

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ LIBEREC
NOSITELKA ŘÁDU PRÁCE

FAKULTA STROJNÍ
OBOR 23 - 40 - 8

KATEDRA TECHNICKÉ KYBERNETIKY

ZAMĚŘENÍ AUTOMATIZOVANÉ SYSTÉMY ŘÍZENÍ VÝROBNÍCH PROCESŮ
 VE STROJÍRENSTVÍ

GRAFICKÝ VSTUP PŘI APLIKACI METODY KONEČNÝCH
PRVKŮ SOUBORU PMD 2 V PODMÍNKÁCH VŠST

KTK - ASŘ SF - 192

SPURA FRANTIŠEK

VEDOUCÍ PRÁCE : RNDr. KLÁRA CÍSAŘOVÁ
KONZULTANT : Ing. PAVEL JIRMAN

POČET STRAN 51
POČET PŘÍLOH 15
POČET OBRÁZKŮ 7

2. června 1989

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMELECKÉHO DÍLA, UMELECKÉHO VÝKONU)

pro Františka Spura

obor 23-40-8 ASŘ výrobních procesů ve strojírenství

Vedoucí katedry Vám ve smyslu nařízení vlády ČSSR č. 90/1980 Sb., o státních závěrečných zkouškách a státních rigorózních zkouškách, určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Grafický vstup při aplikaci metody konečných prvků
souboru PMD 2 v podmínkách VŠST

Zásady pro vypracování:

1. Seznámení se s teorií metody konečných prvků a teorií počítačové grafiky.
2. Seznámení se se systémem programů PMD 2 a jeho vstupních souborů.
Seznámit se s programovými prostředky počítačové grafiky pro generování sítí v ČKD Praha.
3. Aplikace systému generování sítí ČKD Praha v podmínkách VŠST, odzkoušení programů na konkrétním příkladě.

V 38/89 S

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

grafika počítačová -
- literární
- programy

ASŘ - S / KTK

Číslo stránky: 40

Číslo přílohy: 40 - 50 stran

Seznam odborné literatury:

1. Valenta, J. a kol.: Novodobé metody výpočtů tuhosti a pevnosti ve strojírenství. SNTL, Praha 1975.
2. Drs, L.: Plochy ve výpočetní technice, SNTL, Praha
3. Dobiáš : Systém programů PMD 2. SVÚSS Běchovice.
4. Škoda, V.: Příprava vstupních údajů MKP, ČKD Praha.
5. Programová dokumentace.

Vedoucí diplomové práce: RNDr. Klára Císařová

Konzultant : Ing. Pavel Jirman

Datum zadání diplomové práce: 3.10.1988

Termín odevzdání diplomové práce: 2.6.1989



Věchet
Doc. Ing. Vladimír Věchet, CSc.

Vedoucí katedry

Prášil
Prof. Ing. Vladimír Prášil, DrSc.

Děkan

✓ Liberci dne 23.9. 88

P r o h l á š e n í

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

V Liberci dne 30.5. 1989

Jiří Šmíd
.....

Děkuji všem svým vysokoškolským učitelům za znalosti získané během studia na VŠST v Liberci, kterých jsem použil při vypracovávání této diplomové práce.

Především však děkuji RNDr. Kláře Císařové a Ing. Pavlu Jirmanovi za věcné připomínky a rady při zpracování dimpomového úkolu.

OBSAH

Úvod	3
1. Metoda konečných prvků	4
1.1. Úvod do metody konečných prvků	4
1.2. Stručně o metodě konečných prvků	4
1.3. Předpoklady pro zavedení metody konečných prvků ...	9
1.4. Všeobecné zásady navrhování sítí pro metodu konečných prvků	10
2. Počítačová grafika	12
2.1. Matematické prostředky počítačové grafiky	12
2.1.1. Transformace	12
2.1.2. Promítání	13
2.1.3. Křivky a plochy	15
2.1.3.1. Rovinné křivky	15
2.1.3.2. Prostorové křivky	16
2.1.3.3. Rovnice ploch	17
2.2. Interpolační křivky	18
2.2.1. Spline funkce a křivky	19
2.2.2. Křivky určené lomenou čarou	20
2.3. Programové vybavení	22
2.3.1. Možnosti programového vybavení	22
2.3.2. Charakteristika vybraných CAD/CAM systémů z kapitalistických států	24
2.3.3. Současné vývojové tendence v oblasti CAD/CAM ve vyspělých kapitalistických státech	26
2.3.4. Současný stav v ČSSR	27
2.3.5. Záměry dalšího rozvoje v ČSSR	28
2.3.6. Přínosy automatizace konstruování	29
3. AutoCAD	31
3.1. Úvod do AutoCADu	31
3.2. Souhrn povelů AutoCADu	32
4. Vstupní soubory pro systém programů PMD 2	39
4.1. Údaje o jednotlivých typech prvků	39
4.1.1. ITE = 56	39
4.1.2. ITE = 55	41

4.2. Struktura vstupních dat	42
5. Praktická část	43
5.1. Aplikace systému generování sítí ČKD Praha v podmínkách VŠST	43
5.2. Popis programů	46
Závěr	48
Seznam použité literatury	50
Seznam příloh	51

Úvod

V současné době je spotřebiteli požadována stále vyšší kvalita a rozmanitost sklářských výrobků. Pokud si chce výrobce udržet svou konkurenceschopnost, musí stále zvyšovat své inovační schopnosti a zefektivňovat výrobu. Toho lze dosáhnout pouze v případě zabezpečení vysoké úrovně technické přípravy výroby.

Hlavním článkem této činnosti je navrhování nových výrobků, příprava a výroba forem a optimalizace parametrů tvarování. Dnes tyto požadavky splňuje systém navrhování sklářských forem s podporou počítače /CAD/. Optimální práci při navrhování prostorového tvaru nového výrobku a následně též lisovací sklářské formy zabezpečuje pracovní stanice používající 3D grafiku /WORKSTATION/.

Model formy se získává přiřazením typizovaného vnějšího tvaru formy k vnitřnímu /vnitřní tvar formy je negativní vzhledem k modelu výrobku/. Vhodné přiřazení je řízeno bází znalostí a děje se pomocí v ní obsažených zkušeností a pravidel. Báze znalostí též počáteční výběr vhodného materiálu zajistí z materiálových položek v databázi. Nyní nastává fáze matematického modelování metodou konečných prvků a optimalizace vnějšího tvaru formy. Na optimalizovaný konečný tvar formy navazuje CAM, výkresová dokumentace a simulace obrábění.

Tato práce se zabývá především přípravou vstupních dat k vlastnímu výpočtu metodou konečných prvků, konkrétně automatickým vytvořením uzlových a elementových čísel. Generování sítě a automatické vytváření uzlových a elementových čísel sice nepatří mezi centrální problémy metody konečných prvků, ale pro svou důležitost při zjednodušení a zefektivnění práce zadavatele se stalo výhodné pro značnou úsporu času.

1. kapitola

1. METODA KONEČNÝCH PRVKŮ =====

1.1. Úvod do metody konečných prvků

Současná etapa vědeckotechnického vývoje disponuje výpočetní technikou na vysoké úrovni a kvalitativně novými, neobyčejně výkonnými výpočetními metodami. Revoluční změnu do výpočetářské praxe ve vědních oborech souvisících s projekční činností přinesla zejména metoda konečných prvků. Umožňuje provést výpočty s přesností do nedávna netušenou a řešit problémy, které pro svou obtížnost nebyly dosud zvládnutelné. Metoda konečných prvků může v mnoha případech nahradit dlouhodobý a nákladný experimentální vývoj.

Význam metody konečných prvků je v tom, že umožňuje řešení úloh z technické praxe pro geometrické oblasti v podstatě libovolně utvářené, v souladu se skutečným tvarem technických dílců a pro velmi různorodé okrajové podmínky, také odpovídající skutečnosti.

1.2. Stručně o metodě konečných prvků

Základ metody konečných prvků spočívá v tom, že řešená spojitá oblast se diskretizuje rozdělením na prvky a použitím tvarových funkcí se problém převede na algebraickou úlohu, formulovanou soustavou lineárních algebraických rovnic v maticovém tvaru.

Objekt, který má být podroben výpočtu, se nahradí matematickým modelem sestaveným z prvků. Jemné dělení se provede v místech s očekávaným vysokým gradientem vyšetřované veličiny /např. mechanického napětí nebo potenciálu/.

Nejjednodušší používané prvky jsou prutové prvky, se dvěma uzly k připojení dalších prvků na koncích, průřezem konstatním, nebo po délce lineárně proměnným. Plošné prvky jsou trojúhelníkové nebo čtyřúhelníkové s přímými stranami se třemi a čtyřmi uzly ve vrcholech, nebo s křivočarými stranami /izoparametrické prvky/, s meziuzly uprostřed stran, takže trojúhelníkové prvky mají šest uzlů a čtyřúhelníkové osm uzlů. Tloušťka prvků může být konstantní nebo proměnná. Prostorové prvky s rovinnými stěnami mají tvar čtyřstěnnů, pětistěnnů, nebo šestistěnnů, se čtyřmi, šesti a osmi uzly ve vrcholech. Prostorové izoparametrické prvky se stěnami obecně zakřivenými mají meziuzly uprostřed hran a mají osm, dvanáct a šestistěnn dvacet uzlů.

Poloha, tvar a velikost prvků v matematickém modelu se popisuje pomocí číselovaných uzlů se zadanými souřadnicemi. Také vzájemná vazba prvků je definována pomocí uzlů.

Matematický model řešeného technického dílce může obsahovat různé materiály. Materiál se mění po prvcích.

Systém lineárních rovnic, na který se úloha převádí, má dále uvedený tvar:

- Pro úlohy z lineární statiky

$$\underline{K} \cdot \underline{v} = \underline{f}$$

$\underline{K}$ - je matice tuhosti

$\underline{v}$ - vektor posuvů v uzlech

$\underline{f}$ - vektor zatěžujících sil v uzlech

Prvky matice tuhosti vypočítá program automaticky ze zadaného geometrického popisu a zadaných materiálových parametrů. Zatížení vnějšími silami předepíše zadavatel úlohy přímo do příslušných uzlů nebo zadá zatížení globálně, podle konvence konkrétního použitého programu a detailní rozdělení zatížení na uzly provede program automaticky. Např. k zohled-

nění odstředivé síly stačí udat osu rotace a rychlost otáčení. Posuvy jsou předem neznámé a jsou předmětem výpočtu, mimo těch, které zadavatel předepíše zadáním okrajových podmínek.

Řešení systému rovnic se dostanou posuvy ve všech uzlech. Pro každý uzel se dostanou tři posuvy V_x , V_y , V_z ve směru tří souřadnicových os a tři složky rotace D_x , D_y , D_z kolem tří souřadnicových os. Dalším výpočtem s použitím Hookova zákona určí program napětí v uzlech.

- Pro stacimární potenciální problémy

$$\underline{K} \cdot \underline{p} + \underline{F} = \underline{0}$$

$\underline{K}$ - je matice materiálových parametrů

$\underline{p}$ - vektor potenciálů v uzlech

$\underline{F}$ - představuje průtočné množství a zdroje

Materiál může být obecně ortotropní /t.j. vlastnosti materiální mohou být závislé na směru/, takže např. při řešení teplotního pole může platit

$$\underline{K} = \begin{bmatrix} \lambda_x & 0 & 0 \\ 0 & \lambda_y & 0 \\ 0 & 0 & \lambda_z \end{bmatrix}$$

kde $\lambda_x, \lambda_y, \lambda_z$ jsou tepelné vodivosti ve směrech os souřadnicového systému.

Potenciály jsou neznámé a jsou předmětem výpočtu, mimo potenciálů zadaných v rámci okrajových podmínek.

Řešením systému rovnic se vypočítají potenciály ve všech uzlech. Na rozdíl od lineární statiky je potenciální úloha jednodušší, protože potenciál je skalár a pro každý uzel se dostane jen jedna hodnota.

Velmi často řešenou potenciální úlohou je výpočet teplotního pole.

$\underline{K}$ - je matice tepelných vodivostí

$\underline{p} = \underline{\nabla}$ - vektor teplotních rozdílů

$\text{grad } \varphi$ - teplotní spád

$F = D \cdot \text{plocha} + Q \cdot \text{objem}$, kde $D = -\lambda \text{grad } \varphi$ je tepelný tok a Q je zdroj tepla

Pro další potenciální úlohy platí analogické vztahy.

Elektrické pole

Matice $\underline{K}$ udává dielektrickou konstantu /permitivitu/.

$\epsilon_x, \epsilon_y, \epsilon_z$.

$\underline{p} = \underline{U}$ je vektor elektrického potenciálu v uzlech /napětí/

$\underline{E} = \text{grad } U$ - intenzita elektrického pole

$\underline{F} = D \cdot \text{plocha} + Q \cdot \text{objem}$, kde $D = \epsilon E$ je dielektrický posuv a Q je hustota náboje

Magnetické pole

Matice $\underline{K}$ udává permeabilitu μ_x, μ_y, μ_z

$p = \underline{V_m}$ je magnetický potenciál

$H = \text{grad } \underline{V_m}$ - intenzita magnetického pole

$\underline{F} = B \cdot \text{plocha}$, kde $B = \mu H$ - magnetická indukce

$Q = \text{div } B = 0$ samá pole bez zdrojů

Potenciální proudění

$\underline{K}$ je jednotková matice

$\underline{p} = \underline{\varnothing}$ - rychlostní potenciál

$\underline{c} = \text{grad } \varnothing$ - rychlost

$F = q \cdot \text{plocha} + Q \cdot \text{objem}$, kde $q = -c_n$ je přítok nebo odtok na okraji, ve směru normály.

$Q = \text{div } \underline{c}$ je vydatnost zdroje

Složitější je řešení úloh z dynamiky, přesněji z oblasti kmitání. Při výpočtu kmitů se iterační metodou řeší soustava pohybových diferenciálních rovnic.

$$\underline{M} \cdot \ddot{\underline{v}} + \underline{K} \cdot \underline{v} = 0$$

$\underline{M}$ je diagonální matice hmotností

$\underline{K}$ - matice tuhostí

$\ddot{\underline{v}}$ - vektor zrychlení v uzlech

$\underline{v}$ - vektor posuvu v uzlech

Řešením se dostanou vlastní kmitočty a vlastní vektory netlumeného kmitového systému.

Vynucené kmity tlumeného systému se vypočítají řešením soustavy pohybových diferenciálních rovnic

$$\underline{M} \cdot \ddot{\underline{v}} + \underline{C} \cdot \dot{\underline{v}} + \underline{K} \cdot \underline{v} = \underline{f}$$

$\underline{M}$ - matice hmotností

$\underline{C}$ - matice tlumení

$\underline{K}$ - matice tuhostí

$\ddot{\underline{v}}$ - vektor zrychlení v uzlech

$\dot{\underline{v}}$ - vektor rychlostí v uzlech

$\underline{v}$ - vektor posuvů v uzlech

$\underline{f}$ - budící vektor

Na výpočet vlastních kmitů v tomto případě navazuje modální analýza a výpočet vynucených kmitů pro harmonické buzení silové v uzlech, nebo harmonické buzení kinematické v uzlech, nebo pro kinematické buzení základu.

Vyšetření odezvy systému na časově závislý budící impuls se provádí opakovanou integrací systému pohybových

diferenciálních rovnic po velmi krátkých časových intervalech.

1.3. Předpoklady pro zavedení metody konečných prvků

Pro racionální a ekonomicky výhodné využívání metody konečných prvků musí být vytvořeny náležité hardwarové, softwarové a organizační podmínky.

Především musí být dostupný přiměřeně výkonný počítač. Za menší nebo středně velké úlohy se při použití metody konečných prvků považují přibližně úlohy, jejichž matematický model obsahuje nejvýše 2 000 uzlů, 2 000 prvků a asi 6 000 stupňů volnosti / to znamená 6 000 neznámých posuvů v uzlech/. K řešení takových úloh je potřebná vnitřní paměť počítače 256 KB výše, a kapacita vnější paměti na discích asi od 30 MB. Větší úlohy, asi kolem 5 000 uzlů a 5 000 prvků a 20 000 stupňů volnosti, již předpokládají počítač s vnitřní pamětí od 512 KB, podle možnosti virtuální a vnější diskovou paměť od 60 MB. Procesor je žádoucí podle možnosti 32 bitový.

Účelné využívání metody konečných prvků v každém případě předpokládá možnost grafické kontroly zadání a grafického zobrazení výsledků buď na obrazovce, nebo na plotteru, přičemž nejvýhodnější je obojí současně. Využívání metody konečných prvků však nepředpokládá nezbytně vlastní počítač, výpočty se mohou zajišťovat s využitím úplného cizího servisu.

1.4. Všeobecné zásady navrhování sítí pro metodu konečných prvků

S otázkami automatického vytváření sítí souvisí problém jejich optimalizace, t.j. navržení nejvhodnější sítě pro řešení daného problému /dané oblasti a daného typu elementu/.

Požadavky na hustotu sítě ovlivňují dva zcela protichůdné faktory: 1/ z fyzikálního hlediska je optimální síť co nejhustší, neboť pro "nekonečně" hustou síť má metoda konvergovat k přesnému řešení;

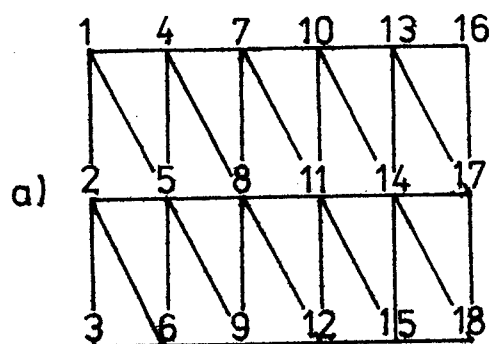
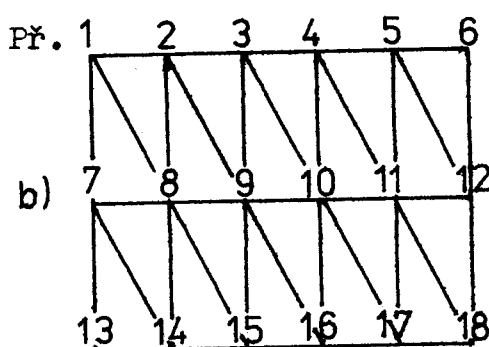
2/ z hlediska numerického procesu je nejvhodnější síť co nejřidší, neboť se vzrůstajícím počtem elementů /počtem rovnic/ vzrůstá i nepřesnost řešení vlivem zaokrouhlovacích chyb při konečné délce slov v počítači.

Zkušenosti s tímto problémem, zveřejněné různými autory, lze shrnout do několika bodů:

- navržená síť musí být proměnlivá, ale plošné obsahy sousedních elementů se nemají lišit více než o dva řády,
- tvarem se mají trojúhelníkové elementy co nejvíce blížit rovnostrannému trojúhelníku, čtyřúhelníkové elementy čtverci,
- při použití nerovnostranných trojúhelníků by neměly existovat příliš ostré úhly /neboť v odhadu chyby vzniklé interpolací je sinus vnitřního úhlu ve jmenovateli/,
- v podoblastech, ve kterých očekáváme větší změny řešení, nebo které jsou pro nás důležité, utváříme síť kratší než na zbylé části uvažované oblasti, kupř. při zatížení tělesa pouze povrchovými silami utvoříme na jeho povrchu hustší síť než uvnitř,
- je-li těleso namáháno teplotní dilatací při nerovnoměrném otřesu, je třeba respektovat požadavek, aby rozdíl teploty mezi dvěma sousedními prvky nepřekročil jistou mez /asi 10^0 C/,

- při jednoduché délce slov / asi 7 platných dekadických míst/ je maximální možná velikost řešených systémů 1 500 až 2 000 rovnic, další zhušťování sítě nemá už praktický smysl, může naopak vést ke zhoršení přesnosti řešení.

Důležitým požadavkem na síť je vhodné očíslování uzlů. Na tomto očíslování závisí šířka pásu nenulových prvků v celkové matici a při běžných iteračních metodách celkový čas výpočtu a nároky na obsazení paměti.



- v případě obdélníkové oblasti je očíslování uzlů ve směru kratší strany / viz a// vhodnější než očíslování uzlů ve směru delší strany / viz b//.

2. kapitola

2. POČÍTAČOVÁ GRAFIKA

=====

2.1. Matematické prostředky počítačové grafiky

2.1.1. Transformace

Transformace v rovině

Bod $/x, y/$ se transformuje do bodu $/x', y'/$

Translace /posunutí/

je určena vektorem posunutí

$$\underline{P} /x_p, y_p/$$

$$x' = x + x_p$$

$$y' = y + y_p$$

Otáčení kolem počátku

$/0,0/$ /obr. 2.1./

$$x' = x \cdot \cos \alpha - y \cdot \sin \alpha$$

$$y' = x \cdot \sin \alpha + y \cdot \cos \alpha$$

Změna měřítka na osách je určena k násobku původní hodnoty.

$$x' = K \cdot x$$

$$y' = K \cdot y \quad / \text{Zmenšení nebo zvětšení kresby}/$$

Rovinné transformace a jejich skládání se používají v základních kreslicích systémech.

