1,NS)
  FORMAT(1X,5(16,2F12.3))
CONTINUE
WRITE(6,1300)XSTD,YSTD
1300 FORMAT(//1X,'STANDARDNI ODCHYLKA VSTUPU',E12.3//
:1X,'STANDARDNI ODCHYLKA VYSTUPU',E12.3//)

```


IP=FIX(TPX/DT+0.1)
IK=FIX(TKY/DE+0.1)

DO 130 I=1,N1

RXX(I)=0.0

RYY(I)=0.0

RXY(I)=0.0

RYX(I)=0.0

II=I+IP

IF(II.LT.1.OR.II.GT.N)GOTO 4

XX(I)=X(II)*X(II)

YY(I)=Y(II)*Y(II)

N2=N-I

DO 140 J=1,N1

K=J+II-1

IF(J.LT.1.OR.J.GT.N.OR.K.LT.1.OR.K.GT.N)GO TO 141

RXX(I)=RXX(I)+X(J)*X(K)

RYY(I)=RYY(I)+Y(J)*Y(K)

RXY(I)=RXY(I)+X(J)*Y(K)

RYX(I)=RYX(I)+Y(J)*X(K)

CONTINUE

RXX(I)=RXX(I)/FLOAT(N2)

RYY(I)=RYY(I)/FLOAT(N2)

RXY(I)=RXY(I)/FLOAT(N2)

RYX(I)=RYX(I)/FLOAT(N2)

CONTINUE

WRITE(6,1400)

FORMAT(1H1,'KORELACNI FUNKCE'//

:1X,2('POR.C.',9X,'RXX',9X,'RYY',9X,'RXY',9X,'RYX'))

NS=2

NR=N1/NS+1

DO 150 I=1,NR

DO 160 J=1,NS

K=I+NR*(J-1)

IT(J)=K

T1(J)=RXX(K)

T2(J)=RYY(K)

T3(J)=RXY(K)

T4(J)=RYX(K)

CONTINUE

WRITE(6,1500)(IT(J),T1(J),T2(J),T3(J),T4(J),J=1,NS)

FORMAT(1X,2(16.4E12.3))

CONTINUE

XXM=-1.0E50

YYM=-1.0E50

RXXM=-1.0E50

RYYM=-1.0E50

RXYM=-1.0E50

RYXM=-1.0E50

NG=N1

IF(NG.GT.300)NG=300

DO 240 I=1,NG

IF(XX(I).GT.XXM)XXM=XX(I)

IF(YY(I).GT.YYM)YYM=YY(I)

IF(RXX(I).GT.PXXM)PXXM=RXX(I)

IF(RYY(I).GT.RYYM)RYYM=RYY(I)

IF(RXY(I).GT.RXYM)RXYM=RXY(I)

IF(RYX(I).GT.RYXM)RYXM=RYX(I)

CONTINUE

TPOC=TPX

TPRI=TX

TKON=TPOC+FLOAT(I-1)*TPRI

APAR=IMERX

IPAR=IMERY


```

270 DO 270 I=1,4
      IKRIV(I)=2*I-1
CONTINUE
IF(.NOT.GRAFX).GOTO 3
GMAX(1)=XXM
GMAX(2)=RXXM
CALL SHAX(2,GMAX,GMU)
DO 250 I=1,NG
  GR(1,I)=XX(I)/GMU(1)
  GR(2,I)=RXX(I)/GMU(2)
CONTINUE
250 DO 330 I=1,2
  PARAM(I)=GMU(I)
CONTINUE
330 CALL GRAFY(GR,2,NG,0.0,0.0,0.0,IKRIV,PARAM,TPOC,TKON,TPRI,
:15,8,APAR,IPAR)
GMAX(1)=YYM
GMAX(2)=RYYM
  GMAX(3)=RXYM
GMAX(4)=RYXM
CALL SHAX(4,GMAX,GMU)
DO 260 I=1,NG
  GR(1,I)=YY(I)/GMU(1)
  GR(2,I)=RYY(I)/GMU(2)
  GR(3,I)=RXY(I)/GMU(3)
  GR(4,I)=RYX(I)/GMU(4)
260 CONTINUE
DO 340 I=1,4
  PARAM(I)=GMU(I)
340 CONTINUE
CALL GRAFY(GR,4,NG,0.0,0.0,0.0,IKRIV,PARAM,TPOC,TKON,TPRI,
:15,8,APAR,IPAR)
STOP 777
END

```

```

SUBROUTINE KONEC(K,A)
DIMENSION A(10)
K=1
IF(A(1).LT.0.0.AND.
:A(2).LT.0.0.AND.
:A(3).LT.0.0.AND.
:A(4).LT.0.0.AND.
:A(5).LT.0.0)K=-1
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE CHYBA(I,NX,NY)
IF(I.LT.1.OR.I.GT.3)GO TO 11
GO TO (1,2,3),I
1000 WRITE(6,1000)NX
  FORMAT(///1X,'PRAZDNY SOUBOR NEZAVISLE PROMENNE',I10//)
  STOP 111
1100 WRITE(6,1100)NY
  FORMAT(///1X,'PRAZDNY SOUBOR ZAVISLE PROMENNE',I10//)
  STOP 111
1200 WRITE(6,1200)NX,NY
  FORMAT(///1X,'PRAZDNY SOUBOR NEZAVISLE I ZAVISLE PROMENNE',
:2I10//)
  STOP 111

```

RETURN
END

SUBROUTINE GRAFY(YY,MM,NN,YDOLNI,YHorni,MET,PARAM,XD,XH,DIFX,
+LX,LY,APAR,IPAR)
DIMENSION YY(6,300),IC(10),PARAM(10),Y1(300),X1(300),
+DEL(10),MET(10)

YY - POLE TABELOVANYCH HODNOT V POCTU MM X NN
YDOLNI, YHorni - DOLNI A HORNI MEZ ZAVISLE PROMENNE,
JE-LI LX ZAPORNE
XD,XH,DIFX - HRANICE A KROK NEZAVISLE PROMENNE
LX, LY - DELKA OSY X A POLOVICNI DELKA OSY Y V CM,
JE-LI LX ZAPORNE,
POZADUJI SE MEZE NA PARAMETRECH YDOLNI, YHorni

FORMAT('KORELACE CASOVEHO PRUBEHU')
FORMAT('CAS (S)')
FORMAT('AMPLIT.')
FORMAT('MERENI X')
FORMAT('MERENI Y')
FORMAT('POPIS KPIVEK')
FORMAT('ZVETSENI')

M=MM

IF(M.GT.10)M=10

N=NN

IF(N.GT.300)N=300

IF(LX.LT.0)YD=YDOLNI

IF(LX.LT.0)YH=YHorni

IF(LX.LT.0)GO TO 9

YD=YY(1,1)

YH=YY(1,1)

DO 10 I=1,M

DO 10 J=1,N

IF(YY(I,J).LT.YD)YD=YY(I,J)

IF(YY(I,J).GT.YH)YH=YY(I,J)

CONTINUE

LX=IABS(LX)

ZAKLADNI VOLANI

CALL GRAFOR(1,50000.0,-1.0,LX,LY)

IPOLY=10*IFIX(0.2*FLOAT(LX))

CALL GRAFOR(3,0.1,0.1,IPOLY,0.2,100)

VYPOCET MERITEK A NAKRTESENI STUPNIC

WRITE(6,1000)

FORMAT(1H1,' INFORMACE O GRAFICKEM ZPRACOVANI UDAJU'//)

CALL STUPCE(1,XD,XH,XD,XK,DX,IRX,XDM,XHM,NX,NXD,YY,M,N)

CALL STUPCE(2,YD,YH,YP,YK,DY,IRY,YDM,YHM,NY,NYD,YY,M,N)

IF(NX.LE.0.OR.NY.LE.0)STOP 111

DELKAX=8.5*FLOAT(LX)

DELKAY=8.5*FLOAT(LY)

DXG=DELKAX/FLOAT(NX)

DYG=DELKAY/FLOAT(NY)

CALL GRAFOR(4,DXG,DYG,100*NX+1,100*NY+1)

NX1=NX+1

YTISK=0.05*DELKAY

DO 50 I=1,NX1

AI=FLOAT(I-1)-0.25

```

X=XP+FLOAT(I-1)*DX
CALL GRAFOR(5,AI*DXG,-YTISK)
CALL GRAFOR(9,X,FLOAT(NXD),2,0)
CONTINUE
CALL GRAFOR(7,0.85*DELKAX,-2.0*YTISK,2,0,&200)
NY1=NY+1
DO 60 I=1,NY1
  AI=FLOAT(I-1)
  Y=YP+AI*DY
  CALL GRAFOR(5,-0.8*DXG,AI*DYG)
  CALL GRAFOR(9,Y,FLOAT(NYD),2,0)
CONTINUE
CALL GRAFOR(7,-DXG,0.95*DELKAY,2,0,&300)
IF(IRX.EQ.0)GO TO 11
CALL GRAFOR(7,0.0,-2.0*YTISK,2,0,'MERITKO OSY X: ')
CALL GRAFOR(10,3.0,2.0,IRX,0)
IF(IRY.EQ.0)GO TO 12
CALL GRAFOR(7,0.0,-3.0*YTISK,2,0,'MERITKO OSY Y: ')
CALL GRAFOR(10,3.0,2.0,IRY,0)
IF(XDM.EQ.0.0.OR.XHM.EQ.0.0) GO TO 13
XMAX=AMAX1(ABS(XDM),ABS(XHM))
IF(ABS(XHM-XDM)/XMAX.GT.0.01) GO TO 13
IRDM=IRAD(XDM)
DMM=XDM*10.0**(-IRDM)
CALL GRAFOR(7,0.5*DELKAX,-2.0*YTISK,2,0,
*POCATECNI HOD.STUP.X: ')
CALL GRAFOR(9,DMM,6.0,2,0)
CALL GRAFOR(3,0.0,0.0,2,0,' E')
CALL GRAFOR(10,2.0,2.0,IRDM,0)
IF(YDM.EQ.0.0.OR.YHM.EQ.0.0) GO TO 14
YMAX=AMAX1(ABS(YDM),ABS(YHM))
IF(ABS(YHM-YDM)/YMAX.GT.0.01) GO TO 14
IRDM=IRAD(YDM)
DMM=YDM*10.0**(-IRDM)
CALL GRAFOR(7,0.5*DELKAX,-3.0*YTISK,2,0,
*POCATECNI HOD.STUP.X: ')
CALL GRAFOR(9,DMM,6.0,2,0)
CALL GRAFOR(3,0.0,0.0,2,0,' E')
CALL GRAFOR(10,2.0,2.0,IRDM,0)
CALL GRAFOR(5,0.0,0.0)

```

```

KRESLENI GRAFU
UX,UY - MERITKO = MM/JEDN.

```

```

UX=DELKAX/(XHM-XDM)
UY=DELKAY/(YHM-YDM)

```

```

DO 210 I=1,M
  IC(I)=MET(I)

```

```

CONTINUE

```

```

DO 110 I=1,M

```

```

  DO 120 J=1,N

```

```

    X=XD+FLOAT(J-1)*DIFX

```

```

    X1(J)=(X-XDM)*UX

```

```

    Y1(J)=(YY(I,J)-YDM)*UY

```

```

    XPP=X-XP

```

```

    YPP=YY(I,J)-YP

```

```

  CONTINUE

```

```

  CALL TYPC(MET(I),DELKAX/30,MCARA,DELC)

```

```

  CALL KRIVKA(N,X1,Y1,MCARA,DELC)

```

```

  WRITE(6,1100)I

```

```

  FORMAT(/' NAKRESLEN GRAF C.',I3/)

```

```

CONTINUE

```

```

XTP=0.7*DELKAX

```

```

YTP=0.95*DELKAY

```



```

YTISK=0.15+DELTA
YTISK=0.05+DELTA
CALL GRAFOR(7,XTP,YTP,2.0,8400)
CALL GRAFOR(9,APAR,4.0,2.0)
CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-YTISK,2.0,8500)
CALL GRAFOR(10,2.0,5.0,IPAR,0)
CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-2.0*YTISK,2.0,8600)
CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-3.0*YTISK,2.0,'MERENI')
CALL GRAFOR(7,XTP+XTISK,YTP-3.0*YTISK,2.0,8700)
DO 150 I=1,M
  CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-FLOAT(I+3)*YTISK,2.0,' ')
  CALL GRAFOR(10,2.0,2.0,MET(1),0)
  CALL GRAFOR(7,XTP+XTISK,YTP-FLOAT(I+3)*YTISK,2.0,' ')
  CALL GRAFOR(9,PARAM(1),6.0,2.0)

```

```

150 CONTINUE
  CALL GRAFOR(2)
  WRITE(6,1200)
1200 FORMAT (' ZPRACOVANI GRAFICKYCH UDAJU UKONCENO'//)
  RETURN
END

```

```

SUBROUTINE STUPCE(IOSA,PD,PH,PP,PK,DP,IR,PDM,PHM,N,ND,
  *Y,MM,NN)

```

```

  DIMENSION Y(6,300)
  DATA IX,IY/1HX,1HY/
  IF(IOSA.EQ.1)IXY=IX
  IF(IOSA.EQ.2)IXY=IY
  WRITE(6,1000)IXY
1000 FORMAT(' ' POPIS OSY',2X,A1/)
  IF(PD.GE.PH.AND.IOSA.EQ.1)CALL TISK1(1,PD,PH)
  IF(PD.GE.PH.AND.IOSA.EQ.2)CALL TISK2(1,PD,PH,Y,MM,NN)
  IF(PD.GE.PH)N=0
  IF(PD.GE.PH)RETURN
  IF(ABS(PD).LT.1.0E-75)PD=0.0
  IF(ABS(PH).LT.1.0E-75)PH=0.0
  IF(PD.EQ.0.0)GO TO 1
  IF(PH.EQ.0.0)GO TO 2
  IF(PD.NE.0.0.AND.PH.NE.0.0)GO TO 3

```

```

  DOLNI HODNOTA PROMENNE NULOVA

```

```

  IR=IRAD3(ABS(PH))
  REDH=ABS(PH)/10.0**IR
  PP=0.0
  CALL VYPST(REDH,PK,DP,N,ND)
  PDM=0.0
  PHM=PK*10.0**IR
  GO TO 99

```

```

  HORNI HODNOTA PROMENNE NULOVA

```

```

  IP=IRAD3(ABS(PD))
  REDH=ABS(PD)/10.0**IP
  PK=0.0
  CALL VYPST(REDH,PKK,DP,N,ND)
  PP=-PKK
  PHM=0.0
  PDM=PP*10.0**IP
  GO TO 99

```

```

  OBE HODNOTY PROMENNE JSOU NENULOVE
  PODIL=ABS(PH/PD)
  POM=ABS(PH)

```



```

IF(POM.LT.ABS(PD))PDM=ABS(PD)
IR=IRAD3(POM)
REDMIN=PD/10.0**IR
REDMAX=PH/10.0**IR
IF(PDIL.GT.1000.0.AND.IOSA.EQ.1) CALL TASK1(2,PD,PH)
IF(PDIL.GT.1000.0.AND.IOSA.EQ.2) CALL TASK2(2,PD,PH,
*Y,MM,NN)
IF(PDIL.GT.1000.0)REDMIN=0.001*REDMAX
IF(PDIL.LT.0.001.AND.IOSA.EQ.1)CALL TASK1(2,PD,PH)
IF(PDIL.LT.0.001.AND.IOSA.EQ.1)CALL TASK2(2,PD,PH,
*Y,MM,NN)
IF(PDIL.LT.0.001)REDMAX=0.001*REDMIN
DIF=REDMAX-REDMIN
POM=ABS(REDMAX)
IF(POM.LT.ABS(REDMIN))POM=ABS(REDMIN)
RDIF=DIF/POM
IF(RDIF.GE.0.01) GO TO 5
IF(RDIF.LT.0.01) GO TO 6
CALL VYPST(DIF,DIFRED,DP,N,ND)
NSROV=ICC(REDMIN/DP)
IF(REDMIN.LT.0.0)NSROV=NSROV-1
PP=DP*FLOAT(NSROV)
PK=PP+DIFRED
PDM=PP*10.0**IR
PHM=PK*10.0**IR
GO TO 99
IF(IOSA.EQ.1)CALL TASK1(3,PD,PH)
IF(IOSA.EQ.2)CALL TASK2(3,PD,PH,Y,MM,NN)
IRD=IPAD3(DIF)
IRC=IR+IRD
DIF=DIF/10.0**IRD
CALL VYPST(DIF,DIFRED,DP,N,ND)
PP=0.0
PK=DIFRED
NSROV=ICC(REDMIN/(DP*10.0**IRD))
IF(REDMIN.LT.0.0)NSROV=NSROV-1
PDM=NSROV*DP*10.0**IRC
PHM=PDM+(DIFRED+DP)*10.0**IRC
IR=IRD
WRITE(6,1100)PD,PH,PP,PK,DP,PDM,PHM
1100 FORMAT(1X,'MIN.HODN.',1PE15.6,5X,'MAX.HODN.',1PE15.6/
*1X,'POCATEK ',0PF15.3,5X,'KONEC',4X,0PF15.3,5X,
*1X,'PRIURST.',0PF15.3/
*1X,'DOLNI MEZ',1PE15.6,5X,'HORNI MEZ',1PE15.6)
WRITE(6,1200)IR,N,ND
1200 FORMAT(1X,'RAD',15,20X,'POC.DILKU',15,15X,'POC.CISL.',15/)
RETURN
END

```

SUBROUTINE VYPST(H,UH,DH,N,NM)

UH=1000.0

DH=100.0

N=10

NM=4

IF(H.LT.0.01)CALL POZN(4)

IF(H.LT.0.01)RETURN

IF(H.GT.1000.0)CALL POZN(5)

IF(H.GT.1000.0)RETURN

IF(H.GE.0.01.AND.H.LT.0.1)UPR=100.0

IF(H.GE.0.1.AND.H.LT.1.0)UPR=10.0

IF(H.GE.1.0.AND.H.LT.10.0)UPR=1.0

