

CFMFHSDTK JC NTMYBREHB EYBDTHCBNTNB

{TK YFOTHBC EAK T<BS

FK TMC FYLHT I FHVFPFYFI DBK B

NTMYJK JUBEHB JGTHFWBT<BC  
RJVGBENTHEK B LFGHJTMNT<F  
CFRJYCNHEMNJHJ\_NTMYJK JUBEHB  
VJLEK T<BC <FPFPT

*CGTWBFK J<F* 05.13.06 - VFHSDBC FDNJVFNBPT<EK B  
CBCNTVT<B

NTMYBRBC VTWYBTHT<FSF LJMNHBC CFVTWYBTHJ  
{FHBC{BC VJCFGJDT<K FL OFHVJ LUTYBK B  
LBCTHNFWBBC

**F D N J H T A T H F N B**

S<BK BCB 2004O

## FMNEFK J < F

dReisaTvis produqciis konkurentunarianobis miRwevis ZiriTad saSual ebas warmoadgens kompiuterizebul i sawarmoo sistemebis (kss) gamoyeneba, romel ic Tavis mxriv konceptual urad aerTianebs kompiuterizebul sawarmoo danadgarebs - ricxviTi programul i marTvis Carxebi, DNC, FMC, FMS sistemebi da sxv. da uzrunvel yofis kompiuterizebul sistemebis - avtomatizebul i daproeqtების sistemebi CAD, CAM, CAD/CAM, CAPP da sxv.

kss-is ZiriTad amocanas warmoadgens warmoebis swrafi gadawyobis uzrunvel yofa da mcire adami anuri resursis gamoyeneba. amis Taobaze mowmoben - harvardis universitetis gamokvl ebebi, asociaciების National Machine Tool Builder's (aSS) da Manufacturing Engineers (aSS) eqspertTa daskvnebi, aseve evropeli da iaponeli mwarmoebl ebis mraval ricxovani gamonaTqvamebi.

aRniSnul i amocanebis gadawyveta uSual od dakavSirebul ia teqnol ogiuri procesebisa da rpm Carxebis mmarTvel i programebis (mp) muSaunarianobisa da saimedobis uzrunvel yofasTan. rogorc wesi mp-is muSaunarianoba mi iRweva gamarTvis procedurebi T roml ebic xorciel deba teqnol og-programistebis mier uSual od saamqroSi. Tavis mxriv, es procedurebi warmoadgenen xangrZl iv da Zvirad Rirebul samuSaoebs da moiTxoven maRal kval ificiuri special istebis monawil eobas. amaze mi uTi Teben sawarmoo dakvirvebis Sedegebi da monacemebi, roml ebic moyvani ia T. I ol azis, Fruhwald, Colin, Beckert da sxv. avtorebis naSromebSi.

Sedegad, Tanamedrove warmoebis kompiuterizebul i teqnol ogiebi ayeneben srul iad axal moTxovnebs sawarmos teqnol ogiuri momzadebisa da kerZod, teqnol ogiuri da mmarTvel i programebis avtomatizebul i daproeqtების sistemebis mimarT, roml ebmac unda uzrunvel yon:

- 1) daproeqtების operatiul oba, rac gul isxmobs rogorc sawyisi informaciis swraf formal izacias aseve proeqtis swraf momzadebas, aprobaciasa da danergvas.
- 2) miRebul i saproeqto gadawyvetil ebis muSaunarianobas pirvel ive wardgeniT, rac xsnis aucil ebl obas - erTis mxriv Secdomebis identifikaciisa, xolo meores mxriv maTi aRmofxvrisaTvis damatebiTi procedurebis CatarebaSi.

amrigad, teqnoł oğuri procesebisa da mmarTvel i programebis avtomatizebul i daproeqtēbis teqnoł oğis srul yofa da formal izaciisa da gadawyvetil ebis miRebis axal i meTodebisa da saSual ebebis damuSaveba, warmoadgens aqtual ur amocanas.

CFVEI FJC VBPFYB

teqnoł oğuri procesebisa da rpm Carxebis mmarTvel i programebis avtomatizebul i daproeqtēbis meTodeł oğis srul yofa.

RDK TDBC FVJWFYT<B

- 1) sakonstruqtoro-teqnoł oğuri avtomatizebul i daproeqtēbis procesis sistemuri gamokvl eva
- 2) sawarmoo procesis stoqasturobis gamokvl eva
- 3) ZiriTadi teqnoł oğuri SeSfoTebebis teqnoł oğuri procesis struqturul el ementebeze gavl enis raodenobrivi anal izi
- 4) instrumentul i gadasvl ebis struqturis formal izacia da sakonstruqtoro-teqnoł oğuri modul ebis (stm) gamoyofa
- 5) sakonstruqtoro-teqnoł oğuri modul ebis bazuri simravl is gamoyofa
- 6) stm-is bazaze instrumentul i gadasvl ebis struqturul i sinTezisa da optimizaciis avtomatizebul i meTodebis damuSaveba da amocanis formal izeba.
- 7) teqnoł oğuri procesebisa da mmarTvel i programebis avtomatizebul i daproeqtēbis sistemebis arqiteqturis sistemuri gamokvl eva da obieqtze-orientirebul i arqiteqturis damuSaveba obieqtTa Sesabamisi kl asebiT.

CFVTWYBTHJ CBF{K T

- 1) pirvel ad damuSavda teqnoł oğuri procesebis avtomatizebul i daproeqtēbis meTodeł oğuri safuZvel i sam konturiani diskretul i da uwyveti adapturi marTvisaTvis.
- 2) gamoiyo gadawyvetil ebis miRebis axal i formal izmi teqnoł oğuri operaciebis avtomatizebul i sinTezisaTvis

3) დამუშავებულია ტექნოლოგიური ოპერაციების ავტომატიზებული დამოუკიდებელი სისტემების ობიექტზე-ორიენტირებული არქიტექტურა, მეთოდები, კლასები და ობიექტები.

#### GHFMNBREK B QBHT<EK T<F

- 1) დამუშავებულია საკონსტრუქტო-ტექნოლოგიური დამოუკიდებელი პროცესის კლასიფიკაცია, გამოყოფილია ცალკეული ეტაპები და ამოცანები, ტიტოეული ეტაპზე შესასვლელი და გამოსასვლელი მონაცემების სიმრავლე
- 2) დამუშავებულია ინსტრუმენტული გადასვლების ტიპური სტრუქტურები (44 სტრუქტურა)
- 3) დამუშავებულია სახარატო დამუშავების 8 ტიპური ზონა
- 4) გადამოწმებულია მიწების ინტერაქტიული პროცედურების ავტომატიზაციისათვის დამუშავდა პრედიკატებისა და ფორმალური ვესების სისტემა მწველი ინსტრუმენტისა და გადაადგილების სქემის ავტომატიზებული სერვისების ამოცანებისათვის.
- 5) საკონსტრუქტო-ტექნოლოგიური მოდულების ინტერაქტიული პარამეტრიზაციისათვის დამუშავდა ობიექტთა კლასი (37 ობიექტი) და ბაზური სამომხმარებლო ობიექტების სისტემა პროგრამა AutoCAD-თვის.
- 6) Sandvic Coromant-ის სტანდარტის ბაზაზე, მწველი ინსტრუმენტის ავტომატიზებული სინთეზისათვის, დამუშავდა ობიექტთა კლასი (34 ობიექტი) და ბაზური სამომხმარებლო ობიექტების სისტემა, პროგრამა AutoCAD-თვის.
- 7) ტექნოლოგიური მოდულების დამოუკიდებელი პროგრამებისათვის დამუშავდა ობიექტთა კლასი (9 ობიექტი).
- 8) მწველი ინსტრუმენტის გადაადგილების ტრაექტორიის სინთეზისათვის დამუშავდა ობიექტთა კლასი (149 ობიექტი) და ბაზური სამომხმარებლო ობიექტების სისტემა პროგრამა AutoCAD-თვის.

#### YFI HJVBC FGHJ <FWBF

ზირითადი სედეგები მოხსენებულ და განხილული იქნა:

- 1) შვეიცარიის ფედერალური ტექნოლოგიური უნივერსიტეტი გამართულ საერთაშორისო სიმპოზიუმზე “Tools and Methods of Competitive Engineering” 13-17 აპრილი, 2004წ. კ.ლ. ოჯანა, შვეიცარია.
- 2) გრაციის ტექნოლოგიური უნივერსიტეტი გამართულ საერთაშორისო კონფერენციაზე

”International Workshop & Project Festival on Computer Vision, Computer Graphics, New Media”  
12-13 seqtemberi, 2002w. q.graci, avstria.

- 3) huazongis teqno logiur universitetSi Catarebul saerTaSoriso simpozi umze “Tools and Methods of Competitive Engineering” 22-26 april i, 2002w. q.uhami, CineTi.
- 4) manCesteris metropol itan universitetSi gamarTul saerTaSoriso simpozi umze “Tools and Methods of Concurrent Engineering” 21-23 april i, 1998w. q.manCesteri, ingl isi.
- 5) saqarTvel os mecnierebaTa akademi aSi mowyobil saerTaSoriso simpozi umze ”Georgian Symposium for Project Development and Conversion” 15-18 mai si, 1995w. q.Tbil isi, saqarTvel o.
- 6) moskovis baumanis saxel obis teqnikur universitetSi Catarebul saerTaSoriso simpozi umze “?????????? ????????? ? ????????????????????? ?????” 28 oqtomberi-3 noemberi, 1991w. q. moskovi, ruseTi.
- 7) programul i uzrunvel yofis I respubl ikur konferencia-gamofenaze SofTEC’99 20-23 ivnisi, 1999w. q.Tbil isi.
- 8) saqarTvel os teqnikur universitetSi mowyobil samecniero-teqnikur konferenciaSi ParametricCAD’97 27-28 noemberi, 1997w. q.Tbil isi.
- 9) saqarTvel os teqnikur universitetSi mowyobil samecniero-teqnikur konferenciaSi ParametricCAD’98 20-21 oqtomberi, 1998w. q.Tbil isi.
- 10) saqarTvel os teqnikur universitetSi mowyobil samecniero-teqnikur konferenciaSi ParametricCAD’99 18-19 noemberi, 1999w. q.Tbil isi.
- 11) saqarTvel os teqnikuri universitetis `manqanaTmSenebl obis teqno logiis- kaTedris gafarToebul sxdomaze (oqmi ? 1, 10/10/2004w.)

LBCTHNFWBBC VJWEK J<F LF CNHEMNEHF

disertacia Sedgeba Sesavl isagan, eqvsi Tavis, saerTo daskvnebis, I literaturis CamonaTval isa da danarTisagan, romel ic gaformebul ia cal ke tomis saxi T. samuSao Sei cavs 311 nabeWd Tabaxs, 181 suraTs, 37 cxril sa da I literaturis CamonaTval s 214 dasaxel ebi sagan.

disertaciis I TavSi ganxil ul ia sakonstruqtoro-teqnol ogi ur daproeqtebasTan dakavSi rebul i sainJinro amocanebis Tanamedrove ganvi Tarebis tendenci ebi .

daproeqtebis procesi gamokvl eul ia sistemuri mi dgomi T, risTvisac SemoRebul ia ori zogadsistemuri Tvis eba:

- Tvis eba, romel ic axasiaTeb s nakeTobas (detal s) mTI i an anawyobSi
- Tvis eba, romel ic axasiaTeb s namzadi dan mza detal Si gadayvanis teqnol ogi ur process.

Sedegad, gamoyofil ia sakonstruqtoro-teqnol ogi uri daproeqtebis 12 mimdevrobiTi etapi, romel Tagan pirvel i 5, miRebul ia I sistemuri Tvis ebiT, xol o danarCeni 7, me-2 Tvis ebiT:

- etapi 1: winasaproeqto kvl eva
- etapi 2: geometriul i model ireba
- etapi 3: funqcional uri model ireba
- etapi 4: sainJinro anal izi
- etapi 5: naxazebis momzadeba
- etapi 6: sawyisi namzadis SerCeva
- etapi 7: principial uri sqemis gansazRvra
- etapi 8: marSrutis daproeqteba
- etapi 9: operaciis daproeqteba
- etapi 10: gadasvl is daproeqteba
- etapi 11: mmarTvel i programebis momzadeba
- etapi 12: mmarTvel i programebis gamarTva.