Transformace v prostoru

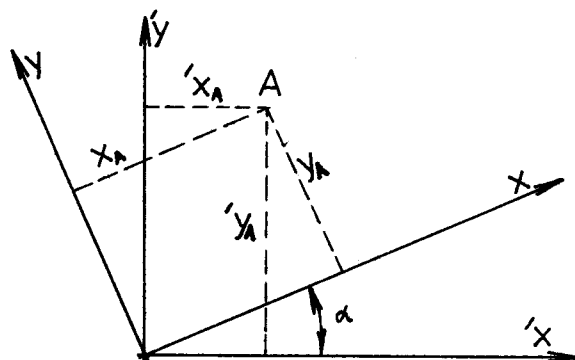
Bod $/x, y, z/$ se transformuje do bodu $/x', y', z'/$

Translace

$$x' = x + x_p$$

$$y' = y + y_p$$

$$z' = z + z_p$$



Obr. 2.1.

Otočení o úhel α kolem osy

$$\begin{aligned}x' &= x \cdot \cos \alpha - y \cdot \sin \alpha \\y' &= x \cdot \sin \alpha + y \cdot \cos \alpha \\z' &= z\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x' &= x \cdot \cos \alpha + z \cdot \sin \alpha \\y' &= y \\z' &= -x \sin \alpha + z \cdot \cos \alpha\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}x' &= x \\y' &= y \cdot \cos \alpha - z \cdot \sin \alpha \\z' &= y \cdot \sin \alpha + z \cdot \cos \alpha\end{aligned}$$

Změna měřítka

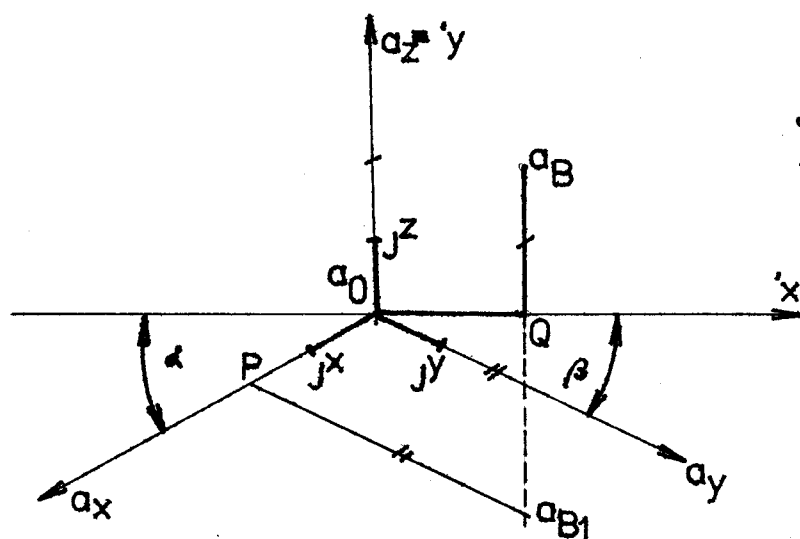
$$\begin{aligned}x' &= K \cdot x \\y' &= K \cdot y \\z' &= K \cdot z\end{aligned}$$

2.1.2. Promítání

Je to transformace prostoru na rovinu. Základem technického kreslení je kolmé promítání do souřadnicových rovin. Obecně srozumitelná promítání jsou axonometrie a perspektiva.

Axonometrie

je určena osovým křížem / ax, ay, az /



J^x, J^y, J^z
- axonometrické jednotky

Obr. 2.2.

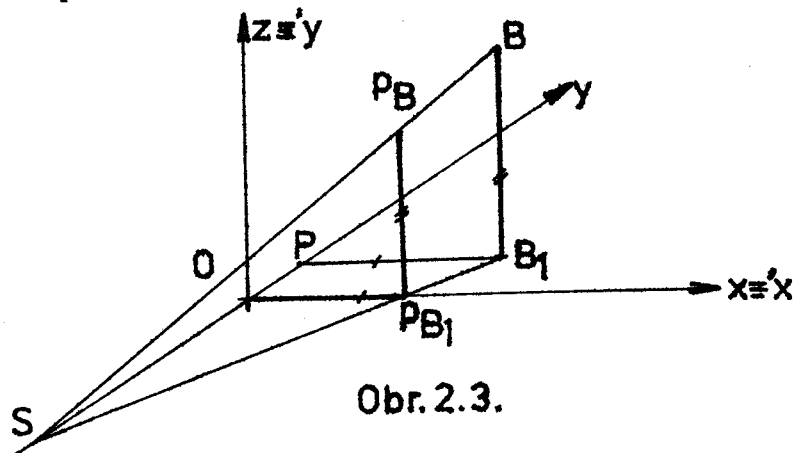
Z této konstrukce plynou transformační rovnice axonometrie

$$\dot{x} = -x \cdot J^x \cdot \cos \alpha + J^y \cdot \cos \beta$$

$$\dot{y} = -x \cdot J^x \cdot \sin \alpha - y \cdot J^y \cdot \sin \beta + z \cdot J^z$$

Perspektiva

Zvolíme bod $S / 0, -d, 0/, d$ 0 na střed promítání a rovinu xz za perspektivní průmětnu /obr. 2.3./.



Vzdálenost d středu perspektivy od průmětny je distance perspektivy. Perspektiva P_B bodu B o souřadnicích $x = PB_1$, $y = OP$, $z = B_1 B$ /obr. 2.3./ je průsečík promítací přímky SB s rovinou xz . Sestrojíme nejprve půdorys perspektivy $P_{B_1} = x$. SB_1 a pak je P_B průsečíkem přímky SB a rovnoběžky vedené bodem P_{B_1} s osou z . Souřadnice bodu P_B v soustavě $/O, 'x = x, 'y = z/$ určíme z podobných trojúhelníků SB_1P , $S^{P_B}B$ a SB_1B , $S^{P_B}P_B$:

$$\frac{x'}{x} = \frac{y'}{z} = \frac{d}{d+y} = K$$

takže transformační rovnice perspektivy jsou

$$x' = K \cdot x$$

$$y' = K \cdot z$$

2.1.3. Křivky a plochy

Křivky a plochy určujeme rovnicemi, platnými pro souřadnice jejich bodů. Rozborem rovnice získáme geometrické vlastnosti křivek a ploch. Můžeme však i naopak vycházet z potřebných geometrických vlastností a na jejich základě sestavovat příslušné rovnice /kap. 8/.

2.1.3.1. Rovinné křivky

Explicitní rovnice

$$/1/ \quad y = f(x) \quad \text{př. } y = x / 1 - x /$$

Parametrické rovnice

$$\begin{aligned} /2/ \quad x &= x / t / & \text{př. } x &= r \cdot \cos t \\ y &= y / t / & ; \quad a &\leq t \leq b \\ & & \text{kružnice } y &= r \cdot \sin t \\ & & 0 &\leq t \leq 2\pi \end{aligned}$$

Vektorová rovnice

$$/3/ \quad \underline{R} = \underline{R} / t / \quad ; \quad a \leq t \leq b$$

$\underline{R}$ - polohový vektor

$\underline{R} / t /$ - vektorová funkce určena dvěma explicitními funkcemi $x / t /$ a $y / t /$

$$\underline{R} /t/ = x /t/ ; y /t/$$

Derivaci $d\underline{R}/dt$ vektorové funkce $\underline{R} /t/$ označíme $\underline{R}'/t/$.

Určíme ji derivováním složek

$$\underline{R}'/t/ = x'/t/ ; y'/t/$$

Vektor $\underline{R}'/t/$ je rovnoběžný s tečnou křivky a proto se nazývá tečný vektor křivky v bodě.

2.1.3.2. Prostorové křivky

Parametrické rovnice

$$\begin{aligned} /4/ \quad x &= x /t/ \\ y &= y /t/ \\ z &= z /t/ \quad a \leq t \leq b \end{aligned}$$

Parametrické rovnice vyjadřují kinematický vznik křivky jako dráhy pohybujícího se bodu. Tento bod má v čase t souřadnice $x /t/$, $y /t/$, $z /t/$. Křivka je orientována rostoucím parametrem t .

Vektorová rovnice

má tvar $\underline{R} = \underline{R} /t/ \quad a \leq t \leq b$

$$\underline{R} /t/ = x /t/ , y /t/ , z /t/$$

Derivaci $d\underline{R}/dt$ této vektorové funkce označíme $\underline{R}'/t/$ a je to vektorová funkce, jejíž složky jsou derivace funkcí $x /t/$, $y /t/$ a $z /t/$, tj.

$$\underline{R}'/t/ = x'/t/ ; y'/t/ ; z /t/.$$

Pro každé t z intervalu a, b je to vektor rovnoběžný s tečnou křivky v bodě. Proto se nazývá tečný vektor křivky v bodě.

2.1.3.3. Rovnice ploch

Explicitní rovnice

$$/5/ \quad z = f /x, y/$$

Zvolíme-li konstantní souřadnici x , nebo y , $x = X$,
nebo $y = Y$, jsou rovnicemi s jednou proměnnou y nebo x .

$$z = f /X, y/, \text{ nebo } z = f /x, Y/$$

určeny hlavní křivky plochy /5/, v rovině rovnoběžné
se souřadnicovou rovinou yz nebo xz .

Parametrické rovnice

$$\begin{aligned} /6/ \quad x &= x /u, w/ \\ y &= y /u, w/ \quad a \leq u \leq b \quad /u \in I_u/ \\ z &= z /u, w/ \quad c \leq w \leq d \quad /w \in I_w/. \end{aligned}$$

Zvolíme-li za parametr u , respektive w konstantu U ,
respektive W , je rovnicemi s jedním parametrem

$$\begin{aligned} x &= x /U, w/ \quad \text{resp. } x = x /u, W/ \\ y &= y /U, w/ \quad y = y /u, W/ \\ z &= z /U, w/ \quad z = z /u, W/ \end{aligned}$$

$$U \in I_u, \quad W \in I_w,$$

určena křivka plochy /6/, která se nazývá parametrickou
 w -křivkou, resp. parametrickou u -křivkou.

Speciálně určí parametry $U = a$, resp. $U = b$
okrajové parametrické w -křivky a parametry $W = c$,
resp. $W = d$ okrajové parametrické u -křivky na ploše /6/.
Tyto křivky tvoří čtyřúhelník, okraj plochy. Část plochy,
omezenou okrajem, nazýváme zejména v technických apli-
kacích plátem. Vrcholy okrajového čtyřúhelníka jsou
rohové body plátu.

Jsou-li prvé dvě z rovnic /6/ speciální

$$x = u, y = w,$$

pak je třetí ekvivalentní s explicitní rovnicí

$$z = z / x, y /$$

a definuje plochu, jejíž okraj tvoří křivky v rovinách

$$x = a, x = b, y = c, y = d.$$

Vektorová rovnice

$$/7/ \quad \underline{R} = \underline{R} / u, v /, \quad u \in I_u; \quad w \in I_w.$$

Vektorová funkce $\underline{R} / u, w /$ je určena třemi funkcemi dvou parametrů u, w $x / u, w /$, $y / u, w /$, $z / u, w /$, složkami této vektorové funkce píšeme

$$R / u, w / = / x / u, w / , y / u, w / , z / u, w / /$$

a tedy /7/ je jen symbolickým zápisem parametrických rovnic /6/.

Zvolíme-li konstantní $U \in I_u$, nebo $W \in I_w$, pak funkce jednoho parametru $\underline{R} / U, w /$ nebo $\underline{R} / u, W /$ určují parametrické w - nebo u -křivky plochy /7/.

2.2. Interpolační křivky

Pro interpolace funkcí je vypracována řada interpolačních metod. Uvedme např. Lagrangeovu metodu, interpolaci trigonometrickými polynomy ap. Zadanými opěrnými body je určena funkce pro celý interval. Např. u Lagrangeovy metody je body $/x_0, y_0/$, $/x_1, y_1/$, $\dots$ $/x_n, y_n/$ proložena funkce

$$L_n = \sum_{k=0}^n y_k \frac{\prod_{\substack{j=0 \\ j \neq k}}^n (x - x_j)}{\prod_{\substack{j=0 \\ j \neq k}}^n (x_k - x_j)}$$

tj. mnohočlen stupně n . Je zřejmé, že při vyšším počtu zadaných opěrných bodů se výpočty komplikují a polynomy vyšších stupňů vedou ke vzniku nežádoucích inflexí apod. Proto se ukazuje, že je vhodnější pro každý oblouk interpolační funkce, resp. křivky, užít jiné funkce, resp. křivky, stejného typu. V opěrných bodech požadujeme spojitost, a to i pro derivaci do určitého řádu.

2.2.1. Spline funkce a křivky /interpolace po obloucích/

Uvedeme nejdříve definici spline funkce. Určení spline funkce, resp. spline křivky, si ukážeme na příkladech, neboť obecné vztahy by byly nepřehledné.

Spline funkcí stupně m pro daný $n + 1$ bodů $X_i = /x_i, y_i/$, $i = 0, \dots, n$,
 $x_0 < x_1 < \dots < x_n$, nazýváme funkci $f /x/$, pro kterou na intervalu $\langle x_0 ; x_n \rangle$ platí

a/ $f /x/ = f_K /x/$ na intervalu $\langle x_K ; x_{K+1} \rangle$,
 kde f_K je polynom stupně m ,

b/ $f /x/$ má spojité derivace $f^{(0)}$; $f^{(1)}$, ..., $f^{(m-1)}$.

Nejčastěji se užívají kubické spline funkce $/m = 3/$, které jsou matematickým modelem laťkového křivítka užívaného loďařskými konstruktéry.

Pro křivky se užívá parametrické spline interpolace, přičemž každá ze složek je spline funkcí pro parametr.

- Platí: 1. Kubická spline funkce je jednoznačně určena opěrnými body a hodnotami prvních derivací v bodech x_0 a x_n .
2. Kubická spline funkce je jednoznačně určena opěrnými body a hodnotami druhých derivací v bodech x_0 a x_n .

3. Uzavřená spline křivka je jednoznačně určena opěrnými body.

Často se užívá přirozená spline funkce, tj. kubická spline funkce pro nulové hodnoty druhých derivací v bodech x_0 a x_n / $y_0'' = y_n'' = 0$ /.

2.2.2. Křivky určené lomenou čarou

Technické prostředky interakční grafiky umožňují, aby se konstruktér spoluúčastnil jednoduchým způsobem vytváření vhodné křivky. Bézierova myšlenka tváření křivek požadovaného tvaru pomocí řídicí lomené čáry /neboli polygonu/ je základem teorie Bézierových křivek a B - spline křivek.

B - spline křivky

B - spline křivky jsou zobecněním Bézierových křivek. Zobecnění se dosahuje užitím principu interpolace křivky po obloucích. Seznámíme se se speciální B - spline křivkou, tzv. kubickou Coonsovou B - spline křivkou.

Oblouk kubického Coonsova B - spline je určen vektorovou rovnicí:

$$\underline{R} /t/ = \frac{1}{6} \sum_{i=0}^3 \underline{P}_i C_i /t/ ; \quad t \in \langle 0,1 \rangle$$

$$\begin{aligned} \text{a } C_0 /x/ &= -t^3 + 3t^2 - 3t + 1 = /1 - t/3 \\ C_1 /x/ &= 3t^3 - 6t^2 + 4 \\ C_2 /x/ &= -3t^3 + 3t^2 + 3t + 1 \\ C_3 /x/ &= t^3 \end{aligned}$$

Grafy bazových funkcí $C_i /x/$, $i = 0, 1, 2, 3$, jsou uvedeny na obr. 2.4.

Vyšetříme základní vlastnosti oblouku Coonsova B - spline.

1/ Určíme počáteční a koncový bod oblouku :

Pro $t = 0$ dostaneme

$$C_0/0/ = C_2/0/ = 1 ; C_1/0/ = 4 ;$$

$$C_3/0/ = 0.$$

$$\begin{aligned} \underline{R}/0/ &= \frac{1}{6} / \underline{P}_0 + 4\underline{P}_1 + \underline{P}_2 / = \\ &= \frac{1}{3} \left[\frac{1}{2} / \underline{P}_0 + \underline{P}_2 / - \underline{P}_1 \right] + \underline{P}_1 . \end{aligned}$$

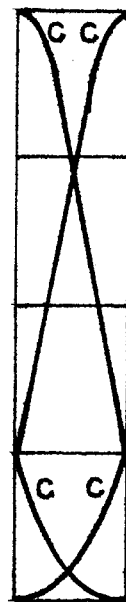
Počátečním bodem oblouku je bod $\underline{R}/0/$, který leží v $\frac{1}{3}$ délky těžnice trojúhelníka $P_0P_1P_2$ od bodu P_1 /obr. 2.5./.

Pro $t = 1$ platí $C_0/1/ = 0 ;$

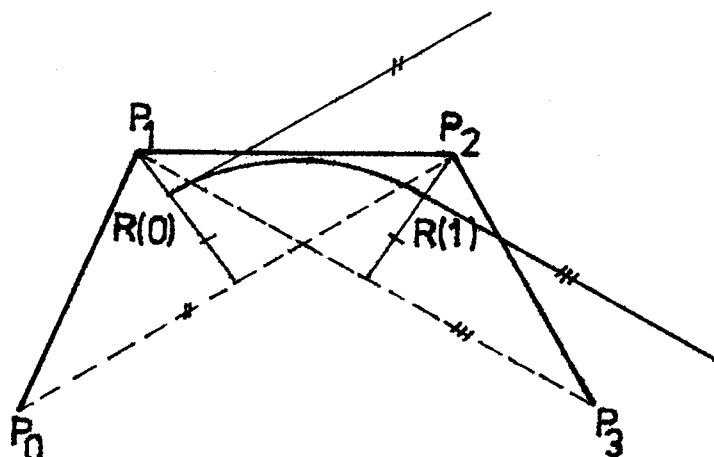
$C_1/1/ = C_3/1/ \quad C_2/x/ = 4$, tudíž

$$\underline{R} /1/ = \frac{1}{6} / \underline{P}_1 + 4\underline{P}_2 + \underline{P}_3 / = \frac{1}{3} \left[\frac{1}{2} / \underline{P}_1 + \underline{P}_3 / - \underline{P}_2 \right] + \underline{P}_2 .$$

Koncovým bodem oblouku je bod $\underline{R} /1/$ těžnice trojúhelníka $P_1P_2P_3$. Bod $\underline{R} /1/$ leží v $\frac{1}{3}$ délky těžnice od bodu P_2 /obr. 2.5./.



Obr. 2.4.



Obr. 2.5

2/ Jaké tečny má B - spline křivka v počátečním a koncovém bodě ?

Určíme $\underline{R}' / 0 /$. Zřejmě $C_0' / 0 / = -3$, $C_1' / 0 / = 0$,
 $C_2' / 0 / = 3$, $C_3' / 0 / = 0$.

$$\text{Tedy } \underline{R}' / 0 / = \frac{1}{2} / \underline{P}_2 - P_0 /$$

Tečna v bodě $\underline{R} / 0 /$ je tedy rovnoběžná s přímkou $P_0 P_2$.

Podobně lze ukázat, že tečna v bodě $\underline{R} / 1 /$ je směru $P_1 P_3$.

2.3. Programové vybavení

Převedení naznačených teoretických principů počítačové grafiky do počítače je závislé na konkrétní aplikaci a technickém vybavení uživatele. S technikou souvisí i dostupné programové prostředky, které současný softwarový trh nabízí. Co se týká naznačeného teoretického základu, uvedl jsem jenom stručný úvod teorie počítačové grafiky. Počítačová grafika je dnes už velmi rozsáhlá, hlavně v oblasti 3D /prostorové grafiky/, např. znázornění těles - interpolací ploch a následného modelování, geometrických transformací či problémů viditelnosti apod. Programy řešící tyto geometrické úlohy jsou velmi pracné a přinášejí řadu nových algoritmických problémů. Proto je nezbytná pro řešitele možnost znalosti hotového softwaru. Orientace na hotové programové prostředky je ekonomicky velmi výhodná.