```

IF(HH.E.10.0.AND.H.LT.100.0)UPR=0.1
IF(HH.GE.100.0.AND.H.LE.1000.0)UPR=0.01
HH=UPR*H
IF(HH.GE.1.0.AND.HH.LE.1.4)GO TO 1
IF(HH.GT.1.4.AND.HH.LE.2.0)GO TO 2
IF(HH.GT.2.0.AND.HH.LE.3.0)GO TO 3
IF(HH.GT.3.0.AND.HH.LE.4.0)GO TO 4
IF(HH.GT.4.0.AND.HH.LE.5.0)GO TO 5
IF(HH.GT.5.0.AND.HH.LE.7.0)GO TO 6
IF(HH.GT.7.0.AND.HH.LE.10.0)GO TO 7
CALL POZN(6)
UH=1.4
DH=0.2
N=7
GO TO 11
UH=2.0
DH=0.2
N=10
GO TO 11
UH=3.0
DH=0.3
N=10
GO TO 11
UH=4.0
DH=0.5
N=8
GO TO 11
UH=5.0
DH=0.5
N=10
GO TO 11
UH=7.0
DH=1.0
N=7
GO TO 11
UH=10.0
DH=1.0
N=10
UH=UH/UPR
DH=DH/UPR
IF(UPR.LT.0.02)NM=4
IF(UPR.GT.0.02.AND.UPR.LT.0.11)NM=5
IF(UPR.GT.0.2.AND.UPR.LT.1.1)NM=2
IF(UPR.GT.2.0.AND.UPR.LT.11.0)NM=3
IF(UPR.GT.29.0)NM=4
RETURN
END

```

```

INTEGER FUNCTION IRAD3(X)
IR=IRAC(X)
IRA=IABS(IR)
IR3=3*(IRA/3)
IZB=IR-IR3
IF(IR.LT.0)IR3=-IR3
IF(IR.LT.0.AND.IZB.GT.0)IR3=IR3-3
IRAD3=IR3
RETURN
END

```

```

INTEGER FUNCTION IRAD(X)
AX=ABS(X)
IRAD=0
IF(X.EQ.0.0)RETURN
IF(AX.GE.1.0.AND.AX.LE.10.0)RETURN
IF(AX.LT.1.0)GO TO 1
IF(AX.GT.10.0)GO TO 2
RETURN
IR=0
DO 10 I=1,80
  AX=10.0*AX
  IR=IR+1
  IF(AX.GE.1.0.AND.AX.LE.10.0)GO TO 11
CONTINUE
IR=0
DO 20 I=1,80
  AX=0.1*AX
  IR=IR+1
  IF(AX.GE.1.0.AND.AX.LE.10.0)GO TO 11
CONTINUE
IRAD=IR
RETURN
END

```

```

INTEGER FUNCTION ICC(X)
I=IFIX(X)
IF(ABS(X-FLOAT(I)).GT.0.799)I=I+1
ICC=I
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE TASK1(IPOZ,D,H)
CALL POZN(IPOZ)
WRITE(6,1000)D,H
1000 FORMAT (// ' DOLNI MEZ',1PE15.6, ' HORNÍ MEZ',1PE15.6//)
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE TASK2(IPOZ,D,H,Y,M,N)
DIMENSION Y(5,300)
CALL POZN(IPOZ)
WRITE(6,1000)D,H
1000 FORMAT (// ' DOLNI MEZ',1PE15.6, ' HORNÍ MEZ',1PE15.6//)
WRITE(6,1100)
1100 FORMAT (' ZOBRAZOVANE UDAJE'//)
DO 10 I=1,M
  WRITE(6,1200)I
  1200 FORMAT (' KRIVKA',I3//)
  WRITE(6,1300)(Y(I,J),J=1,N)
  1300 FORMAT (1P5E15.6)
CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE POZN(I)
1100 FORMAT (// ' PREHOZENE NEBO STEJNE MEZE - KONEC'//)
1200 FORMAT (// ' PRILIS VELKE ROZDILY HODNOT - UPRAVENY MEZE'//)
1300 FORMAT (// ' PRILIS MALE ROZDILY HODNOT - ZVLASTNI STUPNICE'//)

```


1400 FORMAT(7, 'MALY ROZSAH STUPNICE - STANDARDNI HODNOTY')
 1500 FORMAT(7, 'VELKY ROZSAH STUPNICE - STANDARDNI HODNOTY')
 1600 FORMAT(7, 'PRIKAZ IF NEUVAZUJE VSECHNY MOZNOSTI - STAND. HODN.')
 1700 FORMAT(7, 'PREKROZEN 2. ROZMER POLE - GRAF CHYBNE')
 1800 FORMAT(7, 'PREKROZEN ROZSAH POLE - GRAF CHYBNE')
 GO TO (1,2,3,4,5,6,7,8), I
 WRITE(6,1100)
 RETURN
 WRITE(6,1200)
 RETURN
 WRITE(6,1300)
 RETURN
 WRITE(6,1400)
 RETURN
 WRITE(6,1500)
 RETURN
 WRITE(6,1600)
 RETURN
 WRITE(7,1700)
 RETURN
 WRITE(8,1800)
 RETURN
 END

SUBROUTINE KRIVKA(N,X,Y,M,DEL)
 REAL X(N),Y(N),DEL(M)
 IF(M.GT.10)M=10
 IF(N.GT.300)N=300
 P1=X(1)
 Q1=Y(1)
 CALL GRAFOR(5,P1,Q1)
 IP=2
 IC=1
 DELZN=DEL(IC)
 DELKA=ABS(DELZN)
 IPIS=6
 IF(DELZN.LE.0.0)IPIS=5
 N1=N-1
 DO 10 I=1,N1
 X1=X(I+1)
 Y1=Y(I+1)
 IF(P1.EQ.X1)P2=P1
 IF(P1.EQ.X1)Q2=Q1+DELKA
 IF(P1.LT.X1)CALL PRUS(P1,Q1,X1,Y1,DELKA,P2,Q2)
 IF(P1.EQ.X1.AND.Q2.LE.Y1)DELKA=0.0
 IF(P1.EQ.X1.AND.Q2.GT.Y1)GO TO 1
 IF(P2.LE.X1)DELKA=0.0
 IF(P2.GT.X1)GO TO 1
 DO 20 J=1,1000
 CALL GRAFOR(IPIS,P2,Q2)
 IF(DELKA.GT.0.0)GO TO 2
 IC=IC+1
 IF(IC.GT.M)IC=1
 P1=P2
 Q1=Q2
 DELZN=DEL(IC)
 DELKA=ABS(DELZN)
 IPIS=6
 IF(DELZN.LE.0.0)IPIS=5
 CALL PRUS(P1,Q1,X1,Y1,DELKA,P2,Q2)
 IF(P1.EQ.X1.AND.Q2.LE.Y1)DELKA=0.0


```

IF (1.E0.X1.AND.Q2.GT.Y1) GO TO 1
IF (P2.LE.X1) DELKA=0.0
IF (P2.GT.X1) GO TO 1
CONTINUE
CALL GRAFOR(IPIS,X1,Y1)
DELKA=DELKA-SQRT((X1-P1)**2+(Y1-Q1)**2)
P1=X1
Q1=Y1
CONTINUE
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE PRUS(P1,Q1,X1,Y1,D,P2,Q2)
A=(Y1-Q1)/(X1-P1)
A1=SQRT(1.0+A**2)
P2=D/A1+P1
Q2=A*D/A1+Q1
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE TYPC(I,D,MC,DC)
REAL DC(10)
DC(1)=0.5*D
DC(2)=-0.2*D
DC(3)=0.2*D
DC(4)=-0.2*D
DC(5)=0.2*D
DC(6)=-0.2*D
DC(7)=0.2*D
DC(8)=-0.2*D
DC(9)=0.2*D
DC(10)=-0.2*D
GO TO (1,2,3,4,5,6,7,8,9,10),I

```

```

1 MC=1
DC(1)=D
RETURN

```

```

2 MC=2
DC(1)=0.7*D
DC(2)=-0.3*D
RETURN

```

```

3 MC=2
DC(1)=0.7*D
DC(2)=-0.5*D
RETURN

```

```

4 MC=2
DC(1)=0.5*D
DC(2)=-0.5*D
RETURN

```

```

5 MC=4
RETURN

```

```

6 MC=6
RETURN

```

```

7 MC=8
RETURN

```

```

8 MC=10
RETURN

```

```

9 MC=2

```

```

DC(1)=0.3*D
DC(2)=-0.3*D

```

```

RETURN
MC=2
DC(1)=0.2*D
DC(2)=-0.2*D
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE SMAX(N,VSTMAX,AM)
DIMENSION VSTMAX(10),AM(10)
IF(N.GT.10)RETURN
ASTM=-1.0E50
DO 10 I=1,N
  IF(VSTMAX(I).GT.VSTM)VSTM=VSTMAX(I)
CONTINUE
IF(ABS(VSTM).LE.1.0E-50)VSTM=1.0
DO 20 I=1,N
  AM(I)=VSTMAX(I)/VSTM
  A=ABS(AM(I))
  IR=IRAD(A)
  A=A*10.0**(-IR)
  AZ=1.0
  AA=ABS(A)
  IF(AA.GT.1.0.AND.AA.LT.1.5)AZ=1.5
  IF(AA.GE.1.5.AND.AA.LT.2.0)AZ=2.0
  IF(AA.GE.2.0.AND.AA.LT.3.0)AZ=3.0
  IF(AA.GE.3.0.AND.AA.LT.5.0)AZ=5.0
  IF(AA.GE.5.0.AND.AA.LT.7.0)AZ=7.0
  IF(AA.GE.7.0.AND.AA.LT.10.0)AZ=10.0
  A1=ABS(AA-1.0)
  IF(A1.LT.1.0E-5)AZ=1.0
  AM(I)=AZ*10.0**IR
CONTINUE
RETURN
END

```

UCB PRINT OF XLBTE1:JRNL .DANCA (D2690)/D FOR USER XLBTE1

```

VYPOCTY KORELACIICH FUNKCI
DIMENSION X(4100),Y(4100),GXX(513),GVXX(513),GY(513),
:GVY(513),GXY(513),FP(513),FK(513),
:ITX(20),ITY(20),A(10),IKRIV(10),PARAM(10),
:GR(5,300),GMAX(4),GMU(4),
:IT(5),T1(5),T2(5),T3(5),T4(5)
LOGICAL GRAFX
DATA ITVST,ITVYS/4HVST..4HVYS./

```

420 CONTINUE

DO 10 1-1, NPC GX

KDT-1

CALL KONEC (KDT, A)

IF(KDT.LE.0)GO TO 1

DQ 10 J=1, 10

```
IF(A(J).LE.1.0E-30)GO TO 10
```

IF(K.GT.1024)GO TO 10

$$K = K + 1$$
$$X(K) = A(J)$$

10 CONTINUE

$$1. \quad \mathbb{N} \times \mathbb{N} = \mathbb{N}$$

READ(5,320)ITY

READ(5,302)NPOCY,PARY

READ(5,303)IMERY.TY.STRY

READ(5,103)EPY,FKY,DFY

 $K=0$

DO 20 I=1,NPOCY

```
READ(5,110,END=2)A
```

00 20 J=1,10

IF(A(J).LT.1.0E-30)GO TO 20

IF(K.GT.1024)GO TO 20

$$K \sqcup K + 1$$

20 $Y(K) = A(J)$

103 CONTINUE

110 PERMAT(3EQ.0)
FORM

302 FORMAT(10F0.0)

303 FORMAT(10,F0.0)

320 FORMAT(10,2F0.0)

FORMAT(20A4)
NY-K

IECM

```

IF (NX.LE.0) CALL CHYBA(1,NX,0)

```

LEON. LE. OYCALL CHYBA(2,0,NY)

LE.O.AND.NY.LE.O)CALL CHYBAC(SYNTHE)


```

IF(N.GT.1024)N=1024
XST=0.0
YST=0.0
DO 30 I=1,N
  XST=XST+X(I)
  YST=YST+Y(I)
CONTINUE
XST=XST/FLOAT(N)
YST=YST/FLOAT(N)
XKV=0.0
YKV=0.0
DO 40 I=1,N
  X(I)=X(I)-XST
  XKV=XKV+X(I)*X(I)
  Y(I)=Y(I)-YST
  YKV=YKV+Y(I)*Y(I)
CONTINUE
XSTD=SQRT(XKV/FLOAT(N-1))
YSTD=SQRT(YKV/FLOAT(N-1))
WRITE(6,1000)ITX,ITY,MX,MY,TX,TY,PARX,PARY
1000 FORMAT(1H1,'VYPOCET KORELACNICH FUNKCI'//
  120A4//20A4//
1X,'POCET VSTUPNICH A VYSTUPNICH MERENI',Z17//
1X,'VZORKOVACI INTERVAL VSTUPU A VYSTUPU',2F12.6//
1X,'PARAMETR VSTUPU A VYSTUPU',2F12.6//
  DXMAX=6.0*XSTD
  DYMAX=3.0*YSTD
DO 430 I=1,N
  IF(ABS(X(I)).GT.DXMAX)WRITE(6,1050)ITVST,I,X(I)
  IF(ABS(X(I)).GT.DXMAX)X(I)=0.0
  IF(ABS(Y(I)).GT.DYMAX)WRITE(6,1050)ITVYS,I,Y(I)
  IF(ABS(Y(I)).GT.DYMAX)Y(I)=0.0
1050 FORMAT(1X,'OPRAVENA VYRAZNA ODCHYLKA',1X,A4,'DAT',
  1 5X,'PORADI',15,5X,'PUVODNI HODNOTA',F12.6/)
430 CONTINUE
IF(.NOT.GRAFX)GOTO 8
WRITE(6,1100)
1100 FORMAT(1H1,'VZORKY VSTUPU A VYSTUPU'//
  1X,5(2X,'P.C.',7X,'VSTUP',6X,'VYSTUP'))/
  NS=5
  NR=N/NS+1
DO 50 I=1,NR
  DO 60 J=1,NS
    K=I+NR*(J-1)
    IT(J)=X(K)
    T1(J)=X(K)
    T2(J)=Y(K)
CONTINUE
WRITE(6,1200)(IT(J),T1(J),T2(J),J=1,NS)
1200 FORMAT(1X,5(16,2F12.3))
CONTINUE
WRITE(6,1300)XSTD,YSTD
1300 FORMAT(1X,'STANDARDNI ODCHYLKA VSTUPU',E12.3//
  1X,'STANDARDNI ODCHYLKA VYSTUPU',E12.3//
  NN=1
  K=1
DO 230 I=1,13
  K=K+2
  IF(K.LE.NCEL)NN=K
CONTINUE
NCEL=NN
IF(.NOT.GRAFX)GOTO 8

```



```

XCRFTR(FC0000, 175)
AN=FLOAT(N)
ARGK=10.0*PI/AN
DO 240 I=1,N1
  AI=FLOAT(I)
  J=N-I+1
  AJ=FLOAT(N-I)
  CI=0.5-0.5*COS(AI*ARGK)
  CJ=0.5-0.5*COS(AJ*ARGK)
  X(I)=X(I)*CI
  X(J)=X(J)*CJ
  Y(I)=Y(I)*CI
  Y(J)=Y(J)*CJ
CONTINUE
CALL FFA4(X,NCCL)
CALL FFA4(Y,NCCL)
NP=N/2
NP1=NP+1
AN=FLOAT(N)
AK=2.0*TX/AN
SAK=SQRT(AK)
AHM0=0.54
AHM1=0.23
DO 260 I=1,NP1
  II=2*I
  IR=II-1
  GXX(I)=AK*(X(IR)*X(IR)+X(II)*X(II))
  GYY(I)=AK*(Y(IR)*Y(IR)+Y(II)*Y(II))
  XR=X(IR)
  XI=X(II)
  YR=Y(IR)
  YI=Y(II)
  XYR=XR*YR+XI*YI
  XYI=XR*YI+XI*YR
  GXY(I)=SAK*SQRT(XYR**2+XYI**2)
CONTINUE
DO 270 I=1,NP1
  FK(I)=AHM0*X(I)
  FP(I)=AHM0*Y(I)
  IP=I+1
  IF(IP.LE.N) FK(I)=FK(I)+AHM1*X(IP)
  IF(IP.LE.N) FP(I)=FP(I)+AHM1*Y(IP)
  IM=I-1
  IF(IM.GE.1) FK(I)=FK(I)+AHM1*X(IM)
  IF(IM.GE.1) FP(I)=FP(I)+AHM1*Y(IM)
CONTINUE
DO 250 I=1,NP1
  X(I)=FK(I)
  Y(I)=FP(I)
CONTINUE
DO 260 I=1,NP1
  II=2*I
  IR=II-1
  GXX(I)=AK*(X(IR)*X(IR)+X(II)*X(II))
  GYY(I)=AK*(Y(IR)*Y(IR)+Y(II)*Y(II))
CONTINUE
DO 280 I=1,NP1
  FD(I)=-1000.0
  AGXX=ABS(GVXX(I))
  AGYY=ABS(GVYY(I))
  AGXY=ABS(GXY(I))
  IF(AGXX.GT.1.0E-30.AND.AGYY.GT.1.0E-30)

```