TiToeul i etapisatvis gansazRvrul ia proeqtirebis amocanebi, aseve Sesasvl el i da gamosasvl el i parametrebis simravle.

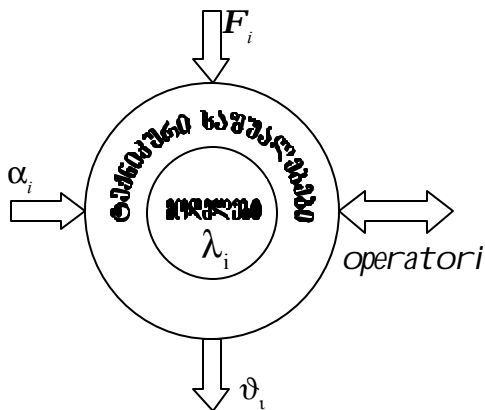
Sedeg moyvanil ia gadawyvetil ebis miRebis avtomatizebul i meTodebis mimoxil va sakonstruqtoro-tqnol ogi uri daproeqtebis TiToeul etapze. danarTSi moyvanil ia Sesabamisi avtomatizebul i daproeqtebis si temebis (ads) mimoxil va.

Sedegad gakeTebul ia daskvna daproeqtebis iteraciul i bunebis Seasaxeb da moyvanil ia procesis informaciul i struqtura pirdapiri da uku kavSi rebis CvenebiT.



gadawyvetil ebis mi Rebis maTematikuri model ebi ( $\lambda_i$ ) roml ebic axorciel eben Sesasvl el i monacemebis gadayvanas gamosavl el monacemebSi  $I_i : (f_i, a_i) \Rightarrow J_i$ , teqnikuri saSual ebebi (ts) da operatori romel ic teqnikuri saSual ebebi T manipuli rebs  $F_i, \alpha_i, \vartheta_i, \lambda_i$ -ze.

amrigad, saSual edo saproeqto gadawyvetebis muSaunarianoba damoki debul ia:



- 1) Sesasvl el i monacemebis sizusteze ( $F_i$ )
- 2) ( $\alpha_i$ )-s sizusteze
- 3) model ebis sizusteze ( $\lambda_i$ )
- 4) teqnikuri saSual ebebis umtyuno muSaobaze
- 5) operatoris kvalifikaciaze da uSecdomo muSaobaze.

Sesasvl el i monacemebis uzustobebi ganpirobebul ia daproeqtebis wina etapze daSvebul i Secdomebi T, xolo  $\alpha_i$ -is uzustobebi ganpirobebul ia SeSfoTebebis moqmedebi T anu parametrebis mocemul i  $\alpha'_i$  da faqtiuri  $\alpha''_i$  mniSvnelobebis sxvaobi T

$$\Delta a_i = |a'_i - a''_i|$$

formaluri msjel obiT, uzustobebi daSvebul i (i-1) daproeqtebis etapze gadaecema i etaps da maTi gamovl ena i-ur etapze ufro Znel ia vidre (i-1) etapze, Sesabamisad, rac ufro `gvian-xdeba Secdomis aRmoCena miT ufro izrdeba droisa da saSual ebebis danaxarjebi mis gasworebaze. amastan dakavSirebiT gansakuTrebul interes warmoadgens ricxviti programuli Carxis mmarTvel i programebi (mp), vinaidan mp warmoadgens sakonstruqtoro-teqnologiuri daproeqtebis saboloo dokumentis da rogorc Sedegi masSia Tavmoyril i yvela uzustoba, romel ic daSvebul ia daproeqtebis wina etapebze.

mp-Si Secdomebis aRmoCena da gasworeba moitxovs rpm Carxebze gamarTvis operaciebis Sesrul ebas da warmoadgens mraval iteraciul process, romel sac TanerTvis mp-s calkeul i fragmentebis mravaljeradi sacdeli gaSvebebi, sakontrolo gazomvebi, Secdomebis gamovl enisa da Sesworebis procedurebis Sesruleba.

Sedegad, mp-s gamarTva warmoadgens rTul, xangrZiliv da ZviradRirebul operacias. germanელი მწარმოებლები Tanaxmad, mp-s gamarTvaze modის teqnologiური მოწყობილობების gadawyobis samTelis samuSaoebis 80%. Sedegები მიRebul ia 800 gadawyobის procesის analიზის Sedegad. ამერიკული სტატისტიკური კომპანია Dun & Bradstreet-ის Tanaxmad, ამერიკელი მწარმოებლები yovel wl იურად ხარჯავენ 1.8 მლ რდ. დოლარს mp-Si Secdomebis



aRmosafxvrel ad.

mp-Si Secdomebis intensiobis anal izma cxadyo, rom Zi riTadi nawil i (57%) modis e.w. gauTval iswinebel Secdomebze  $Y_1$ , romel ic Tavis mxriv ganpi robebul ia SeSfoTebebi T da kerZod sxvaobiT teqno logiuri sistemis - Carxi  $Y_c$ , samarjvi  $Y_s$ , instrumenti  $Y_i$ , detal i/namzadi  $Y_n$ , (Csid) parametrebis faqtiursa da gegmiur mniSvnel obebs Soris

$$Y_1 = Y_c + Y_s + Y_i + Y_n = 12\% + 9\% + 9\% + 27\% = 57\%$$

xol o, danarCeni 43% modis prognozirebad Secdomebze, roml ebic dakavSi rebul ia  $Y_m$  - daproeqtebis mimdinare etapze gadawyvetil ebis miRebis model ebis uzustobasTan,  $Y_{ses}$  - wi namorbedi etapebis model ebis uzustobebze, romel ic rogorc Sedegi ganapi robebs mcdar saSual edo gadawyvetebis da Sesasvl el i monacemebis uzustobebis mp-s daproeqtebis,  $Y_{op}$  - operatoris Secdomebi,  $Y_{ts}$  - teqnikiuri saSual ebebis Secdomebi

$$Y_2 = Y_m + Y_{ses} + Y_{op} + Y_{ts} = 29\% + 11\% + 2\% + 1\% = 43\%$$

amasTan dakavSi rebi T, Catarebul iqna Zi riTad teqno logiur SeSfoTebebis - namatisa da namzadis sisal is aramdgradobis, anal izi. gamokvl evebi Catarebul iqna 3 damouki debel i mimarTul ebis T - sacnobar masal is, sawarmoo monacemebis da l iteraturul i wyarobebis mimoxil vi T.

Sedegad dadginda, rom namatis arastabil uroba Tanazomadia gavl aze daniSnul Wris sirRmis mniSvnel obasTan, xol o sisal is gabnevam SeiZl eba Seadginos saSual o mniSvnel obis 45%. maSasadame, keTdeba daskvna imis Sesaxeb, rom meqanikuri damuSavebis sawarmoo procesi warmo adgens stoqastur process da rom teqno logiur SeSfoTebaTa moqmedeba, roml ebic ganapi robeben gauTval iswinebel Secdomebs mp-Si, aris mniSvnel ovani.

Semdgom Catarebul ia SeSfoTebaTa kompensaciis arsebul i meTodebis urTierTSedareba da dasabuTebul ia adaptirebadi model ebisa da maT safuZvel ze agebul i adapturi sistemebis gamoyenebis mizanSewonil oba. aseTi sistemebi saSual ebas iZl evian moxdes SeSfoTebaTa kompensacia rogorc drois real ur masStabSi aqtiuri kontrol is sistemebis gamoyenebi T, aseve uSual od damuSavebis dawyebis win, Sesasvl el i kontrol is informaciis safuZvel ze. Sedegad, SesaZl ebel ia, teqno logiuri procesis sinTezis nawil i amocanebis gadatana warmoebis teqno logiuri momzadebis stadiidan damuSavebis stadiaze da Tavi dan acil ebul iqnas stoqastizmis gavl ena sakonstruqtoro-teqno logiur daproeqtebis procesze.

disertaciis me-3 TavSi mocemul ia teqnoI ogiuri SeSfoTebbis gavI enis raodenobrivi anal izi Wris reJimebze, mWrel i instrumentis gadaadgil ebis traeqtoriis geometriul parametrebze, gadaadgil ebis sqemaze da mWrel i instrumentis SerCevis pirobebze.

anal izi Catarebul iqna praqtikaSi SedarebiT farTod gavr cel ebul i, saxarato damuSavebis 5 variantisaTvis:

I varianti : namzadi - fol adi 45, sisal eHB180, cil indrul i 100mm; instrumenti - T15K6;

dasaSvebi Wris Zal ebi -  $[P_z]=300\text{kgs}$   $[P_y]=40\text{kgs}$

II varianti: namzadi - ??437B, sisal eHB260, cil indrul i 100mm; instrumenti - BK8;

dasaSvebi Wris Zal ebi -  $[P_z]=300\text{kgs}$   $[P_y]=70\text{kgs}$

III varianti: namzadi - BT-4, sisal eHB200, cil indrul i 100mm; instrumenti - T15K6;

dasaSvebi Wris Zal ebi -  $[P_z]=300\text{kgs}$   $[P_y]=70\text{kgs}$

IV varianti: namzadi - D16T, sisal eHB100, cil indrul i 100mm; instrumenti - T15K6;

dasaSvebi Wris Zal ebi -  $[P_z]=300\text{kgs}$   $[P_y]=70\text{kgs}$

V varianti: namzadi - K418-36, sisal eHB170, cil indrul i 100mm; instrumenti - BK8;

dasaSvebi Wris Zal ebi -  $[P_z]=250\text{kgs}$   $[P_y]=70\text{kgs}$

SefasebisaTvis gamoyenebul iqna SeSfoTebis moqmedebisas parametris koreqciis SedarebiTi efeqturobis kriteriumi. kerZod, Wris reJimebis damokidebul ebis anal izisas

gvaqvs  $y_s = \left( \frac{S_k}{S_0} - 1 \right) \cdot 100\%$  - miwodebis koreqciis efeqturobis Sefasebisas, xol o

$y_v = \left( \frac{V_k}{V_0} - 1 \right) \cdot 100\%$  Wris siCqaris koreqciis efeqturobis anal izisas. sadac, indeqsi

“k” gamoxatavs parametris mniSvnel obas koreqciis Semdeg, xol o indeqsi “o”, koreqci amde. anal ogiurad, gadaadgil ebis traeqtoriisa da sqemis koreqciis efeqturobis

SefasebisaTvis gamoyenebul iqna  $y = \left( \frac{Q_k}{Q_0} - 1 \right) \cdot 100\%$  kriteriumi, sadac  $Q_0$  da  $Q_k$

gamoxataven danaxarj ebs damuSavebaze Sesabami sad koreqci amde da koreqciis Semdeg.

Sedegad gamoiyo raodenobrivi anal izis muSa model ebi, roml ebiC gamoxataven damuSavebis tipiur SemTxvevebs. nebi smieri Wris Zal is SezRudvis moqmedebisas  $[P_x]=Const,$

$[P_y]=Const, [P_z]=Const$  miwodeba  $S$  Zl ieraa damokidebul i Wris siRrmis cvl il ebaze

$f = \left( \frac{t_k}{t_0} - 1 \right) \cdot 100\%, [HB]=Const$  SemTxvevaSi, rac ar Seini Sneba Wris siCqaris aTvis  $V$ .

simZl avris SezRudvis moqmedebis as  $[N]=Const$ ,  $S$  da  $V$  arian Zl ier damokidebul i  $?_i$ -ze, aseve Zl ieri damokidebul eba iqna aRmoCeni l i  $[P_z]$  da  $[N]$  aqtiuri SezRudvebis as  $[P_z N]=Const$ , xol o zedapiris simqisis SezRudvis moqmedebis as  $[R_z]=Const$ , Wris reJimebi sustad arian damokidebul i  $?_i$ -ze.

namzadis sisal is cvl il ebis as  $f = \left( \frac{HB_k}{HB_0} - 1 \right) \cdot 100\%$  da Wris siRrmis mudmi vobis as  $t=const$  - Wris Zal is SezRudvebis dros  $[P_x]=Const$ ,  $[P_y]=Const$ ,  $[P_z]=Const$ ,  $S$  da  $V$  Zl ier arian damokidebul ni  $?_{HB}$ -ze. igive SeiZl eba iTqvas danarCeni SemTxvevebisTvisac - roca aqtiuria  $[R_z]=Const$ ,  $[N]=Const$  da erTdroul ad  $[P_z N]=Const$ .

traeqtoriis geometriul i parameterbis SeSfoTebze damokidebul ebis anal izis as ganxil eboda ori SemTxveva: I - Wris siRrmis cvl il ebis as Wris reJimebis koreqcia traeqtoriis koreqciis gareSe da II - Wris siRrmis cvl il ebis as Wris reJimebis koreqcia traeqtoriis koreqci asTan erTad.