2.3.1. Možnosti programového vybavení

Podle programového vybavení umožňují soudobé grafické systémy, pracující v interakčním /dialogovém/ režimu, celou řadu funkcí :

- vytvářejí dvourozměrný /2D/ nebo trojrozměrný /3D/ geomet-

rický model ;

- umožňují vytvářet grafický model prostřednictvím příkazů z digitalizátoru, z klávesnice, s využitím kurzoru, pomocí tzv. příkazových symbolů v dialogu prostřednictvím grafického terminálu ;
- geometrický model vytvářejí z elementárních prvků, trvale uložených v paměti systému /slovník, knihovna/, které může konstruktér doplňovat ;
- automaticky řeší úlohy rovinné a prostorové geometrie /průsečíky, tečny, tečné oblouky, rovnoběžky, kolmice, průniky těles, řezy tělesy apod./ ;
- automaticky zobrazují geometrický model v různých pohledech, včetně izometrického, perspektivního, případně stereoskopického ;
- umožňují vytvářet knihovny dílců, uzlů a sestav a dále s nimi pracovat ;
- automaticky kótují a šrafuji i velmi složité útvary ;
- umožňují rychlou změnu měřítka, výřezy, kopírování, rotaci, zrcadlení, posouvání části kresby, vymazávání, dokreslování a další úpravy kresby ;
- po vytvoření geometrického modelu, jeho zobrazení na zobrazovači a uložení do paměti umožňují vykreslení na některém z dokumentačních zařízení ;
- jsou vybaveny systémem pro ukládání, třídění, archivaci a opětné vyvolání výkresu prvků, uzlů a sestav konstruovaných strojů a zařízení ;
- umožňují provádět konstrukční výpočty a graficky interpretovat jejich výsledky ;
- využívají databázového systému, ve kterém jsou uloženy veškeré informace potřebné pro práci konstruktéra a systému ;

- umožňují automatickou tvorbu podkladu pro technologickou přípravu výroby /materiálové rozpisky, technologické postupy, příprava dat pro NC stroje/.

Veškeré operace se provádějí podle jednoduchých mnemotechnických příkazů, které je možno zadat z klávesnice terminálu, z tzv. funkční klávesnice, elektronickým a světelným perem z tzv. MENU nebo příkazovými grafickými symboly.

2.3.2. Charakteristika vybraných CAD/CAM systémů z kapitalistických států

Konstruování a tvorba výkresové dokumentace

Můžeme se zde setkat se systémy těchto názvů :

DIAD - Distributed Interactive Automated Drafting System
DOGS - Drawing Office Graphic System
GDS - General Drafting System
SWIFT - produkt angl. fy TANGRAM Ltd.
CADIS - produkt fy Siemens

Systémů tohoto druhu existuje celá řada. Pro ukázkou např. systém MLD /vyvinutý anglickou firmou MOUNTFORD a LAXON Co. Ltd., určen pro mikropočítače SIRIUS 1/.

Zahrnuje tyto skupiny funkcí :

- tvorba prvků kresby /body, přímky, kružnice .../
- určení různých atributů prvkům kresby /tloušťka a typ čáry .../
- výpočty /vzdáleností, úhlů, těžiště .../
- pojmenování skupiny prvků kresby
- editace kresby
- parametrické kresby

Tento systém patří k nejjednodušším.

Automatizované programování NC strojů

Jde v podstatě o dva trendy :

- přechod na malou výpočetní techniku /mini - a mikropočítače/
- aktivní využívání počítačové grafiky .

Systém GNC /Graphical Numerical Control/ vyvinulo CAD Centrum v Cambridge. Systém GNC jako první přišel s tím, že využívá počítačovou grafiku aktivně. Nadefinovanou geometrii je možno kdykoliv zobrazit na displeji, při vlastní definici technologie obrábění je volený postup možno kontrolovat na grafickém displeji.

CAD/CAM systémy založené na metodě modelování povrchů

Vzhledem k jednoznačné vazbě na NC programování jsou tyto systémy považovány za nejproduktivnější. Systém CD 2000 patří ke komplexním CAD/CAM systémům, určeným pro velké počítače. Systém zahrnuje :

- nástroje pro návrh objektů ve 2D i ve 3D
- prostředky pro automatizované zpracování výkresové dokumentace
- prostředky pro tvorbu NC pásky
- prostředky pro analýzu navržených objektů

CAD/CAM systémy budované na metodě modelování objemů

V posledních letech se prosazují více tyto systémy. Protože vazba na NC programování je v nich zpravidla obtížnější, jsou systémy určeny spíše do oblasti CAD, kde se uplatňují zejména při návrhu sestav či uzlů výrobků.

System MEDUSA - patří k nejdokonalejším. /anglická firma CAMBRIDGE INTERACTIVE SYSTEMS /PRODUCTS/ Ltd.

System umožňuje :

- vytváření objektů pomocí objemových elementů ;
- vytváření objektu rekonstrukcí ze základních pohledů ;
- uložit informace do databáze ;
- vytvářet si uživatelský katalog ;
- odstranění neviditelných čar a stínování ;
- aproximovat zborcené plochy pomocí mnohostěnů ;
- provádět výpočty /těžiště, objemy, momenty setrvačnosti/;
- generovat síť pro analýzu pomocí metody konečných prvků ;
- napojovat systém MEDUSA na další CAD/CAM systémy pomocí standartního interfejsu podle normy IGES.

2.3.3. Současné vývojové tendence v oblasti CAD/CAM ve vyspělých kapitalistických státech

V současné době jsou zřetelné tyto tendence :

a/ Problematiku CAD/CAM je možno po teoretické a algoritmické stránce považovat za zvládnutou. Práce vývojového zaměření se tedy zaměřují do těchto oblastí :

- efektivnější grafické výstupy
- zjednodušování prostředků i forem komunikace člověka s počítačem
- vytváření interfejsů pro integraci se systémy charakteru ASŘ výroby
- práce na normách a standartizaci - vytváření možností propojování různých systémů do vyšších celků
- aplikační úpravy systémů

b/ Z hlediska technického vybavení je systémy možné dělit do dvou základních skupin, a to :

- komplexní systémy provozovatelné na výkonných počítačích /32 - bitové minipočítače s virtuální pamětí od 1 MB výše/ ;
- menší, účelově orientované systémy pro mikropočítače /16 - bitové mikropočítače třídy PDP 11/.

c/ Silně se prosazují rastrové grafické displeje /např. anglická firma WESTWARD/. Jedná se o špičková zařízení, nejvýkonnější model umožňuje rozlišovat zhruba 200 x 1500 bodů.

2.3.4. Současný stav v ČSSR

Pro minipočítače a jejich periferii byly zpraveny nebo vytvořeny programy a programové systémy GFS a STR /pro DIGI-GRAF/, SM GRAF / pro vektorový grafický terminál SM 7405/, na ČVUT Praha vznikly programy MINIGRAF, INTERGRAF, BAGR, PASCALGRAF, ve VÚMS byl vytvořen systém GRAMIS / pro IGS/ADT/.

Jedním z grafických programových systémů, vhodných pro automatizaci konstrukčních prací je systém MINIG, vyvíjený, ověřovaný a prakticky využívaný ve VÚES Brno.

Systém MINIG umožňuje uživatelům práci jak s pasivní, tak s interakční dvourozměrnou počítačovou grafikou v závislosti na technickém vybavení systému. Je určen především pro automatizaci konstrukčních prací, umožňuje však také kreslení grafů, diagramů, formulářů s texty, schemat, předloh plošných spojů apod.

MINIG je určen především pro minipočítače SMEP /SM 4-20, SM 52-11/ s pohyblivou řádovou čárkou a překladačem FORTRAN W PLUS. Využívá operačního systému DOS RV2 a je na něm

závislý. Lze ho použít pro různé typy grafických i negrafických přídatných zařízení a je prakticky periferně nezávislý.

Nezávislost na perifériích dosahuje MINIG 1 oddělením procesu generace obrazců od vykreslování. Generuje se popis obrazu ve tvaru sekvenčního alfanumerického souboru dat /souboru grafických příkazů/, který je nezávislý na periférii.

Definice struktury souboru grafických příkazů je základem celého systému MINIG 1 i na vlastnostech struktury dat v souboru grafických příkazů jsou vybudovány veškeré programové prostředky. Jedinou závaznou částí MINIGu je předpis pro vytváření souborů grafických příkazů. Ostatní části sloučí k další práci s těmito soubory a lze je dále zdokonalovat a rozšiřovat.

Pro potřeby automatizovaného programování NC strojů na počítači SMEP /SM 4-20, SM 52-11/ byl v Ústavu pro automatizaci řízení v průmyslu INORGA Praha vyvinut systém INGE.

Tento systém umožňuje programování frézek, vrtaček, obráběcích center i soustruhů a karuselů. Významným rysem tohoto systému je práce s prostředky počítačové grafiky, na kterých je možno kontrolovat správnost provedeného popisu geometrie součásti nebo pohyby nástrojů při obrábění. Vzhledem k tomu, že kromě obrobku je možno znázornit i další prvky NC stroje, je možné pomocí grafických výstupů kontrolovat případný vznik kolize mezi nástrojem a obrobkem.

2.3.5. Záměry dalšího rozvoje v ČSSR

Otázka automatizace konstrukční a technologické přípravy výroby se stala součástí cílového programu SCP 08 "Aplikace elektroniky", který je součástí dlouhodobého komplexního

programu "Elektronizace národního hospodářství". SK VTRI se snaží o důslednou koncentraci výzkumných a vývojových kapacit na řešení této problematiky, pro osmou pětiletku se připravuje několik státních úkolů v této oblasti.

Rovněž v oblasti vývoje technických prostředků se v poslední době pokročilo. V rámci programu SMEP III byl zajištěn vývoj prvního československého 32 - bitového mini-počítače SM 52/12, který prošel úspěšnými zkouškami již na podzim roku 1984. V rámci zmíněného programu se intenzivně pracuje na vývoji nových grafických periférií.

2.3.6. Přínosy automatizace konstruování

Můžeme je rozdělit na přímé a nepřímé.
Mezi přímé přínosy patří:

- zkrácení času potřebného pro zpracování objektů a pro přípravu konstrukční a výrobní dokumentace ;
- zvýšení kvality konstruovaných strojů a zařízení ;
- snížení nákladů na projektovou a konstrukční přípravu nových výrobků.

Mezi nepřímé přínosy můžeme zařadit:

- zvýšení konstrukční a technologické kázně ;
- zvýšení unifikace, typizace a standartizace ;
- celkové zvýšení úrovně, společenské prestiže a produktivity konstruktérské práce ;
- zlepšení úrovně formální z obsahové stránky zpracovávaných konstrukčních podkladů ;
- sjednocení projektových, konstrukčních a výpočtářských metod a postupů.

Na druhé straně je třeba upozornit na některé nedostatky a negativní dopady zavádění automatizace konstruování. Jsou to zejména:

- postupná ztráta schopnosti a zkušenosti pro vytváření ideově zcela nových, původních a dokonalejších výpočetních a konstrukčních metod a postupů jako důsledek opakováního využívání již připravených metod, programů, postupů a principů ;
- namáhavá a vyčerpávající práce dialogovými metodami a využitím grafických terminálů, dlouhotrvající práce.

3. kapitola

3. AutoCAD =====

V ČKD Praha je problematika generování sítí řešena na 16-ti bitových počítačích /PC/ s využitím hotového softwaru AutoCAD.

3.1. Úvod do AutoCADu

AutoCAD provádí naše instrukce, aby rychle vytvořil přesně takový výkres, jaký chceme. Nabízí funkce, které umožňují snadno opravit chyby vzniklé při kreslení a dokonce provádět velké úpravy aniž je nutno předělat celý výkres. Vytváří dokonale precizní finální výkresy. AutoCAD pracuje za nás. Nevkládá do našich výkresů nic "o své vůli". Hotový výkres AutoCADu vypadá skutečně identicky se stejným výkresem připraveným ručně. /"Skutečně", protože AutoCAD je-li použit se správným zařízením, může značně zvýšit přesnost./ Náš výkres je umístěn přesně tak, jak specifikujeme, s každým prvkem právě tam, kde jej chceme.

AutoCAD poskytuje množinu entit pro použití při konstruování výkresu. Entita je prvek pro kreslení jako úsečka, kružnice, textový řetězec atd.. Zadáváme povely, kterými říkáme AutoCADu, kterou entitu má vykreslit. Povely je možno napsat na klávesnici, zvolit z menu na obrazovce nebo z vícetlačítkového ovládacího zařízení. Potom, jako odezvu na prompt na displeji, zadáte určité parametry pro zvolenou entitu. Tyto parametry vždy obsahují bod na výkrese, kde chceme aby se entita objevila. Někdy jsou také požadovány velikost nebo úhel otočení. Poté, co zadáme tyto informace, je entita vykreslena a objeví se na grafickém monitoru. Potom můžeme zadat nový povel pro vykreslení jiné entity

nebo provedení jiné funkce AutoCADu.

Jiné funkce AutoCADu nám umožňují modifikovat výkres různými způsoby. Entity mohou být mazány, posunovány nebo kopírovány pro vytvoření opakovaných vzorů. Můžeme změnit zorné pole výkresu zobrazeného na grafickém monitoru nebo si zobrazit informace o výkrese. AutoCAD též poskytuje pomůcky pro kreslení, které nám mohou entity přesně napolohovat. Chceme-li papírovou kopii výkresu, můžeme jej vykreslit na plotru nebo vytisknout na grafické tiskárně. Jednoduchý povelový formát umožňuje provést snadno všechny tyto funkce. V některých případech je vše, co musíme udělat, jen zadat povel a funkce se okamžitě provede. Nanejvýš je požadováno, abychom po povelu zadali několik malých, snadno zadatelných specifikací. AutoCAD nás pobídne a označí typ požadované informace.

3.2. Souhrn povelů AutoCADu

ARC	- vykreslí oblouk libovolné velikosti
AREA	- určí obsah a obvod mnohoúhelníka
ARRAY	- vytváří násobné kopie zvolených objektů v obdélníkovém či kruhovém poli
ATTDEF	- vytváří entitu definice atributu pro textové informace, které jsou příbuzné k definici bloku
ATTDISP	- řídí viditelnost atributových entit na globálním základě
ATTEDIT	- umožňuje editování atributu
ATTEXT	- extrahuje údaje o attributech z výkresu
AXIS	- na grafickém monitoru zobrazí "stupnici měřítka"
BASE	- specifikuje počátek pro následné vkládání do jiného výkresu
BLIPMODE	- řídí zobrazení značek bodu pro volbu bodu
BLOCK	- vytváří složené objekty ze skupin entit
BREAK	- vymaže část objektu nebo jej rozdělí na 2 objekty

CHAMFER	- vytvoří zkosení v místě průsečíku dvou přímek
CHANGE	- mění místo, velikost nebo orientaci zvolených objektů, zvláště užitečné pro textové entity
CIRCLE	- vykreslí kružnici libovolné velikosti
COLOR	- určuje barvu pro následné vykreslované objekty
COPY	- vykreslí kopii zvolených objektů
DBLIST	- vypisuje informace o datové základně pro všechny entity ve výkrese
DELAY	- zpožďuje provedení následujícího příkazu o uvedenou dobu
DIM	- vyvolá režim kótování, což umožňuje přidání mnoha kót do výkresu
DIM1	- umožňuje přidat jednu kótu do výkresu a poté se vrátí do normálního příkazového režimu
DIST	- určí vzdálenost mezi dvěma body
DIVIDE	- umisťuje příkaz vybranému objektu značky a tím jej rozděluje na specifikovaný počet stejných částí
DOUGHNUT	- vykresluje prstence o specifikovaném vnitřním a vnějším průměru
DONUT	- totéž jako DOUGHNUT
DRAGMODE	- umožňuje řízení funkce dynamických specifikací /"tažení"/ pro všechny příslušné příkazy
DTEXT	- vykresluje dynamicky textové položky
DXBIN	- vkládá do výkresu speciálně kódované binární soubory, příkaz pro zvláštní účely pro programy jako CAD/camera
DXFIN	- natáhne výměnný soubor výkresu

DXFOUT	- zapíše výměnný soubor výkresu
ELEV	- nastavuje elevaci a vysunutí pro následné kreslené entity, použito pro trojrozměrné znázornění
ELLIPSE	- vykresluje elipsy s použitím několika specifikací
END	- opouští editor výkresu po uložení upraveného výkresu
ERASE	- vyřazuje z výkresu entity
EXPLODE	- rozbije blok nebo linii na jednotlivé složky
EXTEND	- prodlužuje úsečku, oblouk nebo linii, aby se připojila k dalšímu objektu
FILES	- provádí Tasky utilit pro diskové soubory
FILL	- řídí, mají-li se plochy, trasy a tlusté linie na obrazovce a při vykreslování na plotru automaticky vyplňovat
FILLET	- vytváří mezi dvěma úsečkami, oblouky nebo kružnicemi hladký oblouk specifikovaného poloměru
'GRAPHSCR	- na jednoobrazovkovém systému přepne na grafickou obrazovku, používáno v povelových textech a menu
GRID	- zobrazí na obrazovce mřížku teček o zadané rozteči
HATCH	- provádí grafování a vyplňování vzorkem
'HELP nebo '?	- zobrazí seznam platných povelů a volitelných vstupních údajů nebo obstará pomoc pro specifický povel
HIDE	- regeneruje trojrozměrné znázornění s odstraněním zakrytých linií
ID	- zobrazí souřadnice specifikovaného bodu
IGESIN	- natáhne výměnný soubor IGES
IGESOUT	- zapíše výměnný soubor IGES
INSERT	- vloží kopii předem vykreslené části /objektu/ do běžného výkresu

ISOPLANE	- volí rovinu izometrické mřížky za "běžnou" rovinu pro pravoúhlé kreslení
LAYER	- vytváří pojmenované vrstvy výkresu a přiřazuje těmto vrstvám barvu a typ čáry
LIMITS	- mění meze pro vykreslování a řídí kontrolu těchto mezí
LINE	- kreslí úsečku libovolné délky
LINETYPE	- definuje typ čáry /posloupnosti střídajících se segmentů čar a mezer/, natahuje je z knihoven a nastavuje typ čáry pro následné kreslené objekty
LIST	- vypisuje informace a datové základny pro zvolené objekty
LOAD	- natahuje soubor tvaru definovaných uživatelem pro používání s povelu SHAPE
LTSCALE	- specifikuje měřítko, které se má používat pro všechny typy čar uvnitř výkresu
MEASURE	- umísťuje povel zvoleného objektu po specifikovaných intervalech značky
MENU	- natahuje soubor povelů editoru výkresu do oblasti menu /obrazovka, grafický tablet a klávesy/
MINsert	- vkládá násobné kopie bloku v pravoúhlém uspořádání
MIRROR	- převrací označené entity kolem osy specifikované uživatelem
MOVE	- posune označené entity na jiné místo
MSLIDE	- vytvoří soubor "diapozitivů" z běžného displeje
OFFSET	- umožňuje vytvoření ofsetových křivek a paralelních přímk
OOPS	- obnovuje vymazané entity
ORTHO	- omezuje kreslení ÚSEČEK tak, že je možno zadávat pouze úsečky vyrovnané podle běžné mřížky

OSNAP	- umožňuje umístit body přesně na referenční body existujících objektů
PAN	- posune okno displeje
PEDIT	- umožňuje editaci linií
PLINE	- kreslí spojené segmenty úseček a oblouků s volitelnou tloušťkou a klínovitostí
PLOT	- vykreslí výkres na plotru
POINT	- nakreslí jeden bod
POLYGON	- nakreslí pravidelný mnohoúhelník o specifickém počtu stran
PRPLOT	- vytiskne výkres na grafické tiskárně
PURGE	- odstraní z výkresu nepoužité bloky, tvary písma, vrstvy nebo typy čar
QTEXT	- umožňuje identifikaci textových entit bez kreslení detailního textu
QUIT	- opuštění editoru výkresu a návrat do hlavního menu AutoCADu s odložením všech změn ve výkrese
REDO	- zrušení předchozího povelu, pokud jím byl U nebo UNDO
REDRAW	- obnovení nebo vyčištění displeje
REGEN	- obnovení /regenerace/ celého výkresu
REGENAUTO	- umožňuje řízení automatického obnovování /regenerace/ výkresu prováděného jinými povely
RENAME	- mění jméno přiřazené stylům písma, pojmenovaným záběrům, vrstvám, typům čar a blokům
'RESUME	- pokračování v přerušném textu povelu
ROTATE	- pootočení existujícího objektu
RSCRIPT	- nové spuštění povelového textu od začátku
SAVE	- aktualizuje soubor běžného výkresu bez opuštění editoru výkresu

SCALE	- změna velikosti existujících objektů
SCRIPT	- provedení povelového textu
SELECT	- seskupuje objekty do množiny voleb pro použití v následných povelích
'SETVAR	- umožňuje zobrazit si či změnit hodnoty systémových proměnných
SH	- na systémech s MS-DOS/PC-DOSem umožňuje přístup k interním povelům
SHAPE	- nakreslí předem definované tvary
SHELL	- umožňuje přístup k jiným programům během činnosti AutoCADu
SKETCH	- umožňuje skicování "volnou rukou"
SNAP	- specifikuje interval pro "zaokrouhlování" pro zadávání bodu z digitizeru, takže je možno snadno přesně umisťovat entity
SOLID	- nakreslí vyplněné mnohoúhelníky
STATUS	- zobrazí statistiku pro běžný výkres
STRETCH	- umožňuje posunout část výkresu se zachováním připojení k dalším částem výkresu
STYLE	- vytváří pojmenované tvary /styly/ pásma s uživatelsky volenými kombinacemi typu, zrcadlení, zkosení a měřítko
TABLET	- srovná digitalizační tablet se souřadnicemi papírového výkresu, aby bylo možno jej přesně pomocí AutoCADu zkopírovat
TEXT	- nakreslí značky textu libovolné velikosti s použitím zvolených druhů /stylů/ písma
'TEXTSCR	- na jednoobrazovkovém systému přepne na textový displej, použito v povelových textech a menu
TIME	- zobrazí časy vytvoření výkresu a jeho aktualizace a umožňuje řízení stopek