```

IF (AGXX.GT.1.0E-50.AND.AGYY.GT.1.0E-50)
  FK(I)=(AGXY/AGXX)*(AGXY/AGYY)
CONTINUE
FPRI=1.0/(FLOAT(NCEL)*TX)
NG1=IFIX(FPX/FPRI)
NG2=IFIX(FKX/FPRI)
IF (NG2-NG1.GT.299) NG2=NG1+299
FPOC=FPRI*FLOAT(NG1)
FKON=FPRI*FLOAT(NG2)
NG=NG2-NG1
WRITE(6,1800)
FORMAT(1H1,'FREKVENCNI ZPRACOVANI DAT'//
1X,3X,'FREKV.',
9X,'GXX',8X,'GVXX',5X,9X,'GY',8X,'GVY',5X,9X,'GXY',
5X,6X,'PRENOS',5X,3X,'KOHERENCE'//)
DO 290 I=1,NG
FF=FLOAT(I-1)*FPRI
WRITE(6,1900) FF,GXX(I),GVXX(I),GY(I),GVY(I),
: GXY(I),FP(I),FK(I)
FORMAT(1X,0PF9.3,1P2E12.3,5X,2E12.3,5X,3(E12.3,5X))
CONTINUE
APAR=IMEX
IPAR=IMERY
AM=-1.0E50
GXXM=AM
GYM=AM
DO 350 I=1,NG
IF(I.GT.NP1) GOTO 350
IF(GXX(I).GT.GXXM) GXXM=GXX(I)
IF(GY(I).GT.GYM) GYM=GY(I)
CONTINUE
GMAX(1)=GXXM
GMAX(2)=GYM
CALL SMAX(2,GMAX,GMU)
DO 330 I=1,NG
J=NG1+I-1
IF(J.GT.NP1) J=NP1
IF(.NOT.GRFX) GOTO 3
GR(1,I)=10.0*ALOG10 (ABS(GXX(J)))
GR(2,I)=10.0*ALOG10 (ABS(GVXX(J)))
GO TO 330
GR(1,I)=10.0*ALOG10 (ABS(GY(J)))
GR(2,I)=10.0*ALOG10 (ABS(GVY(J)))
CONTINUE
DO 390 I=1,2
IKRIV(I)=2*I-1
PARAM(I)=GMU(I)
CONTINUE
CALL GRAFY(GR,2,NG,0.0,0.0,IKRIV,PARAM,FPOC,FKON,FPRI,
15,8,APAR,IPAR)
IF (GRAFX) GOTO 9
AM=-1.0E50
GVXYM=AM
FPM=AM
FKM=AM
DO 360 I=1,NG
IF(I.GT.NP1) GOTO 360
IF(GXY(I).GT.GXYM) GXYM=GXY(I)
IF(FP(I).GT.FPM) FPM=FP(I)
IF(FK(I).GT.FKM) FKM=FK(I)
CONTINUE

```


NOTE1:DANCA .KOPETR(EG000 3)/4

```

025300 GMAX(2)=FXM
025400 CALL SHAX(2,GMAX,GMU)
025500 DO 340 I=1,NG
025600 J=NG1+I-1
025700 IF(J.GT.NP1)J=NP1
025800 GR(1,I)=10.0*ALOG10(ABS(FP(J)/GMU(1)))
025900 GR(2,I)=10.0*ALOG10(ABS(GXY(J)/GMU(2)))
026000 340 CONTINUE
026100 DO 370 I=1,2
026200 IKRIV(I)=2+I-1
026300 PARAM(I)=GMU(I)
026400 370 CONTINUE
026500 CALL GRAFY(GR,2,NG,0.0,0.0,IKRIV,PARAM,FPOC,FKON,FPRI,
026600 :15,3,APAR,IPAR)
026700 9 STOP 777
026800 END

```

```

026900 C
027000 C
027100 C
027200 SUBROUTINE KONEC(K,A)
027300 DIMENSION A(10)
027400 K=1
027500 IF(A(1).LT.0.0.AND.
027600 :A(2).LT.0.0.AND.
027700 :A(3).LT.0.0.AND.
027800 :A(4).LT.0.0.AND.
027900 :A(5).LT.0.0)K=-1
028000 RETURN
028100 END

```

```

028200 C
028300 C
028400 C
028500 SUBROUTINE CHYBA(I,NX,NY)
028600 IF(I.LT.1.OR.I.GT.3)GOTO 11
028700 GO TO (1,2,3),I
028800 1 WRITE(6,1000)NX
028900 1000 FORMAT(///1X,'PRAZDNY SOUBOR NEZAVISLE PROMENNE',I10//)
029000 STOP 111
029100 2 WRITE(6,1100)NY
029200 1100 FORMAT(///1X,'PRAZDNY SOUBOR ZAVISLE PROMENNE',I10//)
029300 STOP 111
029400 3 WRITE(6,1200)NX,NY
029500 1200 FORMAT(///1X,'PRAZDNY SOUBOR NEZAVISLE I ZAVISLE PROMENNE',I10//)
029600 :2I10//)
029700 STOP 111
029800 11 RETURN
029900 END

```

```

030000 C
030100 C
030200 C
030300 C
030400 SUBROUTINE GRAFY(YY,MM,NN,YDOLNI,YHORN,NET,PARAM,XD,XH,
030500 *LX,LY,APAR,IPAR)
030600 DIMENSION YY(5,300),IC(10),PARAM(10),Y1(300),X1(300),
030700 *DELCO(10),NET(10)
030800 C

```

```

030900 C YY - POLE TABELOVANYCH HODNOT V POCT MM X NN
031000 C YDOLNI, YHORN - DOLNI A HORNÍ NEZ ZAVISLE PROMENNE,
031100 C JE-LI LX ZAPORNE
031200 C XD,XH,DIEX - HRANICE A KROK NEZAVISLE PROMENNE
031300 C LX, LY - DELKA OSY X A POLOVICHÍ DELKA OSY Y V CM,
031400 C JE-LI LX ZAPORNE,
031500 C

```

```

1000 C
1100 C
1200 100 FORMAT('KORELACE VE FREKVENCNI OBLASTI')
1300 200 FORMAT('F(HZ)')
1400 300 FORMAT('AMPL')
1500 400 FORMAT('MERENI X')
1600 500 FORMAT('MERENI Y')
1700 600 FORMAT('POPIS KRIVEK')
1800 700 FORMAT('ZVETSENI')
1900 M=NM
2000 IF(M.GT.10)M=10
2100 N=NN
2200 IF(N.GT.300)N=300
2300 IF(LX.LT.0)YD=YDOLNI
2400 IF(LX.LT.0)YH=YHORNÍ
2500 IF(LX.LT.0)GO TO 9
2600 YD=YY(1,1)
2700 YH=YY(1,1)
2800 DO 10 I=1,M
2900 DO 10 J=1,N
3000 IF(YY(I,J).LT.YD)YD=YY(I,J)
3100 IF(YY(I,J).GT.YH)YH=YY(I,J)
3200 10 CONTINUE
3300 LX=IABS(LX)
3400 C
3500 C
3600 ZAKLADNI VOLANI
3700 CALL GRAFOR(1,50000.0,-1.0,LX,LY)
3800 IPOLY=10*IFIX(0.2*FLOAT(LX))
3900 CALL GRAFOR(3,0.1,0.1,IPOLY,0,&100)
4000 C
4100 C
4200 YPOCET MERITEK A NARTESENI STUPNIC
4300 WRITE(6,1000)
4400 1000 FORMAT(1H1,' INFORMACE O GRAFICKEM ZPRACOVANI UDAJU'//)
4500 CALL STUPCE(1,XD,XH,XP,XK,DX,IRX,XDM,XHM,NX,NXD,YY,M,N)
4600 CALL STUPCE(2,YD,YH,YP,YK,DY,IRY,YDM,YHM,NY,NYD,YY,M,N)
4700 IF(NX.LE.0.OR.NY.LE.0)STOP 111
4800 DELKAX=8.5*FLOAT(LX)
4900 DELKAY=8.5*FLOAT(LY)
5000 DXG=DELKAX/FLOAT(NX)
5100 DYG=DELKAY/FLOAT(NY)
5200 CALL GRAFOR(4,DXG,DYG,100*NX+1,100*NY+1)
5300 NX1=NX+1
5400 YTISK=0.05*DELKAY
5500 DO 50 I=1,NX1
5600 AI=FLOAT(I-1)-0.25
5700 X=XP+FLOAT(I-1)*DX
5800 CALL GRAFOR(5,AI*DXG,-YTISK)
5900 CALL GRAFOR(9,X,FLOAT(NXD),2,0)
6000 50 CONTINUE
6100 CALL GRAFOR(7,0.85*DELKAX,-2.0*YTISK,2,0,&200)
6200 NY1=NY+1
6300 DO 60 I=1,NY1
6400 AI=FLOAT(I-1)
6500 Y=YP+AI*DY
6600 CALL GRAFOR(5,-0.8*DXG,AI*DYG)
6700 CALL GRAFOR(9,Y,FLOAT(NYD),2,0)
6800 60 CONTINUE
6900 CALL GRAFOR(7,-DXG,0.95*DELKAY,2,0,&300)
7000 IF(IRX.EQ.0)GO TO 11
7100 CALL GRAFOR(7,0.0,-2.0*YTISK,2,0,'MERITKO OSY X: ')
7200 CALL GRAFOR(10,3.0,2.0,IRX,0)
7300 11 IF(IRY.EQ.0)GO TO 12
7400 CALL GRAFOR(7,0.0,-3.0*YTISK,2,0,'MERITKO OSY Y: ')
7500

```


TEST: DANCA .KORFTR(F0000)/N

```

CALL GRAFOR(10,3.0,2.0,IRY,0)
IF(XDM.EQ.0.0.OR.XHM.EQ.0.0) GO TO 13
XMAX=AMAX1(ABS(XDM),ABS(XHM))
IF(ABS(XHM-XDM)/XMAX.GT.0.01) GO TO 13
IRDM=IRAD(XDM)
DMM=XDM*10.0**(-IRDM)
CALL GRAFOR(7,0.5*DELKAX,-2.0*YTISK,2.0,
*'POCATECNI MOD.STUP.X:')
CALL GRAFOR(9,DMM,6.0,2.0)
CALL GRAFOR(8,0.0,0.0,2.0,'E')
CALL GRAFOR(10,2.0,2.0,IRDM,0)
IF(YDM.EQ.0.0.OR.YHM.EQ.0.0) GO TO 14
YMAX=AMAX1(ABS(YDM),ABS(YHM))
IF(ABS(YHM-YDM)/YMAX.GT.0.01) GO TO 14
IRDM=IRAD(YDM)
DMM=YDM*10.0**(-IRDM)
CALL GRAFOR(7,0.5*DELKAX,-3.0*YTISK,2.0,
*'POCATECNI MOD.STUP.X:')
CALL GRAFOR(9,DMM,6.0,2.0)
CALL GRAFOR(8,0.0,0.0,2.0,'E')
CALL GRAFOR(10,2.0,2.0,IRDM,0)
CALL GRAFOR(5,0.0,0.0)

```

KRESLENI GRAFU
UX,UY - MERTITKO = MM/JEDN.

UX=DELKAX/(XHM-XDM)
UY=DELKAY/(YHM-YDM)
DO 210 I=1,M

IC(I)=MET(I)

CONTINUE

DO 110 I=1,M

DO 120 J=1,N

X=XD+FLOAT(J+1)*DIFX

X1(J)=(X-XDM)*UX

Y1(J)=(YY(I,J)-YDM)*UY

XPP=X-XP

YPP=YY(I,J)-YP

CONTINUE

CALL TYPG(MET(I),DELKAX/30,MCARA,DELC)

CALL KRIVKA(N,X1,Y1,MCARA,DELC)

WRITE(6,1100)I

FORMAT('/' NAKRESLEN GRAF C.',I3/)

CONTINUE

XTP=0.7*DELKAX

YTP=0.05*DELKAY

XTISK=0.15*DELKAX

YTISK=0.05*DELKAY

CALL GRAFOR(7,XTP,YTP,2.0,8400)

CALL GRAFOR(9,APAR,4.0,2.0)

CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-YTISK,2.0,8500)

CALL GRAFOR(10,2.0,5.0,IPAR,0)

CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-2.0*YTISK,2.0,8600)

CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-3.0*YTISK,2.0,'MERENI')

CALL GRAFOR(7,XTP+XTISK,YTP-3.0*YTISK,2.0,8700)

DO 150 I=1,M

CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-FLOAT(I+3)*YTISK,2.0,'')

CALL GRAFOR(10,2.0,2.0,MET(I),0)

CALL GRAFOR(7,XTP+XTISK,YTP-FLOAT(I+3)*YTISK,2.0,'')

CALL GRAFOR(9,PARAN(I),6.0,2.0)

CONTINUE

CALL GRAFOR(2)

WRITE(6,1200)

NAME GRAFICKYCH DRAHU UKONCENO'//)

RETURN
END

```

SUBROUTINE SMAX(N,VSTMAX,AM)
DIMENSION VSTMAX(10),AM(10)
IF(N.GT.10)RETURN
ASTM=-1.0E50
DO 10 I=1,N
  IF(VSTMAX(I).GT.VSTM)VSTM=VSTMAX(I)
CONTINUE
10 IF(ABS(VSTM).LE.1.0E-50)VSTM=1.0
DO 20 I=1,N
  AM(I)=VSTMAX(I)/VSTM
  A=ABS(AM(I))
  IR=IRAD(A)
  A=A*10.0**(-IR)
  AZ=1.0
  AA=ABS(A)
  IF(AA.GT.1.0.AND.AA.LT.1.5)AZ=1.5
  IF(AA.GE.1.5.AND.AA.LT.2.0)AZ=2.0
  IF(AA.GE.2.0.AND.AA.LT.3.0)AZ=3.0
  IF(AA.GE.3.0.AND.AA.LT.5.0)AZ=5.0
  IF(AA.GE.5.0.AND.AA.LT.7.0)AZ=7.0
  IF(AA.GE.7.0.AND.AA.LT.10.0)AZ=10.0
  A1=ABS(AA-1.0)
  IF(A1.LT.1.0E-5)AZ=1.0
  AM(I)=AZ*10.0**IR
20 CONTINUE
RETURN
END

```



```

WRITE(6,1200) (IT(J),T1(J),T2(J),J=1,NS)
FORMAT(1X,5(I6,2F12.3))
CONTINUE
WRITE(6,1300) XSTD,YSTD
FORMAT(1X,'STANDARDNI ODCHYLKA VSTUPU',E12.3//
:1X,'STANDARDNI ODCHYLKA VYSTUPU',E12.3//)
NN=1
K=1
DO 230 I=1,13
  K=K+2
  IF(K.LE.NCEL) NN=K
CONTINUE
NCEL=NN
DO 240 I=1,N
  C=VFCE(ITVF,I,N,0.0)
  X(I)=X(I)*C
  Y(I)=Y(I)*C
CONTINUE
CALL FFA4(X,NCEL)
CALL FFA4(Y,NCEL)
NP=N/2
NP1=NP+1
IF(NP1.GT.513) NP1=513
FPRI=1.0/(FLOAT(NCEL)*TX)
NG1=IFIX(FPX/FPRI)
IF(NG1.LT.1) NG1=1
NG2=IFIX(FKX/FPRI)+1
IF(NG2-NG1.GT.299) NG2=NG1+299
FPOC=FPRI*FLOAT(NG1)
FKON=FPRI*FLOAT(NG2)
NG=NG2-NG1
DO 260 I=1,NP1
  II=2*I
  IR=II-1
  IF(I.EQ.1) UF=2.*PI*FLOAT(I)*FPRI
  IF(I.GT.1) UF=2.*PI*FLOAT(I-1)*FPRI
  X(IR)=X(IR)/UF
  Y(IR)=Y(IR)/UF
  X(II)=-X(II)/UF
  Y(II)=-Y(II)/UF
  GXX(I)=X(IR)**2+X(II)**2
  GYY(I)=Y(IR)**2+Y(II)**2
  AGXX=ABS(GXX(I))
  AGYY=ABS(GYY(I))
  GXX(I)=-200.0
  GYY(I)=-200.0
  IF(AGXX.GT.ANULA) GXX(I)=10.0*ALOG10(AGXX)
  IF(AGYY.GT.ANULA) GYY(I)=10.0*ALOG10(AGYY)
  FP(I)=GYY(I)-GXX(I)
CONTINUE
DO 230 I=1,NG
  J=NG1+I-1
  IF(J.GT.NP1) J=NP1
  GR(1,I)=FP(J)
  GR(2,I)=GYY(J)
  GR(3,I)=GXX(J)
CONTINUE
WRITE(6,1800)
FORMAT(1H1,'FREKVENCNI ZPRACOVANI DAT'//
:1X,3(3X,'FREKV.',2X,'GXX',2X,'GYY',6X,'PRENOS',5X)//)
NS=3
NR=NP1/NS+1
DO 400 I=1,NR

```

DO 440 J=1,NS

K=I+NR*(J-1)

IF(K.GT.NP1)K=NP1

T1(J)=FLOAT(K-1)*FPRI

T2(J)=GXX(K)

T3(J)=GYX(K)

T4(J)=FP(K)

CONTINUE

WRITE(6,1900)(T1(J),T2(J),T3(J),T4(J),J=1,NS)
FORMAT(1X,3(F9.3,3F12.3,5X))

CONTINUE

APAR=IMERX

IPAR=IMERY

DO 390 I=1,3

IKRIV(I)=2*I-1

CONTINUE

PARAM(1)=YSTD/XSTD

PARAM(2)=YSTD

PARAM(3)=XSTD

NKRIV=2

IF(GRAFX)NKRIV=3

CALL GRAFY(GR,NKRIV,NG,0.0,0.0,IKRIV,PARAM,FPOC,FKON,FPRI,
:15,8,APAR,IPAR)

WRITE(7,3001)IMERY

FORMAT(15)

DO 290 I=1,NG

K=NG1+I-1

F=FLOAT(K)*FPRI

TISK=FP(K)

IF(VYSKOR)TISK=GYX(K)

IF(VYSKOR.AND.GRAFX)TISK=GXX(K)

WRITE(7,2002)F,TISK

FORMAT(2F12.3)

CONTINUE

P1=-1.0

P2=P1

WRITE(7,2002)P1,P2

STOP 777

END

SUBROUTINE KONEC(K,A)

DIMENSION A(10)

K=1

IF(A(1).LT.0.0.AND.

:A(2).LT.0.0.AND.

:A(3).LT.0.0.AND.

:A(4).LT.0.0.AND.

:A(5).LT.0.0)K=-1

RETURN

END

SUBROUTINE CHYBA(I,NX,NY)

IF(I.LT.1.OR.I.GT.3)GOTO 11

GO TO (1,2,3),I

WRITE(6,1000)NX

FORMAT(///1X,'PRAZDNY SOUBOR NEZAVISLE PROMENNE',I10//)

STOP 111

WRITE(6,1100)NY

FORMAT(///1X,'PRAZDNY SOUBOR ZAVISLE PROMENNE',I10//)