Sedegad, yvel a SezRudvis aTvis garda medegobis a  $[T]=Const$ , gamovl enil iqna Wris siRrmis iseTi kritikul i mniSvel obebi roml is Semdegac koreqciis efeqturoba  $y$ , mkveTrad mci rdeba, xol o traeqtoriis koreqciis as (me-2 versia), aseTi ubnebi ar SeiniSneba radganac SeSfoTeba nawil deba xel axl a gadaTvl il gavl ebze da rogorc Sedegi faqtiuri Wris siRrme, mniSvel ovani SeSfoTebbis drosac ki, ar mci rdeba im zRvramde, roml is iqi Tac SeiniSneba kritikul i ubnebi.

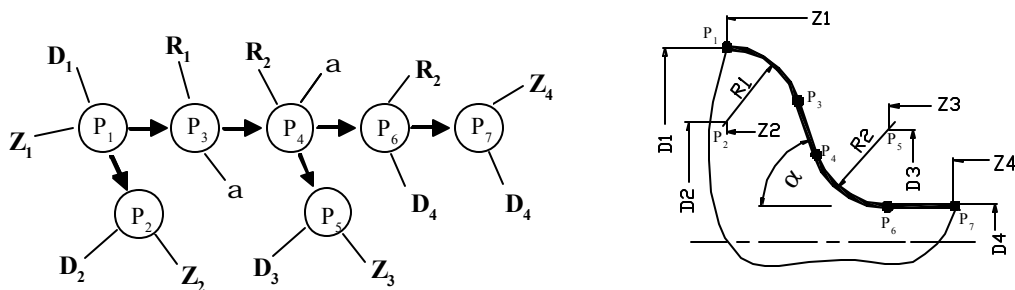
rac Seexeba instruments, namzadis sisal is gabneva (maT Soris mniSvel ovani) umniSvel od, 10-15%-is fargl ebSi moqmedebis normal uri burbuSel is warmoqmni spirobaze. aseve umniSvel oa namatis cvl il ebis gavl ena gadaadgil ebis sqemis koreqciis efeqturobaze.

amrigad, keTdeba daskvna, rom amocanebi, roml ebic dakavSi rebul ia Wris reJimebis a da traeqtoriis geometriul i parametrebis gamoTvl asTan gadatani l unda iqnan warmoebis teqnol ogiuri momzadebis stadiidan damuSavebis stadiaze da maTi gadawyvetisaTvis gamoyenebul unda iqnan adaptirebadi model ebi, xol o danarCeni amocanebis gadawyveta unda ganxorciel des warmoebis teqnol ogiuri momzadebis stadiaze da maTTvis gamoyenebul unda iqnan determinirebul i model ebi.

damuSavebas sakonstruqtoro-teqno logiuri modul ebis (stm) saxiT.

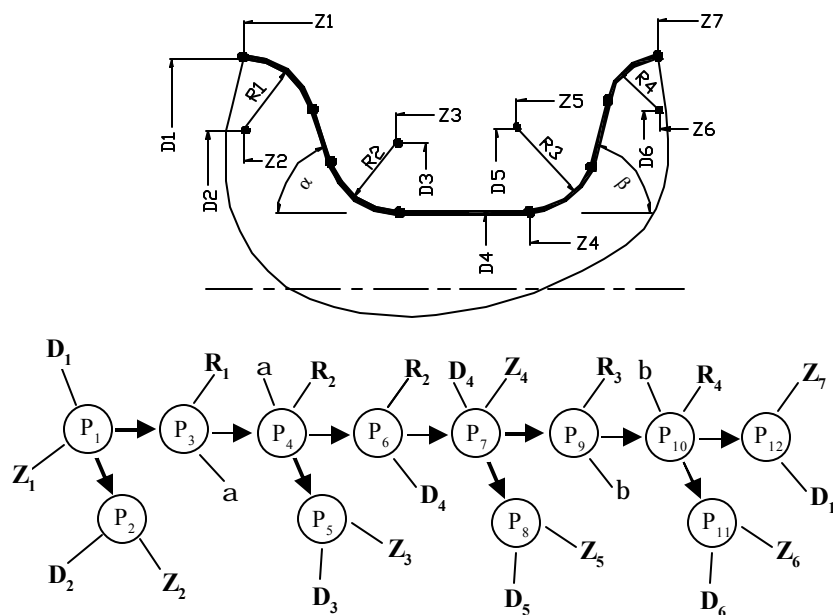
tp-s sinTezis amocanis zemoT moyvanil i gayofis Tanaxmad, aucil ebel ia ganxorciel des model ebis formal izeba instrumentul i gadasvl is struqturis doneze. amasTan, Tavdapirvel ad ganxorciel da damuSavebis zonebis tipizacia da damuSavda ori geometriul i struqtura: *STHO* - naxebradRia safexuri da *STCL* - daxurul i safexuri.

*STHO* safexuris parametrizaciis sqema (nax.2) da struqturul i formul a  $STHO = \{P_1 \wedge (C_1 \vee L_1 \vee C_2) \vee L_2\}$ , romel ic axasiaTebis mis sistemur Tvisebebs, saSual ebas iZl eva miviRoT 16 kerZo struqtura da 58 kerZo modifikacia, roml ebic arweril ia disertaciis danarTSi.



nax.2

*STCL* safexuris parametrizaciis sqema (nax.3) da struqturul i formul a  $STCL = \{P_1 \wedge (C_1 \vee L_1 \vee C_2) \vee L_2 \wedge (C_3 \vee L_3 \vee C_4)\}$  saSual ebas iZl eva miviRoT 128 kerZo struqtura da 1798 modifikacia.



nax.3

Sedegad, *STHO* da *STCL* struqturabis safuzvel ze miRebul iqna saxarato damuSavebis 8 tipiuri zona:

$$Z_{HO}^E = \mathbf{y}(STHO) \quad - \text{naxevradRia gare zona}$$

$$Z_{HO}^I = \mathbf{y}(|STHO|_{180^\circ}) \quad - \text{naxevradRia Sida zona}$$

$$Z_{CL}^E = \mathbf{y}(STCL) \quad - \text{daxurul i gare zona}$$

$$Z_{CL}^I = \mathbf{y}(|STCL|_{180^\circ}) \quad - \text{daxurul i Sida zona}$$

$$Z_{CL}^P = \mathbf{y}(|STCL|_{90^\circ}) \quad - \text{daxurul i torcul i zona}$$

$$Z_{OP}^E = \mathbf{y}(|STCL|_{180^\circ}) \quad - \text{Ria gare zona}$$

$$Z_{OP}^I = \mathbf{y}(STCL) \quad - \text{Ria Sida zona}$$

$$Z_{OP}^P = \mathbf{y}(|STCL|_{270^\circ}) \quad - \text{Ria torcul i zona.}$$

instrumentul i gadasvl is iseTi el ementebi rogoricaa mWrel i instrumenti da instrumentis gadaadgil ebis sqema sakmarisi sistrul iT aris tipizebul i da sasurvel i simravl e SeiZl eba dadgenil iqnas sacnobaro-normatiul i da sawarmoo masal ebi dan. amitom stm formal izmis damuSavebis Semdeg etaps Seadgens Wris reJimebis gamoTvl is muSa model ebis gamoyofa. muSa model i warmo adgens ori faqtoris erTobl i obas, romel Taganac erTi aris miwodebis  $[S]$ -is funqcia, xol o meore ki Wris siCqaris  $[V]$ -s funqcia.

faqtorebis sistemizaci is mi zni T damuSavebul iqna kl asifikacia, romel Sic erTis mxriv moyvanil ia teqnol ogiuri sistemis Csid el ementebi, xol o meores mxriv masTan asoci rebul i faqtorebi - geometria, sixiste, cveTa, kinematika da datvirTva. Sedegad miRebul iqna faqtorebis 20 j gufi (cxril i 1). TiToeul i j gufisaTvis Sesabamisi empiriul i formul ebi miRebul iqna sacnobaro-normatiul i da Semdegi avtorebis

cxril i 1

	X	C	B	L
UTJVTNHBF	$L_{?-?}$	$L_{?-?}$	$L_{?-?}$	$L_{?-?}$
CB{BCNT	$L_{?-?}$	$L_{?-?}$	$L_{?-?}$	$L_{?-?}$
WDTSF	$L_{?-?}$	$L_{?-?}$	$L_{?-?}$	$L_{?-?}$
RBYTVFNBRF	$L_{?-?}$	$L_{?-?}$	$L_{?-?}$	$L_{?-?}$
LFNDBHSDF	$L_{?-?}$	$L_{?-?}$	$L_{?-?}$	$L_{?-?}$

literaturul i wyaroebidan - granovski, bobrovi, l ol aze, isaevi, tverskoi, kovani, kapustini, gJirovi, komisarovi, val ikovi.

Sedegad mi Rebul iqna 33 faqtorisgan Semdgari srul i simravl e, romel ic aRweril ia disertaciis danarTSi. Semdgom amisa faqtorebi iqna ganTesi l i da daj gufebul i [S] da [V] parametrebis mimarT mgrZnobi arobis mi xedvi T:

$$\begin{aligned} \text{j gufi [V]} &= \{ L^1_{2,2} \} \\ \text{j gufi [S]} &= \{ L^2_{2,2}; L^7_{2,2}; L^8_{2,2}; L^1_{2,2}; L^1_{2,2}; L^4_{2,2}; L^1_{2,2}; L^4_{2,2}; L^5_{2,2}; L^1_{2,2} \} \\ \text{j gufi [VS]} &= \{ L^1_{2,2}; L^4_{2,2}; L^1_{2,2}; L^1_{2,2}; L^2_{2,2} \} \end{aligned} \quad (1)$$