TRACE	- kreslí trasy o specifikované tloušťce
TRIM	- vymaže část vybraných entit, které protínají specifikované hranice
U	- ruší efekt předchozího povelu
UNDO	- ruší efekt několika povelů a poskytuje kontrolu nad funkcí "anulování"
UNITS	- folí formáty a přesnost zobrazení souřadnic a úhlů
VIEW	- uloží běžný grafický displej jako pojmenovaný záběr nebo obnovuje uložený záběr na displeji
VIEWRES	- umožňuje řídit přesnost a rychlost kreslení kružnic a kruhových oblouků na monitoru specifikováním počtu stran na kružnici
VPOINT	- volí zorný bod pro trojrozměrné znázornění
VSLIDE	- zobrazí dříve vytvořený soubor "diapozitivů"
WBLOCK	- zapíše vybrané entity do diskového souboru
ZOOM	- zvětšuje či zmenšuje zobrazovanou oblast výkresu

4. kapitola

4. Vstupní soubory pro systém programů PMD 2 =====

4.1. Údaje o jednotlivých typech prvku

4.1.1. ITE = 56 - Isoparametrický šestistěn s 8-20 uzly

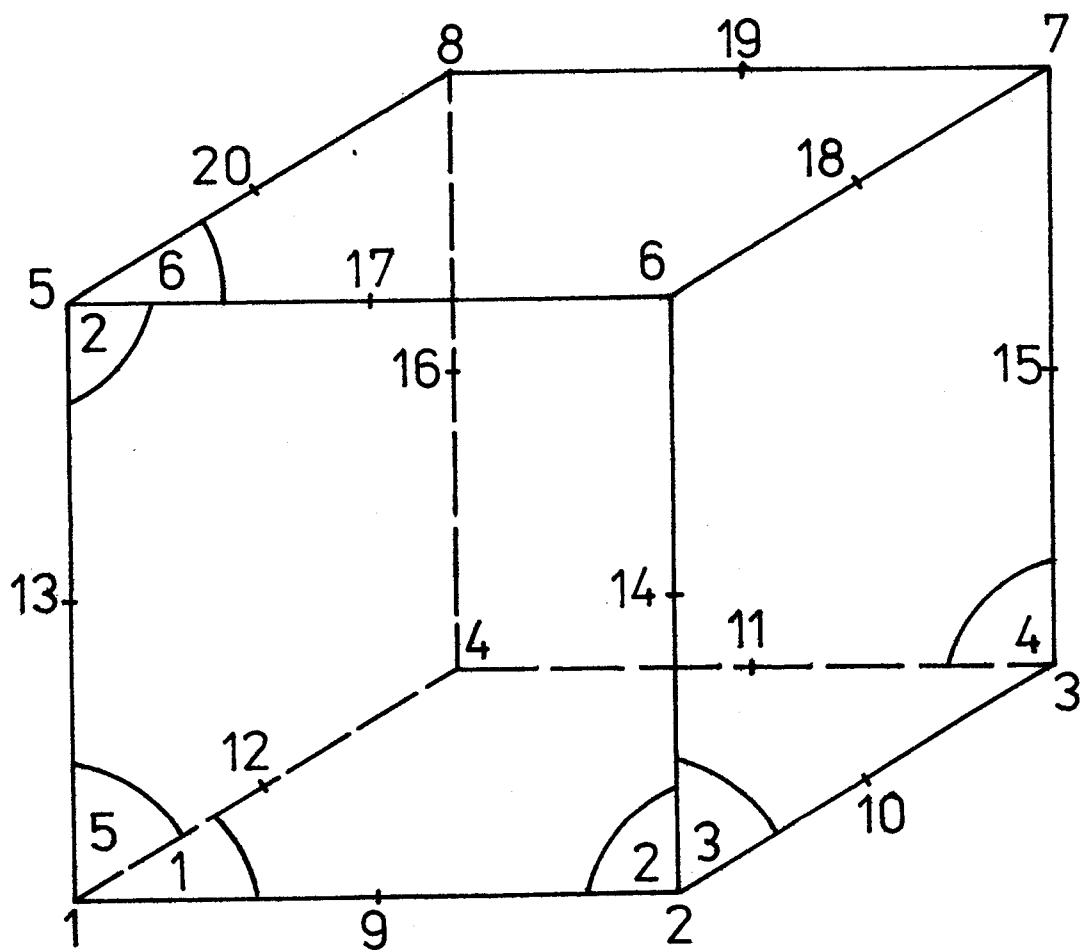
Prvek má 8 rohových uzlů, které nelze vynechat a po jednom uzlu uprostřed každé z 12 hran /obr. 4.1./. Uzel na volné hraně lze vynechat. Prvek má tedy minimálně 8 a maximálně 20 uzlů. V síti lze kombinovat prvky s různým počtem uzlů, stykové stěny by však měly být uzly obsazeny stejně.

Předpokládá se pravotočivý souřadný systém. Prvek může být vůči němu zcela obecně situován.

Při číslování uzlů sítě připadne každému uzlu určité globální číslo IN, 1 IN NNOD. Pro popis sítě topologie prvku je nutno uvést globální čísla v určitém pořadí.

Pořadí, v jakém se uzly uvádějí, je zřejmé z obr. 4.1., v němž jsou uzly označeny čísly. Vychází se z libovolného rohového uzlu a ve směru pravotočivé šroubovice se nejprve projde všech 8 rohových uzlů a pak uzly uprostřed hran. Je-li uzel na hraně vynechán, uvede se na jeho místě nula.

Z volby výchozího uzlu vyplývají čísla stěn prvku i čísla bodů numerické integrace /na obr. 4.1. jsou uvedena v obloučkách na rozích stěn/. Čísla stěn mají význam při přirazování vypočtené složky tenzoru napětí. Jako řešení tepelné úlohy se u tohoto prvku získá v každém uzlu jedna složka teploty.



Obr. 4.1.

Zatížení prvku je obecně možné :

- objemovými tepelnými zdroji,
- konvektivním přestupem tepla,
- radiací,
- obecným přestupem tepla /volná konvence/,
- předepsaným tepelným tokem na povrchu,
- koncentrovanými tepelnými toky v uzlech.

Dále je možné předepsat teplotu v uzlech.

4.1.2. ITE = 55 - Isoparametrický pětistěn s 6-15 uzly

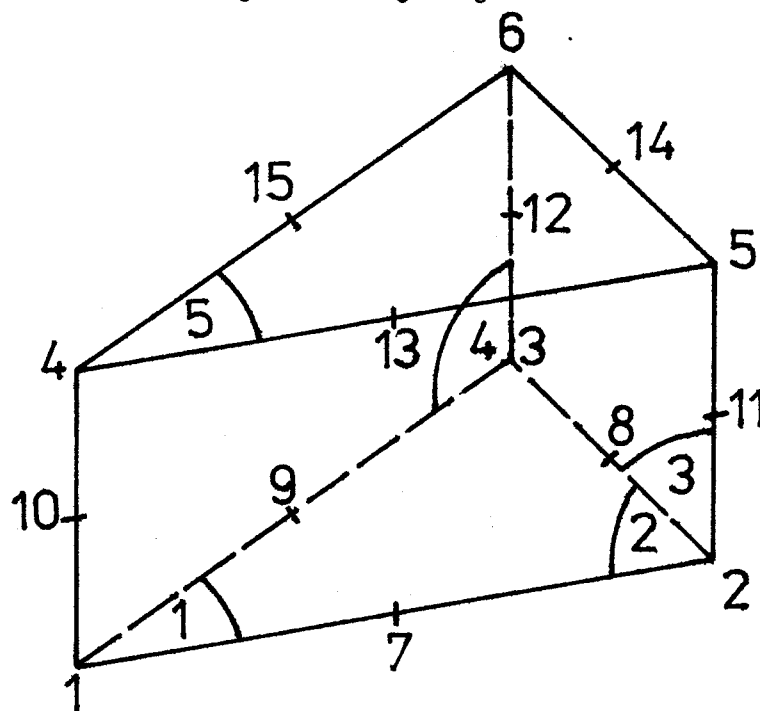
Prvek se používá jako doplněk isoparametrického šestistěnu v místě sítě, kde je třeba změnit její hustotu, počet vrstev prvků apod..

Prvek má tvar hranolu s trojúhelníkovými základnami a všemi hranami a stěnami obecně zakřivenými. Kterýkoliv uzel na hraně lze vynechat, takže prvek může mít minimálně 6 a maximálně 15 uzlů. Na obr. 4.2. je varianta s 15 uzly.

Pořadí zadávání čísel uzlů je obdobné pořadí, zavedenému u šestistěnu s tím rozdílem, že čísla uzlů se musí zadávat po trojúhelníkových základnách, nikoli po čtyřúhelníkových stěnách.

Lokální číslování stěn je zřejmé z obr. 4.2..

Možnosti zatížení jsou stejné jako u šestistěnu, ITE = 56.



Obr. 4.2

4.2. Struktura vstupních dat

Zadání uzlů -----

xy c číslo uzlu x-ová souřadnice uzlu y-ová souřadnice
z-ová souřadnice

Zadání elementů -----

Šestistěn

EL T56 E číslo elementu N číslo uzlu číslo uzlu ...

Pětistěn

EL T55 E číslo elementu N číslo uzlu číslo uzlu ...

5. kapitola

5. PRAKTICKÁ ČÁST =====

5.1. Aplikace systému generování sítí ČKD Praha v podmínkách VŠST

Síť je vytvořena na 32-bitovém počítači CROMEMCO CS - 100H v PRECIOSE Jablonec nad Nisou, neboť zde se navrhuje forma pro výrobek /obr. 5.1 - viz příloha 15/. Síť tvoříme v prostoru /3D/, což umožňuje programový balík MULTICADD /obr. 5.2 - síť - viz příloha 15/. Zde je číslování elementů a uzlů téměř nemožné, a proto zhotovenou síť převádíme na počítač 16-bitový /PC/. Zde lze očíslování provést poměrně jednoduše, ale zase naopak nevýhodou je úzká omezenost 3D grafiky. Pro 16-bitový počítač nám postačují souřadnice jednotlivých uzlů X, Y a Z, které získáme pomocí řídicího NC programu a fortranského programu /viz příloha č. 1/.

Postup tvorby řídicího NC programu :

- přejdeme do režimu NC,
- definuje souřadní systém - funkce MACSYS,
- definujeme nástroj - funkce TOOL /může být libovolný/,
- vyvoláme funkci MILL a zde vybereme funkci DRILL /= vrtání/,
- nadefinujeme vrtací cyklus - CYCLES /přiřadíme zde dříve definovaný nástroj/,
- vybereme funkci DRILL,
- zapneme nadefinovaný cyklus,
- označíme odvrtávané body /uzly sítě/ v požadovaném pořadí,
- po proběhnutí cyklu vrátíme nástroj do výchozí polohy /funkce SERVICE - JUMP HOME/,
- vyskočíme z nabídky DRILL,

- uzavřeme dráhu nástroje /funkce CLOSTP/,
- funkce POSTPR převede vzniklý ATP program pomocí postprocesoru Hel55f na řídicí NC program /viz příloha č. 6/,
- vzniklý program je uložen pod jménem jméno souboru.jméno dráhy nástroje.Hel55f.

Dále následuje spuštění fortranského programu. Postačí zadat jen jméno řídicího NC programu a automaticky se vytvoří soubor XYZ /viz příloha č. 7/, který nahrajeme na disketu /hotová vstupní data pro počítač PC/. Pro lepší orientaci na 16-bitovém počítači je nutné si vytisknout na tiskárně.

Na 16-bitovém počítači se kreslí pomocí AutoCADu, který byl popsán v kapitole 3. Musíme provést přeřazení čísel uzlů a přidání předepsaných příkazů a mezer pro AutoCAD /mezera znamená RETURN/. To vše provede program pro ACAD /viz příloha č. 2/, který po spuštění a zadání jména vstupního souboru vytvoří soubory ABC.SCR a ABD.SCR /viz příloha č. 8 a č.9/. Přípona SCR je nutná pro AutoCAD. Ty překopírujeme do AutoCADu /funkce COPY - E:/ACAD9/. Pak spustíme AutoCAD a napíšeme příkaz SCRIPT. Počítač žádá jméno souboru. Zadáme soubor ABC /bez přípony SCR/ a tím se na obrazovce vykreslí body prostorové sítě /obr. 5.3 - viz příloha č. 15/. Následuje funkce 3DLINE a vytvoříme stěny elementů. Je lépe používat různé barvy /příkaz COLOR + číslo barvy/, protože nám to usnadní orientaci v jednotlivých stěnách. Po vytvoření stěn vytvoříme podstavy elementů funkcí 3DFACE. Musíme dodržovat sled označování jednotlivých bodů. Následuje funkce DXFOUT a udání přesnosti /číslo 1-16/. Tak vznikne DXF soubor /viz příloha č. 11/ se jménem shodným jako jméno entity s příponou DXF. Pomocí příkazů END vyskočíme z AutoCADu a překopírujeme tento soubor /z E:/ACAD9 do D:/MSFOR/BIN/. Spustíme program pro čtení DXF /viz příloha č. 3/ a zadáme jméno souboru /+.DXF/. Tento program vytvoří soubor ABE.SCR /viz příloha

č. 10/, což je číslování elementů. Musíme ho přehrát /funkce COPY/ do AutoCADu /E:/ACAD9/. Pak se opakovaným vyvoláním funkce SCRIPT a postupným zadáním souborů ABD a ABE vykreslí čísla uzlů a elementů /obr. 5.4 a 5.5 viz příloha č. 15/. Dostáváme tak vykreslení a očíslování celé sítě.

Můžeme také pro lepší přehlednost provést viditelnost, a to pomocí funkce HIDE. Po tomto příkazu všechny neviditelné hrany a stěny zmizí /obr. 5.6 viz příloha č. 15/. Nebo můžeme funkcí VPOINT natáčet celou vytvořenou síť /různé pohledy/.

Pro vytvoření vstupních dat pro PMD2 slouží dva programy /viz příloha č. 4 a č. 5/, které po spuštění automaticky vytvoří soubory PMDC1 a PMDC2 v konečné podobě. Ty se pak nahrají na disketu. Z ní se převádějí na děrnou pásku a děrné štítky pro velký počítač, který zpracovává tyto data pro metodu konečných prvků. Po tomto výpočtu dostáváme teplotní pole v celé formě, a tak můžeme posoudit vhodnost formy či její nevhodnost. Je-li forma nevhodná, musíme ji změnit a s touto změnou probíhá práce znovu od začátku, jak je popsáno v této kapitole.

5.2. Popis programů

Program pro čtení NC souboru

Je uveden i s NC souborem v příloze /příloha č. 1 a č. 6/.

Tento program čte soubor po řádcích a každý řádek dále testuje znak po znaku a hledá jednotlivé souřadnice. Tyto souřadnice v NC souboru jsou seřazeny za sebou X, Y, Z, a je vždy nejdříve uvedeno X pak Y a Z. Jestliže jedna souřadnice nebo dvě zůstávají stejné a mění se pouze třetí, tak nejsou tyto dvě uvedeny. Program s touto situací počítá a řeší ji. Nenarazí-li na souřadnice v současném kroku, pak jim přiřadí souřadnice v předešlém kroku.

Program pracuje s jedním programem, který převádí znakový řetězec čísel na čísla typu REAL. Tím dostaneme vstupní soubor pro počítač PC /viz příloha č. 7/.

Program pro ACAD

Je uveden v příloze č. 2.

Tento program vychází ze souboru souřadnic /příloha č. 7/. Jedná se o čtení jednotlivých souřadnic a přiřazování jim AutoCADové příkazy /POINT, ELEV, TEXT/. Tento program vytváří soubory ABC.SCR /příloha č. 8/ a ABD.SCR /příloha č. 9/. Přípona .SCR musí být uvedena, aby soubor mohl být vyvolán příkazem SCRIPT. Dále ještě přiřazuje pro popis jednotlivým uzlům jejich čísla pro vykreslení na obrazovce příkazem TEXT.

Program pro PMD 2

Je uveden v příloze č. 4.

Program vychází ze souboru souřadnic /příloha č. 7/ a přiřazuje souřadnicím čísla. Tím vytváří soubor pro vstup PMD 2 /příloha č. 12/. Tento soubor určuje jim čísla uzlů a je jen jednou částí pro vstup PMD 2.

Program pro PMD 2

Je uveden v příloze č. 5.

Čte postupně DXF soubor vytvořený z kresby a přiřazuje jednotlivým elementům příslušející uzly. Také zároveň tyto elementy čísluje. Posuzuje zda se jedná o pětistěnný element či šestistěnný. Tím získáme přesně definovaný soubor pro PMD 2 /příloha č. 13/. Jedná se o soubor, kde je uvedeno číslo elementu a jemu příslušející uzly. Dále vytváří soubor /příloha č. 14/ se vstupní pro program převod do AutoCAD /příloha č. 3/. Tím dosáhneme jeho zjednodušení.

Program pro ACAD

Je uveden v příloze č. 3.

Jedná se jen o čtení připraveného souboru, kde jsou uvedeny souřadnice těžiště elementů a jejich čísla /příloha č. 14/. Těmto souřadnicím přiřadí v přesném formátu /musí být různý počet mezer - mezera v AutoCADu znamená ENTER/ AutoCADové příkazy /ELEV, POINT, TEXT/ a tím se vytvoří soubor ABE.SCR /příloha č. 10/. Po vyvolání tohoto souboru příkazem SCRIPT se vykreslí na obrazovce těžiště elementů jejich čísla.

Závěr

Navrhování výrobků za pomoci počítače /CAD/CAM/ se v současné době stále více prosazuje, což je umožněno mohutným rozvojem výpočetní techniky /jak hardwarového, tak softwarového vybavení/. Tato cesta přináší možnost výhody, neboť nám umožňuje vyloučit některé operace /výkresová dokumentace, digitalizace/, které z tohoto pohledu jsou zbytečné a zpožďují přípravu výroby. Spojení CAD s metodou konečných prvků v jednom integrovaném systému umožňuje nahradit empirické zkušenosti navrhování exaktním přístupem při zachování volnosti tvorby návrháře.

Cílem této práce bylo pro navrženou sklářskou formu vytvořit síť, očíslovat uzly i elementy a převést je do tvaru dat pro vstup do PMD2. Tím se vlastně ověřuje správnost navržení tvaru i materiálu formy.

Vychází se z toho, že výrobek i následné přiřazení formy se provádí na 32-bitovém počítači CROMEMCO, který umožňuje práci s prostorovou grafikou. Teď jsou možné dvě cesty:

- a/ přenést na počítač PC tvar formy a síť tvořit už zde,
- b/ převést rovnou už vytvořenou síť.

Výhodnější se jeví přenášet rovnou síť v podobě souřadnic, uzlů. Na 16-bitovém počítači /PC/ pak z jednotlivých bodů vytvoříme síť, pomocí programů vygenerujeme čísla uzlů a elementů a převedeme je do žádané podoby pro PMD2. Nevýhodou je, že systém AutoCAD realizovaný na 16-bitovém počítači má omezenou prostorovou grafiku. V prostoru zná pouze úsečky /3DLINE/ a rovinné plochy /3DFACE/.

Lépe by bylo vytvořit vše na příslušném 32-bitovém počítači, kde existuje přímo už hotový software pro generování prostorové sítě. Což už ve světě existuje. My však ten-

to počítač s hotovým softwarem nemáme k dispozici, a proto jsme využili jen dostupnou techniku. Ale i tak plné praktické využití uvedeného postupu přinese v praxi značné zjednodušení a urychlení inovačního cyklu při zvýšené efektivnosti výroby a zvýšení exportuschopnosti. Základem je však urychlení rozšiřování odpovídajícího technického vybavení v praxi a ne aby se jednalo pouze o ojedinělé exponáty.

Seznam použité literatury

- /1/ Valenta, J. : Novodobé metody výpočtů tuhosti a pevnosti
ve strojírenství. Praha, SNTL 1975.

- /2/ Konštruovanie s využitím počítača - systém CAD.
Bratislava, Dom techniky ČSVTS 1987.

- /3/ Škoda, V. : Automatická regulace rovinné oblasti
v metodě konečných prvků /diplomová práce/.
Praha 1981.

- /4/ Drs, L. : Počítačová grafika /skripta/ . ČVUT Praha,
Ediční středisko 1985.