```

STOP 111
WRITE(6,1200)NX,NY
FORMAT(///1Y,'DEZDNY SOUBOR NEZAVISLE I ZAVISLE PROMENNE',
:2(10//)
STOP 111
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE GRAFY(YY,MM,NN,YDOLNI,YHorni,MET,PARAM,XD,XH,DIFX,
*LX,LY,APAR,IPAR)
DIMENSION YY(5,300),IC(10),PARAM(10),Y1(300),X1(300),
*DELTA(10),MET(10)

```

```

YY - POLE TABELOVANYCH HODNOT V POCTU MM X NN
YDOLNI, YHorni - DOLNI A HORNI MEZ ZAVISLE PROMENNE,
JE-LI LX ZAPORNE
XD,XH,DIFX - HRANICE A KROK NEZAVISLE PROMENNE
LX, LY - DELKA OSY X A POLOVICNI DELKA OSY Y V CM,
JE-LI LX ZAPORNE,
POZADUJI SE MEZE NA PARAMETRECH YDOLNI, YHorni

```

```

FORMAT('SPEKTRALNI HUSTOTA A PRENOSOVA FUNKCE')
FORMAT('F(HZ)')
FORMAT('AMPL')
FORMAT('MERENI X')
FORMAT('MERENI Y')
FORMAT('POPIS KRIVEK')
FORMAT('SM.ODCH.')

```

```

M=MM
IF(M.GT.10)M=10
N=NN
IF(N.GT.300)N=300
IF(LX.LT.0)YD=YDOLNI
IF(LX.LT.0)YH=YHorni
IF(LX.LT.0)GO TO 9
YD=YY(1,1)
YH=YY(1,1)
DO 10 I=1,M
DO 10 J=1,N
IF(YY(I,J).LT.YD)YD=YY(I,J)
IF(YY(I,J).GT.YH)YH=YY(I,J)

```

```

CONTINUE
LX=IABS(LX)

```

```

ZAKLADNI VOLANI
CALL GRAFOR(1,50000.0,-1.0,LX,LY)
IPOLY=10*IFIX(0.2*FLOAT(LX))
CALL GRAFOR(3,0.1,0.1,IPOLY,0.8100)

```

```

VYPOCET MERITEK A NAKRTESENI STUPNIC
WRITE(1,1000)
FORMAT(1H1,' INFORMACE O GRAFICKEM ZPRACOVANI UDAJU'//)
CALL STUPCE(1,XD,XH,XP,XK,DX,IRX,XDM,XRM,NX,NXD,YY,M,N)
CALL STUPCE(2,YD,YH,YP,YK,DY,IRY,YDM,YRM,NY,NYD,YY,M,N)
IF(NX.LE.0.OR.NY.LE.0)STOP 111
DELKAX=8.5*FLOAT(LX)
DELKAY=8.5*FLOAT(LY)
DXG=DELKAX/FLOAT(NX)
DYG=DELKAY/FLOAT(NY)
CALL GRAFOR(4,DXG,DYG,100*NX+1,100*NY+1)

```

```

NXT=NX+
YTISK=0.05*DELKAY
DO 50 I=1,NX1
  AI=FLOAT(I-1)-0.25
  X=XP+FLOAT(I-1)*DX
  CALL GRAFOR(5,AI*DXG,-YTISK)
  CALL GRAFOR(9,X,FLOAT(NXD),2,0)
50 CONTINUE
  CALL GRAFOR(7,0.85*DELKAX,-2.0*YTISK,2,0,&200)
  NY1=NY+1
  DO 60 I=1,NY1
    AI=FLOAT(I-1)
    Y=YP+AI*DY
    CALL GRAFOR(5,-0.8*DXG,AI*DYG)
    CALL GRAFOR(9,Y,FLOAT(NYD),2,0)
60 CONTINUE
    CALL GRAFOR(7,-DXG,0.95*DELKAY,2,0,&300)
    IF(IRX.EQ.0)GO TO 11
    CALL GRAFOR(7,0.0,-2.0*YTISK,2,0,'MERITKO OSY X: ')
    CALL GRAFOR(10,3.0,2.0,IRX,0)
11 IF(IRY.EQ.0)GO TO 12
    CALL GRAFOR(7,0.0,-3.0*YTISK,2,0,'MERITKO OSY Y: ')
    CALL GRAFOR(10,3.0,2.0,IRY,0)
12 IF(XDM.EQ.0.0.OR.XHM.EQ.0.0) GO TO 13
    XMAX=AMAX1(ABS(XDM),ABS(XHM))
    IF(ABS(XHM-XDM)/XMAX.GT.0.01) GO TO 13
    IRDM=IRAD(XDM)
    DMM=XDM*10.0*(-IRDM)
    CALL GRAFOR(7,0.5*DELKAX,-2.0*YTISK,2,0,
*POCATECNI HOD.STUP.X: ')
    CALL GRAFOR(9,DMM,6.0,2,0)
    CALL GRAFOR(8,0.0,0.0,2,0,' E')
    CALL GRAFOR(10,2.0,2.0,IRDM,0)
13 IF(YDM.EQ.0.0.OR.YHM.EQ.0.0) GO TO 14
    YMAX=AMAX1(ABS(YDM),ABS(YHM))
    IF(ABS(YHM-YDM)/YMAX.GT.0.01) GO TO 14
    IRDM=IRAD(YDM)
    DMM=YDM*10.0*(-IRDM)
    CALL GRAFOR(7,0.5*DELKAX,-3.0*YTISK,2,0,
*POCATECNI HOD.STUP.X: ')
    CALL GRAFOR(9,DMM,6.0,2,0)
    CALL GRAFOR(8,0.0,0.0,2,0,' E')
    CALL GRAFOR(10,2.0,2.0,IRDM,0)
14 CALL GRAFOR(5,0.0,0.0)

KRESLENI GRAFU
UX,UY = MERTITKO = MM/JEDN.
UX=DELKAX/(XHM-XDM)
UY=DELKAY/(YHM-YDM)
DO 210 I=1,M
  IC(I)=MET(I)
210 CONTINUE
  DO 110 I=1,M
    DO 120 J=1,N
      X=XD+FLOAT(J-1)*DIFX
      X1(J)=(X-XDM)*UX
      Y1(J)=(YY(I,J)-YDM)*UY
      XPP=X-XP
      YPP=YY(I,J)-YP
    120 CONTINUE
    CALL TYPG(MET(I),DELKAX/30,MCARA,DELC)
    CALL KRIVKA(N,X1,Y1,MCARA,DELC)
  110 WRITE(1,1100)I

```


FORMAT(/' NAKRESLEN GRAF C.',I3/)

CONTINUE

XTP=0.7*DELKAX

YTP=0.95*DELKAY

XTISK=0.15*DELKAX

YTISK=0.05*DELKAY

CALL GRAFOR(7,XTP,YTP,2.0,8400)

CALL GRAFOR(9,APAR,4.0,2.0)

CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-YTISK,2.0,8500)

CALL GRAFOR(10,2.0,5.0,IPAR,0)

CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-2.0*YTISK,2.0,8600)

CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-3.0*YTISK,2.0,'MERENI')

CALL GRAFOR(7,XTP+XTISK,YTP-3.0*YTISK,2.0,8700)

DO 150 I=1,M

CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-FLOAT(I+3)*YTISK,2.0,'')

CALL GRAFOR(10,2.0,2.0,MET(I),0)

CALL GRAFOR(7,XTP+XTISK,YTP-FLOAT(I+3)*YTISK,2.0,'')

CALL GRAFOR(7,PARAM(I),6.0,2.0)

CONTINUE

CALL GRAFOR(2)

WRITE(1,1200)

FORMAT(/' ZPRACOVANI GRAFICKYCH UDAJU UKONCENO'/)

RETURN

END

SUBROUTINE SMAX(N,VSTMAX,AM)

DIMENSION VSTHAX(10),AM(10)

IF(N.GT.10)RETURN

ASTM=-1.0E50

DO 10 I=1,N

IF(VSTMAX(I).GT.VSTM)VSTM=VSTMAX(I)

CONTINUE

IF(ABS(VSTM).LE.1.0E-50)VSTM=1.0

DO 20 I=1,N

AM(I)=VSTMAX(I)/VSTM

A=ABS(AM(I))

IR=IRAD(A)

A=A*10.0**(-IR)

AZ=1.0

AA=ABS(A)

IF(AA.GT.1.0.AND.AA.LT.1.5)AZ=1.5

IF(AA.GE.1.5.AND.AA.LT.2.0)AZ=2.0

IF(AA.GE.2.0.AND.AA.LT.3.0)AZ=3.0

IF(AA.GE.3.0.AND.AA.LT.5.0)AZ=5.0

IF(AA.GE.5.0.AND.AA.LT.7.0)AZ=7.0

IF(AA.GE.7.0.AND.AA.LT.10.0)AZ=10.0

A1=ABS(AA-1.0)

IF(A1.LT.1.0E-5)AZ=1.0

AM(I)=AZ*10.0**IR

CONTINUE

RETURN

END

REAL FUNCTION VFCE(IT,I,N,AB)

ZFCE(A,B,C,X)=A+2.0*B*COS(X)+2.0*C*COS(2.0*X)

VFCE=0.0

PI=3.14159

AI=FLOAT(I)

AN=FLOAT(N)

```

N2=N/2
AN2=FLOAT(N2)
J=I-N2
AJ=FLOAT(J)
GO TO (1,2,3,4,5,6),IT
VFCE=1.0
1 RETURN
2 IP=N/10
  IK=9*IP
  IF(I.GE.IP.AND.I.LE.IK)VFCE=1.0
  IF(I.LT.IP)VFCE=0.5*(1.0-COS(10.0*PI*AI/AN))
  IF(I.GT.IK)VFCE=0.5*(1.0-COS(10.0*PI*FLOAT(N-I)/AN))
  RETURN
3 ARG=2.0*PI*AJ/AN
  VFCE=ZFCE(0.5,0.25,0.0,ARG)
  RETURN
4 ARG=2.0*PI*AJ/AN
  VFCE=ZFCE(0.54,0.23,0.0,ARG)
  RETURN
5 ARG=2.0*PI*AJ/AN
  VFCE=ZFCE(0.42,0.25,0.04,ARG)
  RETURN
6 IP=0.25*N
  IK=0.75*N
  IF(I.LT.IP.OR.I.GT.IK)VFCE=2.0*(1.0-ABS(AJ)/AN2)**3
  IF(I.GE.IP.OR.I.LE.IK)
: VFCE=1.0-6.0*(AJ/AN2)**2+6.0*(ABS(AJ)/AN2)**3
  RETURN
  END

```



```

PI=3.14159
ANULA=1.0E-30
ANEK=1.0/ANULA
READ(5,320)ITX
READ(5,302)NPOCX,PARX
READ(5,303)IMERX,TX,ARX
VYPIS=.FALSE.
IF(NPOCX.LT.0)VYPIS=.TRUE.
IF(NPOCX.LT.0)NPOCX=IABS(NPOCX)
GRAFX=.FALSE.
IF(PARX.LE.0.0)GRAFX=.TRUE.
IF(PARX.LE.0.0)PARX=ABS(PARX)
VYSKOR=.FALSE.
IF(IMERX.LT.0)VYSKOR=.TRUE.
IF(IMERX.LT.0)IMERX=IABS(IMERX)
READ(5,103)FPX,FKX,DFX
NROZ=IFIX(ARX+0.1)
NCEL=1024*NROZ
ITVF=IFIX(PARX+0.1)
IF(ITVF.LT.1.OR.ITVF.GT.6)ITVF=1
DO 430 I=1,513
  GXX(I)=0.0
  GYY(I)=0.0
  FP(I)=0.0

```

CONTINUE
K=0

CONTINUE

71

```

Y(I)=A(J)
20 CONTINUE
100 FORMAT(3F0.0)
110 FORMAT(10F0.0)
302 FORMAT(10,F0.0)
303 FORMAT(10,2F0.0)
320 FORMAT(20A4)
NY=N
IF(NX.LE.0)CALL CHYBA(1,NX,0)
IF(NY.LE.0)CALL CHYBA(2,0,NY)
IF(NX.LE.0.AND.NY.LE.0)CALL CHYBA(3,NX,NY)
N=NX
IF(N.GT.NY)N=NY
IF(N.GT.1024)N=1024
XST=0.0
YST=0.0
DO 30 I=1,N
  XST=XST+X(I)
  YST=YST+Y(I)
30 CONTINUE
XST=XST/FLOAT(N)
YST=YST/FLOAT(N)
XKV=0.0
YKV=0.0
DO 40 I=1,N
  X(I)=X(I)-XST
  XKV=XKV+X(I)*X(I)
  Y(I)=Y(I)-YST
  YKV=YKV+Y(I)*Y(I)
40 CONTINUE
XSTD=SQRT(XKV/FLOAT(N-1))
YSTD=SQRT(YKV/FLOAT(N-1))
WRITE(6,1000)ITX,ITY,NX,NY,TX,TY,PARX,PARY
1000 FORMAT(1H1,'VYPOCET KORELACNICH FUNKCI'//
:20A4//20A4//
:1X,'POCET VSTUPNICH A VYSTUPNICH MERENI',2I7//
:1X,'VZORKOVACI INTERVAL VSTUPU A VYSTUPU',2F12.6//
:1X,'PARAMETR VSTUPU A VYSTUPU',2F12.6//)
DXMAX=6.0*XSTD
DYMAX=3.0*YSTD
DO 510 I=1,N
  IF(ABS(X(I)).GT.DXMAX)WRITE(6,1050)ITVST,I,X(I)
  IF(ABS(X(I)).GT.DXMAX)X(I)=0.0
  IF(ABS(Y(I)).GT.DYMAX)WRITE(6,1050)ITVYS,I,Y(I)
  IF(ABS(Y(I)).GT.DYMAX)Y(I)=0.0
  PARAM(1)=XKV
  PARAM(2)=YKV
1050 FORMAT(1X,'OPRAVENA VYRAZNA ODCHYLKA',1X,A4,'DAT',
: 5X,'PORADI',I5,5X,'PUVODNI HODNOTA',F12.6/)
510 CONTINUE
IF(.NOT.VYPIS)GOTO 8
WRITE(6,1100)
1100 FORMAT(1H1,'VZORKY VSTUPU A VYSTUPU'//
:1X,5(2X,'P.C.',7X,'VSTUP',6X,'VYSTUP')//)
NS=5
NR=N/NS+1
DO 50 I=1,NR
  DO 60 J=1,NS
    K=I+NR*(J-1)
    IT(J)=K
    T1(J)=X(K)
    T2(J)=Y(K)
  60 CONTINUE

```


KONTROLA PRUBEHU VAHOVYCH FUNKCI

```

DIMENSION Y(5,300),PAR(5),IC(5)
NB=150
NNB=300
NVF=0
DO 50 I=1,5
  READ(5,302,END=1)IC(I),PAR(I)
  FORMAT(10,F0.0)
  NVF=NVF+1
CONTINUE
IF(NVF.GT.5)NVF=5
WRITE(7,1100)(PAR(I),I=1,NVF)
FORMAT(1H1,'VAHOVE FUNKCE'//
1X,4X,'NEZ.PR.',5(4X,'ZAV.PR. ')/
1X,11X,10F11.3/)
WRITE(7,1200)(IC(I),I=1,NVF)
FORMAT(1X,11X,10I11/)
DO 10 I=1,NVF
  DO 10 J=1,NNB
    Y(I,J)=0.0
CONTINUE
DX=1.0/FLOAT(NNB)
DO 20 I=1,NNB
  X=DX*FLOAT(I-1)
  DO 30 J=1,NVF
    ABES=PAR(J)
    IVF=IC(J)
    Y(J,I)=VFCE(IVF,I,NNB,ABES)
CONTINUE
CONTINUE
CALL GRAFY (Y,NVF,NNB,0.0,1.0,IC,PAR,0.0,0.99,DX,
15,10,ABES,NVF)
STOP 777
END

```

```

REAL FUNCTION VFCE(IT,I,N,AD)
ZFCE(A,B,C,X)=A+2.0*B*COS(X)+2.0*C*COS(2.0*X)
VFCE=0.0
PI=3.14159
AI=FLOAT(I)
AN=FLOAT(N)
N2=N/2
AN2=FLOAT(N2)
J=I-N2
AJ=FLOAT(J)
GO TO (1,2,3,4,5,6,7),IT
VFCE=1.0
RETURN
IP=N/10
IK=7*IP
IF(1.GE.IP.AND.1.LE.IK)VFCE=1.0
IF(1.LT.IP)VFCE=0.5*(1.0-COS(10.0*PI*AI/AN))
IF(1.GT.IK)VFCE=0.5*(1.0-COS(10.0*PI*FLOAT(N-I)/AN))
RETURN
ARG=2.0*PI*AJ/AN
VFCE=ZFCE(0.5,0.25,0.0,ARG)
RETURN
ARG=2.0*PI*AJ/AN
VFCE=ZFCE(0.54,0.23,0.0,ARG)
RETURN

```

```

      RG=2.0*PI*AJ/AN
      VFCE=ZFCE(0.42,0.25,0.04,ARG)
      RETURN
      IP=0.25*N
      IK=0.75*N
      IF(I.LT.IP.OR.I.GT.IK)VFCE=2.0*(1.0-ABS(AJ)/AN2)**3
      IF(I.GE.IP.OR.I.LE.IK)
      : VFCE=1.0-6.0*(AJ/AN2)**2+6.0*(ABS(AJ)/AN2)**3
      RETURN
      ARG=(AJ/AN2)**2
      P=ARG
      ANOR=BESIC(AB)
      IF(ABS(ANOR).LT.1.0E-50)ANOR=1.0
      IF(P.LT.1.0)VFCE=BESIO(AB*SORT(1.0-ARG))/ANOR
      RETURN
      END

```