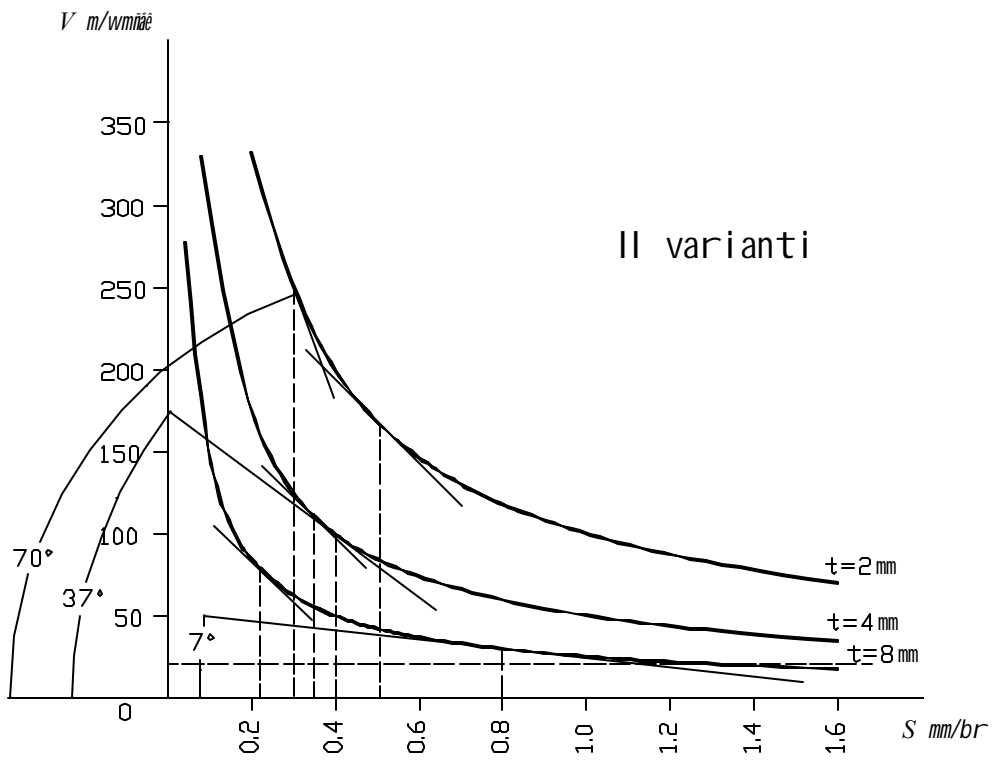
[S] j gufSi arsebul i faqtorebi SeiZl eba gamoxatul i iqnan  $S_o$  zRvrul i mniSvnel obis saSual ebiT. anal ogiurad,  $V_o$  -iT SeiZl eba gamoxatul i iqnan [V] j gufSi Semaval i faqtorebi. maSasadame SesaZl ebel ia faqtorebis dawvyil eba [VS] j gufidan,  $V_o$  da  $S_o$  parametrebTan da aseve [VS] j gufis SigniT. Tumca aseT SemTxvevaSi SesaZl ebel ia iseTi muSa model ebis miReba, roml ebic an ver asaxaven real urad arsebul damuSavebis pirobebs, an axl os iqnebian erTkonturian marTvasTan da rogorc Sedegi iqnebian araefecturebi. ami tom aucil ebel ia [VS] j gufSi Semaval i faqtorebis ganTesva. ganTesvis kriteriumberad miRebul ia -  $VxS$  sibrtyeze faqtoris Sesabamisi mrudis orientacia (kuTxe  $\beta$ ) da faqtoris mdgradoba, romel ic gamoxatavs faqtoris unars darCes j gufis SigniT  $S$ -is mniSvnel obebis gabnevisas.  $\beta$ -s mniSvnel obebi gamoTvl il ia wertil ebSi roml ebic axl osaa optimal urTan. isini Seesabameba granovskis mier aRweril sacdel - eqsperimental ur monacemebs - winaswari, operaciaTaSorisi da suFTad damuSavebi saTvis.

dadgenil ia, rom faqtori  $L^1_{2,2}$ ,  $N = \frac{V \cdot P_Z}{6120}$  - Carxis mTavari amZravis simZl avre,

romel ic damaxasiaTebel ia Savad damuSavebi saTvis, gansakuTrebi T mgrZnobi area  $V$  parametris mimarT -  $0 \leq \beta \leq 45^\circ$  (max.4). faqtoris mdgradobac aseve maRal ia.

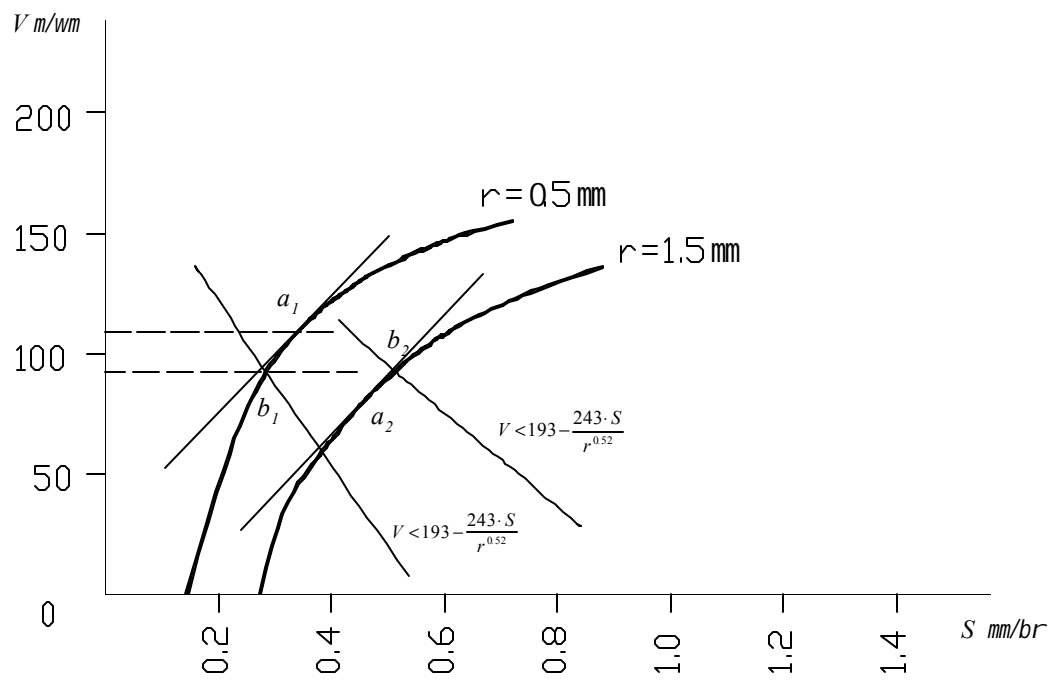
faqtori  $L^4_{2,2}$ , damuSavebul i zedapiris simqise, gansakuTrebi T mgrZnobi area  $S$  parametris mimarT - Wris siCqareTa di apazonSi  $10 < V < 193 - \frac{243 \cdot S}{r^{0.52}}$  (max.5).

faqtori  $L^1_{2,2}$ ,  $V = \left[ \frac{Q \cdot F}{C \cdot l_p \cdot s_\gamma \cdot (t \cdot S)^{0.75}} \right]^2$  gamoxatavs instrumentis wveros



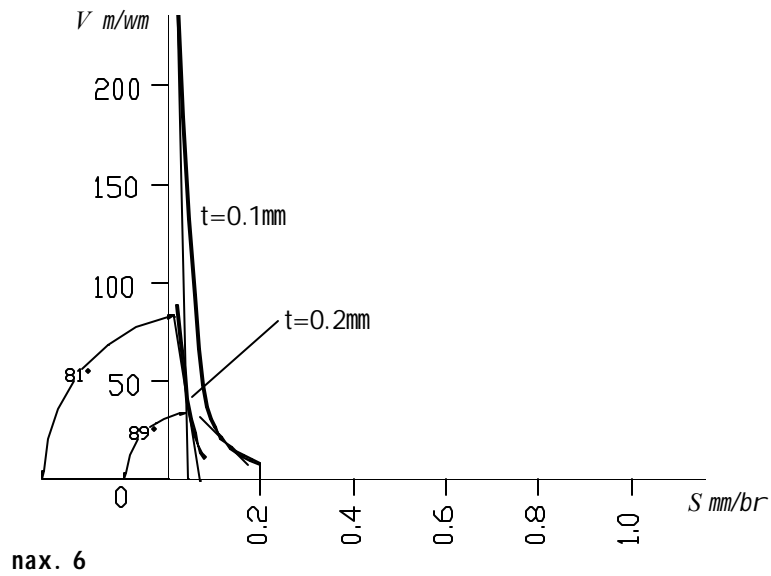
$K_{t=2} = 70\%$   $K_{t=4} = 13\%$   $K_{t=8} = 73\%$

max. 4



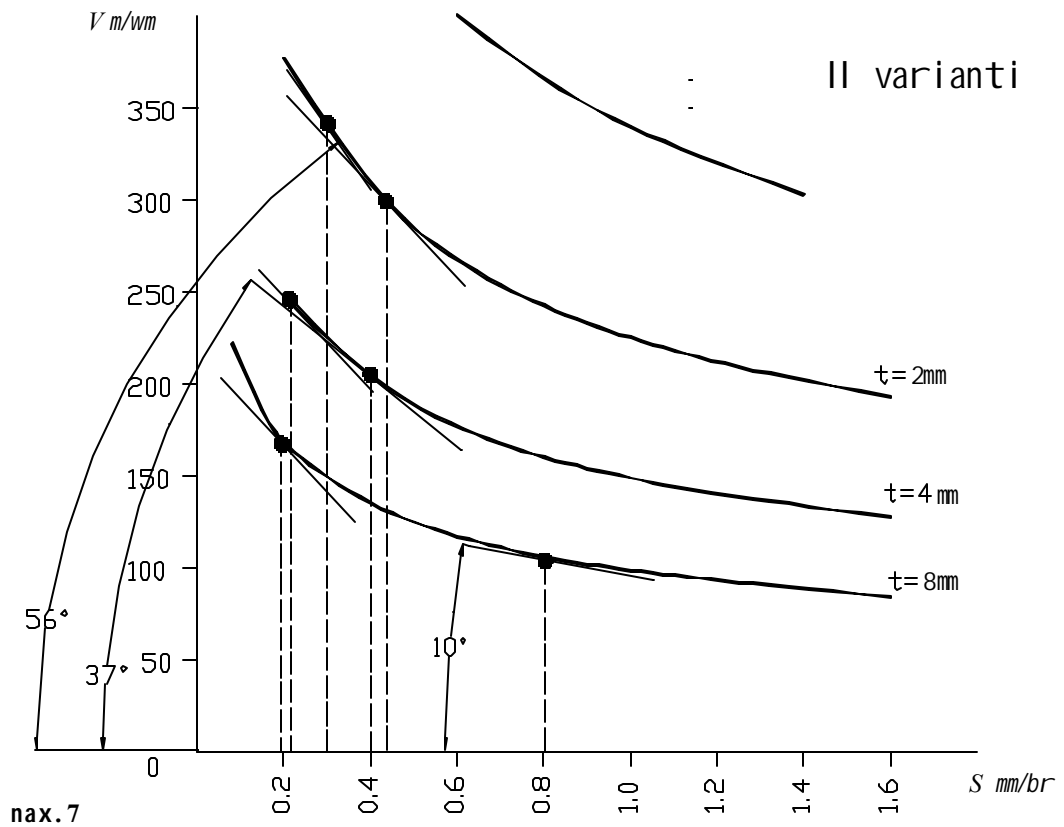
max. 5

Tbur deformacias si Tburi bal ansis wonasworobis dadgomamde. Tanaxmad gamokvl ebebi sa, faqtori SesaZl ebel ia iyos aqtiuri mxol od mcire Wris kveTebis SemTxvevaSi (nax.6) da aris gansakuTrebi T mgrZnobiare S parametris mimarT.



faqtori  $L^2_{2-2}$ , 
$$V = 10 \cdot p \cdot D \cdot \frac{l_2}{L} \cdot \sqrt{\frac{[F] \cdot g}{C_{P_x} \cdot S^{b_x} \cdot t^{g_x} \cdot HB^{n_x} \cdot r}}$$
 - saki srebze