- /5/ Dobiáš, J. : Programová dokumentace 85 - 0019 k tepel-
nému programu XT3G. Praha - Běchovice,
Státní výzkumný ústav pro stavbu strojů
1985.

- /6/ AutoCAD. Manual.

Seznam příloh

- /1/ - program - úprava výstupních údajů z CROMEMCA
- /2/ - program - vytvoření souboru pro ACAD /vykreslení bodů a čísel elementů/
- /3/ - program - vytvoření souboru pro ACAD /vykreslení čísel uzlů/
- /4/ - program - vytvoření 1. části vstupu pro PMD2
- /5/ - program - vytvoření 2. části vstupu pro PMD2
- /6/ - soubor - NC
- /7/ - soubor - výstupní z CROMEMCA
- /8/ - soubor - pro ACAD /vykreslení bodů/
- /9/ - soubor - pro ACAD /vykreslení čísel uzlů/
- /10/ - soubor - pro ACAD /vykreslení čísel elementů/
- /11/ - soubor - DXF
- /12/ - soubor - pro PMD2 - 1. část
- /13/ - soubor - pro PMD2 - 2. část
- /14/ - soubor - pomocný
- /15/ - obrazová příloha

```

c uprava vystupnich udaju z CROMAMCA pro PC
dimension x(1000),y(1000),z(1000)
character soubor*30,a*80,b*10,c*10,d*10,f*10
integer stat,i,j,l,m
kp=0
f='0000000000'
31 write(*,100)
100 format(1x,'zadej jmeno souboru:')
read(*,200)soubor
200 format(a)
if(soubor(1:1).eq.' ') stop
open(2,file=soubor,iostat=stat,status='old',form='formatted')

```

```

if (soubor(1:1).eq.' ') stop
write(*,100)
format(1x,'zadej jmeno souboru:')
read(*,200)soubor
format(a)
if (soubor(1:1).eq.' ') stop
open(2,file=soubor,iostat=stat,status='old',form='formatted')

```

c uprava vystupních údajů z ROMANCA pro PC

dimension x(1000),y(1000),z(1000)
character soubor*30,a*80,b*10,c*10,d*10,f*10
integer stat,i,j,l,m

kp=0

f='00000000000'

31 write(*,100)

format(1x,'zadej jmeno souboru:')

read(*,200)soubor

format(a)

if(soubor(1:1).eq.'') stop

open(2,file=soubor,iostat=stat,status='old',form='formatted')

if(stat.ne.0)then

write(*,110) soubor,stat

format(1x,'ne lze otevrit soubor',a,' kod chyby=',16)

goto 31

endif

c cteni NC souboru

read(2,210,iostat=stat) a

if(index(a,'N9999').gt.0) goto 999

if(a(1:2).eq.'') goto 10

format(a)

if(stat.ne.0) then

write(*,120) soubor,stat

format(1x,'ne lze cist soubor',a,' kod chyby=',16)

goto 31

endif

format(' bubububu')

c

c rozebirani NC souboru

if(index(a,'979').gt.0) goto 70

i=3

if(a(1:1).ne.'X') goto 50

j=1

i=i+1

if(a(1:1).eq.'Y') goto 11

if(a(1:1).eq.'Z') goto 2

if(a(1:1).eq.'M') goto 15

if(a(1:1).eq.'*') goto 15

b(j:j)=a(1:1)

j=b=j

j=j+1

goto 20

c

j=1

i=i+1

if(a(1:1).eq.'Z') goto 2

if(a(1:1).eq.'M') goto 15

if(a(1:1).eq.'*') goto 15

c(j:j)=a(1:1)

j=c=j

j=j+1

goto 30

c

j=1

i=i+1

if(a(1:1).eq.'M') goto 15

if(a(1:1).eq.'*') goto 15

```

c prevod znakového reťazce na čísla typu real
subroutine prep(chr,q)
character *10 chr
zv=0
k=1
n=1
ip=10
if(chr(1:1).ne.'-') goto 1000
if(chr(1:1).eq.'0') then
  ip=1
  goto 1010
endif
zv=zv*10+(ichar(chr(1:1))-ichar('0'))
continue
q=k*zv/(10.**((10-ip)))
return
end

```

```

999 open(3,file='xyz',status='old',form='formatted')
do 33 i=1,kp
  write(3,400) x(i),y(i),z(i)
  write(*,400) x(i),y(i),z(i)
33 close(3)
close(2)
format(f10.3,3x,f10.3,3x,f10.3)
400 format(f10.3,3x,f10.3,3x,f10.3)
end

```

```

70 b(jb+1:)=f(jb+1: )
  c(jc+1:)=f(jc+1: )
  d(jd+1:)=f(jd+1: )
  call prep(b,r)
  call prep(c,s)
  call prep(d,t)

```

```

15 if(index(a,'M99*').eq.0) goto 10

```

```

50 if(a(i:i).eq.'Y') goto 11
  if(a(i:i).eq.'Z') goto 2
  if(a(i:i).eq.'*') goto 15
  i=i+1
  goto 60

```

```

40 goto 40
jd=j
j=j+1
d(j:j)=a(i:i)

```

C PROGRAM PRO ACAD

character Soubor*30,V*4,X*10,Y*10,Z*10,A*36,D*5,B*3,C*1

INTEGER STAT

V='ELEV'

X='0000000000'

Y='0000000000'

Z='0000000000'

OPEN(3,FILE='ABD.SCR',STATUS='OLD',FORM='FORMATTED')

OPEN(4,FILE='ABC.SCR',STATUS='OLD',FORM='FORMATTED')

WRITE(5,100)

FORMAT(10X,'ZADEJ JMENO SOUBORU:')

READ(5,200) SOUBOR

FORMAT(A)

C.....KONTROLNI VYPIS NACTENE HODNOTY

WRITE(5,201)SOUBOR

FORMAT(10X,A)

IF (SOUBOR(1:1).EQ.'') STOP

IF (STAT.NE.0) THEN

WRITE(5,110) SOUBOR,STAT

FORMAT(1X,'NELZE CIST SOUBOR','A','KOD CHYBY=',I6)

GOTO 1

ENDIF

OPEN(2,FILE=SOUBOR,IOSTAT=STAT,STATUS='OLD',FORM='FORMATTED')

K=0

READ(2,212,IOSTAT=STAT,END=999) A

FORMAT(36A)

FORMAT(F10.3,2F13.3)

IF (STAT.NE.0) THEN

WRITE(5,120) SOUBOR,STAT

FORMAT(1X,'')

GOTO 1

ENDIF

ENDIF

I=1

DO 5 J=1,10

IF(A(J:J).EQ.'') GOTO 5

X(I:1)=A(J:J)

I=I+1

CONTINUE

I=1

DO 6 J=1,23

IF(A(J:J).EQ.'') GOTO 6

Y(I:1)=A(J:J)

I=I+1

CONTINUE

I=1

DO 7 J=24,36

IF(A(J:J).EQ.'') GOTO 7

Z(I:1)=A(J:J)

I=I+1

CONTINUE

K=K+1

FORMAT('ELEV','A','')

READ(5,301)KKKK

FORMAT(I3)

WRITE(5,300)Z

WRITE(3,300)Z

WRITE(4,315) X,Y,Z

FORMAT('POINT','A','A','A','A')

FORMAT('POINT','F10.3','F10.3','F10.3')

310

315

301

300

7

6

5

120

210

212

10

110

201

200

100

1

320	WRITE(3,320) X,Y,K	
	FORMAT('TEXT C','A',' ',10,'I3)	
113	WRITE(5,113)	
	FORMAT('ZAPSALA SE VETA')	
	X='00000000000'	
	Y='00000000000'	
	Z='00000000000'	
	GOTO 10	
999	CLOSE(2)	
	CLOSE(4)	
	CLOSE(3)	
	END	

```

C PROGRAM PRO ACAD
CHARACTER X*10,Y*10,Z*10,A*33,K*3
OPEN(3,FILE='ABE.SCR',STATUS='OLD',FORM='FORMATTED')
OPEN(2,FILE='ABE',STATUS='OLD',FORM='FORMATTED')
X='000000000000'
Y='000000000000'
Z='000000000000'
READ(2,210,END=999) A
FORMAT(A)
K=A(1:3)
I=1
DO 5 J=4,13
  IF(A(J:J).EQ.' ') GOTO 5
  X(I:I)=A(J:J)
  I=I+1
CONTINUE
DO 6 J=14,23
  IF(A(J:J).EQ.' ') GOTO 6
  Y(I:I)=A(J:J)
  I=I+1
CONTINUE
DO 7 J=24,33
  IF(A(J:J).EQ.' ') GOTO 7
  Z(I:I)=A(J:J)
  I=I+1
CONTINUE
WRITE(3,300) Z
FORMAT('ELEV',A,' ')
WRITE(3,320) X,Y,K
FORMAT('TEXT C',A,' ',A,' ',A,' ',A,' ',A,' ',A,' ')
X='000000000000'
Y='000000000000'
Z='000000000000'
GOTO 10
CLOSE(2)
CLOSE(3)
END

```

PRILOHA c1s1o 4
=====

```
C PROGRAM PRO PMD 2
OPEN(3,FILE='PMD1',STATUS='OLD',FORM='FORMATTED')
OPEN(2,FILE='XYZ',STATUS='OLD',FORM='FORMATTED')
K=0
READ(2,210,END=999)X,Y,Z
210  FORMAT(F10.3,2F13.3)
      K=K+1
      WRITE(3,300)K,X,Y,Z
300  FORMAT(' XY C',I4,3F10.3)
      GOTO 10
999  CLOSE(2)
      CLOSE(3)
      END
```

```

C PROGRAM PRO FM2 2
DIMENSION X(4),Y(4),Z(4)
CHARACTER SOUBOR*30,A*20,B*3,E*3
INTEGER STAT,V(8),MM
J=0
K=0
OPEN(3,FILE='PMD2',STATUS='OLD',FORM='FORMATTED')
OPEN(4,FILE='ABE',STATUS='OLD',FORM='FORMATTED')
WRITE(5,100)
FORMAT(10X,'ZADEJ JMENO SOUBORU: ')
READ(5,200) SOUBOR
FORMAT(A)
IF(SOUBOR(1:1).EQ.' ') STOP
IF(STAT.NE.0) THEN
WRITE(*,110) SOUBOR,STAT
FORMAT(1X,'NELZE CIST SOUBOR ',A,' KOD CHYBY= ',16)
GOTO 1
ENDIF
OPEN(2,FILE=SOUBOR,IOSTAT=STAT,STATUS='OLD',FORM='FORMATTED')
READ(2,200,IOSTAT=STAT,END=999) A
IF(STAT.NE.0) THEN
WRITE(*,120) SOUBOR,STAT
FORMAT(1X,' KONEC SOUBORU ',A,' STAT= ',16)
GOTO 1
ENDIF
IF(A.EQ.'SDFACE') GOTO 38
IF(A.EQ.'EOF') GOTO 999
GOTO 10
38 DO 32 I=1,4
Z(I)=0.
CONTINUE
31 READ(2,200) B
IF(B.EQ.'10') READ(2,50) X(1)
IF(B.EQ.'11') READ(2,50) X(2)
IF(B.EQ.'12') READ(2,50) X(3)
IF(B.EQ.'13') READ(2,50) X(4)
IF(B.EQ.'20') READ(2,50) Y(1)
IF(B.EQ.'21') READ(2,50) Y(2)
IF(B.EQ.'22') READ(2,50) Y(3)
IF(B.EQ.'23') READ(2,50) Y(4)
IF(B.EQ.'30') READ(2,50) Z(1)
IF(B.EQ.'31') READ(2,50) Z(2)
IF(B.EQ.'32') READ(2,50) Z(3)
IF(B.EQ.'33') READ(2,50) Z(4)
FORMAT(F10.3)
IF(B.EQ.'0') GOTO 40
IF(B.EQ.'0') GOTO 40
GOTO 31
40 K=K+1
L=4
O=8.
IF(X(3).EQ.X(4)) THEN
IF(Y(3).EQ.Y(4)) THEN
IF(Z(3).EQ.Z(4)) THEN
L=3
O=6.
ENDIF
ENDIF
ENDIF

```

```

        ENDIF
        KK=(K/2)*2
        IF(KK.NE.K) THEN
            ED=0
            EE=0
            EF=0
            M=0
            DO 6 I=1,8
                V(I)=0
            CONTINUE
        ENDIF
        DO 602 I=1,LL
            M=M+1
            OPEN(6,FILE='PMDC1',STATUS='OLD',FORM='FORMATTED')
            READ(6,600,END=666) E,MM,EA,EB,EC
            FORMAT(A5,I4,3F10.3)
            IF(X(I).EQ.EA) THEN
                IF(Y(I).EQ.EB) THEN
                    IF(Z(I).EQ.EC) THEN
                        LL=MM
                        GOTO 666
                    ENDIF
                ENDIF
            ENDIF
        ENDIF
        600
        GOTO 601
        CLOSE(6)
        V(M)=LL
        602
        CONTINUE
        DO 610 I=1,LL
            ED=ED+X(I)
            EE=EE+Y(I)
            EF=EF+Z(I)
        CONTINUE
        610
        IF(KK.NE.K) GOTO 10
        J=J+1
        IF(L.EQ.3) WRITE(3,800)J,V(1),V(2),V(3),V(4),V(5),V(6)
        FORMAT('EL 155 E',13,'N',3I4)
        WRITE(5,801)J,V(1),V(2),V(3),V(4),V(5),V(6),V(7),V(8)
        WRITE(3,801)J,V(1),V(2),V(3),V(4),V(5),V(6),V(7),V(8)
        FORMAT('EL 156 E',13,'N',3I4)
        R=ED/0
        S=EE/0
        T=EF/0
        WRITE(4,850)J,R,S,T
        FORMAT(13,3F10.3)
        GOTO 10
        850
        CLOSE(2)
        CLOSE(4)
        CLOSE(3)
        END

```

% 671*
N10690*
N12640*
N14;PLEASE INSERT NEW TOOL: VR0*

N16607M19*
N181T1G17S250*
N20600Z0.0M92*
N22M06*
N24G00Z1.0*
N26G00X0.0Y0.0M03T1G17S1000*

N28G00X0.0*
N30G83P01-1.0P02-1.502P03-1.502P040.0P051000*

N32G79*
N34G00X8.816Y.0M99*
N36G00X20.019Y0.0M99*
N38G00X27.577Y.001M99*
N40G00X32.408Y.001*

N42G00Z-4.0*
N44G00X32.408M99*
N46G00X27.577M99*
N48G00X20.019Y0.0M99*
N50G00X8.816Y.0M99*
N52G00X0.0Y.001M99*
N54G00X0.0Y.001*

N56G00Z-9.0*
N58G00X0.0M99*
N60G00X8.816Y.0M99*
N62G00X20.019Y0.0M99*
N64G00X27.577Y.001M99*
N66G00X33.533M99*
N68G00X37.240M99*
N70G00X42.072Y.001*

N72G00Z-14.0*
N74G00X42.072M99*
N76G00X33.533M99*
N78G00X27.577M99*
N80G00X20.019Y0.0M99*
N82G00X8.816Y.0M99*
N84G00X0.0Y.001M99*
N86G00X0.0Y.001*

N88G00Z-19.0*
N90G00X0.0M99*
N92G00X8.816Y.0M99*
N94G00X20.019Y0.0M99*
N96G00X27.577Y.001M99*
N98G00X33.533M99*
N100G00X42.321Y0.0M99*
N102G00X46.903Y.001M99*

N104G00X50.0Y.0*
N106G00Z-22.204*
N108G00X50.0M99*
N110G00X42.321Y0.0M99*
N112G00X33.533Y.001M99*
N114G00X27.577M99*
N116G00X20.019Y0.0M99*
N118G00X8.816Y.0M99*

N120G00Z-21.0*
N122G00X0.0Y0.0*
N124G00X0.0M99*
N126G00X20.019Y0.0*

N128G00Z-27.220*

N130G00X20.019M9*
N132G00X27.577Y.001M9*
N134G00X33.533M9*
N136G00X42.321Y0.0M9*
N138G00X50.0M9*
N140G00X50.0Y.001*
N142G00Z-34.0*
N144G00X50.0M9*
N146G00X42.321Y0.0M9*
N148G00X33.533Y.001M9*
N150G00X27.577M9*
N152G00X31.082Y.001*
N154G00Z-39.0*
N156G00X31.082M9*
N158G00X33.533M9*
N160G00X42.321Y0.0M9*
N162G00X50.0Y.001M9*
N164G00X50.0Y.001*
N166G00Z-44.0*
N168G00X50.0M9*
N170G00X42.321Y0.0M9*
N172G00X33.533Y.001M9*
N174G00X35.146Y.001*
N176G00Z-49.0*
N178G00X35.146M9*
N180G00X42.321Y0.0M9*
N182G00X50.0Y.001M9*
N184G00X50.0Y0.0*
N186G00Z-52.998*
N188G00X50.0M9*
N190G00X42.321M9*
N192G00X35.888Y.0M9*
N194G00Z1.0*
N196G00X-3.275Y8.999*
N198G00X-3.275M9*
N200G00X3.478Y14.666M9*
N202G00X12.060Y21.867M9*
N204G00X17.849Y26.725M9*
N206G00X21.550M9*
N210G00X17.849Y26.725M9*
N212G00X17.849Y26.725M9*
N214G00X3.478Y14.666M9*
N216G00X-3.276Y8.999M9*
N218G00X-3.276Y8.999*
N220G00Z-9.0*
N222G00X-3.276M9*
N224G00X3.478Y14.666M9*
N226G00X12.060Y21.867M9*
N228G00X17.849Y26.725M9*
N230G00X22.412Y30.554M9*
N232G00X25.252Y32.937M9*
N234G00X28.953Y36.043*
N236G00Z-14.0*
N238G00X28.953M9*
N240G00X22.412Y30.554M9*
N242G00X17.849Y26.725M9*
N244G00X12.060Y21.867M9*
N246G00X3.478Y14.666M9*
N248G00X-3.276Y8.999M9*
N250G00X-3.276Y8.999*
N252G00Z-19.0*
N254G00X-3.276M9*
N256G00X3.478Y14.666M9*
N258G00X12.060Y21.867M9*
N260G00X17.849Y26.725M9*

N262G00X22.412Y30.554M9*
N264G00X29.145Y36.203M9*
N266G00X32.654Y39.148M9*
N268G00X35.027Y41.139*
N270G00Z-22.204*
N272G00X35.027M9*
N274G00X29.145Y36.203M9*
N276G00X22.412Y30.554M9*
N278G00X17.849Y26.725M9*
N280G00X12.060Y21.867M9*
N282G00X3.478Y14.666M9*
N284G00Z-21.0*
N286G00X-3.276Y8.99*
N288G00X-3.276M9*
N290G00X12.060Y21.867*
N292G00Z-27.220*
N294G00X12.060M9*
N296G00X17.849Y26.725M9*
N298G00X22.412Y30.554M9*
N300G00X29.145Y36.203M9*
N302G00X35.027Y41.138M9*
N304G00X35.026Y41.139*
N306G00Z-34.0*
N308G00X35.026M9*
N310G00X29.145Y36.203M9*
N312G00X22.412Y30.554M9*
N314G00X17.849Y26.725M9*
N316G00X20.534Y28.978*
N318G00Z-39.0*
N320G00X20.534M9*
N322G00X22.412Y30.554M9*
N324G00X29.145Y36.203M9*
N326G00X35.026Y41.139M9*
N328G00X35.026Y41.139*
N330G00Z-44.0*
N332G00X35.026M9*
N334G00X29.145Y36.203M9*
N336G00X22.412Y30.554M9*
N338G00X23.647Y31.591*
N340G00Z-49.0*
N342G00X23.647M9*
N344G00X29.145Y36.203M9*
N346G00X35.026Y41.139M9*
N348G00X35.027Y41.138*
N350G00Z-52.998*
N352G00X35.027M9*
N354G00X29.145Y36.203M9*
N356G00X24.217Y32.068M9*
N358G01Z-20.0*
N360X-20.0Y0.0*
N362M19*
N364G00Z0.0M92*
N366M02*
N9999% G71*

=====

[illegible]