```

      FUNCTION BESIK(X)
      LOGICAL L,E
      ENTRY EBESIO(X)
      E=.TRUE.
      GO TO 1
      ENTRY BESIC(X)
      E=.FALSE.
1  L=.TRUE.
      V=ABS(X)
      IF(V.GE. 8.0) GO TO 4
8  F=0.0625*X**2-2.0
      A = 0.00000 00000 00002
      B = F * A + 0.00000 00000 00120
      A = F * B - A + 0.00000 00000 06097
      B = F * A - B + 0.00000 00002 68828
      A = F * B - A + 0.00000 00101 69727
      B = F * A - B + 0.00000 03260 91051
      A = F * B - A + 0.00000 87383 15497
      B = F * A - B + 0.00019 24693 59688
      A = F * B - A + 0.00341 63317 66012
      B = F * A - B + 0.04771 87487 98174
      A = F * B - A + 0.50949 33654 39983
      B = F * A - B + 4.01167 37601 79349
      A = F * B - A + 22.27481 92424 62231
      B = F * A - B + 82.48903 27440 24100
      A = F * B - A + 190.49432 01727 62844
      B = F * A - B + 255.46687 96243 62167
      BESIK=0.5*(A-B)
      IF(L.AND. E) BESIK=EXP(-V)*BESIK
      IF(L) RETURN
      A = 0.00000 00000 00003
      B = F * A + 0.00000 00000 00159
      A = F * B - A + 0.00000 00000 07658
      B = F * A - B + 0.00000 00003 18588
      A = F * B - A + 0.00000 00112 81211
      B = F * A - B + 0.00000 03351 95256
      A = F * B - A + 0.00000 82160 25940
      B = F * A - B + 0.00016 27083 79043
      A = F * B - A + 0.00253 63081 88086
      B = F * A - B + 0.03008 07224 20512
      A = F * B - A + 0.25908 44324 34900
      B = F * A - B + 1.51153 56760 29228
      A = F * B - A + 5.28363 28668 73920
      B = F * A - B + 8.00536 88687 00334

```



```

A = F * B - A - 4.56343 35864 48395
A = F * A - B - 21.05766 01774 02440
BESIK = -ALOG(0.125*X)*BESIK+0.5*(A-B)
IF(E) BESIK=EXP(X)*BESIK
RETURN
4 F=32.0/V-2.0
B = - 0.00000 00000 00001
A = F * B - 0.00000 00000 00001
B = F * A - B + 0.00000 00000 00004
A = F * B - A + 0.00000 00000 00010
B = F * A - B - 0.00000 00000 00024
A = F * B - A - 0.00000 00000 00104
B = F * A - B + 0.00000 00000 00039
A = F * B - A + 0.00000 00000 00966
B = F * A - B + 0.00000 00000 01800
A = F * B - A - 0.00000 00000 04497
B = F * A - B - 0.00000 00000 33127
A = F * B - A - 0.00000 00000 78957
B = F * A - B + 0.00000 00000 29802
A = F * B - A + 0.00000 00012 38425
B = F * A - B + 0.00000 00085 13091
A = F * B - A + 0.00000 00568 16966
B = F * A - B + 0.00000 05135 37727
A = F * B - A + 0.00000 72475 91100
B = F * A - B + 0.00017 27006 30778
A = F * B - A + 0.00844 51236 24921
A = F * A - B + 2.01655 84109 17480
BESIK=0.199471140200717*(A-B)/SQRT(V)
IF(E) RETURN
BESIK=EXP(V)*BESIK
RETURN
ENTRY EBES1(X)
E=.TRUE.
GO TO 2
ENTRY BES1(X)
E=.FALSE.
2 L=.TRUE.
V=ABS(X)
IF(V .GE. 8.0) GO TO 3
7 F=0.0625*X**2-2.0
A = + 0.00000 00000 00001
B = F * A + 0.00000 00000 00031
A = F * B - A + 0.00000 00000 01679
B = F * A - B + 0.00000 00000 79291
A = F * B - A + 0.00000 00032 27617
B = F * A - B + 0.00000 01119 46285
A = F * B - A + 0.00000 32641 38126
B = F * A - B + 0.00007 87567 85754
A = F * B - A + 0.00154 30190 15627
B = F * A - B + 0.02390 39791 47841
A = F * B - A + 0.28785 51113 04672
B = F * A - B + 2.57145 90063 47755
A = F * B - A + 16.33455 05525 22066
B = F * A - B + 69.39521 76337 34442
A = F * B - A + 131.31261 60405 70265
A = F * A - B + 250.89023 73064 77292
BESIK=0.0625*(A-B)*X
IF(L .AND. E) BESIK=EXP(-V)*BESIK
IF(L) RETURN
A = + 0.00000 00000 00001
B = F * A + 0.00000 00000 00040
A = F * B - A + 0.00000 00000 02163
B = F * A - B + 0.00000 00000 96660

```

```

A = F * B - A + 0.00000 00036 96783
B = F * A - B + 0.00000 01193 67971
A = F * B - A + 0.00000 32025 10692
B = F * A - B + 0.00007 00106 27855
A = F * B - A + 0.00121 70569 94516
B = F * A - B + 0.01630 00492 89816
A = F * B - A + 0.16107 43016 56148
B = F * A - B + 1.70146 19930 04852
A = F * B - A + 4.66638 70268 62842
B = F * A - B + 9.36161 78313 95389
A = F * B - A - 1.83923 92242 86199
A = F * A - B - 26.68809 54808 62668
BESIK=ALOG(0.125*X)*BESIK+1.0/X-0.0625*(A-B)*X
IF(E) BESIK=EXP(X)*BESIK
RETURN

```

3 F=32.0/V-2.0

```

B = + 0.00000 00000 00001
A = F * B + 0.00000 00000 00001
B = F * A - B - 0.00000 00000 00005
A = F * B - A - 0.00000 00000 00010
B = F * A - B + 0.00000 00000 00026
A = F * B - A + 0.00000 00000 00107
B = F * A - B - 0.00000 00000 00053
A = F * B - A - 0.00000 00000 01024
B = F * A - B - 0.00000 00000 01804
A = F * B - A + 0.00000 00000 05103
B = F * A - B + 0.00000 00000 35408
A = F * B - A + 0.00000 00000 81531
B = F * A - B - 0.00000 00000 47563
A = F * B - A - 0.00000 00014 01141
B = F * A - B - 0.00000 00096 13873
A = F * B - A - 0.00000 00659 61142
B = F * A - B - 0.00000 06297 24239
A = F * B - A - 0.00000 97321 46728
B = F * A - B - 0.00027 72053 60764
A = F * B - A - 0.02446 74429 63276
A = F * A - B + 1.95160 12046 52572
BESIK=0.199471140200717*(A-B)/SQRT(V)
IF(X .LT. 0.0) BESIK=-BESIK
IF(E) RETURN
BESIK=EXP(V)*BESIK
RETURN

```

ENTRY EBESKO(X)

E=.TRUE.

GO TO 11

ENTRY BESKO(X)

E=.FALSE.

11 IF(X .LE. 0.0) GO TO 9

L=.FALSE.

V=X

IF(X .LT. 5.0) GO TO 8

F=20.0/X-2.0

```

A = - 0.00000 00000 00002
B = F * A + 0.00000 00000 00011
A = F * B - A - 0.00000 00000 00079
B = F * A - B + 0.00000 00000 00581
A = F * B - A - 0.00000 00000 04580
B = F * A - B + 0.00000 00000 39044
A = F * B - A - 0.00000 00003 64547
B = F * A - B + 0.00000 00037 92996
A = F * B - A - 0.00000 00450 47338
B = F * A - B + 0.00000 06325 75109
A = F * B - A - 0.00001 11066 85197

```



```

B = F * A - B + 0.00076 05026 12763
A = F * B - A - 0.01131 05046 46928
A = F * A - B + 1.97681 63424 61652
BESIK=0.626657068657750*(A-D)/SQRT(X)
IF(E) RETURN
Z=BESIK
BESIK=0.
IF(X.LT.180.) BESIK=EXP(-X)*Z
RETURN
ENTRY EBESK1(X)
E=.TRUE.
GO TO 12
ENTRY BESK1(X)
E=.FALSE.
12 IF(X .LE. 0.0) GO TO 9
L=.FALSE.
V=X
IF(X .LT. 5.0) GO TO 7
F=20.0/X-2.0
A = + 0.00000 00000 00002
B = F * A - 0.00000 00000 00013
A = F * B - A + 0.00000 00000 00020
B = F * A - B - 0.00000 00000 00663
A = F * B - A + 0.00000 00000 05288
B = F * A - B - 0.00000 00000 45757
A = F * B - A + 0.00000 00004 35417
B = F * A - B - 0.00000 00046 45555
A = F * B - A + 0.00000 00571 32218
B = F * A - B - 0.00000 03451 72043
A = F * B - A + 0.00001 61850 63810
B = F * A - B - 0.00046 84750 28167
A = F * B - A + 0.03546 52912 43331
A = F * A - B + 2.07190 17175 44716
BESIK=0.626657068657750*(A-D)/SQRT(X)
IF(E) RETURN
Z=BESIK
BESIK=0.
IF(X.LT.180.) BESIK=EXP(-X)*Z
RETURN
9 BESIK=0.
PRINT 100,X
100 FORMAT(1X,36HBESIK ... NON-POSITIVE ARGUMENT X = ,E15.4)
RETURN
END

```

SUBROUTINE GRAFY(YY,MM,NN,YDOLNI,YHorni,MET,PARAM,XD,XH,DIFX,
 *LX,LY,APAR,IPAR)
 DIMENSION YY(5,300),IC(5),PARAM(5),Y1(300),X1(300),
 *DEL(5),MET(5)

POUZIWA PODPROGRAMU STUPCE,IRAD,IRADZ,TISK1,TISK2,POZN,
 KRIVKA,PRUS,TYPE

YY - POLE TABELOVANYCH HODNOT V POCTU MM X NN
 MM, NN MEZE POLE YY
 VE VOLAJICI PROGRAMOVE JEDNOTCE MUSI MIT DVOUROZMERNE
 YY TYTEZ MEZE JAKO JSOU UVEDENY ZDE V PRIKAZE DIMENSION
 POKUD SE POUZIJI JINE MEZE V HLAVNIM PROGRAMU
 MUSI SE OPRAVIT MEZE POLE YY V TONTO PODPROGRAMU
 A MEZE POLE Y V PODPROGRAMU TISK2
 YDOLNI, YHorni - DOLNI A HODNI MEZ ZAVISLE PROMENNE,

JE-LI LX ZAPORNE
 JINAK SE DOSAZUJI NULY
 NA POLI MET JE UVEDEN TYP CARY PRO JEDNOTLIVE GRAFY
 V ROZSAHU 1 AZ 10,
 GRAFY SE SOUSEDNIMI CISLY TEKTRONIX NEROZLISI
 KE KAZDEMU CISLU LZE PRIRADIT URCITY TEXT, KTERY
 SE NACHAZI NA KONCI TETO PROGRAMOVE JEDNOTKY
 - POD SYMBOLICKYMI JMENY CARA 1, CARA 2, ...
 UZIVATEL JEJ MUZE PODLE POTREBY MENIT
 POLE PARAM SE NEPOUZIVA
 XD,XH,DXF - HRANICE A KROK NEZAVISLE PROMENNE
 LX, LY - DELKA OSY X A POLOVICNI DELKA OSY Y V CM,
 JE-LI LX ZAPORNE,
 POZADUJI SE MEZE NA PARAMETRECH YDOLNI, YHorni
 POMOCI PARAMETRU APAR SE VYPISE JEDNA HODNOTA TYPU REAL,
 POMOCI PARAMETRU IPAR SE VYPISE JEDNA HODNOTA TYPU INTEGER
 PROSTREDNICTVIM FORMATU, KTERE NASLEDUJI V ZAPETI A NA
 KONCI PROGRAMOVE JEDNOTKY, SE VOLI POPIS GRAFU

100 FORMAT('PRUBEH VAHOVE FUNKCE')

200 FORMAT('X')

300 FORMAT('Y')

400 FORMAT('KODY')

500 FORMAT('N=')

600 FORMAT('POPIS KRIVEK')

700 FORMAT('VAH.FUNKCE')

M=MM

IF(M.GT.5)M=5

N=NN

IF(N.GT.300)N=300

IF(LX.LT.0)YD=YDOLNI

IF(LX.LT.0)YH=YHorni

IF(LX.LT.0)GO TO 9

YD=YY(1,1)

YH=YY(1,1)

DO 10 I=1,M

DO 10 J=1,N

IF(YY(I,J).LT.YD)YD=YY(I,J)

IF(YY(I,J).GT.YH)YH=YY(I,J)

CONTINUE

LX=IABS(LX)

ZAKLADNI VOLANI

CALL GRAFOR(1,50000.0,-1.0,LX,LY)

IPOLY=10*IFIX(0.2*FLOAT(LX))

CALL GRAFOR(3,0.1,0.1,IPOLY,0,&100)

VIPOCET MERITEK A NAKRESLENI STUPNIC

WRITE(6,1000)

1000 FORMAT(1H1,' INFORMACE O GRAFICKEM ZPRACOVANI UDAJU'//)

CALL STUPCE(1,XD,XH,XP,XK,DX,IRX,XDM,XHM,NX,NXD,YY,M,N)

CALL STUPCE(2,YD,YH,YP,YK,DY,IRY,YDM,YHM,NY,NYD,YY,M,N)

IF(NX.LE.0.OR.NY.LE.0)STOP 111

DELKAX=8.5*FLOAT(LX)

DELKAY=8.5*FLOAT(LY)

DXG=DELKAX/FLOAT(NX)

DYG=DELKAY/FLOAT(NY)

CALL GRAFOR(4,DXG,DYG,100*NX+1,100*NY+1)

NX1=NX+1

YTISK=0.05*DELKAY

DO 50 I=1,NX1

AI=FLOAT(I-1)-0.25


```

07900      X=XP+FLOAT(I-1)*DX
08000      CALL GRAFOR(5, AI*DXG, -YTISK)
08100      CALL GRAFOR(9, X, FLOAT(NXD), 2, 0)
50 08200      CONTINUE
08300      CALL GRAFOR(7, 0.85*DELKAX, -2.0*YTISK, 2, 0, &200)
08400      NY1=NY+1
08500      DO 60 I=1, NY1
08600          AI=FLOAT(I-1)
08700          Y=YP+AI*DY
08800          CALL GRAFOR(5, -0.8*DXG, AI*DYG)
08900          CALL GRAFOR(9, Y, FLOAT(NYD), 2, 0)
09000      60  CONTINUE
09100      CALL GRAFOR(7, -DXG, 0.95*DELKAX, 2, 0, &300)
09200      IF (IRX.EQ.0) GO TO 11
09300      CALL GRAFOR(7, 0.0, -2.0*YTISK, 2, 0, 'MERITKO OSY X: ')
09400      CALL GRAFOR(10, 3.0, 2.0, IRX, 0)
09500      11  IF (IRY.EQ.0) GO TO 12
09600      CALL GRAFOR(7, 0.0, -3.0*YTISK, 2, 0, 'MERITKO OSY Y: ')
09700      CALL GRAFOR(10, 3.0, 2.0, IRY, 0)
09800      12  IF (XDM.EQ.0.0.OR.XHM.EQ.0.0) GO TO 13
09900      XMAX=AMAX1(ABS(XDM), ABS(XHM))
10000      IF (ABS(XHM-XDM)/XMAX.GT.0.01) GO TO 13
10100      IRDM=IRAD(XDM)
10200      DHM=XDM*10.0**(-IRDM)
10300      CALL GRAFOR(7, 0.5*DELKAX, -2.0*YTISK, 2, 0,
10400      *'POCATECHNI HOD.STUP.X: ')
10500      CALL GRAFOR(9, DHM, 6.0, 2, 0)
10600      CALL GRAFOR(8, 0.0, 0.0, 2, 0, 'E')
10700      CALL GRAFOR(10, 2.0, 2.0, IRDM, 0)
10800      13  IF (YDM.EQ.0.0.OR.YHM.EQ.0.0) GO TO 14
10900      YMAX=AMAX1(ABS(YDM), ABS(YHM))
11000      IF (ABS(YHM-YDM)/YMAX.GT.0.01) GO TO 14
11100      IRDM=IRAD(YDM)
11200      DHM=YDM*10.0**(-IRDM)
11300      CALL GRAFOR(7, 0.5*DELKAX, -3.0*YTISK, 2, 0,
11400      *'POCATECHNI HOD.STUP.Y: ')
11500      CALL GRAFOR(9, DHM, 6.0, 2, 0)
11600      CALL GRAFOR(8, 0.0, 0.0, 2, 0, 'E')
11700      CALL GRAFOR(10, 2.0, 2.0, IRDM, 0)
11800      14  CALL GRAFOR(5, 0.0, 0.0)
11900      C
12000      C      KRESLENI GRAFU
12100      C      UX,UY - NERTITKO = MM/JEDN.
12200      UX=DELKAX/(XHM-XDM)
12300      UY=DELKAY/(YHM-YDM)
12400      DO 210 I=1, 11
12500          IC(I)=NET(I)
12600      210  CONTINUE
12700          IC(1)=1
12800          IC(2)=2
12900          IC(3)=4
13000          IC(4)=6
13100          IC(5)=8
13200      DO 110 I=1, 11
13300          DO 120 J=1, N
13400              X=XD+FLOAT(J-1)*DIFX
13500              X1(J)=(X-XDM)*UX
13600              Y1(J)=(YY(I, J)-YDM)*UY
13700      120  CONTINUE
13800      CALL TYPEC(IC(I), DELKAX/30, NCARA, DELC)
13900      CALL KRIVKA(N, X1, Y1, NCARA, DELC)
14000      WRITE(6, 1100) I
14100      1100  FORMAT(/' NAKRESLEN GRAF C.', I, '/')
OVC VS PRAHA

```

110 CONTINUE

XTP=0.7*DELKAX

YTP=0.95*DELKAY

XTISK=0.15*DELKAX

YTISK=0.05*DELKAY

IF (APAR.EQ.0.0) APAR=IC(1)+10*IC(2)+100*IC(3)+
:1000*IC(4)+10000*IC(5)

CALL GRAFOR(7,XTP,YTP,2,0,&400)

CALL GRAFOR(9,APAR,4,0,2,0)

CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-YTISK,2,0,&500)

CALL GRAFOR(10,2,0,5,0,M,0)

CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-2.0*YTISK,2,0,&600)

CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-3.0*YTISK,2,0,'PARAMETR')

CALL GRAFOR(7,XTP+XTISK,YTP-3.0*YTISK,2,0,&700)

DO 150 I=1,M

CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-FLOAT(I+3)*YTISK,2,0,'')

CALL GRAFOR(9,PARAM(I),4,0,2,0)

IV=NET(I)

XXTSK=XTP+XTISK

YYTSK=YTP-FLOAT(I+3)*YTISK

IF (IV.EQ.1) CALL GRAFOR (7,XXTSK,YYTSK,2,0,'JEDNOTKOVA')

IF (IV.EQ.2) CALL GRAFOR (7,XXTSK,YYTSK,2,0,'OKR.KOSINUS')

IF (IV.EQ.3) CALL GRAFOR (7,XXTSK,YYTSK,2,0,'HANNING')

IF (IV.EQ.4) CALL GRAFOR (7,XXTSK,YYTSK,2,0,'HAMMING')

IF (IV.EQ.5) CALL GRAFOR (7,XXTSK,YYTSK,2,0,'VASILE')

IF (IV.EQ.6) CALL GRAFOR (7,XXTSK,YYTSK,2,0,'PARZEN')

IF (IV.EQ.7) CALL GRAFOR (7,XXTSK,YYTSK,2,0,'KAISER')

150 CONTINUE

CALL GRAFOR(2)

WRITE(6,1200)

1200 FORMAT (' ZPRACOVANI GRAFICKYCH UDAJU UKONCENO'//)

RETURN

END