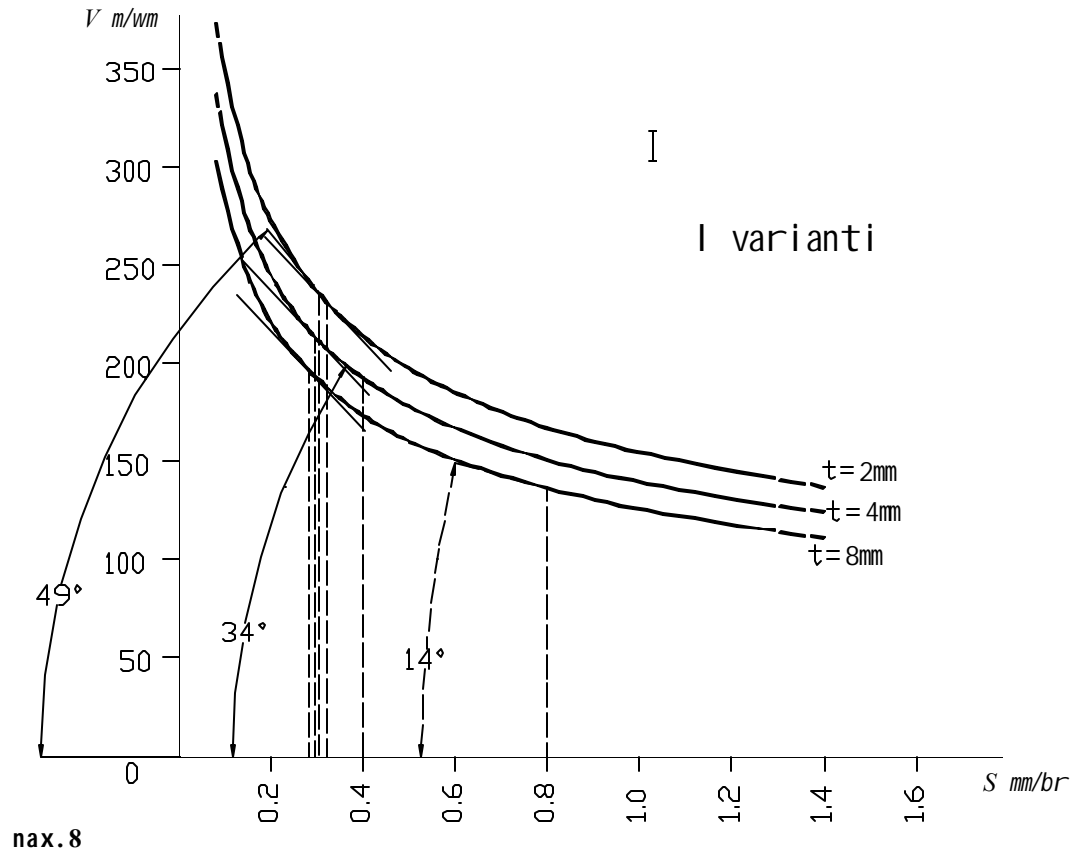
dinamiuri datvirTva, damaxasiaTebel ia SedarebiT didi Wris kveTebisaTvis da gansakuTrebi T mgrZnobiarea V parametris mimarT (nax.7).





faqtors  $L^{1.22}$ ,  $T = \frac{C_T}{V^m \cdot S^n \cdot t^r}$  - instrumenti s medegobas axasi aTebis i seTi Tvi seba,

rom Wris kveTis gazrdasTan erTad is ufro metad mgrZhobi are xdeba  $V$  parametr is mi marT, xol o mci re kveTebis as,  $S$  parametr is mi marT (max.8). ami tom Savad damuSavebi sas mi vakuTnoT faqtori  $[V]$  j gufs, xol o suftad damuSavebi sas  $[S]$  j gufs.



amrigad, mi vi RebT faqtorebis or j gufs:

$$\begin{cases} [H] = \{S_0, Q, R_z, T_s\} \\ [?] = \{V_0, N, F, T_v\} \end{cases}$$

sai danac dawvili ebis Sedegad, saxarato damuSavebi s tipiuri pi robebis gaTval iswinebi T, mi Rebul iqna Wris reJimebis gaangari Sebis Semdegi muSa model ebi:

suftad damuSaveba :  $M_1 = \{[V_0 S_0], [V_0 Q], [V_0 R_z]\}$

Savad damuSaveba :  $M_2 = \{[V_0 S_0], [S_0 N], [S_0 F], [S_0 T]\}$

naxevradsufta damuSaveba:  $M_3 = \{[V_0 T]\}$

amrigad, damuSavebul iqna stm-is bazuri simravle, romel ic Sedgeba 8 modul isagan da romel ic aerTianebs instrumentul i gadasvl is 44 tipiur strukturas.

disertaciis V TavSi damuSavebul ia stm-is bazaze teqnoI ogiuri operaciebis avtomatizebul i sinTezis meTodebi. kerZod, damuSavebis zonebis identifikacia da parametrizacia, instrumenisa da gadaadgil ebis sqemis avtomatizebul i SerCeva, teqnoI ogiuri operaciebis parametrul i da struqturul i optimizacia.

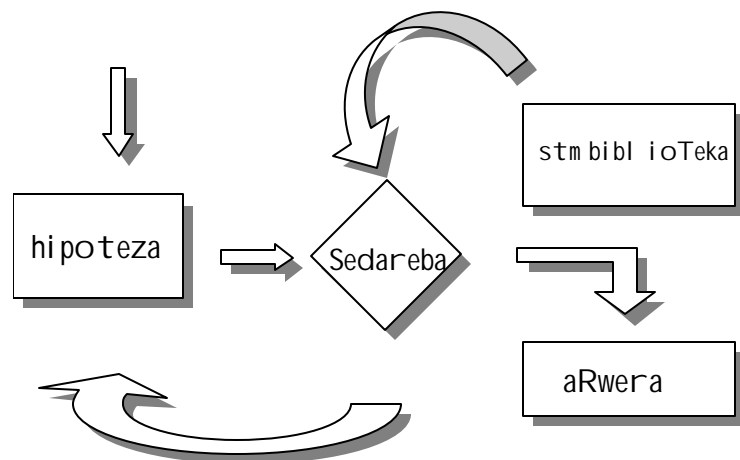
parametrizebul i zonebis sinTezis amocana dayvaniI ia saxeTa gamocnobis amocanaze, roca xorciel deba gamosacnob saxeze sawyisi monacemebis ganTesva gansazRvrul kl asebsi saerTo Tvisebebi dan ZiriTadi Tvisebebis gamoyofiT. obieqtTa kl asis qveS igul isxmeba kategoria, romel sac gaaCnia kl asis yvel a danarCen obieqtTan saerTo Tvisebebi.

Sedegad, parametrizebul i zonebis sinTezi Sesazl ebel ia warmovadginoT, rogorc procesi romel ic Sedgeba 4 Tanmimdevrul i etapisagan:

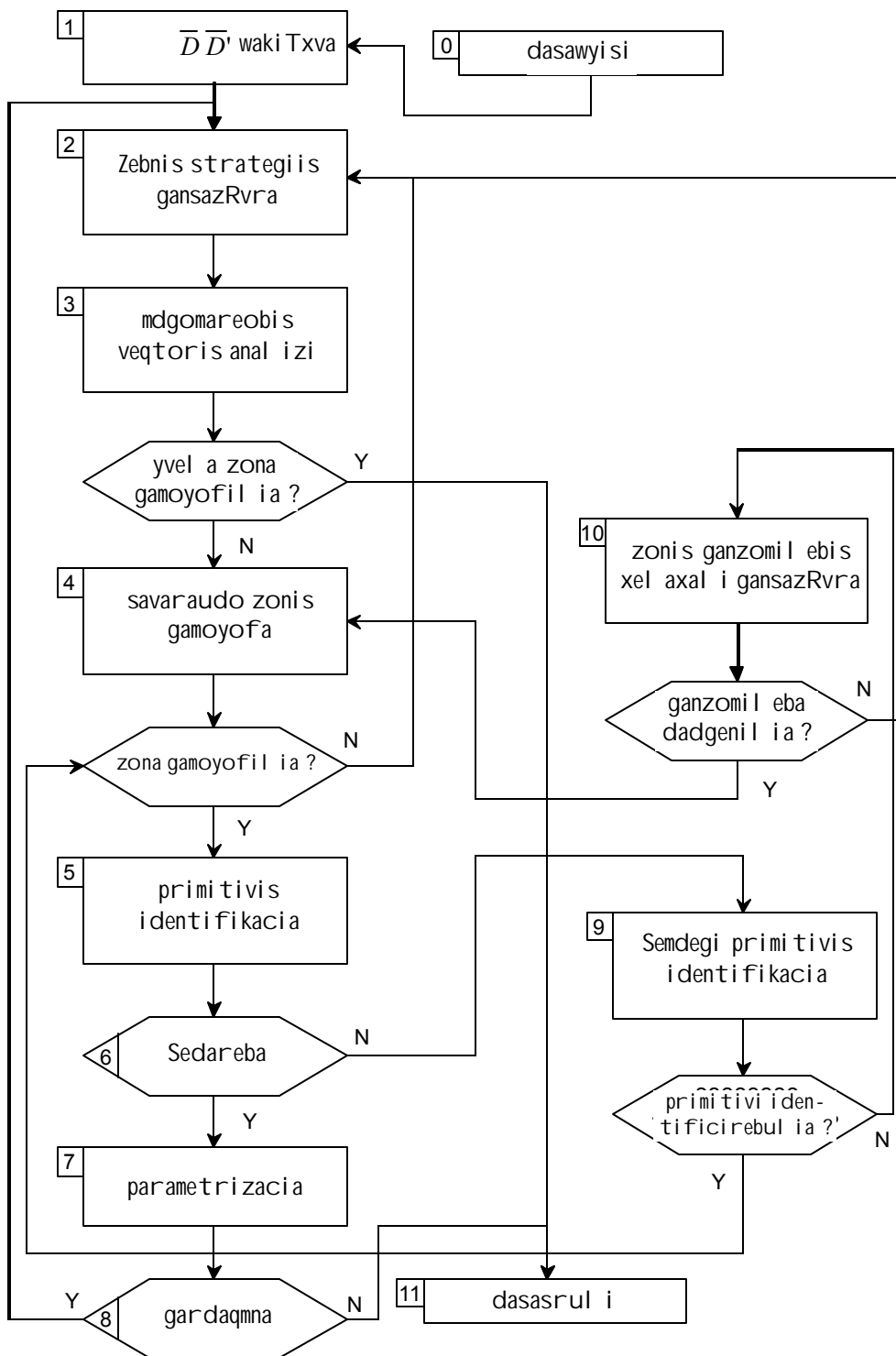
- 1) konturis sawyisi aRweril obi dan arsebiTi Tvisebebis gamoyofa
- 2) im simravl is gansazRvra romel ic akmayofil ebs aRniSnul Tvisebebs
- 3) gamosacnobi saxis mikuTvneba Tvisebis mi xedviT erTerT simravl esTan
- 4) SerCeul i obieqtiT gamosacnobi saxis aRwera.

sinTezis Sesabamiss meqanizms eqneba saxe (nax.9): Tavdapirvel ad, detal is konturi dan xdeba savaraudo zonebis gamoyofa, anu xdeba garkveul i hi potezis generireba. Semdeg xdeba hipotezis Semowmeba anu savaraudo zonis Sedareba bibl ioTekaSi arsebul stm-is parametrizebul primitivebTan. Tanxvedris SemTxvevaSi savaraudo zona aRiwereba parametrizebul ad, stm primitivis parametrizaciis sqemis Sesabamisad, wi naaRmdeg SemTxvevaSi xorciel deba axal i hipotezis generireba da a.S.

maTematikuri Tval sazrisiT, sinTezis aRniSnul i meTodi daiyvaneba gadarCevis amocanamde. amocana mraval variantiania, amitom srul i gadarCevis realizacia



mizanSeuwonel ia da aucil ebel ia mizannimarTul i gadarCevis ganxorciel eba. Zebnis iteraciebis raodenobis Semcirebis mizniT, mizannimarTul i Zebnis I strategiad gansazRvrul ia zonis maqsimal uri ganzomil eba, rac gamoi xateba zonaSi Semaval i sayrdeni wertil ebis maqsimal urad dasaSvebi raodenobiT, xol o II strategiad miRebul ia zonis tipi - Ria, naxebradRia da daxurul i, raTa uzrunvel yofil i iyos teqno logiuri operaciis swori struqtura.



Sedegad, damuSavebul iqna or-parametriani mizanmimarTul i gadarCevis funkcional uri bl ok-sqema (nax.10).