21.550	29.831	-5.000
17.849	26.725	-5.000
12.060	21.867	-5.000
3.478	14.666	-5.000
-3.276	8.999	-5.000
-3.276	8.999	-10.000
3.478	14.666	-10.000
12.060	21.867	-10.000
17.849	26.725	-10.000
22.412	30.554	-10.000
28.953	36.043	-10.000
25.252	32.937	-10.000
22.412	30.554	-10.000
17.849	26.725	-10.000
12.060	21.867	-10.000
3.478	14.666	-10.000
-3.276	8.999	-10.000
-3.276	8.999	-15.000
3.478	14.666	-15.000
12.060	21.867	-15.000
17.849	26.725	-15.000
22.412	30.554	-15.000
28.953	36.043	-15.000
25.252	32.937	-15.000
22.412	30.554	-20.000
17.849	26.725	-20.000
12.060	21.867	-20.000
3.478	14.666	-20.000
-3.276	8.999	-20.000
-3.276	8.999	-20.000
3.478	14.666	-20.000
12.060	21.867	-20.000
17.849	26.725	-20.000
22.412	30.554	-20.000
29.145	36.203	-20.000
32.654	39.148	-20.000
35.027	41.139	-20.000
29.145	36.203	-23.204
22.412	30.554	-23.204
17.849	26.725	-23.204
12.060	21.867	-23.204
3.478	14.666	-23.204
-3.276	8.999	-23.204
-3.276	8.999	-23.204
3.478	14.666	-23.204
12.060	21.867	-23.204
17.849	26.725	-23.204
22.412	30.554	-23.204
29.145	36.203	-23.204
35.027	41.139	-23.204
29.145	36.203	-28.220
22.412	30.554	-28.220
17.849	26.725	-28.220
12.060	21.867	-28.220
3.478	14.666	-28.220
-3.276	8.999	-28.220
-3.276	8.999	-28.220
3.478	14.666	-28.220
12.060	21.867	-28.220
17.849	26.725	-28.220
22.412	30.554	-28.220
29.145	36.203	-28.220
35.027	41.139	-28.220
29.145	36.203	-35.000
22.412	30.554	-35.000
17.849	26.725	-35.000
12.060	21.867	-35.000
3.478	14.666	-35.000
-3.276	8.999	-35.000
-3.276	8.999	-35.000
3.478	14.666	-35.000
12.060	21.867	-35.000
17.849	26.725	-35.000
22.412	30.554	-35.000
29.145	36.203	-35.000
35.027	41.139	-35.000
29.145	36.203	-40.000
22.412	30.554	-40.000
17.849	26.725	-40.000
12.060	21.867	-40.000
3.478	14.666	-40.000
-3.276	8.999	-40.000
-3.276	8.999	-40.000
3.478	14.666	-40.000
12.060	21.867	-40.000
17.849	26.725	-40.000
22.412	30.554	-40.000
29.145	36.203	-40.000
35.027	41.139	-40.000
29.145	36.203	-45.000
22.412	30.554	-45.000
17.849	26.725	-45.000
12.060	21.867	-45.000
3.478	14.666	-45.000
-3.276	8.999	-45.000
-3.276	8.999	-45.000
3.478	14.666	-45.000
12.060	21.867	-45.000
17.849	26.725	-45.000
22.412	30.554	-45.000
29.145	36.203	-45.000
35.027	41.139	-45.000
29.145	36.203	-50.000
22.412	30.554	-50.000
17.849	26.725	-50.000
12.060	21.867	-50.000
3.478	14.666	-50.000
-3.276	8.999	-50.000
-3.276	8.999	-50.000
3.478	14.666	-50.000
12.060	21.867	-50.000
17.849	26.725	-50.000
22.412	30.554	-50.000
29.145	36.203	-50.000
35.027	41.139	-50.000
29.145	36.203	-53.998
24.217	32.068	-53.998

POINT .000000000,000000000,000000000
POINT 8.816000000,000000000,000000000
POINT 20.0190000,000000000,000000000
POINT 27.5770000,001000000,-5.0000000
POINT 32.4080000,001000000,-5.0000000
POINT 27.5770000,001000000,-5.0000000
POINT 20.0190000,000000000,-5.0000000
POINT 8.816000000,001000000,-5.0000000
POINT .000000000,001000000,-10.0000000
POINT 8.816000000,000000000,-10.0000000
POINT 20.0190000,000000000,-10.0000000
POINT 27.5770000,001000000,-10.0000000
POINT 33.5330000,001000000,-10.0000000
POINT 37.2400000,001000000,-10.0000000
POINT 42.0720000,001000000,-15.0000000
POINT 33.5330000,001000000,-15.0000000
POINT 27.5770000,001000000,-15.0000000
POINT 20.0190000,000000000,-15.0000000
POINT 8.816000000,000000000,-15.0000000
POINT .000000000,001000000,-15.0000000
POINT 8.816000000,000000000,-20.0000000
POINT 20.0190000,000000000,-20.0000000
POINT 27.5770000,001000000,-20.0000000
POINT 33.5330000,001000000,-20.0000000
POINT 42.3210000,000000000,-20.0000000
POINT 46.9030000,001000000,-20.0000000
POINT 50.0000000,000000000,-23.2040000
POINT 42.3210000,000000000,-23.2040000
POINT 33.5330000,001000000,-23.2040000
POINT 27.5770000,001000000,-23.2040000
POINT 20.0190000,000000000,-23.2040000
POINT 8.816000000,000000000,-23.2040000
POINT .000000000,000000000,-22.0000000
POINT 20.0190000,000000000,-28.2200000
POINT 27.5770000,001000000,-28.2200000
POINT 33.5330000,001000000,-28.2200000
POINT 42.3210000,000000000,-28.2200000
POINT 50.0000000,000000000,-28.2200000
POINT 50.0000000,001000000,-35.0000000
POINT 42.3210000,000000000,-35.0000000
POINT 33.5330000,001000000,-35.0000000
POINT 27.5770000,001000000,-35.0000000
POINT 31.0820000,001000000,-40.0000000
POINT 33.5330000,001000000,-40.0000000
POINT 42.3210000,000000000,-40.0000000
POINT 50.0000000,001000000,-40.0000000
POINT 50.0000000,000000000,-45.0000000
POINT 42.3210000,000000000,-45.0000000
POINT 33.5330000,001000000,-45.0000000
POINT 35.1460000,001000000,-50.0000000
POINT 42.3210000,000000000,-50.0000000
POINT 50.0000000,001000000,-50.0000000
POINT 50.0000000,000000000,-53.9980000
POINT 42.3210000,000000000,-53.9980000
POINT 35.8880000,000000000,-53.9980000
POINT -3.2750000,8.999000000,000000000
POINT 3.478000000,14.6660000,000000000
POINT 12.0600000,21.8670000,000000000
POINT 17.8490000,26.7250000,000000000
POINT 21.5500000,29.8310000,-5.0000000

POINT 17.8490000,26.7250000,-5.0000000
POINT 12.0600000,21.8670000,-5.0000000
POINT 3.4780000,14.6660000,-5.0000000
POINT -3.2760000,8.9990000,-10.0000000
POINT -3.2760000,8.9990000,-10.0000000
POINT 3.4780000,14.6660000,-10.0000000
POINT 12.0600000,21.8670000,-10.0000000
POINT 17.8490000,26.7250000,-10.0000000
POINT 22.4120000,30.5540000,-10.0000000
POINT 25.2520000,32.9370000,-10.0000000
POINT 28.9530000,35.0430000,-15.0000000
POINT 22.4120000,30.5540000,-15.0000000
POINT 17.8490000,26.7250000,-15.0000000
POINT 12.0600000,21.8670000,-15.0000000
POINT 3.4780000,14.6660000,-15.0000000
POINT -3.2760000,8.9990000,-15.0000000
POINT -3.2760000,8.9990000,-20.0000000
POINT 3.4780000,14.6660000,-20.0000000
POINT 12.0600000,21.8670000,-20.0000000
POINT 17.8490000,26.7250000,-20.0000000
POINT 22.4120000,30.5540000,-20.0000000
POINT 29.1450000,36.2030000,-20.0000000
POINT 32.6540000,39.1480000,-20.0000000
POINT 35.0270000,41.1390000,-23.2040000
POINT 29.1450000,36.2030000,-23.2040000
POINT 22.4120000,30.5540000,-23.2040000
POINT 17.8490000,26.7250000,-23.2040000
POINT 12.0600000,21.8670000,-23.2040000
POINT 3.4780000,14.6660000,-23.2040000
POINT -3.2760000,8.9990000,-22.0000000
POINT 12.0600000,21.8670000,-28.2200000
POINT 17.8490000,26.7250000,-28.2200000
POINT 22.4120000,30.5540000,-28.2200000
POINT 29.1450000,36.2030000,-28.2200000
POINT 35.0270000,41.1380000,-28.2200000
POINT 35.0260000,41.1390000,-35.0000000
POINT 29.1450000,36.2030000,-35.0000000
POINT 22.4120000,30.5540000,-35.0000000
POINT 17.8490000,26.7250000,-35.0000000
POINT 20.5340000,28.9780000,-40.0000000
POINT 22.4120000,30.5540000,-40.0000000
POINT 29.1450000,36.2030000,-40.0000000
POINT 35.0260000,41.1390000,-40.0000000
POINT 35.0260000,41.1390000,-45.0000000
POINT 29.1450000,36.2030000,-45.0000000
POINT 22.4120000,30.5540000,-45.0000000
POINT 23.6470000,31.5910000,-50.0000000
POINT 29.1450000,36.2030000,-50.0000000
POINT 35.0260000,41.1390000,-50.0000000
POINT 35.0270000,41.1380000,-53.9980000
POINT 29.1450000,36.2030000,-53.9980000
POINT 24.2170000,32.0680000,-53.9980000

ELEV	.0000000000		
TEXT	C .0000000000,0000000000	1 0	1
ELEV	.0000000000		
TEXT	C 8.81600000,0000000000	1 0	2
ELEV	.0000000000		
TEXT	C 20.0190000,0000000000	1 0	3
ELEV	.0000000000		
TEXT	C 27.5770000,0010000000	1 0	4
ELEV	-5.0000000		
TEXT	C 32.4080000,0010000000	1 0	5
ELEV	-5.0000000		
TEXT	C 27.5770000,0010000000	1 0	6
ELEV	-5.0000000		
TEXT	C 20.0190000,0000000000	1 0	7
ELEV	-5.0000000		
TEXT	C 8.81600000,0000000000	1 0	8
ELEV	-5.0000000		
TEXT	C .0000000000,0010000000	1 0	9
ELEV	-10.0000000		
TEXT	C .0000000000,0010000000	1 0	10
ELEV	-10.0000000		
TEXT	C 8.81600000,0000000000	1 0	11
ELEV	-10.0000000		
TEXT	C 20.0190000,0000000000	1 0	12
ELEV	-10.0000000		
TEXT	C 27.5770000,0010000000	1 0	13
ELEV	-10.0000000		
TEXT	C 33.5330000,0010000000	1 0	14
ELEV	-10.0000000		
TEXT	C 37.2400000,0010000000	1 0	15
ELEV	-15.0000000		
TEXT	C 42.0720000,0010000000	1 0	16
ELEV	-15.0000000		
TEXT	C 33.5330000,0010000000	1 0	17
ELEV	-15.0000000		
TEXT	C 27.5770000,0010000000	1 0	18
ELEV	-15.0000000		
TEXT	C 20.0190000,0000000000	1 0	19
ELEV	-15.0000000		
TEXT	C 8.81600000,0000000000	1 0	20
ELEV	-15.0000000		
TEXT	C .0000000000,0010000000	1 0	21
ELEV	-20.0000000		
TEXT	C .0000000000,0010000000	1 0	22
ELEV	-20.0000000		
TEXT	C 8.81600000,0000000000	1 0	23
ELEV	-20.0000000		
TEXT	C 20.0190000,0000000000	1 0	24
ELEV	-20.0000000		
TEXT	C 27.5770000,0010000000	1 0	25
ELEV	-20.0000000		
TEXT	C 33.5330000,0010000000	1 0	26
ELEV	-20.0000000		
TEXT	C 42.3210000,0000000000	1 0	27
ELEV	-20.0000000		
TEXT	C 46.9030000,0010000000	1 0	28
ELEV	-23.204000		
TEXT	C 50.0000000,0000000000	1 0	29
ELEV	-23.204000		
TEXT	C 42.3210000,0000000000	1 0	30
ELEV	-23.204000		

TEXT C 33.5330000,001000000 1 0 31
ELEV -23.204000
TEXT C 27.5770000,001000000 1 0 32
ELEV -23.204000
TEXT C 20.0190000,000000000 1 0 33
ELEV -23.204000
TEXT C 8.81600000,000000000 1 0 34
ELEV -22.000000
TEXT C 0.000000000,000000000 1 0 35
ELEV -28.220000
TEXT C 20.0190000,000000000 1 0 36
ELEV -28.220000
TEXT C 27.5770000,001000000 1 0 37
ELEV -28.220000
TEXT C 33.5330000,001000000 1 0 38
ELEV -28.220000
TEXT C 42.3210000,000000000 1 0 39
ELEV -28.220000
TEXT C 50.0000000,000000000 1 0 40
ELEV -35.000000
TEXT C 50.0000000,001000000 1 0 41
ELEV -35.000000
TEXT C 42.3210000,000000000 1 0 42
ELEV -35.000000
TEXT C 33.5330000,001000000 1 0 43
ELEV -35.000000
TEXT C 27.5770000,001000000 1 0 44
ELEV -40.000000
TEXT C 31.0820000,001000000 1 0 45
ELEV -40.000000
TEXT C 33.5330000,001000000 1 0 46
ELEV -40.000000
TEXT C 42.3210000,000000000 1 0 47
ELEV -40.000000
TEXT C 50.0000000,001000000 1 0 48
ELEV -45.000000
TEXT C 50.0000000,001000000 1 0 49
ELEV -45.000000
TEXT C 42.3210000,000000000 1 0 50
ELEV -45.000000
TEXT C 33.5330000,001000000 1 0 51
ELEV -50.000000
TEXT C 35.1460000,001000000 1 0 52
ELEV -50.000000
TEXT C 42.3210000,000000000 1 0 53
ELEV -50.000000
TEXT C 50.0000000,001000000 1 0 54
ELEV -50.000000
TEXT C 50.0000000,000000000 1 0 55
ELEV -53.998000
TEXT C 42.3210000,000000000 1 0 56
ELEV -53.998000
TEXT C 35.8880000,000000000 1 0 57
ELEV .000000000
TEXT C -3.2750000,8.999000000 1 0 58
ELEV .000000000
TEXT C 3.4780000,14.6660000 1 0 59
ELEV .000000000
TEXT C 12.0600000,21.8670000 1 0 60
ELEV .000000000
TEXT C 17.8490000,26.7250000 1 0 61
ELEV .000000000
TEXT C 21.5500000,29.8310000 1 0 62
ELEV -5.0000000
TEXT C 17.8490000,26.7250000 1 0 63
ELEV -5.0000000
TEXT C 17.8490000,26.7250000 1 0 63
ELEV -5.0000000

TEXT C 12.0600000,21.8670000 1 0 64
ELEV -5.0000000
TEXT C 3.478000000,14.6660000 1 0 65
ELEV -5.0000000
TEXT C -3.2760000,8.999000000 1 0 66
ELEV -10.0000000
TEXT C -3.2760000,8.999000000 1 0 67
ELEV -10.0000000
TEXT C 3.47800000,14.6660000 1 0 68
ELEV -10.0000000
TEXT C 12.0600000,21.8670000 1 0 69
ELEV -10.0000000
TEXT C 17.8490000,26.7250000 1 0 70
ELEV -10.0000000
TEXT C 17.8490000,26.7250000 1 0 71
ELEV -10.0000000
TEXT C 22.4120000,30.5540000 1 0 72
ELEV -10.0000000
TEXT C 25.2520000,32.9370000 1 0 73
ELEV -15.0000000
TEXT C 28.9530000,36.0430000 1 0 74
ELEV -15.0000000
TEXT C 22.4120000,30.5540000 1 0 75
ELEV -15.0000000
TEXT C 17.8490000,26.7250000 1 0 76
ELEV -15.0000000
TEXT C 12.0600000,21.8670000 1 0 77
ELEV -15.0000000
TEXT C 3.478000000,14.6660000 1 0 78
ELEV -15.0000000
TEXT C -3.2760000,8.999000000 1 0 79
ELEV -20.0000000
TEXT C -3.2760000,8.999000000 1 0 80
ELEV -20.0000000
TEXT C 3.47800000,14.6660000 1 0 81
ELEV -20.0000000
TEXT C 12.0600000,21.8670000 1 0 82
ELEV -20.0000000
TEXT C 17.8490000,26.7250000 1 0 83
ELEV -20.0000000
TEXT C 22.4120000,30.5540000 1 0 84
ELEV -20.0000000
TEXT C 29.1450000,36.2030000 1 0 85
ELEV -20.0000000
TEXT C 32.6540000,39.1480000 1 0 86
ELEV -23.2040000
TEXT C 35.0270000,41.1390000 1 0 87
ELEV -23.2040000
TEXT C 29.1450000,36.2030000 1 0 88
ELEV -23.2040000
TEXT C 22.4120000,30.5540000 1 0 89
ELEV -23.2040000
TEXT C 17.8490000,26.7250000 1 0 90
ELEV -23.2040000
TEXT C 12.0600000,21.8670000 1 0 91
ELEV -23.2040000
TEXT C 3.478000000,14.6660000 1 0 92
ELEV -22.0000000
TEXT C -3.2760000,8.999000000 1 0 93
ELEV -28.2200000
TEXT C 12.0600000,21.8670000 1 0 94
ELEV -28.2200000
TEXT C 17.8490000,26.7250000 1 0 95
ELEV -28.2200000
TEXT C 22.4120000,30.5540000 1 0 96
ELEV -28.2200000
TEXT C 29.1450000,36.2030000 1 0 97
ELEV -28.2200000

TEXT C 35.0270000,41.1380000 1 0 97
ELEV -35.000000
TEXT C 35.0260000,41.1390000 1 0 98
ELEV -35.000000
TEXT C 29.1450000,36.2030000 1 0 99
ELEV -35.000000
TEXT C 22.4120000,30.5540000 1 0 100
ELEV -35.000000
TEXT C 17.8490000,26.7250000 1 0 101
ELEV -40.000000
TEXT C 20.5340000,28.9780000 1 0 102
ELEV -40.000000
TEXT C 22.4120000,30.5540000 1 0 103
ELEV -40.000000
TEXT C 29.1450000,36.2030000 1 0 104
ELEV -40.000000
TEXT C 35.0260000,41.1390000 1 0 105
ELEV -45.000000
TEXT C 35.0260000,41.1390000 1 0 106
ELEV -45.000000
TEXT C 29.1450000,36.2030000 1 0 107
ELEV -45.000000
TEXT C 22.4120000,30.5540000 1 0 108
ELEV -50.000000
TEXT C 23.6470000,31.5910000 1 0 109
ELEV -50.000000
TEXT C 29.1450000,36.2030000 1 0 110
ELEV -50.000000
TEXT C 35.0260000,41.1390000 1 0 111
ELEV -53.998000
TEXT C 35.0270000,41.1380000 1 0 112
ELEV -53.998000
TEXT C 29.1450000,36.2030000 1 0 113
ELEV -53.998000
TEXT C 24.2170000,32.0680000 1 0 114

ELEV -2.5000000
TEXT C 2.255000000,5.91600000 1 0 1
ELEV -2.5000000
TEXT C 11.0930000,9.13300000 1 0 2
ELEV -2.5000000
TEXT C 19.3760000,12.1480000 1 0 3
ELEV -7.5000000
TEXT C 25.0940000,14.2300000 1 0 4
ELEV -7.5000000
TEXT C 19.3760000,12.1480000 1 0 5
ELEV -7.5000000
TEXT C 11.0930000,9.13300000 1 0 6
ELEV -7.5000000
TEXT C 2.25400000,5.91700000 1 0 7
ELEV -12.500000
TEXT C 2.25400000,5.91700000 1 0 8
ELEV -12.500000
TEXT C 11.0930000,9.13300000 1 0 9
ELEV -12.500000
TEXT C 19.3760000,12.1480000 1 0 10
ELEV -12.500000
TEXT C 25.3430000,14.3200000 1 0 11
ELEV -12.500000
TEXT C 30.6760000,16.2610000 1 0 12
ELEV -17.500000
TEXT C 31.7980000,16.6700000 1 0 13
ELEV -17.500000
TEXT C 25.3430000,14.3200000 1 0 14
ELEV -17.500000
TEXT C 19.3760000,12.1480000 1 0 15
ELEV -17.500000
TEXT C 11.0930000,9.13300000 1 0 16
ELEV -17.500000
TEXT C 2.25400000,5.91700000 1 0 17
ELEV -21.301000
TEXT C 2.25400000,5.91600000 1 0 18
ELEV -21.602000
TEXT C 11.0930000,9.12300000 1 0 19
ELEV -21.602000
TEXT C 19.3760000,12.1480000 1 0 20
ELEV -21.602000
TEXT C 25.3430000,14.3200000 1 0 21
ELEV -21.602000
TEXT C 31.8530000,16.6890000 1 0 22
ELEV -21.602000
TEXT C 38.4390000,19.0870000 1 0 23
ELEV -25.712000
TEXT C 39.1230000,19.3350000 1 0 24
ELEV -25.712000
TEXT C 31.8530000,16.6890000 1 0 25
ELEV -25.712000
TEXT C 25.3430000,14.3200000 1 0 26
ELEV -25.712000
TEXT C 19.3760000,12.1480000 1 0 27
ELEV -31.610000
TEXT C 25.3430000,14.3200000 1 0 28
ELEV -31.610000
TEXT C 31.8530000,16.6890000 1 0 29
ELEV -31.610000
TEXT C 39.1230000,19.3360000 1 0 30
ELEV -37.500000