```

HYPOSTY KOCCLACHICH FUNKCI
DIMENSION X(4100),Y(4100),ZNY(513),
:ITX(20),ITY(20),A(10),IKRIV(10),PARA(10),
:ITVF(10),ABES(10),
:GR(5,200),
:TX1(10),TX2(10),TU1(10),TU2(10),TBES(10),
:IT(5),T1(5),T2(5),T3(5),T4(5),T5(5),T6(5),T7(5)
LOGICAL ZPRACX
DATA
:TX1(1),TX2(1)/4HJEDN,4HOT. /,TU1(1),TU2(1)/4H .4H /,
:TX1(2),TX2(2)/4HCOSI,4HN. /,TU1(2),TU2(2)/4H .4H /,
:TX1(3),TX2(3)/4HHANN,4HING /,TU1(3),TU2(3)/4H .4H /,
:TX1(4),TX2(4)/4HHANN,4HING /,TU1(4),TU2(4)/4H .4H /,
:TX1(5),TX2(5)/4HVASI,4HLE /,TU1(5),TU2(5)/4H .4H /,
:TX1(6),TX2(6)/4HPARZ,4HEN /,TU1(6),TU2(6)/4H .4H /,
:TX1(7),TX2(7)/4HKAIS,4HER /,TU1(7),TU2(7)/4H .4H /

```

```

PI=3.14159
CALL OPENAP(6,ICH)
IF(ICH.NE.0)WRITE(1,999)ICH
FORMAT('OPNEAP S CHYBOU',I2)
READ(5,210)ITVF
READ(5,110)ABES
READ(5,320)ITX
READ(5,302)NPOCX,PARX
ZPRACX=.FALSE.
IF(NPOCX.LT.0)ZPRACX=.TRUE.
IF(NPOCX.LT.0)NPOCX=IABS(NPOCX)
READ(5,303)IHERX,TX,ARX
READ(5,103)FPX,FKX,DFX
NROZ=IFIX(ARX+0.1)
NCEL=1024*NROZ
IF(NCEL.GT.4100)NCEL=4100
DO 420 I=1,NCEL

```

```

X(I)=0.0
Y(I)=0.0
CONTINUE
K=0
DO 10 I=1,NPOCX
READ(5,110)A
KDT=1
CALL KONEC(KDT,A)
IF(KDT.LE.0)GO TO 1
DO 10 J=1,10
IF(A(J).LE.1.0E-30)GO TO 10
K=K+1
IF(K.GT.1024)GOTO 10
X(K)=A(J)

```

```

CONTINUE
NX=K
READ(5,320)ITY
READ(5,302)NPOCY,PARY
READ(5,303)IHERY,TY,STRY
READ(5,103)FPY,FKY,DFY
K=0
DO 20 I=1,NPOCY
READ(5,110,END=2)A
DO 20 J=1,10
IF(A(J).LE.1.0E-30)GO TO 20
K=K+1
IF(K.GT.1024)GOTO 20

```

420

10

1

Y(K)=A(J)

CONTINUE

FORMAT(3F0.0)

FORMAT(10F0.0)

FORMAT(10I0)

FORMAT(10,F0.0)

FORMAT(10,2F0.0)

FORMAT(20A4)

NY=K

IF(NX.LE.0)CALL CHYBA(1,NX,0)

IF(NX.LE.0)CALL CHYBA(2,0,NY)

IF(NX.LE.0.AND.NY.LE.0)CALL CHYBA(3,NX,NY)

N=NX

IF(N.GT.NY)N=NY

IF(N.GT.1024)N=1024

XST=0.0

YST=0.0

DO 30 I=1,N

XST=XST+X(I)

YST=YST+Y(I)

CONTINUE

XST=XST/FLOAT(N)

YST=YST/FLOAT(N)

XKV=0.0

YKV=0.0

DO 40 I=1,N

X(I)=X(I)-XST

2000 FORMAT(1P2E12.3)

IF(ABS(X(I)).GT.1.0E30)X(I)=0.0

XKV=XKV+X(I)*X(I)

Y(I)=Y(I)-YST

YKV=YKV+Y(I)*Y(I)

CONTINUE

XSTD=SQRT(XKV/FLOAT(N-1))

YSTD=SQRT(YKV/FLOAT(N-1))

WRITE(6,1000)ITX,ITY,NX,NY,TX,TY,PARX,PARY

1000 FORMAT(1H1,'VYPOCET KORELACNICH FUNKCI'//

:20A4//20A4//

:1X,'POCET VSTUPNICH A VYSTUPNICH MERENI',2I7//

:1X,'VZORKOVACI INTERVAL VSTUPU A VYSTUPU',2F12.6//

:1X,'PARAMETR VSTUPU A VYSTUPU',2F12.6//)

IF(.NOT.ZPRACX)GOTO 8

WRITE(6,1100)

1100 FORMAT(1H1,'VZORKY VSTUPU A VYSTUPU'//

:1X,5('POR.C.',7X,'VSTUP',6X,'VYSTUP')))

NS=5

NR=N/NS+1

DO 50 I=1,NR

DO 60 J=1,NS

K=I+NR*(J-1)

IT(J)=K

T1(J)=X(K)

T2(J)=Y(K)

CONTINUE

WRITE(6,1200)(IT(J),T1(J),T2(J),J=1,NS)

1200 FORMAT(1X,5(I6,2F12.3))

CONTINUE

WRITE(6,1300)XSTD,YSTD

1300 FORMAT(1X,'STANDARDNI ODCHYLKA VSTUPU',E12.3//

:1X,'STANDARDNI ODCHYLKA VYSTUPU',E12.3//)

NN=1

K=1

DO 230 I=1,13


```

12700      K=K+2
12800      IF (K.LE.NCEL) NN=K
12900 230  CONTINUE
13000      NCEL=NN
13100      FPRI=1.0/(FLOAT(NCEL)*TX)
13200      NG1=IFIX(FPX/FPRI)
13300      NG2=IFIX(FKX/FPRI)
13400      IF (NG1.LT.1) NG1=1
13500      IF (NG2-NG1.GT.299) NG2=NG1+299
13600      FPOC=FPRI*FLOAT(NG1)
13700      FKON=FPRI*FLOAT(NG2)
13800      NG=NG2-NG1
13900      NP=N/2
14000      NP1=NP+1
14100      IF (ZPRACX) APAR=APAR+0.1
14200      APAR=IMEX
14300      IPAR=IMERY
14400      NVF=0
14500      IF (.NOT.ZPRACX) GOTO 7
14600      DO 520 I=1,NCEL
14700          X(I)=Y(I)
14800 520  CONTINUE
14900 7      DO 430 I=1,5
15000          IF (ITVF(I).GT.0) NVF=NVF+1
15100 430  CONTINUE
15200          IF (NVF.GT.5) NVF=5
15300          IF (NG.GT.300) NG=300
15400      DO 440 IG=1,NVF
15500          II=ITVF(IG)
15600          IF (II.LT.1.OR.II.GT.10) GOTO 440
15700          IKRIV(IG)=II
15800          ARGB=ABES(IG)
15900          TBES(IG)=ARGB
16000      DO 450 I=1,NCEL
16100          Y(I)=X(I)*VFCE(II,I,N,ARGB)
16200 450  CONTINUE
16300      CALL FFA4(Y,NCEL)
16400      DO 460 I=1,NP1
16500          II=2*I
16600          IR=II-1
16700          GXY(I)=Y(IR)*Y(IR)+Y(II)*Y(II)
16800 460  CONTINUE
16900      DO 470 I=1,NG
17000          J=NG1+I-1
17100          IF (J.GT.NP1) J=NP1
17200          P=ABS(GXY(J))
17300          GR(IG,I)=-999.0
17400          IF (P.GT.0.0) GR(IG,I)=10.0*ALOG10(P)
17500 470  CONTINUE
17600 440  CONTINUE
17700      APAR=ABES(1)
17800      IPAR=100*IMEX+IMERY
17900      CALL GRAFY(GR,NVF,NG,0.0,0.0,IKRIV,PARAM,
18000      : FPOC,FKON,FPRI,15,7,APAR,IPAR)
18100      DO 480 I=1,NVF
18200          J=ITVF(I)
18300          TU1(I)=TX1(J)
18400          TU2(I)=TX2(J)
18500          TBES(I)=ABES(J)
18600 480  CONTINUE
18700      WRITE(6,1800)(TU1(I),TU2(I),I=1,NVF)
18800 1800  FORMAT(1H1,'FREKVENCNI CHARAKTERISTIKY VAHOVYCH FUNKCI'//
18900      : 1X,3X,'FREKV.',7(4X,2A4))
19000 1800  CONTINUE

```

```

WRITE(6,1700)(TBES(I),I=1,NVF)
FORMAT(1X,2X,DP7F12.3//)
DO 290 I=1,NG
    FF=FLOAT(NG1+I-1)*FPRI
    WRITE(6,1900)FF,(GR(J,I),J=1,NVF)
1900 FORMAT(1X,DPF9.3,1P7E12.3)
290 CONTINUE
STOP 777
END

```

```

SUBROUTINE KONEC(K,A)
DIMENSION A(10)
K=1
IF(A(1).LT.0.0.AND.
:A(2).LT.0.0.AND.
:A(3).LT.0.0.AND.
:A(4).LT.0.0.AND.
:A(5).LT.0.0)K=-1
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE CHYBA(I,NX,NY)
IF(I.LT.1.OR.I.GT.5)GOTO 11
GO TO (1,2,3),I
1 WRITE(6,1000)NX
1000 FORMAT(///1X,'PRAZDNY SOUBOR NEZAVISLE PROMENNE',I10//)
STOP 111
2 WRITE(6,1100)NY
1100 FORMAT(///1X,'PRAZDNY SOUBOR ZAVISLE PROMENNE',I10//)
STOP 111
3 WRITE(6,1200)NX,NY
1200 FORMAT(///1X,'PRAZDNY SOUBOR NEZAVISLE I ZAVISLE PROMENNE',
:2I10//)
STOP 111
11 RETURN
END

```

```

REAL FUNCTION VFCE(IT,1,N,AB)
ZFCE(A,B,C,X)=A+2.0*B*COS(X)+2.0*C*COS(2.0*X)
VFCE=0.0
PI=3.14159
AI=FLOAT(I)
AN=FLOAT(N)
N2=N/2
AN2=FLOAT(N2)
J=I-N2
AJ=FLOAT(J)
GO TO (1,2,3,4,5,6,7),IT
1 VFCE=1.0
RETURN
2 IP=N/10
IK=9*IP
IF(I.GE.IP.AND.I.LE.IK)VFCE=1.0
IF(I.LT.IP)VFCE=0.5*(1.0-COS(10.0*PI*AI/AN))
IF(I.GT.IK)VFCE=0.5*(1.0-COS(10.0*PI*FLOAT(N-1)/AN))
RETURN

```

```

3 ARG=2.0*PI*AJ/AN
VFCE=ZFCE(0.5,0.25,0.0,ARG)
RETURN
4 ARG=2.0*PI*AJ/AN
VFCE=ZFCE(0.54,0.23,0.0,ARG)
RETURN
5 ARG=2.0*PI*AJ/AN
VFCE=ZFCE(0.42,0.25,0.04,ARG)
RETURN
6 IP=0.25*N
IK=0.75*N
IF(I.LT.IP.OR.I.GT.IK)VFCE=2.0*(1.0-ABS(AJ)/AN2)**3
IF(I.LE.IP.OR.I.LE.IK)
: VFCE=1.0-6.0*(AJ/AN2)**2+6.0*(ABS(AJ)/AN2)**3
RETURN
7 ARG=(AJ/AN2)**2
P=ARG
ANOR=BESIO(AB)
IF(ABS(ANOR).LT.1.0E-50)ANOR=1.0
IF(P.LT.1.0)VFCE=BESIO(AB*SQRT(1.0-ARG))/ANOR
RETURN
END

```

```

FUNCTION BESIK(X)
LOGICAL L,E

```

```

ENTRY EBESIO(X)

```

```

E=.TRUE.

```

```

GO TO 1

```

```

ENTRY BESIO(X)

```

```

E=.FALSE.

```

```

1 L=.TRUE.

```

```

V=ABS(X)

```

```

IF(V.GE. 8.0) GO TO 4

```

```

8 F=0.0625*X**2-2.0

```

```

A = 0.00000 00000 00002

```

```

B = F * A + 0.00000 00000 00120

```

```

A = F * B - A + 0.00000 00000 06097

```

```

B = F * A - B + 0.00000 00002 68828

```

```

A = F * B - A + 0.00000 00101 69727

```

```

B = F * A - B + 0.00000 03260 91051

```

```

A = F * B - A + 0.00000 87383 15497

```

```

B = F * A - B + 0.00019 24693 59688

```

```

A = F * B - A + 0.00341 63317 66012

```

```

B = F * A - B + 0.04771 87437 98174

```

```

A = F * B - A + 0.50949 33654 30983

```

```

B = F * A - B + 4.01167 37601 70349

```

```

A = F * B - A + 22.27481 02424 62331

```

```

B = F * A - B + 32.48903 27440 24 00

```

```

A = F * B - A + 100.49432 01727 42844

```

```

B = F * A - B + 255.46687 06243 62167

```

```

BESIK=0.5*(A-B)

```

```

IF(L.AND.E) BESIK=EXP(-V)*BESIK

```

```

IF(L) RETURN

```

```

A = 0.00000 00000 00003

```

```

B = F * A + 0.00000 00000 00159

```

```

A = F * B - A + 0.00000 00000 07658

```

```

B = F * A - B + 0.00000 00003 12533

```

```

A = F * B - A + 0.00000 00112 81 11

```

```

B = F * A - B + 0.00000 03351 95256

```

```

A = F * B - A + 0.00000 82160 25940

```

```

B = F * A - B + 0.00016 27083 70043

```

```

BESIK=0.5*(A-B)

```

```

IF(L.AND.E) BESIK=EXP(-V)*BESIK

```

```

IF(L) RETURN

```



```

A = F * B - A + 0.00253 63081 88086
B = F * A - B + 0.03008 07224 20512
A = F * B - A + 0.5908 44324 34000
B = F * A - B + 1.51153 56760 29228
A = F * B - A + 5.28363 28668 73920
B = F * A - B + 8.00536 88687 00334
A = F * B - A + 4.56343 35864 48395
A = F * A - B + 21.05766 01774 02440

```