Tavdapirvel ad xorciel deba namzadisa da detal is geometriis wakiTxva (bl oki 1). Semdeg isazRvreba Zebnis strategia (bl oki 2). Zebna iwyeba Ria tipis zonis saTvis da stm bibl ioTekaSi arsebul i primitivebis maqsimal uri ganzomil ebis Sesabamisad. Semdgom iteraciebze Zebna xorciel deba ukve naxe vr ad Ria da daxurul i zonebisaTvis. Semdgom etapze mowmdeba mdgomareobis veqtoris mimdinare mniSvnel oba da mi iReba gadawyvetil eba gadarCevis gagrZel ebis Sesaxeb. Tu detal isa da namzadis sawyisi konturebiT aRweril i mTI iani zona parametrizebul i aRmoCnda, gadarCeva mTavrdeba. Semdgom, zonis mocemul i tipisa da ganzomil ebisaTvis xdeba savaraulo zonis gamoyofa (bl oki 4) da stm bibl ioTekidan primitivis identifikacia (bl oki 5). savaraulo zonis gamoyofis SeuZl ebl obis SemTxvevaSi xdeba ukanve me-2 bl okze dabruneba da Zebnis ganzomil ebis Semcirdeba. iteracia grZel deba manamde sanam Zebnis ganzomil eba ar Semcirdeba minimal ur dasaSveb mniSvnel obamde, roml is Semdegac iTvl eba rom mocemul i zonis tipi mimdinare konturSi ar arsebobs da Semdgomi gadarCevisaTvis isazRvreba zonis axial i tipi. Sesabamisad axial i tipisaTvis isazRvreba Zebnis maqsimal uri ganzomil eba.

me-6 bl okSi xorciel deba gamoyofil i savaraulo zonisa da stm bibl ioTekidan identifierebul i primitivis erTmaneTTan Sedareba. dadebiTi Sedegis SemTxvevaSi xdeba savaraulo zonis parametrizacia (bl oki 7) e.i. misi geometria aRiwereba stm primitivis parametrizaciis sqemis meSveobiT. Semdgom amisa parametrizebul i zona akl deba konturs, mdgomareobis veqtori ganaxl deba (bl oki 8) da srul deba parametrizaciis axial iteraciaze gadasvl a. mdgomareobis veqtoris ganaxl ebis as Tu aRmoCnda rom konturze yvel a zona ukve parametrizebul ia, al goriTmi amTavrebs muSaobas.

savaraulo zonisa da primitivis Sedarebis uaryofiTi Sedegis SemTxvevaSi zonis mocemul i tipisa da ganzomil ebisaTvis xdeba bibl ioTekidan axial i primitivis amorCeva (bl oki 9) da i sev xorciel deba Sedareba savaraulo zonasTan. iteracia grZel deba manam, sanam Zebnis mocemul i parametrebisaTvis ar iqneba amorCeul i yvel a primitivi, ris Semdegac Zebnis ganzomil eba mcirdeba erTiT (bl oki 10) da xdeba axial i savaraulo zonis gamoyofa (bl oki 4). Tu Zebnis ganzomil ebis Semcirdeba SeuZl ebel ia e.i. mas ukve aqvs minimal urad dasaSvebi mniSvnel oba, maSin iTvl eba rom zonis mocemul i tipisaTvis yvel a SesaZl o

varianti ukve gadarCeul ia da Zebna iwyeba sxva strategiit - axal i zonis tipisa da Sesabamisi Zebnis ganzomi l ebisaTvis.

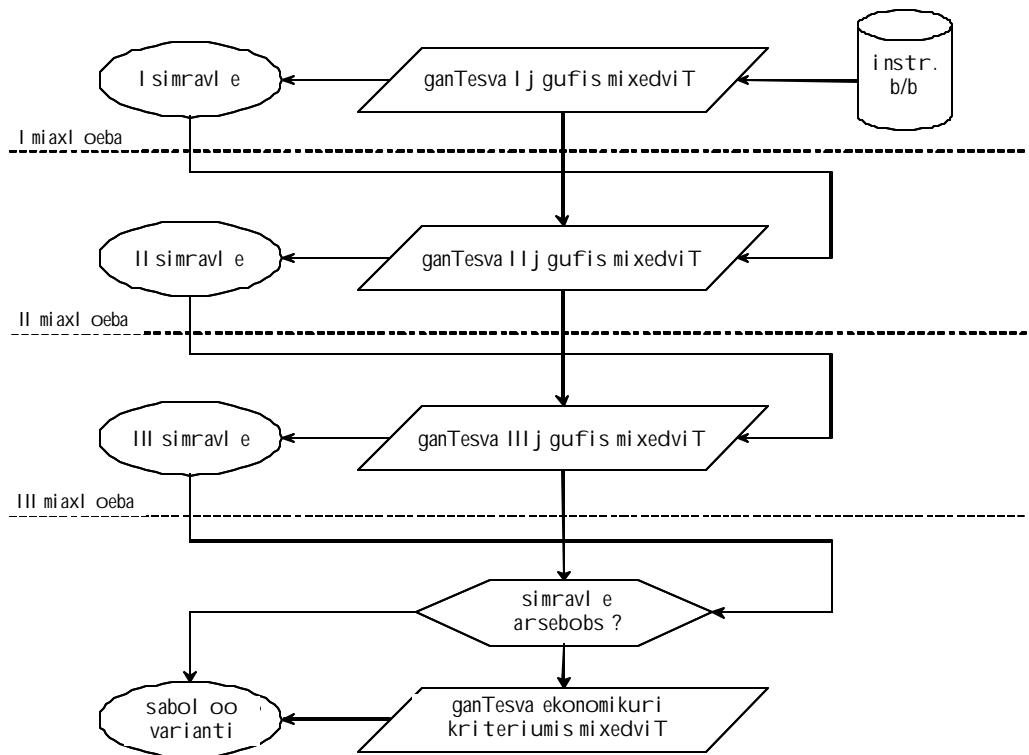
disertaciaSi arweril ia TiToeul i bl okisSigniTreal izebul i meTodebi roml ebic damuSavebul iqna avtoris xel mZRvanel obiT Sesrul ebul disertaciebSi magistrebis - a.mamamTavriSvil i, v.Seyril aZe, d.xabazaSvil i, z.kaWarava, a.Sonias mier.

instrumentul i gadasvl is struqturaSi mWrel i instrumentis avtomatizebul i SerCeva xorciel deba formal uri wesebis safuZvel ze, roml ebic Tavismxris xorciel eben konkretul i pirobebisaTvis, instrumentis Tanmimdevrul ganTesvas konstruqciul i, fizikur-meqanikuri da geometriul i Tvisebebis mi xedviT. ganTesvis wesebi agebul ia predikatebis safuZvel ze da Seesabameba instrumentis SerCevis tipi ur SemTxvevebs. amasTan dakavSi rebiT gamoyofil iqna predikatebisa da Sesabamisi formal uri wesebis 3 j gufi:

*I j gufi:* Sedgeba 24 predikatisa da 30 wesisagan, roml ebis axorciel eben instrumentis srul i simravl is ganTesvas konstruqciul i niSnis mi xedviT

*II j gufi:* aertianebs 10 predikatsa da 7 wess instrumentis ganTesvisaTvis fizikur-meqanikuri Tvisebebis da kerZod ki tipis mi xedviT

*III j gufi:* Seicavs 12 predikatsa da 7 wess instrumentis gansaTesad geometriul i parametrebis mi xedviT.



Sedegad, damuSavebul iqna instrumentis avtomatizebul i SerCevis meTodika (nax.11), romel ic axorciel ebs instrumentis sabol oo variantTan 3 etapian Tanmimdevrul mi axl oebas. Tu ganTesvis Sedegad aRmoCndeba eRTze meti varianti, sabol oo variantis SerCeva xdeba ekonomikuri kriteriუმების გაTval iswinebiT.

gadaadgil ebis sqema cal saxadaa damokidebul i instrumentis tipsa da konstruqciaze. ami tom instrumentis ganTesvis Ij gufis wesebi konstruqciul i Tvis ebis mixedviT, SeiZl eba ganxil ul iqnas rogorc gadaadgil ebis sqemis SerCevis wesebi. damatebiT, SemTxvevebis konkretizaci isaTvis damuSavebul iqna 7 predikati da 12 wesi.

aRniSnul i wesebi Seadgenen mWrel i instrumentisa da gadaadgil ebis traeqtoriis avtomatizebul i SerCevis interaqtiul i procedurebis damuSavebis safuZvel s.

operaciis parametrul i optimizaciis amocana stm-is bazaze srul deba 3 etapad: I - Tavdapirvel ad, damuSavebis mocemul i pi robebis saTvis isazRvreba Wris si Rme gavl aze. ami saTvis gamoyenebul ia v.cvetkovis rekomendaciebi.

II - gamoTvl il i Wris si Rmi sa da damuSavebis pi robebis saTvis gamoiyofa yvel a aqtiuri SezRudva da isazRvreba  $V$  da  $S$ -is dasaSveb mniSvnel obaTa vel i  $G$ . Tavdapirvel ad formirdeba  $G_0$  marTkuTxedi Wris reJimebis zRvrul i mniSvnel obebi sagan. amasTan Savad damuSavebis saTvis,  $S$ -is SesazRudad gamoyofil i 10 faqtoridan (1), aqtiuri SeiZl eba iyos:

- 1) faqtori  $L_{2-2}^2$  - miwodebis zRvrul i mniSvnel obebi
- 2) faqtori  $L_{2-2}^1$  - miwodebis meqani zmis sixiste
- 3) faqtori  $L_{2-2}^1$  - instrumentis saWerel as sixiste
- 4) faqtori  $L_{2-2}^4$  - wina centrze miwol is momenti
- 5) faqtori  $L_{2-2}^5$  - Carxis uavario muSaobis pi robebi
- 6) faqtori  $L_{2-2}^1$  - saWrisze dasaSvebi datvirTva mWrel i nawil is sixistidan gamomdinare
- 7) faqtori  $L_{2-2}^4$  - detal is sixiste.

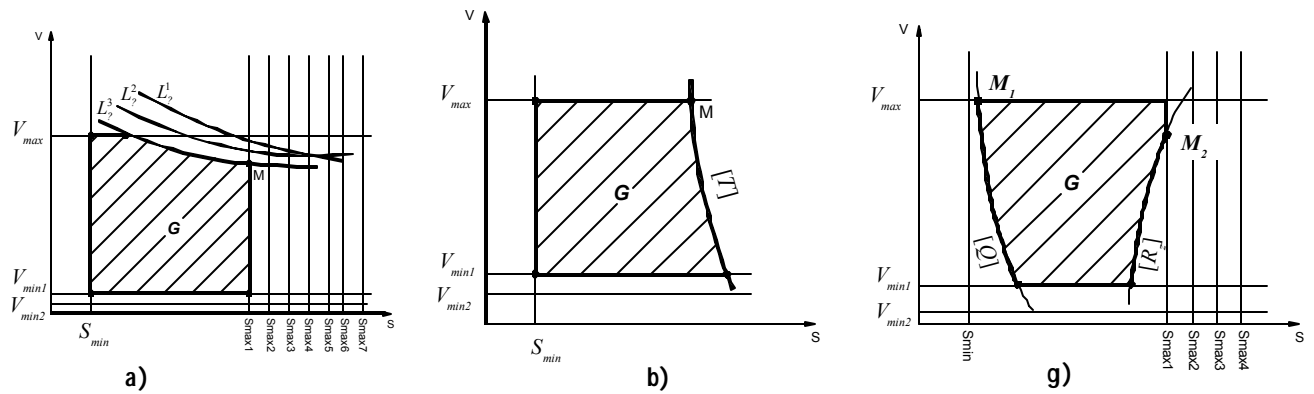
$S_{max}$  -isa da  $S_{min}$  sawyisi mniSvnel obebi ganisazRvreba  $L_{2-2}^2$  faqtoridan. Semdgom  $S_{max}$  mniSvnel oba zustdeba Tanmimdevrul ad, TiToeul i faqtoris mixedviT zRvrul i mniSvnel obis gansazRvriTa da  $S_{max}$  -is mndinare mniSvnel obasTan SedarebiT. Tu gamoTvl il i mniSvnel oba aRmoCndeba nakl ebi vidre  $S_{max}$ , maSin  $S_{max}$  -is mniSvnel obaseni Weba miwodebis gamoTvl il i mniSvnel oba da a.S. anal izi xorciel deba yvel a faqtoris mixedviT.  $V_{max}$  da

$V_{min}$  mni Svel obebi gani sazRvreba  $L_{\gamma-?}^1$  faqtori Ta da model is adeqvaturobis pirobi dan gamomdinare  $V_{min} \geq V_{\gamma}$ .