TEXT C 39.1230000,19.3360000 1 0 31
ELEV -37.500000
TEXT C 31.8530000,16.6890000 1 0 32
ELEV -37.500000
TEXT C 26.1170000,14.6020000 1 0 33
ELEV -42.500000
TEXT C 31.8530000,16.6890000 1 0 34
ELEV -42.500000
TEXT C 39.1230000,19.3360000 1 0 35
ELEV -47.500000
TEXT C 39.1230000,19.3360000 1 0 36
ELEV -47.500000
TEXT C 32.2090000,16.8190000 1 0 37
ELEV -51.999000
TEXT C 32.7290000,17.0080000 1 0 38
ELEV -51.999000
TEXT C 39.1230000,19.3360000 1 0 39

0
SECTION
2
ENTITIES
0
30FACE
8
0
62
5
10
0.0
20
0.0
11
8.816
21
0.0
12
3.478
22
14.666
13
-3.275
23
8.999
0
30FACE
8
0
62
5
10
0.0
20
0.0
11
8.816
21
0.0
12
3.478
22
14.666
32
-5.0
13
-3.276
23
8.999
33
-5.0
0
30FACE
8
0
62
0

5
10
8.816
20
0.0
11
20.019
21
0.0
12
12.06
22
21.867
13
3.478
23
14.666
0
3DFACE
8
0
5
62
10
8.816
20
0.0
20
0.0
30
-5.0
11
20.019
21
0.0
31
-5.0
12
12.06
22
21.867
32
-5.0
13
3.478
23
14.666
33
-5.0
0
3DFACE
8
0
62
5
10
8.816
20
0.0
20
0.0
30
-5.0
11
20.019
21
0.0
31
-5.0
12
12.06
22
21.867
32
-5.0
13
3.478
23
14.666
33
-5.0
0
3DFACE
8
0
62
5
10
20.019
20
0.0
11
27.577
21
0.001
12
17.849
22
26.725
13

8
3DFACE
0
-5.0
33
26.725
23
17.849
13
-5.0
32
29.831
22
21.55
12
-5.0
31
0.001
21
32.408
11
-5.0
30
0.001
20
27.577
10
5
62
0
8
3DFACE
0
-5.0
33
21.867
23
12.06
13
-5.0
32
26.725
22
17.849
12
-5.0
31
0.001
21
27.577
11
-5.0
30
0.0
20
20.019
10
5
62
0
8
3DFACE
0
21.867
23
12.06

0
62
5
10
27.577
20
0.001
31
-10.0
12
22.412
30.554
32
-10.0
13
17.849
23
26.725
33
-10.0
0
8
3DFACE
0
-10.0
33
26.725
32
-10.0
13
17.849
22
22.412
30.554
32
-10.0
12
22.412
31
-10.0
0.001
21
33.533
11
-10.0
30
0.001
20
27.577
10
5
62
0
32
5
10
20.019
20
0.0
30
-5.0
11
27.577
21
0.001
31
-5.0
12
17.849
22
26.725
32
-5.0
13
12.06
23
21.867
33
-5.0
0
8
3DFACE
0
62
5
10
20.019
20

0.0
30
-10.0
11
27.577
21
0.001
31
-10.0
12
17.849
22
26.725
32
-10.0
13
12.06
23
21.867
33
-10.0
0
30FACE
8
0
62
5
10
8.816
20
0.0
31
-10.0
12
12.06
22
21.867
32
-5.0
13
3.478
23
14.666
33
-5.0
0
30FACE
8
0
62
5
10
8.816
20
0.0
30
-10.0
11
20.019
21
0.0
31
-5.0
12
12.06
22
21.867
32
-5.0
13
3.478
23
14.666
33
-5.0
0
30FACE
8
0
62
5
10
8.816
20
0.0
30
-10.0
11
20.019
21

0.0
31
-10.0
12
12.06
22
21.867
32
-10.0
13
3.478
23
14.666
33
-10.0
0
3DFACE
8
0
5
10
0.0
20
0.001
30
-5.0
11
8.816
21
0.0
31
-5.0
12
3.478
22
14.666
32
-5.0
13
-3.276
23
8.999
33
-5.0
0
3DFACE
8
0
5
10
0.0
21
0.0
31
-5.0
12
3.478
22
14.666
32
-5.0
13
-3.276
23
8.999
33
-5.0
0
3DFACE
8
0
5
10
0.0
20
0.001
30
-5.0
11
8.816
21
0.0
31
-10.0
12
3.478
22
14.666
32
-10.0
13
3.478
23
12
31
-10.0
12
3.478
22
14.666
32
-10.0
13
3.478
22
12
31
-10.0
12
3.478
22

23
-3.276
13
-15.0
32
14.666
22
3.478
12
-15.0
31
0.0
21
8.816
11
-15.0
30
0.001
20
0.0
10
2
62
0
8
3DFACE
0
-10.0
33
8.999
23
-3.276
13
-10.0
32
14.666
22
3.478
12
-10.0
31
0.0
21
8.816
11
-10.0
30
0.001
20
0.0
10
2
62
0
8
3DFACE
0
-10.0
33
8.999
23
-3.276
13
-10.0
32
14.666

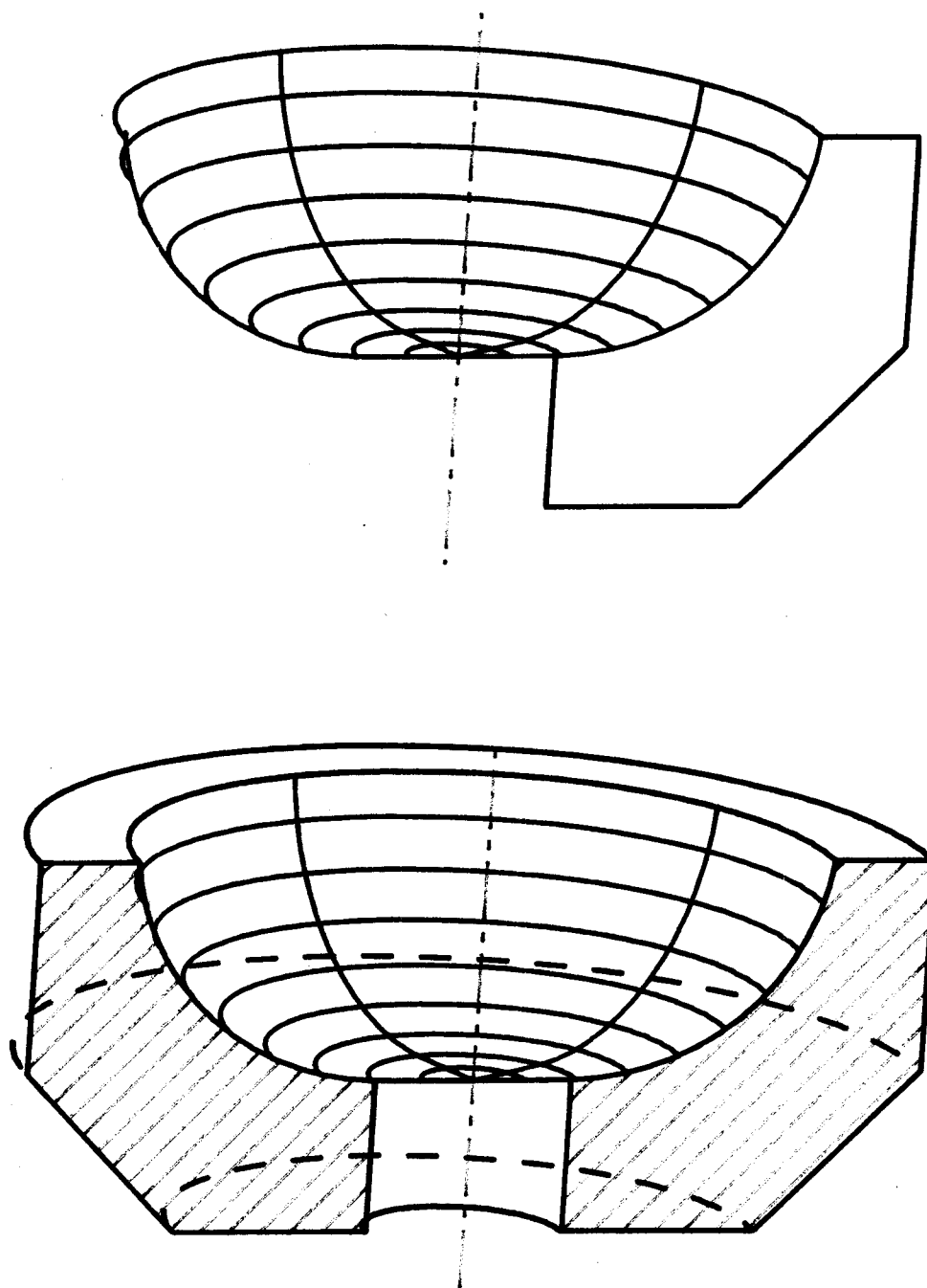
8.999
33
-15.0
0
3DFACE
8
0
62
2
10
8.816
20
0.0
30
-10.0
11
20.019
21
0.0
31
-10.0
12
12.06
22
21.867
32
-10.0
13
3.478
23
14.666
33
-10.0
0
ENDSEC
0
EOF

XY C 1	.000	8.816	.000
XY C 2	.000	20.019	.000
XY C 3	.000	27.577	.000
XY C 4	.000	32.408	.000
XY C 5	.000	27.577	.000
XY C 6	.000	20.019	.000
XY C 7	.000	8.816	.000
XY C 8	.000	.000	.000
XY C 9	.000	.000	.000
XY C 10	.000	.000	.000
XY C 11	.000	8.816	.000
XY C 12	.000	20.019	.000
XY C 13	.000	27.577	.000
XY C 14	.000	33.533	.000
XY C 15	.000	37.240	.000
XY C 16	.000	42.072	.000
XY C 17	.000	33.533	.000
XY C 18	.000	27.577	.000
XY C 19	.000	20.019	.000
XY C 20	.000	8.816	.000
XY C 21	.000	.000	.000
XY C 22	.000	.000	.000
XY C 23	.000	8.816	.000
XY C 24	.000	20.019	.000
XY C 25	.000	27.577	.000
XY C 26	.000	33.533	.000
XY C 27	.000	42.321	.000
XY C 28	.000	46.903	.000
XY C 29	.000	50.000	.000
XY C 30	.000	42.321	.000
XY C 31	.000	33.533	.000
XY C 32	.000	27.577	.000
XY C 33	.000	20.019	.000
XY C 34	.000	8.816	.000
XY C 35	.000	.000	.000
XY C 36	.000	20.019	.000
XY C 37	.000	27.577	.000
XY C 38	.000	33.533	.000
XY C 39	.000	42.321	.000
XY C 40	.000	50.000	.000
XY C 41	.000	50.000	.000
XY C 42	.000	42.321	.000
XY C 43	.000	33.533	.000
XY C 44	.000	27.577	.000
XY C 45	.000	31.082	.000
XY C 46	.000	33.533	.000
XY C 47	.000	42.321	.000
XY C 48	.000	50.000	.000
XY C 49	.000	50.000	.000
XY C 50	.000	42.321	.000
XY C 51	.000	33.533	.000
XY C 52	.000	35.146	.000
XY C 53	.000	42.321	.000
XY C 54	.000	50.000	.000
XY C 55	.000	50.000	.000
XY C 56	.000	42.321	.000
XY C 57	.000	35.888	.000
XY C 58	.000	-3.275	.000
XY C 59	.000	3.478	.000
XY C 60	.000	12.060	.000
XY C 61	.000	17.849	.000
XY C 62	.000	26.725	.000

XY C 62	21.550	29.831	-5.000
XY C 63	17.849	26.725	-5.000
XY C 64	12.060	21.867	-5.000
XY C 65	3.478	14.666	-5.000
XY C 66	-3.276	8.999	-5.000
XY C 67	-3.276	8.999	-10.000
XY C 68	3.478	14.666	-10.000
XY C 69	12.060	21.867	-10.000
XY C 70	17.849	26.725	-10.000
XY C 71	22.412	30.554	-10.000
XY C 72	25.252	32.937	-10.000
XY C 73	28.953	36.043	-15.000
XY C 74	22.412	30.554	-15.000
XY C 75	17.849	26.725	-15.000
XY C 76	12.060	21.867	-15.000
XY C 77	3.478	14.666	-15.000
XY C 78	-3.276	8.999	-15.000
XY C 79	-3.276	8.999	-20.000
XY C 80	3.478	14.666	-20.000
XY C 81	12.060	21.867	-20.000
XY C 82	17.849	26.725	-20.000
XY C 83	22.412	30.554	-20.000
XY C 84	29.145	36.203	-20.000
XY C 85	32.654	39.148	-20.000
XY C 86	35.027	41.139	-23.204
XY C 87	29.145	36.203	-23.204
XY C 88	22.412	30.554	-23.204
XY C 89	17.849	26.725	-23.204
XY C 90	12.060	21.867	-23.204
XY C 91	3.478	14.666	-23.204
XY C 92	-3.276	8.999	-22.000
XY C 93	12.060	21.867	-28.220
XY C 94	17.849	26.725	-28.220
XY C 95	22.412	30.554	-28.220
XY C 96	29.145	36.203	-28.220
XY C 97	35.027	41.138	-28.220
XY C 98	35.026	41.139	-35.000
XY C 99	29.145	36.203	-35.000
XY C 100	22.412	30.554	-35.000
XY C 101	17.849	26.725	-35.000
XY C 102	20.534	28.978	-40.000
XY C 103	22.412	30.554	-40.000
XY C 104	29.145	36.203	-40.000
XY C 105	35.026	41.139	-40.000
XY C 106	35.026	41.139	-45.000
XY C 107	29.145	36.203	-45.000
XY C 108	22.412	30.554	-45.000
XY C 109	23.647	31.591	-50.000
XY C 110	29.145	36.203	-50.000
XY C 111	35.026	41.139	-50.000
XY C 112	35.027	41.138	-53.998
XY C 113	29.145	36.203	-53.998
XY C 114	24.217	32.068	-53.998

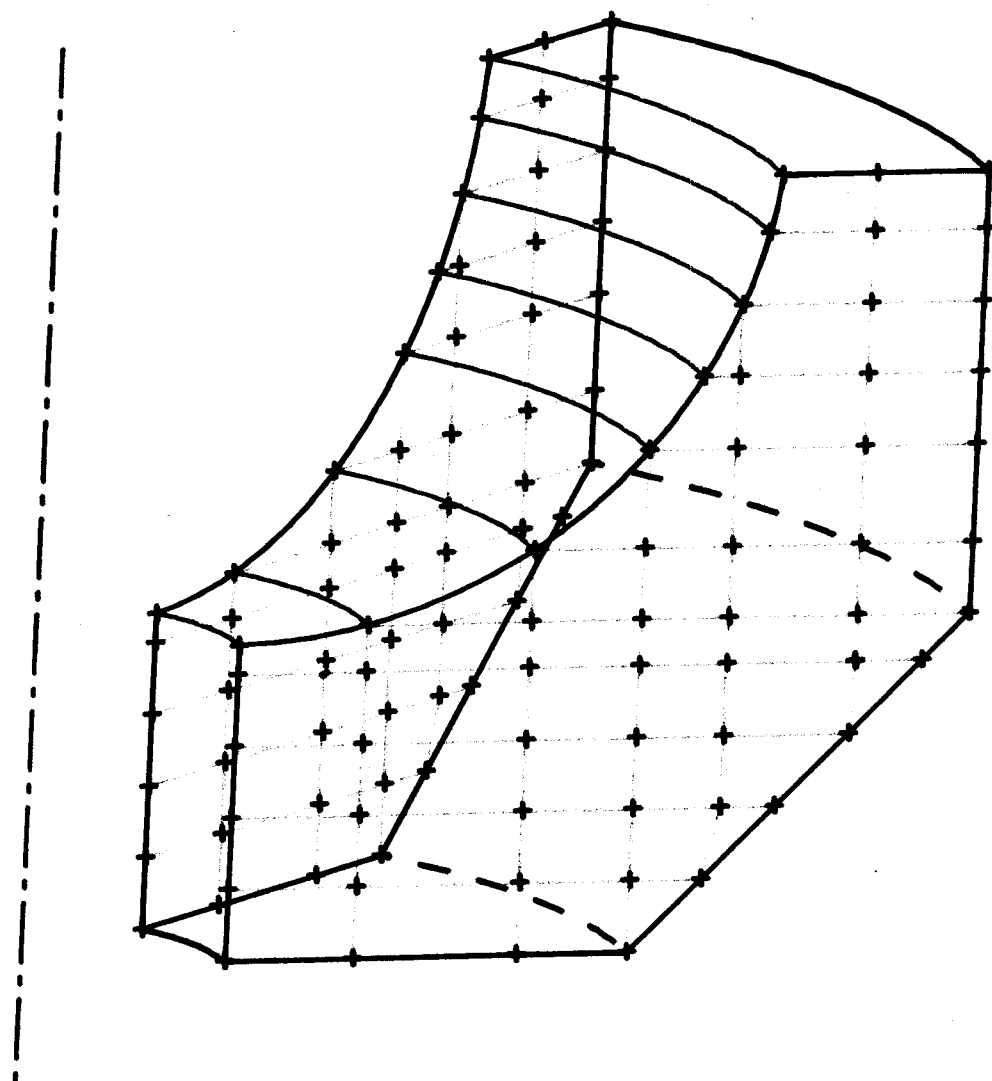
EL 156 E 1 N	1	2	59	58	9	8	65	66
EL 156 E 2 N	2	3	60	59	8	7	64	65
EL 156 E 3 N	3	4	61	60	7	6	63	64
EL 156 E 4 N	4	5	62	63	13	14	71	70
EL 156 E 5 N	5	6	63	64	12	13	70	69
EL 156 E 6 N	6	7	64	65	11	12	69	68
EL 156 E 7 N	7	8	65	66	10	11	68	67
EL 156 E 8 N	8	9	66	67	21	20	77	76
EL 156 E 9 N	9	10	67	68	20	19	76	77
EL 156 E 10 N	10	11	68	69	19	18	75	76
EL 156 E 11 N	11	12	69	70	18	17	74	75
EL 156 E 12 N	12	13	70	71	17	16	73	74
EL 156 E 13 N	13	14	71	72	16	15	72	73
EL 156 E 14 N	14	15	72	73	15	14	71	72
EL 156 E 15 N	15	16	73	74	14	13	70	71
EL 156 E 16 N	16	17	74	75	13	12	69	70
EL 156 E 17 N	17	18	75	76	12	11	68	69
EL 156 E 18 N	18	19	76	77	11	10	67	68
EL 156 E 19 N	19	20	77	78	10	9	66	67
EL 156 E 20 N	20	21	78	79	9	8	65	66
EL 156 E 21 N	21	22	79	80	8	7	64	65
EL 156 E 22 N	22	23	80	81	7	6	63	64
EL 156 E 23 N	23	24	81	82	6	5	62	63
EL 156 E 24 N	24	25	82	83	5	4	61	62
EL 156 E 25 N	25	26	83	84	4	3	60	61
EL 156 E 26 N	26	27	84	85	3	2	59	60
EL 156 E 27 N	27	28	85	86	2	1	58	59
EL 156 E 28 N	28	29	86	87	1	0	57	58
EL 156 E 29 N	29	30	87	88	0	56	55	56
EL 156 E 30 N	30	31	88	89	56	55	54	55
EL 156 E 31 N	31	32	89	90	55	54	53	54
EL 156 E 32 N	32	33	90	91	54	53	52	53
EL 156 E 33 N	33	34	91	92	53	52	51	52
EL 156 E 34 N	34	35	92	93	52	51	50	51
EL 156 E 35 N	35	36	93	94	51	50	49	50
EL 156 E 36 N	36	37	94	95	50	49	48	49
EL 156 E 37 N	37	38	95	96	49	48	47	48
EL 156 E 38 N	38	39	96	97	48	47	46	47
EL 156 E 39 N	39	40	97	98	47	46	45	46
EL 156 E 40 N	40	41	98	99	46	45	44	45
EL 156 E 41 N	41	42	99	100	45	44	43	44
EL 156 E 42 N	42	43	100	101	44	43	42	43
EL 156 E 43 N	43	44	101	102	43	42	41	42
EL 156 E 44 N	44	45	102	103	42	41	40	41
EL 156 E 45 N	45	46	103	104	41	40	39	40
EL 156 E 46 N	46	47	104	105	40	39	38	39
EL 156 E 47 N	47	48	105	106	39	38	37	38
EL 156 E 48 N	48	49	106	107	38	37	36	37
EL 156 E 49 N	49	50	107	108	37	36	35	36
EL 156 E 50 N	50	51	108	109	36	35	34	35
EL 156 E 51 N	51	52	109	110	35	34	33	34
EL 156 E 52 N	52	53	110	111	34	33	32	33
EL 156 E 53 N	53	54	111	112	33	32	31	32
EL 156 E 54 N	54	55	112	113	32	31	30	31
EL 156 E 55 N	55	56	113	114	31	30	29	30
EL 156 E 56 N	56	57	114	115	30	29	28	29