```

BESIK=-ALOG(0.125*X)*BESIK+0.5*(A-B)

```

```

IF(E) BESIK=EXP(X)*BESIK

```

```

RETURN

```

```

4 F=32.0/V-2.0

```

```

B = 0.00000 00000 00001

```

```

A = F * B - 0.00000 00000 00001

```

```

B = F * A - B + 0.00000 00000 00004

```

```

A = F * B - A + 0.00000 00000 00010

```

```

B = F * A - B - 0.00000 00000 00024

```

```

A = F * B - A - 0.00000 00000 00104

```

```

B = F * A - B + 0.00000 00000 00039

```

```

A = F * B - A + 0.00000 00000 00966

```

```

B = F * A - B + 0.00000 00000 01800

```

```

A = F * B - A - 0.00000 00000 04497

```

```

B = F * A - B - 0.00000 00000 33127

```

```

A = F * B - A - 0.00000 00000 78957

```

```

B = F * A - B + 0.00000 00000 29802

```

```

A = F * B - A + 0.00000 00012 38425

```

```

B = F * A - B + 0.00000 00085 13091

```

```

A = F * B - A + 0.00000 00568 16966

```

```

B = F * A - B + 0.00000 05135 87727

```

```

A = F * B - A + 0.00000 72475 91100

```

```

B = F * A - B + 0.00017 27006 30778

```

```

A = F * B - A + 0.00844 51226 24921

```

```

A = F * A - B + 2.01655 84109 17480

```

```

BESIK=0.199471140200717*(A-B)/SQRT(V)

```

```

IF(E) RETURN

```

```

BESIK=EXP(V)*BESIK

```

```

RETURN

```

```

ENTRY EBES1(X)

```

```

E=.TRUE.

```

```

GO TO 2

```

```

ENTRY BES1(X)

```

```

E=.FALSE.

```

```

2 L=.TRUE.

```

```

V=ABS(X)

```

```

IF(V .GE. 0.0) GO TO 3

```

```

7 F=0.0625*X**2-2.0

```

```

A = 0.00000 00000 00001

```

```

B = F * A - 0.00000 00000 00031

```

```

A = F * B - A + 0.00000 00000 01679

```

```

B = F * A - B + 0.00000 00000 79291

```

```

A = F * B - A + 0.00000 00032 27617

```

```

B = F * A - B + 0.00000 01119 46285

```

```

A = F * B - A + 0.00000 32641 38122

```

```

B = F * A - B + 0.00007 87567 85754

```

```

A = F * B - A + 0.00154 30190 15627

```

```

B = F * A - B + 0.02399 30791 47841

```

```

A = F * B - A + 0.28785 55118 04672

```

```

B = F * A - B + 2.57145 99063 47755

```

```

A = F * B - A + 16.33455 05525 22066

```

```

B = F * A - B + 69.39591 76337 34448

```

```

A = F * B - A + 181.31261 60405 70265

```

```

A = F * A - B + 259.59023 78064 77292

```

```

BESIK=0.0625*(A-B)*X

```

IF(L .AND. E) BESIK=EXP(-V)*BESIK
IF(L) RETURN

```

A =      + 0.00000 00000 00001
B = F * A      + 0.00000 00000 00042
A = F * B - A + 0.00000 00000 02163
B = F * A - B + 0.00000 00000 96660
A = F * B - A + 0.00000 00036 96783
B = F * A - B + 0.00000 01123 67271
A = F * B - A + 0.00000 32025 10692
B = F * A - B + 0.00007 00106 27855
A = F * B - A + 0.00121 70562 94516
B = F * A - B + 0.01630 00492 89816
A = F * B - A + 0.16107 42016 56148
B = F * A - B + 1.10146 10930 04852
A = F * B - A + 4.66638 70268 62842
B = F * A - B + 9.36161 70313 95380
A = F * B - A - 1.83923 92242 86199
A = F * A - B - 26.68809 54808 62668
BESIK=ALOG(0.125*X)*BESIK+1.0/X-0.0625*(A-B)*X
IF(E) BESIK=EXP(X)*BESIK
RETURN

```

3 F=32.0/V-2.0

```

B =      + 0.00000 00000 00001
A = F * B      + 0.00000 00000 00001
B = F * A - B - 0.00000 00000 00005
A = F * B - A - 0.00000 00000 00010
B = F * A - B + 0.00000 00000 00026
A = F * B - A + 0.00000 00000 00107
B = F * A - B - 0.00000 00000 00053
A = F * B - A - 0.00000 00000 01024
B = F * A - B - 0.00000 00000 01804
A = F * B - A + 0.00000 00000 05103
B = F * A - B + 0.00000 00000 35408
A = F * B - A + 0.00000 00000 81531
B = F * A - B - 0.00000 00000 47563
A = F * B - A - 0.00000 00014 01141
B = F * A - B - 0.00000 00076 13873
A = F * B - A - 0.00000 00659 61142
B = F * A - B - 0.00000 06277 24229
A = F * B - A - 0.00000 97321 46728
B = F * A - B - 0.00027 72053 60764
A = F * B - A - 0.02446 74422 63276
A = F * A - B + 1.25160 12046 52572
BESIK=0.199471140200717*(A-B)/SORT(V)

```

IF(X .LT. 0.0) BESIK=-BESIK

IF(E) RETURN
BESIK=EXP(V)*BESIK
RETURN

ENTRY EBESKO(X)

E=.TRUE.
GO TO 11

ENTRY BESKO(X)
E=.FALSE.

11 IF(X .LE. 0.0) GO TO 8
L=.FALSE.

V=X

IF(X .LT. 5.0) GO TO 8

F=20.0/X-2.0

```

A =      - 0.00000 00000 00002
B = F * A      + 0.00000 00000 00011
A = F * B - A - 0.00000 00000 00072
B = F * A - B + 0.00000 00000 00581
A = F * B - A - 0.00000 00000 04580

```



```

B = F * A - B + 0.00000 00000 39044
A = F * B - A - 0.00000 00003 64547
B = F * A - B + 0.00000 00037 92996
A = F * B - A - 0.00000 00450 47338
B = F * A - B + 0.00000 06325 75109
A = F * B - A - 0.00001 11066 85197
B = F * A - B + 0.00026 95326 12763
A = F * B - A - 0.01131 05046 46928
A = F * A - B + 1.97681 63484 61652
BESIK=0.626657068657750*(A-B)/SQRT(X)

```

```
IF(E) RETURN
```

```
Z=BESIK
```

```
BESIK=0.
```

```
IF(X.LT.180.) BESIK=EXP(-X)*Z
```

```
RETURN
```

```
ENTRY EBESK1(X)
```

```
E=.TRUE.
```

```
GO TO 12
```

```
ENTRY BESK1(X)
```

```
E=.FALSE.
```

```
12 IF(X .LE. 0.0) GO TO 9
```

```
L=.FALSE.
```

```
V=X
```

```
IF(X .LT. 5.0) GO TO 7
```

```
F=20.0/X-2.0
```

```
A = + 0.00000 00000 00002
```

```
B = F * A - 0.00000 00000 00013
```

```
A = F * B - A + 0.00000 00000 00089
```

```
B = F * A - B - 0.00000 00000 00663
```

```
A = F * B - A + 0.00000 00000 05288
```

```
B = F * A - B - 0.00000 00000 45757
```

```
A = F * B - A + 0.00000 00004 35417
```

```
B = F * A - B - 0.00000 00046 45555
```

```
A = F * B - A + 0.00000 00571 32218
```

```
B = F * A - B - 0.00000 08451 72048
```

```
A = F * B - A + 0.00001 61850 63810
```

```
B = F * A - B - 0.00046 84750 28167
```

```
A = F * B - A + 0.03546 52912 43331
```

```
A = F * A - B + 2.07190 17175 44716
```

```
BESIK=0.626657068657750*(A-B)/SQRT(X)
```

```
IF(E) RETURN
```

```
Z=BESIK
```

```
BESIK=0.
```

```
IF(X.LT.180.) BESIK=EXP(-X)*Z
```

```
RETURN
```

```
9 BESIK=0.
```

```
PRINT 100,X
```

```
100 FORMAT(1X,36HBESIK ... NON-POSITIVE ARGUMENT X = ,E15.4)
```

```
RETURN
```

```
END
```

```

SUBROUTINE GRAFY(YY,MM,NN,YDOLNI,YHORN1,MET,PARAM,XD,XH,DIFX,
* LX,LY,APAR,IPAR)
DIMENSION YY(5,300),IC(10),PARAM(10),Y1(300),X1(300),
* DELC(10),MET(10)

```

```

POUZIVA PODPROGRAMU STUPCE,IRAD,IRAD3,TISK1,TISK2,POZN,
KRIVKA,PRUS,TYPEC

```

```

YY - POLE TABELOVANYCH HODNOT V POCTU MM X NN
MM, NN MEZE POLE YY

```


VE VOLAJICI PROGRAMOVE JEDNOTICE MUZI MIT DVOUROZMERNE
 YY TYTEZ MEZE JAKO JSOU UMERY IDE V PRIKAZE DIMENSION
 POKUD SE POUZIJJI JINE MEZE V HLAVNIH PROGRAMU
 MUSI SE OPRAVIT MEZE POLE YY V TOMTO PODPROGRAMU
 A MEZE POLE Y V PODPROGRAMU TISK2
 YDOLNI, YHORNÍ - DOLNI A HORNÍ MEZ ZAVISLE PROMENNE,
 JE-LI LX ZAPORNE
 JINAK SE DOSAZUJI NULY
 NA POLI NET JE UVEDEN TYP CARY PRO JEDNOTLIVE GRAFY
 V ROZSAHU 1-AZ-10,
 GRAFY SE SOUSEDNIMI CÍSLY TEKTRONIX NEROZLISI
 KE KAZDEMU CÍSLU LZE PRIRADIT URCITY TEXT, KTERÝ
 SE NACHAZI NA KONCI TETO PROGRAMOVE JEDNOTKY
 POD SYMBOLICKYMI JHENY CARA 1, CARA 2, ...
 UZIVETEL JEJ MUZE PODLE POTREBY MENIT
 POLE PARAM SE NEPOUZIVA
 XD, XH, DIFX - HRANICE A KROK NEZAVISLE PROMENNE
 LX, LY - DELKA OSY X A POLOVICNI DELKA OSY Y V CM,
 JE-LI LX ZAPORNE,
 POZADUJI SE MEZE NA PARAMETRECH YDOLNI, YHORNÍ
 POMOCI PARAMETRU APAR SE VYPISE JEDNA HODNOTA TYPU REAL,
 POMOCI PARAMETRU IPAR SE VYPISE JEDNA HODNOTA TYPU INTEGER
 PROSTREDNICTVIM FORMATU, KTERE NASLEDUJI V ZAPETI A NA
 KONCI PROGRAMOVE JEDNOTKY, SE VOLI POPIS GRAFU

100 FORMAT('VLIV VAHOVE FUNKCE NA AUTOKORELACI')
 200 FORMAT('F(HZ)')
 300 FORMAT('AMPL')
 400 FORMAT('MERENI X')
 500 FORMAT('MERENI Y')
 600 FORMAT('POPIS KRIVEK')
 700 FORMAT('VAHOVA FUNKCE')

H=MM
 IF(M.GT.10)N=10
 N=NN
 IF(N.GT.300)N=300
 IF(LX.LT.0)YD=YDOLNI
 IF(LX.LT.0)YH=YHORNÍ
 IF(LX.LT.0)GO TO 2
 YD=YY(1,1)
 YH=YY(1,1)
 DO 10 I=1,M
 DO 10 J=1,N
 IF(YY(I,J).LT.YD)YD=YY(I,J)
 IF(YY(I,J).GT.YH)YH=YY(I,J)

10 CONTINUE
 ? LX=IABS(LX)

C ZAKLADNI VOLANI
 1500 CALL GRAFOR(1,50000.0,-1.0,LX,LY)
 1600 IPOLY=10*IFIX(0.2*FLOAT(LX))
 1700 CALL GRAFOR(2,0.1,0.1,IPOLY,0,3100)

C VYPOCET MERITEK A NAKRESLENÍ STUPNIC
 1800 WRITE(6,1000)

1000 FORMAT(1H1,' INFORMACE O GRAFICKEM ZPRACOVANI UDAJU'//)
 1600 CALL STUPCE(1,XD,XH,XP,XK,DX,IRX,XDM,XHM,NX,NXD,YY,M,N)
 1700 CALL STUPCE(2,YD,YH,YP,YK,DY,IRY,YDM,YHM,NY,NYD,YY,M,N)
 1800 IF(NX.LE.0.OR.NY.LE.0)STOP 111
 1900 DELKAX=3.5*FLOAT(LX)
 2000 DELKAY=3.5*FLOAT(LY)
 2100 DXG=DELKAX/FLOAT(NX)

```

DYG=DELKAY/FLOAT(NY)
CALL GRAFOR(4,DXG,DYG,100*NX+1,100*NY+1)
NX1=NX+1
YTISK=0.05*DELKAY
DO 50 I=1,NX1
    AI=FLOAT(I-1)-0.25
    X=XP+FLOAT(I-1)*DX
    CALL GRAFOR(5,AI*DXG,-YTISK)
    CALL GRAFOR(9,X,FLOAT(NXD),2,0)
50 CONTINUE
    CALL GRAFOR(7,0.85*DELKAX,-2.0*YTISK,2,0,8200)
    NY1=NY+1
    DO 60 I=1,NY1
        AI=FLOAT(I-1)
        Y=YP+AI*DY
        CALL GRAFOR(5,-0.8*DXG,AI*DYG)
        CALL GRAFOR(9,Y,FLOAT(NYD),2,0)
60 CONTINUE
    CALL GRAFOR(7,-DXG,0.95*DELKAY,2,0,8300)
    IF(IRX.EQ.0)GO TO 11
    CALL GRAFOR(7,0.0,-2.0*YTISK,2,0,'MERITKO OSY X: ')
    CALL GRAFOR(10,3.0,2.0,IRX,0)
11 IF(IRY.EQ.0)GO TO 12
    CALL GRAFOR(7,0.0,-3.0*YTISK,2,0,'MERITKO OSY Y: ')
    CALL GRAFOR(10,3.0,2.0,IRY,0)
12 IF(XDM.EQ.0.0.OR.XHM.EQ.0.0) GO TO 13
    XMAX=AMAX1(ABS(XDM),ABS(XHM))
    IF(ABS(XHM-XDM)/XMAX.GT.0.01) GO TO 13
    IRDM=IRAD(XDM)
    DHM=XDM*10.0*(-IRDM)
    CALL GRAFOR(7,0.5*DELKAX,-2.0*YTISK,2,0,
    *'POCATECNI HOD.STUP.X: ')
    CALL GRAFOR(9,DHM,6.0,2,0)
    CALL GRAFOR(8,0.0,0.0,2.0,'E')
    CALL GRAFOR(10,2.0,2.0,IRDM,0)
13 IF(YDM.EQ.0.0.OR.YHM.EQ.0.0) GO TO 14
    YMAX=AMAX1(ABS(YDM),ABS(YHM))
    IF(ABS(YHM-YDM)/YMAX.GT.0.01) GO TO 14
    IRDM=IRAD(YDM)
    DHM=YDM*10.0*(-IRDM)
    CALL GRAFOR(7,0.5*DELKAX,-3.0*YTISK,2,0,
    *'POCATECNI HOD.STUP.X: ')
    CALL GRAFOR(9,DHM,6.0,2,0)
    CALL GRAFOR(8,0.0,0.0,2.0,'E')
    CALL GRAFOR(10,2.0,2.0,IRDM,0)
14 CALL GRAFOR(5,0.0,0.0)

KRESLENI GRAFU
UX,UY - MERTITKO = MH/JEDN.
UX=DELKAX/(XHM-XDM)
UY=DELKAY/(YHM-YDM)
DO 210 I=1,M
    IC(I)=MET(I)
210 CONTINUE
DO 110 I=1,M
    DO 120 J=1,N
        X=XD+FLOAT(J-1)*DIFX
        X1(J)=(X-XDM)*UX
        Y1(J)=(YY(I,J)-YDM)*UY
120 CONTINUE
    CALL TYPE(IC(I),DELKAX/30,MCARA,DELC)
    CALL KRIVKA(N,X1,Y1,MCARA,DELC)
WRITE(6,1100)I

```



```

1100 FORMAT(/' NAKRESLEN GRAF C.',I3/)
110 CONTINUE
XTP=0.7*DELKAX
YTP=0.95*DELKAY
XTISK=0.15*DELKAX
YTISK=0.05*DELKAY
CALL GRAFOR(7,XTP,YTP,2,0,8400)
CALL GRAFOR(9,APAR,4,0,2,0)
CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-YTISK,2,0,8500)
CALL GRAFOR(10,2,0,5,0,IPAR,0)
CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-2,0*YTISK,2,0,8600)
CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-3,0*YTISK,2,0,'CARA')
CALL GRAFOR(7,XTP+XTISK,YTP-3,0*YTISK,2,0,8700)
DO 150 I=1,M
  CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-FLOAT(I+3)*YTISK,2,0,' ')
  CALL GRAFOR(10,2,0,2,0,I,0)
  IV=MET(1)
  XXTSK=XTP+XTISK
  YYTSK=YTP-FLOAT(I+3)*YTISK
  IF(IV.EQ.1) CALL GRAFOR(7,XXTSK,YYTSK,2,0,'JEDNOTKOVA')
  IF(IV.EQ.2) CALL GRAFOR(7,XXTSK,YYTSK,2,0,'OKR.KOSINUS')
  IF(IV.EQ.3) CALL GRAFOR(7,XXTSK,YYTSK,2,0,'HANNING')
  IF(IV.EQ.4) CALL GRAFOR(7,XXTSK,YYTSK,2,0,'HANNING')
  IF(IV.EQ.5) CALL GRAFOR(7,XXTSK,YYTSK,2,0,'VAS/LE')
  IF(IV.EQ.6) CALL GRAFOR(7,XXTSK,YYTSK,2,0,'PRAZEN')
  IF(IV.EQ.7) CALL GRAFOR(7,XXTSK,YYTSK,2,0,'KAISER')
150 CONTINUE
CALL GRAFOR(2)
WRITE(6,1200)
1200 FORMAT(/' ZPRACOVANI GRAFICKYCH UDAJU UKONCENO'//)
RETURN
END

```


ITE1:DANCA .PROLOZ(F0000)/H

DIMENSION GP(5,300),XB(5,700),YB(5,300),NB(5),C(5,2),R(5,2),
:FR(5,20),YMAX(5,100),PMAX(5,20),LMAX(5,100),IMAX(5,20),
:NLMAX(5),MER(5),MET(5),PARAM(5),ZAVH(5)
LOGICAL NALMAX

C
C
PI=3.14159
ANULA=1.0E-30
ANEK=1.0/ANULA
READ(5,103)RELM,ABSN,ODSTH
1100 103 FORMAT(3F0.0)
1200 DO 330 I=1,5
1300 NLMAX(I)=0
1400 DO 340 J=1,100
1500 LMAX(I,J)=0
1600 YMAX(I,J)=0.0
1700 340 CONTINUE
1800 DO 350 J=1,20
1900 C(I,J)=0.0
2000 R(I,J)=0.0
2100 350 CONTINUE
2200 330 CONTINUE
2300 NK=0
2400 DO 10 I=1,5
2500 READ(5,201,END=1)MER(I)
2600 201 FORMAT(10)
2700 J=0
2800 ZAVH(I)=-ANEK
2900 DO 20 JJ=1,301
3000 READ(5,202,END=1)X,Y
3100 202 FORMAT(2F0.0)
3200 IF(X.LT.0.0)GOTO 11
3300 J=J+1
3400 XB(I,J)=X
3500 YB(I,J)=Y
3600 IF(ZAVH(I).LT.Y)ZAVH(I)=Y
3700 20 CONTINUE
3800 11 NB(I)=J
3900 ZAVH(I)=ZAVH(I)-ODSTH
4000 NK=NK+1
4100 10 CONTINUE
4200 1 DO 30 I=1,NK
4300 N2=NB(I)-2
4400 JL=0
4500 ZH=ZAVH(I)
4600 DO 40 J=3,N2
4700 JM2=J-2
4800 JM1=J-1
4900 JO=J
5000 JP1=J+1
5100 JP2=J+2
5200 YM2=YD(I,JM2)
5300 YM1=YD(I,JM1)
5400 YO=YB(I,JO)
5500 YP1=YB(I,JP1)
5600 YP2=YB(I,JP2)
5700 NALMAX=.FALSE.
5800 IF(YM2.LT.YM1.AND.YM1.LT.YO.AND.YP1.LT.YO.AND.
5900 : YP2.LT.YP1)NALMAX=.TRUE.
6000 YKOR=YO-RELM
6100 IF(YM1.LT.YKOR.AND.YP1.LT.YKOR)NALMAX=.TRUE.
6200 IF(YO.GT.ZH.AND.YM1.LT.YO.AND.YP1.LT.YO)NALMAX=.TRUE.
6300 40
6400 30
6500 30