Semdgom amisa  $G_o$  marTkuTxedi waikveTeba im faqtorebis Sesabamisi mrudebi T, roml ebi c warmoadgenen rogorc  $V$ -s aseve  $S$ -is funqciebs. gamoyofil i  $M_1$  muSa model ebi s simravl is Tanaxmad aseTi SeiZl eba iyos 3 faqtori:

- 1) faqtori  $L_{\gamma-?}^1$  - mTavari amZravis simZl avre  $N$
- 2) faqtori  $L_{\gamma-?}^2$  - sakisrebze dinamiuri datvirTva  $F_{\gamma}$
- 3) faqtori  $L_{\gamma-?}^2$  - instrumentis medegoba  $T_v$

maSasadame  $V_{max}$  mni Svel oba zustdeba TandaTanobi T faqtorebis mixedvit da sabol ood gani sazRvreba aqtiuri faqtori e.i. sabol ood formirdeba  $G$  vel i (nax.12 a).



nax. 12

nxevradsufTa damuSavebisas aqtiurebi SeiZl eba iyos faqtorebi  $M_3 = [V_o T_s]$  j gufidan, ami tom  $G$  vel s eqneba saxe (nax.12 b).

sufTad damuSavebisas aqtiuri SeiZl eba iyos SezRudvebi  $M_1 = [V_o S_o] [V_o Q] [V_o R_2]$  j gufidan, ami tom Tanaxmad (1)-sa mi wodebis zRvrul i mni Svel obebi SeiZl eba gamoTvl il iqnas faqtorebi dan:

- 1) faqtori  $L_{\gamma-?}^8$  - formis uzustoba
- 2) faqtori  $L_{\gamma-?}^7$  - damuSavebis sizuste
- 3) faqtori  $L_{\gamma-?}^4$  - mWrel i wibos formamedegoba
- 4) faqtori  $L_{\gamma-?}^2$  - mi wodebis zRvrul i mni Svel obebi.

$V$ -s zRvrul i mni Svel obebi i sazRvreba anal ogi urad Savad damuSavebi sa da Sedegad formirdeba  $G_o$  vel i. Semdgom  $G_o$  vel i waikveTeba ori faqtoris Sesabamisi mrudebi T:

1) faqtori  $L_{2-2}^1$  - instrumentis Tburi deformacia

2) faqtori  $L_{2-2}^4$  - damuSavebul i zedapiris simqise.

Sedegad, ganisazRvreba sabol oo  $G$  vel i (nax.12 g).

III - aqtiuri faqtorebis gamovl ena, romel Ta TanakveTaze imyofeba optimumis wertil i. amisaTvis xorciel deba miznis funqciis gamoTvl a faqtorebis gadakveTis wertil ebSi da Sedegad im faqtorebis amorCeva romel Ta TanakveTazec miznis funqcias aqvs minimal uri mniSvnel oba.

miznis funqciisaTvis miRebul ia parametri  $q$  romel ic axasiaTebis mocul obis erTi erTeul is moxsnisaTvis aucil ebel danaxarj ebs teil oris medegobis formul is SemTxvevaSi

$$q = a \cdot t^h + \frac{g_2}{C_T} \cdot b \cdot t^l$$

sadac,  $t$  - Wris siRrmea

$C_T$  - koeficienti

$g_2 = \frac{?_2}{?_2}$  - TviTRirebul ebis Sefasebisas;  $g_2 = t_{??}$  - mwarmoebl urobis

Sefasebisas.  $?_2$  - instrumentis Rirebul ebaa, xol o  $?_2$  - CarxwuTis Rirebul eba.

$$a = \frac{([H] \cdot C_H^{-1})^{\frac{1}{b_H}} \left(\frac{b_2}{a_2}\right)^{\frac{m-1}{a_2}}}{([?] \cdot ?_2^{-1} \cdot HB^n)^{\frac{1}{a_2}}}$$

$$b = \frac{([?] \cdot C_2^{-1} \cdot HB^n)^{\frac{m-1}{a_2}}}{([H] \cdot ?_2^{-1})^{\frac{1}{b_H}} \left(\frac{b_2 \cdot m}{a_2} - \frac{b_2}{a_2} \cdot n + 1\right)}$$

$$h = \frac{g_2}{a_2} + \frac{g_2}{b_2} - 1 - \frac{g_2}{a_2} \cdot \frac{b_2}{b_2}$$

$$l = \left( \frac{g_2}{a_2} \cdot \frac{b_2}{b_2} - \frac{g_2}{a_2} \right) \cdot (m-1) - \frac{g_2}{b_2} \cdot (n-1) + r-1$$

operaciis struqturul i optimizaciis amocana TiToeul i instrumentul i gadasvl is struqturis sabol oo dadgenasa da maTi Sesrul ebis optimal uri mimdevrobis



SerCevaSi mdgomareobs.

Savad damuSavebis gadasvl ebis optimizaciis pirvel nabij s warmoadgens struqturebis normal izacia, rac uzrunvel yofs erTi tipis instrumentebis maqsimal ur gamoyenebas. amisaTvis mimdinare gadasvl isaTvis mowmdeba piroba al ternatiul i struqturebis arsebobaze. aseTis aRmoCenis SemTxvevaSi TiToeul i al ternativa mowmdeba struqturaSi, sxva gadasvl ebSi gamoyenebul i instrumentis arsebobaze. aRmoCenis SemTxvevaSi stm-is parametrizebul i safexuris damuSavebisaTvis xdeba Sesabamisi struqturis SerCeva.

Semdgom nabij ze xdeba gadasvl ebis Sestrul ebis Tanmimdevrobis mowesrigeba teqnologiuri sistemis Csid-is maqsimal uri sixistis uzrunvel yofis mizniT, ristvisac mimdevrobaSi TavSi xvdeba Ria, Semdeg naxevradRia da bol os daxurul i zonebis damuSaveba. Sedegad viRebT operaciis optimal ur struqturas pirvel miaxl oebaSi.

Semdgom erTi da igive instrumentiT dasamuSavebel i mezobel i gadasvl ebisaTvis xorciel deba gadasvl aze gadaadgil ebis traektoriiis bol o wertil is SeTavseba Semdegi gadasvl is sawyis wertil Tan. amit mcirdeba instrumentis damatebiTi damxmare gavli ebi.

Semdgom bij ze xdeba struqturebis gaerTianeba. amisaTvis mowmdeba struqturaSi e.w. el ementarul i safexuris arsebobaba. safexurisa, roml is simaRl ec Tanazomadia Semdeg gavli aze daniSnul Wris siRmesTan. Sedegad, el ementarul i safexuris dasamuSavebl ad saWi ro gavli is gaerTianeba Semdeg gavli asTan ar zrdis gavli aTa raodenobas. maSasadame mcirdeba gadasvl ebisa da muSa gavli ebis raodenoba da viRebT operaciis optimal ur struqturas meore miaxl oebaSi.

ramdenime al ternativis arsebobis SemTxvevaSi saukeTeso variantis SerCva xdeba miznis funqciis minimizaciis pirobiT. miznis funqciad miRebul ia parametri  $Q$  - damuSavebaze gaweul i danaxarj ebi

$$Q = \sum_{i=1}^n q_i \cdot s_i$$

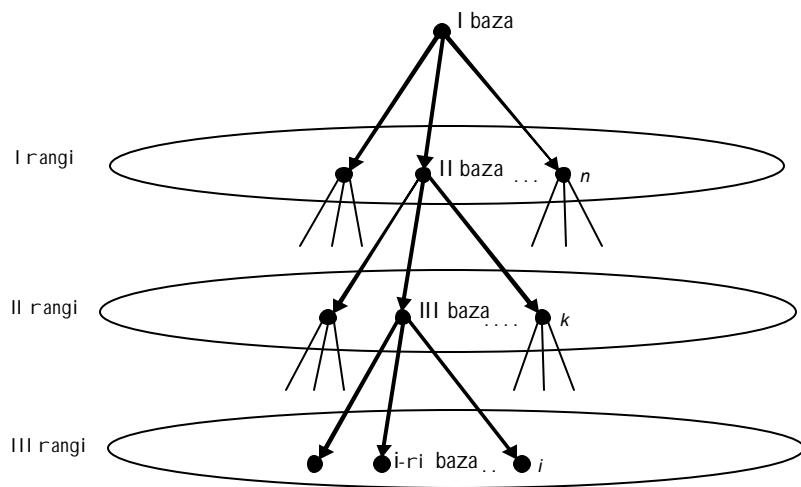
sadac,  $q_i$  - mocul obis erTi erTeul is moxsni saTvis aucil ebel danaxarj ebi a  $i$ -ur gavli aze

$s_i$  -  $i$ -ur gavli aze mosaxsnel i masal is mocul obaa

$n$  - gavli aTa raodenoba.

სუფტად დამუშავების ოპერაციის სტრუქტურის ოპტიმიზაციის საფუძველია ისეთი სტრუქტურის მიზნობრივი, რომელიც უზრუნველყოფს ზომიერ სისტემაში დამუშავების ეფექტურობას, ამასთანავე ეფექტურობის უზრუნველყოფის მიზნით, მინიმალური დანახარჯებით.

ზირითადი პრინციპი, რომელიც განსაზღვრავს გადასვლების თანმიმდევრობის ოპერაციის უზრუნველყოფის ტექნოლოგიური და საკონსტრუქტო ბაზის თანხვედრას. ამიტომ შესაბამისი მიმდევრობის დადგენის საფუძველია საფეხურიანი და გუფების საკონსტრუქტო ბაზის მიხედვითი ზომათა და აწვდომის განმარტება. ამ საფუძველზე აღდგინდება მარჯვენა განპირა საკონსტრუქტო ბაზის დეტალური კონტურები და ზომათა და აწვდომის შესაბამისად ფორმირდება I რანგის საფეხურები. შემდგომ გამოყოფილი გუფები ხდება შემდეგი განპირა მარჯვენა საკონსტრუქტო ბაზის დადგენის და ზომათა და აწვდომის შესაბამისად გამოყოფა II რანგის საფეხურების და ა.შ. მაშასადამე ვიხილავთ გადასვლათა და გუფების რომელიც ინდექსის ნომერული სახად განსაზღვრავს გუფების შესრულების თანმიმდევრობას (ნახ.13).



ნახ. 13

ამის შემდეგ ისაზღვრება გადასვლების შესრულების თანმიმდევრობის გუფის სიღრმის, რისთვისაც გადასვლების გუფების გუფის სიღრმის ინსტრუმენტის საერთოების პრინციპი და გამოყენების და ყველა გუფების შესრულების თანმიმდევრობის განსაზღვრება განპირა მარჯვენა საფეხურიდან თანმიმდევრობითი მარცხნივ.

დისერტაციის VI თავი ეზღვრება სტრუქტურული ბაზის ოპერაციის ავტომატიზაციის დამუშავების სისტემების არქიტექტურისა და შესაბამისი კვების სისტემების დამუშავებას.

პირობითად არქიტექტურის შესაბამისი ელემენტების გამოყენების პროგრამის მოდულების ორი კლასი: ბაზური მოდულები, რომლებიც შეადგენენ სისტემის ბირთვს და განკუთვნილია არანაირი

amocanebis Sesasrul ebl ad rogorc interfeisis uzrunvel yofa, dokumentireba, vizual izacia, monacemTa bazebis organiazacia da programireba; samomxmarebl o modul ebi, roml ebi asocierebul ia stm-is safuzvel ze agebul i gadawyvetil ebis miRebis model ebTan.

Sedegad, ads-is samomxmarebl o programul i uzrunvel yofis xSiri cval ebadoba ganpi robebs ads-is iseTi arqiteqturis damuSavebis aucil ebl obas romel ic SesaZl ebel s gaxdis ganxorciel des axal i programul i modul ebis operatiul i da iol i damuSaveba da danergva.

ads-is samomxmarebl o programul i modul ebi gankuTvnil ia teqnol ogiuri amocanebis Sesasrul ebl ad da rogorc wesi asrul eben geometriul i gamoTvl ebis did mocul obas, gaaCniaTrTul i l ogikuri ganStoebani da Seesabamebian tipiuri teqnol ogiuri procesis moTxovnebs. aseTi programul i modul ebis damuSaveba moiTxovs maRal kval ifikacias erTdroul ad rogorc maTematikur l ogikaSi, geometriasa da daprogramebaSi, aseve manqanaTmSenebl obis teqnol ogiaSic.