1	2.255	5.916	-2.500
2	11.093	9.133	-2.500
3	19.376	12.148	-2.500
4	25.094	14.230	-7.500
5	19.376	12.148	-7.500
6	11.093	9.133	-7.500
7	2.254	5.917	-7.500
8	2.254	5.917	-12.500
9	11.093	9.133	-12.500
10	19.376	12.148	-12.500
11	25.343	14.320	-12.500
12	30.676	16.261	-12.500
13	31.798	16.670	-17.500
14	25.343	14.320	-17.500
15	19.376	12.148	-17.500
16	11.093	9.133	-17.500
17	2.254	5.917	-17.500
18	2.254	5.916	-21.301
19	11.093	9.133	-21.602
20	19.376	12.148	-21.602
21	25.343	14.320	-21.602
22	31.853	16.689	-21.602
23	28.439	19.087	-21.602
24	39.123	19.335	-25.712
25	31.853	16.689	-25.712
26	25.343	14.320	-25.712
27	19.376	12.148	-25.712
28	25.343	14.320	-31.610
29	31.853	16.689	-31.610
30	39.123	19.336	-31.610
31	39.123	19.336	-37.500
32	31.853	16.689	-37.500
33	26.117	14.602	-37.500
34	31.853	16.689	-42.500
35	39.123	19.336	-42.500
36	39.123	19.336	-47.500
37	32.209	16.819	-47.500
38	32.729	17.008	-51.999
39	39.123	19.336	-51.999



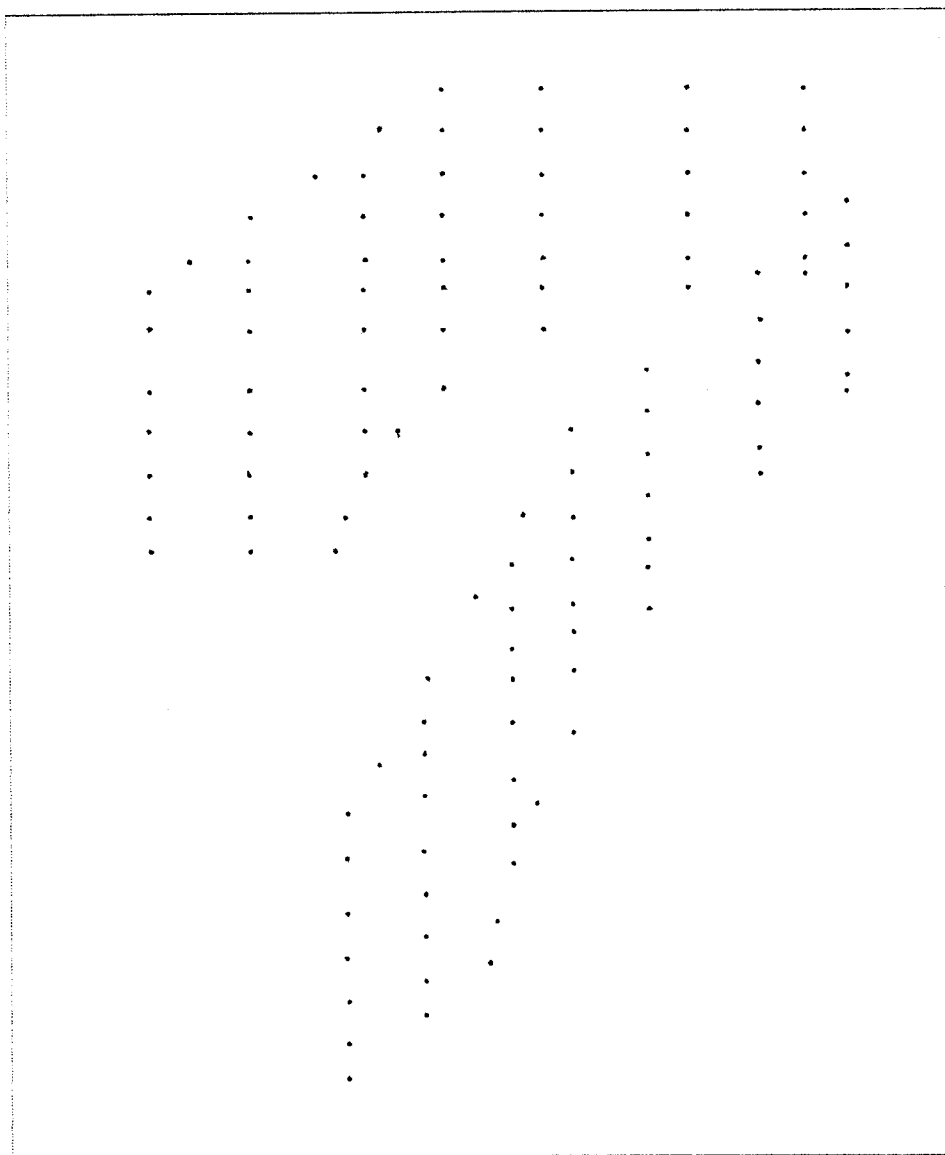
Model formy

Obr. 5.1



Rucne modelovana sit

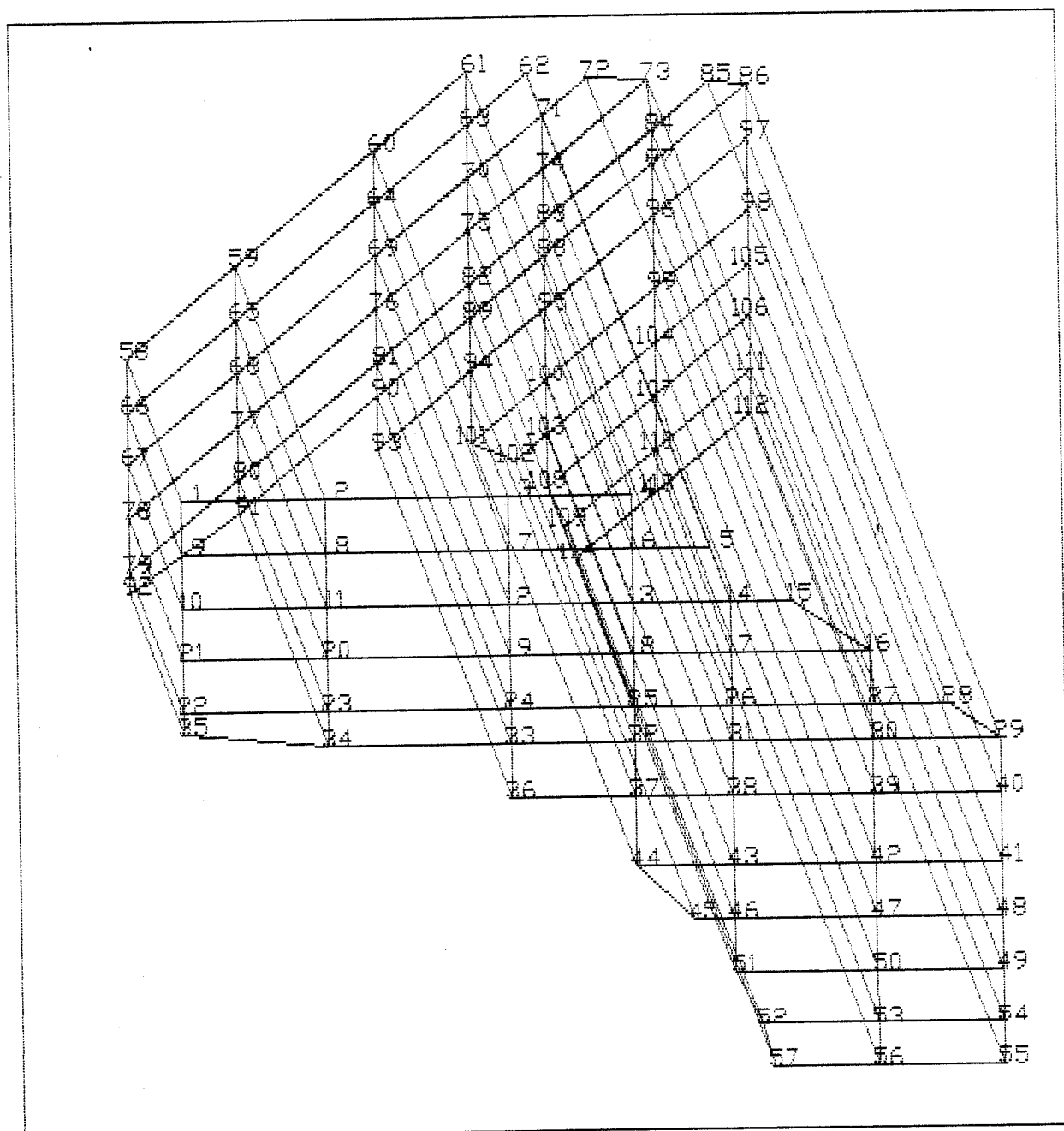
Obr. 5.2



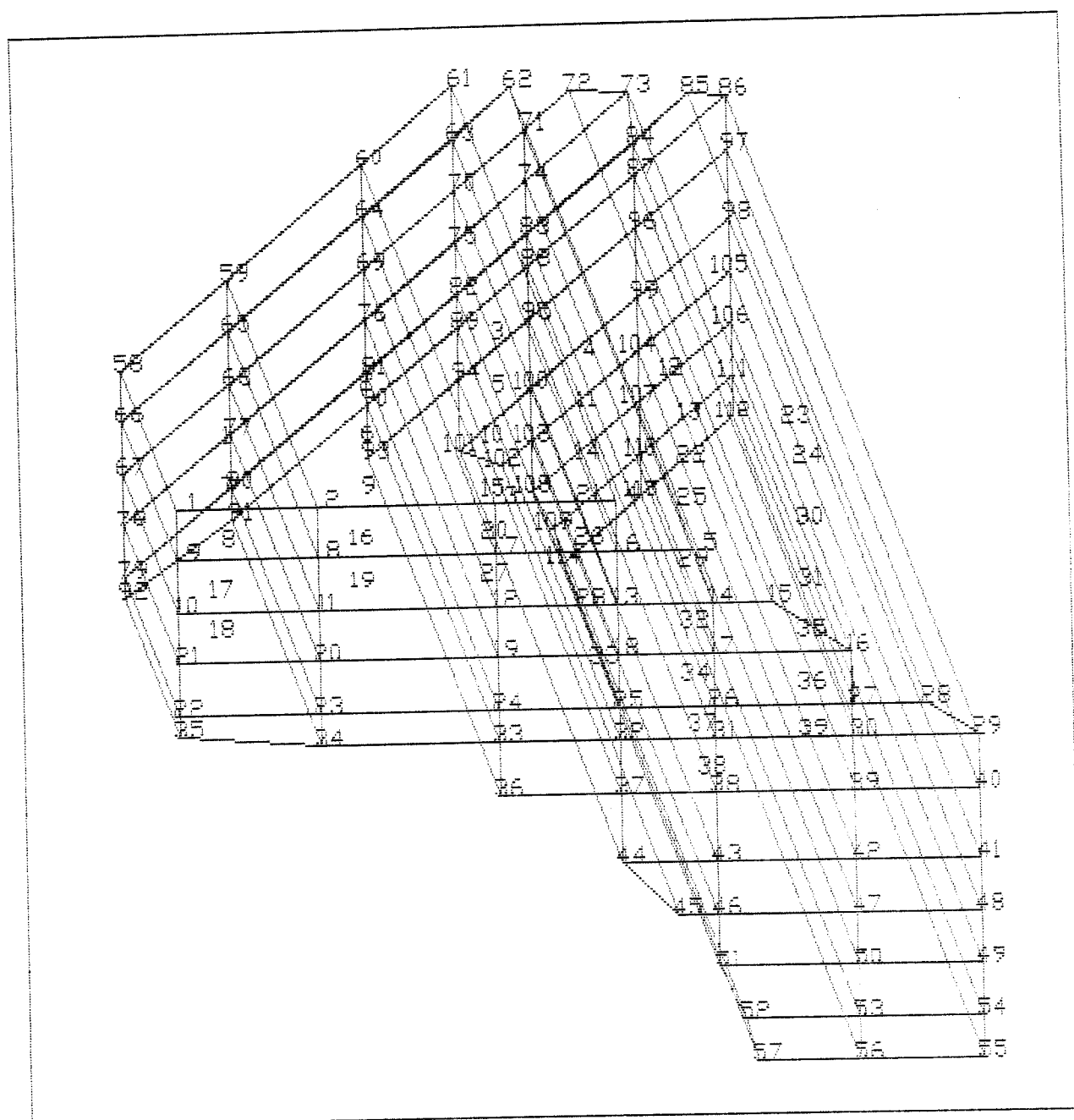
Obr. 5.3

				61	62	72	73	85	86
				63	71		84	97	
		60		70	74		97		
		64		75	83		96	98	
	59	65		82	88		99	105	
	66	76		89	95			106	
38	68	81		94	100		104	111	
66	77	90					107	112	
67		92		101	103		110		
	60			102					
78	1	31	2		108		113		
					109				
79	9		8		7	114	6	5	
92	10	11		12			13	14	15
	21	20		19			18	17	16
		23		24			25	26	27
28		34		33			32	31	30
30				36			37	38	39
									40
							44	43	42
									41
							45	46	47
									48
							51	50	49
								52	53
							57	56	55

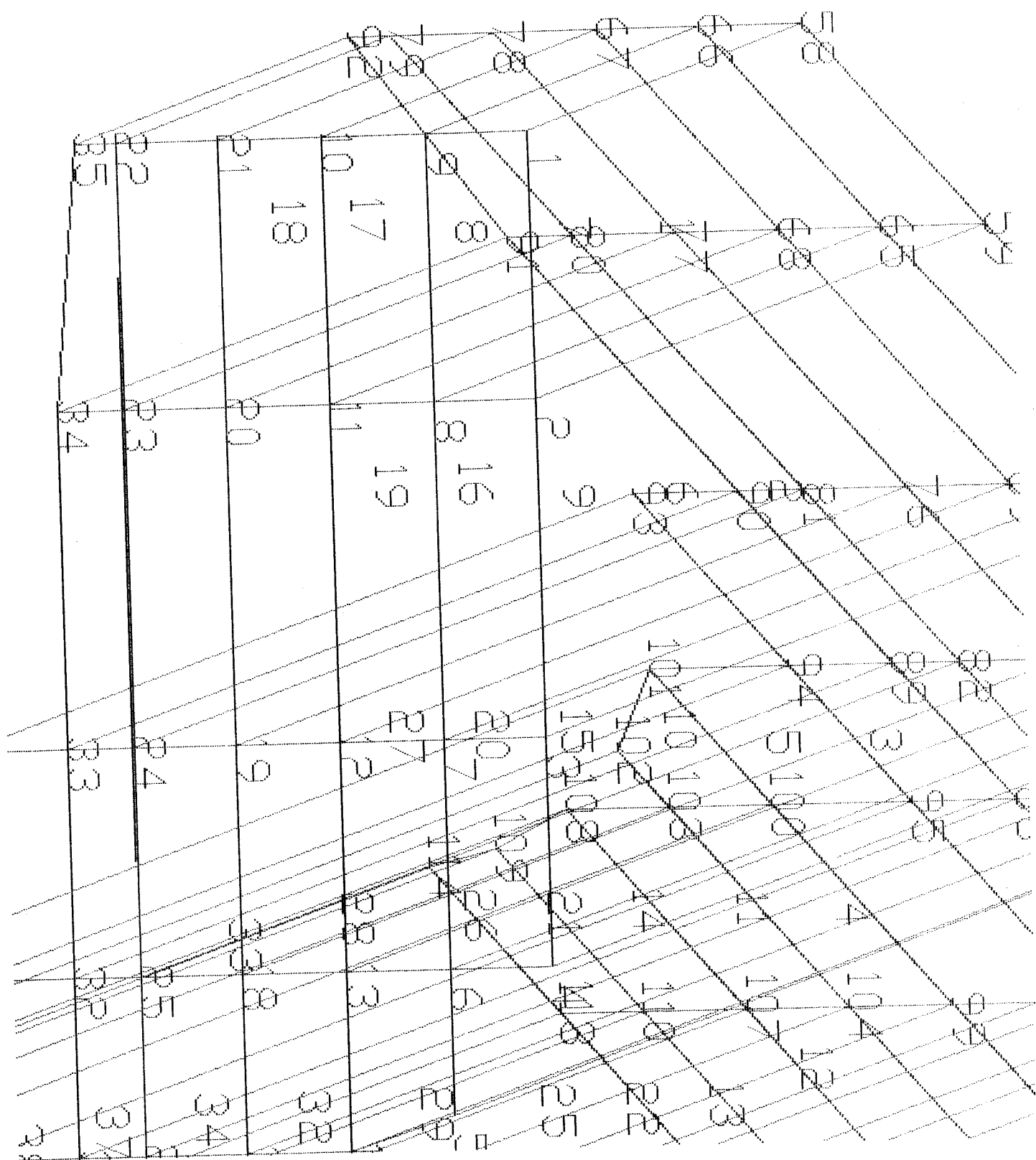
Obr.5.4



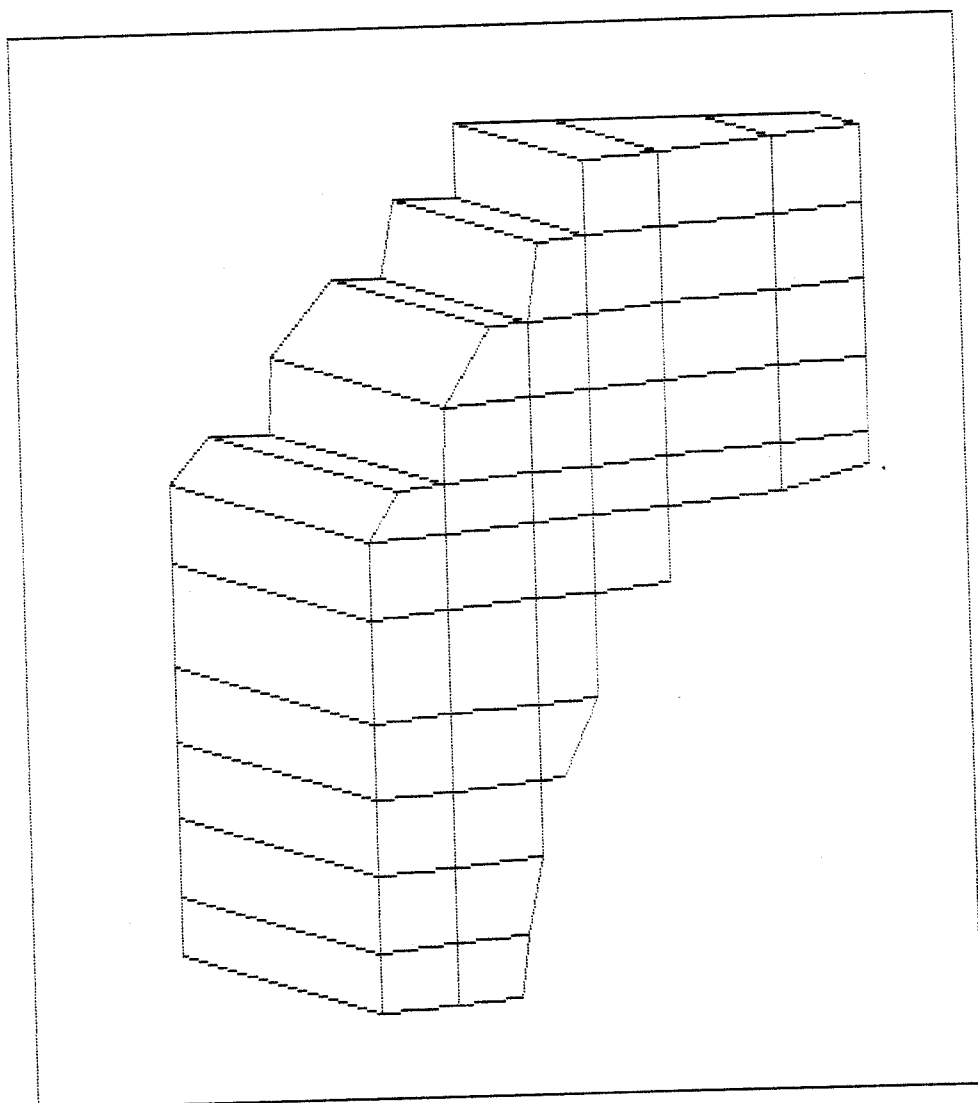
Obr.5.4



Obr.5.5



Detail obr.5.5



Obr. 5.6