```

      JL=JL+1
      IF(JL.GT.100)GO 0 12
      LMAX(I,JL)=J
      YMAX(I,JL)=YB(I,J)
40    CONTINUE
12    NLMAX(I)=JL
30    CONTINUE
      KNK=0
      DO 220 I=1,NK
          N=NLMAX(I)
          AMABS=-ANEK
          DO 230 J=1,N
              IF(AMABS.LT.YMAX(I,J))AMABS=YMAX(I,J)
230    CONTINUE
          AMUVA=AMABS-ABSM
          JL=C
          DO 250 J=1,N
              IF(YMAX(I,J).LE.AMUVA)GOTO 250
              IF(JL.GT.20)GOTO 250
              JL=JL+1
              YMAX(I,JL)=YMAX(I,J)
              LMAX(I,JL)=LMAX(I,J)
250    CONTINUE
              IF(JL.LE.0)WRITE(6,1300)MER(I)
1300  FORMAT(///1X,'NAHRADNI OBVOD PRUZINY PPI MERENI',I5,2X,
:         'NEOSSAHUJE ANI JEDEN PRVEK'//)
              IF(JL.LE.0)GOTO 220
              KNK=KNK+1
              IF(JL.GT.20)JL=20
              NLMAX(KNK)=JL
220    CONTINUE
              IF(KNK.LE.0)STOP 111
              NK=KNK
              DO 50 I=1,NK
                  N=NLMAX(I)
                  NN=NB(I)
                  FPRI=(XB(I,NN)-XB(I,1))/FLOAT(NN-1)
                  DO 60 J=1,N
                      R(I,J)=0.0
                      C(I,J)=0.0
                      K=LMAX(I,J)
                      FO=XB(I,K)
                      FR(I,J)=FO
                      PO=10.0**((YB(I,K)-10.0)
                      KM1=K-1
                      PM1=10.0**((YB(I,KM1)-10.0)
                      PR=PO/PM1
                      IF(PR.LE.1.0)GOTO 60
                      R(I,J)=FPRI*FPRI/(PR-1.0)
                      C(I,J)=PO+R(I,J)
60    CONTINUE
50    CONTINUE
      FP=1000.0
      FK=0.0
      DO 70 I=1,NK
          J=NB(I)
          IF(FP.GT.XB(I,1))FP=XB(I,1)
          IF(FK.LT.XB(I,J))FK=XB(I,J)
70    CONTINUE
      DF=(FK-FP)/300.0
      DO 120 I=1,NK
          NSP=300/NB(I)

```

```

1000 NGR=NR(1)+NSR
1100 IF(NGR.LT.10)NGR=10
1200 IF(NGR.GT.300)NGR=300
1300 DF=(FK-FP)/FLOAT(NGR-1)
1400 N=NLMAX(1)
1500 DO 130 J=1,NGR
1600     F=FP+DF*FLOAT(J-1)
1700     DF=0.0
1800     DO 140 K=1,N
1900         AJ=R(1,K)+(F-FR(1,K))*2
2000         IF(ABS(AJ).LT.ANULA)GOTO 140
2100         PF=PF+C(1,K)/AJ
2200     140 CONTINUE
2300     PFA=ABS(PF)
2400     IF(PFA.LT.ANULA)GR(1,J)=-100.0
2500     IF(PFA.GE.ANULA)GR(1,J)=10.0+ALOG10(PFA)
2600 130 CONTINUE
2700     DO 150 J=1,N
2800         PMAX(1,J)=YMAX(1,J)
2900         IMAX(1,J)=1
3000 150 CONTINUE
3100     DO 160 J=1,N
3200         AM=-ANEK
3300         IM=0
3400         DO 170 K=1,N
3500             PM=PMAX(1,K)
3600             IF(AM.LE.PM)IM=K
3700             IF(AM.LE.PM)AM=PM
3800 170 CONTINUE
3900             IF(IM.LE.0)GO TO 160
4000             IMAX(1,J)=IM
4100             PMAX(1,IM)=-2.0*ANEK
4200 160 CONTINUE
4300             WRITE(6,1100)MER(1)
4400 1100 FORMAT(1H1,'MERENI',I3/)
4500             WRITE(6,1000)RELM,ABSM
4600 1000 FORMAT(/1X,'MATEMATICKY POPIS PŘENOSOVÉ FUNKCE PRUZINY'//
4700 : 1X,'ODSTUP LOKALNI',F10.3,' DB'//
4800 : 1X,'ODSTUP ABSOL.',F10.3,' DB'//
4900 : 1X,'LOKALNI EXTREMY',20X,'KOEFIGIENTY POPISU'//
5000 : 1X,'EX','PC',11X,'F',10X,'DF',6X,'X','PC',10X,'FR',11X,'A',
5100 : 11X,'B'//)
5200     DO 270 J=1,N
5300         KK=IMAX(1,J)
5400         JJ=LMAX(1,KK)
5500         X=XB(1,JJ)
5600         Y=YB(1,JJ)
5700         WRITE(6,1200)J,X,Y,J,FR(1,J),C(1,J),R(1,J)
5800 1200 FORMAT(1X,I5,CP2F12.3,6X,I5,F12.3,1P2E12.3/)
5900 270 CONTINUE
6000 120 CONTINUE
6100     DO 280 I=1,NK
6200         NET(I)=2*I-1
6300         PARAM(I)=MER(I)
6400 280 CONTINUE
6500     CALL GRAFY(CR,NK,NGR,XB,YB,DF,
6600 : 0.0,0.0,0.0,NET,PARAM,FP,FK,DF,
6700 : 15,7,ANASS,N)
6800     STOP 777
6900     END

```



```

SUBROUTINE GRAFY(YY,MM,NN,XB,YB,NBD,
:YDOLNI,YHORNI,MET,PARAM,XD,XH,DIFX,
*LX,LY,APAR,IPAR)
DIMENSION YY(5,300),IC(10),PARAM(10),Y1(300),X1(300),
:XB(5,300),YB(5,300),NBD(10),
*DELC(10),MET(10)

```

POUZIVA PODPROGRAMU STUPCE,IRAD,IRAD3,TISK1,TISK2,POZN,
KRIVKA,PRUS,TYPE

YY - POLE TABELOVANYCH HODNOT V POCTU MM X NN
MM, NN MEZE POLE YY

VE VOLAJICI PROGRAMOVE JEDNOTCE MUSI MIT DVOUROZMERNE
YY TYTEZ MEZE JAKO JSOU UVEDENY ZDE V PRIKAZE DIMENSION
POKUD SE POUZIJI JINE MEZE V HLAVNIM PROGRAMU

MUSI SE OPRAVIT MEZE POLE YY V TOMTO PODPROGRAMU

A MEZE POLE Y V PODPROGRAMU TISK2

XB - X-OVE SOURADNICE EXPERIMENTALNICH BODU
JEDNOTLIVYCH KRIVEK

YB - Y-OVE SOURADNICE EXPERIMENTALNICH BODU
JEDNOTLIVYCH KRIVEK

NBD - POCTY EXPERIMENTALNICH BODU PRO JEDNOTLIVE KRIVKY

... MEZE POLI XB, YB MUSI BYT STEJNE V TOMTO PODPROGRAMU

A VE VOLAJICI PROGRAMOVE JEDNOTCE

PRVNI ROZNER TECTO POLI BY MEL SOUHLASIT S PRVNIM
ROZMEREM POLE YY

... NEJSOU-LI EXPERIMENTALNI BODY, DOSAZUJI SE DO POLE
NBD NULY

YDOLNI, YHORNI - DOLNI A HORNI MEZ ZAVISLE PROMENNE,
JE-LI LX ZAPORNE

JINAK SE DOSAZUJI NULY

NA POLI MET JE UVEDEN TYP CARY PRO JEDNOTLIVE GRAFY
V ROZSAHU 1 AZ 10,

GRAFY SE SOUSEDNIMI CISLY TEKTRONIX NEROZLISI

V POLI PARAM JE UVEDEN PARAMETR PRO CARU NA ODPOVIDAJICIM
PRVKU POLE MET, TENTO PARAMETR SE VYKRESLI V TABULCE

XD,XH,DIFX - HRANICE A KROK NEZAVISLE PROMENNE

LX, LY - DELKA OSY X A POLOVICNI DELKA OSY Y V CM,

JE-LI LX ZAPORNE,

POZADUJI SE MEZE NA PARAMETRECH YDOLNI, YHORNI
POMOCI PARAMETRU APAR SE VYPISE JEDNA HODNOTA TYPU REAL,
POMOCI PARAMETRU IPAR SE VYPISE JEDNA HODNOTA TYPU INTEGER
PROSTREDNICTVIM FORMATU, KTERE NASLEDUJI V ZAPETI,

LZE VOLIT POPIS GRAFU NAHRADOU SYMBOLICKYCH JMEN

100 FORMAT('PRENOS PRUZI:Y')

200 FORMAT('F(HZ)')

300 FORMAT('P(DB)')

400 FORMAT('MAX')

500 FORMAT('NMAX')

600 FORMAT('POPIS KRIVEK')

700 FORMAT('MERENI')

M=MM

IF(M.GT.10)M=10

N=NN

IF(N.GT.300)N=300

DO 15 I=1,N

IF(NBD(I).GT.300)NBD(I)=300

15 CONTINUE

IF(LX.LT.0)YD=YDOLNI

IF(LX.LT.0)YH=YHORNI

IF(LX.LT.0)GO TO 9

TE1:DANCA .PROLOG(FPOCOO)/H

```

3530 YD=YY(1,1)
3540 YH=YY(1,1)
3550 DO 10 I=1,N
3560 DO 10 J=1,N
3570 IF(YY(I,J).LT.YD)YD=YY(I,J)
3580 IF(YY(I,J).GT.YH)YH=YY(I,J)
3590 10 CONTINUE
3600 9 LX=IABS(LX)
3610 C
3620 C ZAKLADNI VOLANI
3630 CALL GRAFOR(1,50000,0,-1.0,LX,LY)
3640 IPOLY=10*IFIX(0.2*FLOAT(LX))
3650 CALL GRAFOR(3,0.1,0.1,IPOLY,0,2100)
3660 C
3670 C VYPOCET MERITEK A NAKRESLENI STUPNIC
3680 WRITE(1,1000)
3690 1000 FORMAT(1H1,' INFORMACE O GRAFICKEM ZPRACOVANI UDAJU'//)
3700 CALL STUPCE(1,XD,XH,XD,XK,DX,IRX,XDM,XHM,NY,NXD,YY,M,N)
3710 CALL STUPCE(2,YD,YH,YP,YK,DY,IRY,YDM,YHM,NY,NYD,YY,M,N)
3720 IF(NX.LE.0.OR.NY.LE.0)STOP 111
3730 DELKAX=0.5*FLOAT(LX)
3740 DELKAY=0.5*FLOAT(LY)
3750 DXG=DELKAX/FLOAT(NX)
3760 DYG=DELKAY/FLOAT(NY)
3770 CALL GRAFOR(4,DXG,DYG,100*NX+1,100*NY+1)
3780 NX1=NX+1
3790 YTISK=0.05*DELKAY
3800 DO 50 I=1,NX1
3810 AI=FLOAT(I-1)-0.25
3820 X=XD+FLOAT(I-1)*DX
3830 CALL GRAFOR(5,AI*DXG,-YTISK)
3840 CALL GRAFOR(9,X,FLOAT(NXD),2,0)
3850 50 CONTINUE
3860 CALL GRAFOR(7,0.85*DELKAX,-2.0*YTISK,2,0,8200)
3870 NY1=NY+1
3880 DO 60 I=1,NY1
3890 AI=FLOAT(I-1)
3900 Y=YP+AI*DY
3910 CALL GRAFOR(5,-0.8*DXG,AI*DYG)
3920 CALL GRAFOR(9,Y,FLOAT(NYD),2,0)
3930 60 CONTINUE
3940 CALL GRAFOR(7,-DXG,0.95*DELKAY,2,0,8300)
3950 IF(IRX.EQ.0)GO TO 11
3960 CALL GRAFOR(7,0.0,-2.0*YTISK,2,0,'MERITKO OSY X: ')
3970 CALL GRAFOR(10,3.0,2.0,IRX,0)
3980 11 IF(IRY.EQ.0)GO TO 12
3990 CALL GRAFOR(7,0.0,-3.0*YTISK,2,0,'MERITKO OSY Y: ')
4000 CALL GRAFOR(10,3.0,2.0,IRY,0)
4010 12 IF(XDM.EQ.0.0.OR.XHM.EQ.0.0) GO TO 13
4020 XMAX=AMAX1(ABS(XDM),ABS(XHM))
4030 IF(ABS(XHM-XDM)/XMAX.GT.0.01) GO TO 13
4040 IRDM=IRAD(XDM)
4050 DDM=XDM*10.0*(-IRDM)
4060 CALL GRAFOR(7,0.5*DELKAX,-2.0*YTISK,2,0,
4070 *POCATECNI MOD.STUP.X: ')
4080 CALL GRAFOR(9,DDM,0.0,2,0)
4090 CALL GRAFOR(8,0.0,0.0,2,0,'E')
4100 CALL GRAFOR(10,2.0,2.0,IRDM,0)
4110 13 IF(YDM.EQ.0.0.OR.YHM.EQ.0.0) GO TO 14
4120 YMAX=AMAX1(ABS(YDM),ABS(YHM))
4130 IF(ABS(YHM-YDM)/YMAX.GT.0.01) GO TO 14
4140 IRDM=IRAD(YDM)
4150 DDM=YDM*10.0*(-IRDM)

```

```

CALL GRAFOR(7,0.5*DELKAX,-3.0*YTISK,2,0,
*'POCATECNI HOD.STUP.: ')
CALL GRAFOR(9,DMM,6.0,2,0)
CALL GRAFOR(8,0.0,0.0,2,0,' E')
CALL GRAFOR(10,2.0,2.0,IRDM,0)
CALL GRAFOR(5,0.0,0.0)

```

```

KRESLENI GRAFU

```

```

UX,UY - MERTITKO = MM/JEDN.

```

```

UX=DELKAX/(XHM-XDM)

```

```

UY=DELKAY/(YHM-YDM)

```

```

DO 210 I=1,M

```

```

    IC(I)=MET(I)

```

```

CONTINUE

```

```

DO 110 I=1,M

```

```

    DO 120 J=1,N

```

```

        X=XD+FLOAT(J-1)*DIFX

```

```

        X1(J)=(X-XDM)*UX

```

```

        Y1(J)=(YY(I,J)-YDM)*UY

```

```

    CONTINUE

```

```

    CALL TYPEC(IC(I),DELKAX/30,MCARA,DELC)

```

```

    CALL KRIVKA(N,X1,Y1,MCARA,DELC)

```

```

WRITE(1,1100)I

```

```

FORMAT(/' NAKRESLEN GRAF C.',I3/)

```

```

CONTINUE

```

```

DO 230 I=1,M

```

```

    NI=NBD(I)

```

```

    DO 220 J=1,NI

```

```

        XJ=(XB(I,J)-XDM)*UX

```

```

        YJ=(YB(I,J)-YDM)*UY

```

```

        CALL GRAFOR(5,XJ,YJ)

```

```

        CALL GRAFOR(11,1.0,1.0)

```

```

    CONTINUE

```

```

CONTINUE

```

```

XTP=0.7*DELKAX

```

```

YTP=0.95*DELKAY

```

```

XTISK=0.15*DELKAX

```

```

YTISK=0.05*DELKAY

```

```

CALL GRAFOR(7,XTP,YTP,2,0,&400)

```

```

CALL GRAFOR(7,APAR,4.0,2,0)

```

```

CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-YTISK,2,0,&500)

```

```

CALL GRAFOR(10,2.0,5.0,IPAR,0)

```

```

CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-2.0*YTISK,2,0,&600)

```

```

CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-3.0*YTISK,2,0,'CARA')

```

```

CALL GRAFOR(7,XTP+XTISK,YTP-3.0*YTISK,2,0,&700)

```

```

DO 150 I=1,M

```

```

    CALL GRAFOR(7,XTP,YTP-FLOAT(I+3)*YTISK,2,0,' ')

```

```

    CALL GRAFOR(10,2.0,2.0,I,0)

```

```

    CALL GRAFOR(7,XTP+XTISK,YTP-FLOAT(I+3)*YTISK,2,0,' ')

```

```

    CALL GRAFOR(9,PARAM(I),3.0,2,0)

```

```

CONTINUE

```

```

CALL GRAFOR(2)

```

```

WRITE(1,1200)

```

```

FORMAT(/' ZPRACOVANI GRAFICKYCH UDAJU UKONCENO'//)

```

```

RETURN

```

```

END

```