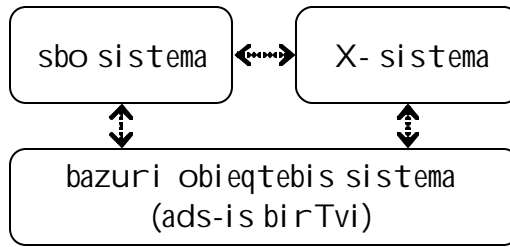
probl emis gadawyveta SesaZl ebel ia obieqtze-orientirebul i midgomis gamoyenebis gziT, vinaidan am dros obieqtების inkapsul aciiTa da sxvadasxva qvekl asebis gamoyofiT SesaZl ebel ia amocanebis gadanawil eba sxvadasxva kl asebsi da Sedegad, ads-is iseTi arqiteqturis Seqmna romel ic axal i samomxmarebl o programul i modul ebis damuSavebis process gaxdis optimal urs.

dReisaTvis arsebul i obieqtze-orientirebul i ads-ebi, rogoricaa *AutoCAD*, *CADKEY*, *MicroSTATION* da sxv. axal i samomxmarebl o modul ebis Seqmnis gamartivebis saSual ebas ar iZl evian, vinaidan ar Seicaven probl emurad orientirebul obieqtTa kl asebs, Tumca ki gaaCniaT yvel a instrumentul i saSual eba maT dasamuSavebl ad.

maSasadame, aucil ebel ia damuSavdes samomxmarebl o bazuri obieqtების kl asi, romel ic iqneba pirobiTad-mudmivi, anu iseTi, romel ic Zl ier ar iqneba damokidebul i stm-Si gadawyvetebis tipizaciis pirobebis cvl il ebaze da Seasrul ebs trivial ur maTematikur amocanebsa da geometriul gardaqmnebs.

Sesabami sad, ads stm-is arqiteqtura Semdgari iqneba Semdegi ZiriTadi sistemebi sagan (nax.14):

1) bazuri obieqtების sistema, ads-is birTvi - gankuTvnil i ads-is bazuri programul i uzrunvel yofis funqciis Sesasrul ebl ad



ნახ. 14

2) სამომხმარებელი ბაზური ობიექტების სისტემა (სბოს), რომელიც შედგება პრობლემური ობიექტებისა და რომელიც ახორციელებს ფუნქციურ კავშირს ბაზურ ობიექტებსა და ადს-ის სამომხმარებელი მოდულიებს შორის.

3) სამომხმარებელი X-ობიექტები, რომლებიც გამოხატავენ ტიპური ტექნოლოგიური პროცესის მთელ ტექნოლოგიურ სპეციფიკას.

არნისნული არქიტექტურა სასუალებას იძლევა მკვეთრად გაიმყაროს ობიექტთა კლასები მათი დანისნულები მიხედვით, განისაზღვროს მათი ცვალებადობის სიხშირე და როგორც შედეგად განვიღებთ დროს მათი დამუშავების პროცესს. შედეგად მართვდება ადს-ის ახალი სამომხმარებელი პროგრამული მოდულები დამუშავება გეომეტრიული და ტექნოლოგიური ამოცანების კალკულაციების კლასების განვიღებთ ების ხარჯზე და ასევე შედარებით ხსირად ცვლილება X-ობიექტებიდან რთული მათემატიკური და ლოგიკური ამოცანების მოცილებით. ფუნქციების განვიღებთ ება სისტემების და მათი მოდიფიცირების სიხშირე მოვანილია ცხრილი 2.

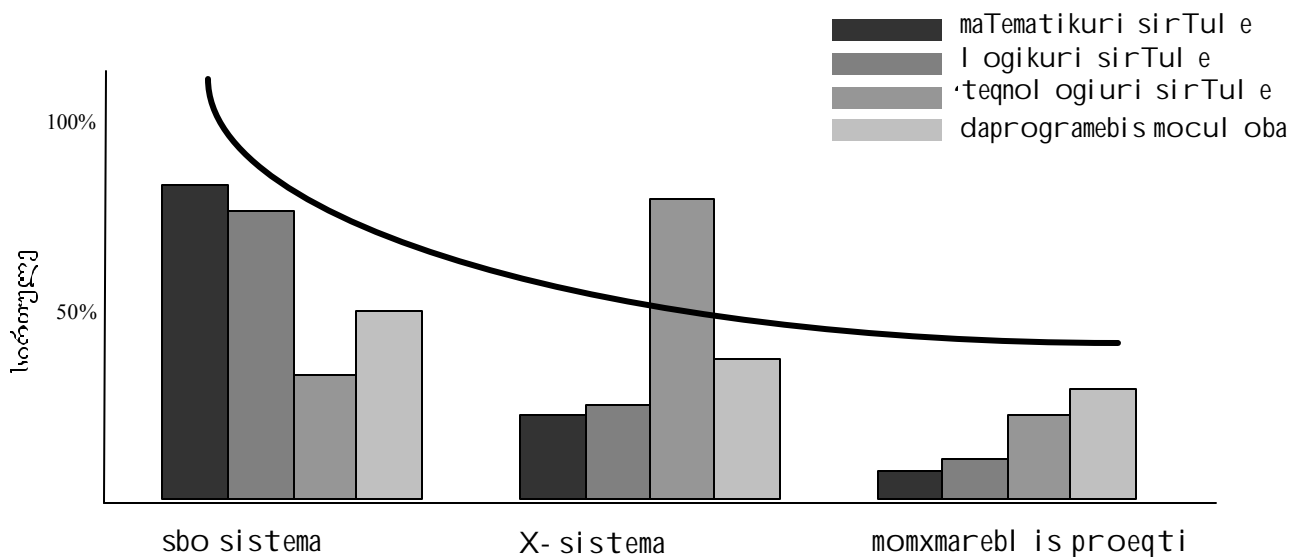
ცხრილი 2

დასახელება	ამოცანები	მოდიფიკაციის ფაქტორი
სბოს სისტემა	მათემატიკური ლოგიკური	ტექნოლოგიური პროცესის ტიპი
X- სისტემა	ტექნოლოგიური	დეტალის ნომენკლატურა
მომხმარებლის პროექტი	დოკუმტირება	კონკრეტული დეტალი

სბოს ობიექტების მოდიფიკაცია დამოკიდებულია ტექნოლოგიური პროცესის ტიპზე. ასე მაგალითად, სახარატოდან საფრეზ დამუშავებაზე გადასვლისას ცვლილება საკონსტრუქტორული ემენტებისა და ურთიერთობების საფუძვლიან მოდულ ების სიმრავლეზე. შედეგად აუცილებელია გეომეტრიული გარდაკმების ახალი ალგორითმების დამუშავება და სხვ., მაშინ როცა

teqnoლი იგიური პროცესი ტიპის ფარგლებში ისინი უცვლელია. X-ობიექტების ცვლილება დამოკიდებულია დეტალური ნომენკლატურაზე, ვინაიდან ტექნოლოგიური პროცესების ტიპიზაცია ხორციელდება გარკვეული ნომენკლატურის დეტალური საფუძველი. ამიტომ ნომენკლატურის ყოველი ცვლილება X-ობიექტების შემადგენელი იცვლება. სამომხმარებელი პროექტები, რომლებიც იკმნება X-ობიექტების საფუძველზე დაკავშირებული იკმნება ტიტოული კონკრეტული დეტალური ნომენკლატურიდან.

ბაზური სამომხმარებელი პროექტები არ გამოხატავენ ტიპური ტექნოლოგიური პროცესის მთელ სპეციფიკას. სტრუქტურის ელემენტები რომლებიც ასოცირებულია სბოს-თან, ვინაშენი ცნობილია და ისინი არ ეკვმდებიან ცვლილებებს ტექნოლოგიური პროცესის ყოველი ახალი ტიპიზაციისას. მაშასადამე არის ნული პროექტები ხასიათდებიან სდარებით ნაკლები ტექნოლოგიური სირთულით (ნახ.15). ამასთანავე, მათემატიკური და ლოგიკური სირთული სდარებით მაშალაია, ვინაიდან ეს პროექტები ასრულდებიან გეომეტრიული გამოთვლების დამოკიდებულია დაკავშირებული საკონსტრუქტორო ელემენტის კონტურის გარდაკმნებთან დამოკიდებული სქემისათვის გადაადგილების ტრაექტორიის გათვლით, კონტურთან გადაკვეთის ვერტიკალური ანგარიშთან. ასევე მაშალაია ლოგიკური სირთული სდარებით, რადგანაც პროექტები არიან მაქსიმალურად განვითარებული ნიდაკერძო სემტხვევების იდენტიფიკაცია მოითხოვს დამოკიდებულია ლოგიკური გადაწყვეტების დამუშავებას. როგორც სდარებით, იზრდება დამოკიდებულია მოცულია გეომეტრიული გარდაკმნისა და ლოგიკური ალგორითმების დამუშავების, ტესტირებისა და გამართვის აუცილებელია ხარჯზე.



სამომხმარებელი ო X-ობიექტები კი გამოხატავენ ტიპური ტექნოლოგიური პროცესის მთელი სპეციფიკას. მათ შესაძლებელია დასაწერო ტექნოლოგიური კოდის დაგეგმვა და გამოცდილების მართვა. ამასთანავე მათემატიკური სრულყოფის დონე ასევე ობიექტების სადარები ტიპის დამატების საშუალებას იძლევა. ამასთანავე მათემატიკური ამოცანები გადართობის საშუალებას იძლევა ობიექტების, ხოლო X-ობიექტების ამოცანა დაყვანილია ობიექტების შესასვლელი და გამოსასვლელი მონაცემების მიწვევის შესრულებასთან. ასევე არაა მართლები ობიექტური სრულყოფის დონე, რადგანაც ეს ობიექტები შეიცავენ ნაკლებად განვითარებულ გადაწყვეტებს. დაპროგრამების მოცულობის ზრდასთან დაკავშირებით ტექნოლოგიური ალგორითმების ტესტირება, ტიპური გეომეტრიული გადაწყვეტის ამოცანებთან სადარების მართვით და X-ობიექტების დაპროგრამების მოცულობის მცირეობა.

აქედან გამომდინარე *AutoCAD*-ის ბრტყილი სადარების დამუშავების იკნა სხვა ობიექტთა კლასების საკონსტრუქტორო-ტექნოლოგიური დაპროექტების შემდეგ ამოცანებისათვის:

I. მეთოდები და ობიექტთა კლასების სტრუქტურული პარამეტრებისათვის. ამასთან დამუშავების იკნა ორი მეთოდი: 1) პარამეტრული დეტალის მოცემული კონტურის მიხედვით. ამ დროს პარამეტრული სადარების აქსიული კონტური რომელიც გეომეტრიული დასაწერის საშუალებას იძლევა კონტურს, საიდანაც განხორციელდება იკნა პარამეტრული სადარების. ასევე მეთოდები ლიტერატურაში ცნობილია როგორც *Feature Recognition* 2) პარამეტრული გეომეტრიული მოდელირებისას. ასევე მეთოდები ლიტერატურაში ცნობილია როგორც *Feature-based Design*.

სადაც, I მეთოდის მიხედვით მაგისტრ დ.მიკაელის დისერტაციაში, რომელიც შესრულდა ავტორის ხელმძღვანელი ობიექტთა დამუშავების მეთოდები და ობიექტთა კლასების შემდგარი 17 *AutoCAD*-ის *VBA* ობიექტებისაგან. II მეთოდის მიხედვით, მაგისტრ ბ.ციხრაძის დისერტაციაში, რომელიც შესრულდა ავტორის ხელმძღვანელი ობიექტთა დამუშავების მეთოდები და ობიექტთა 7 კლასების შემდგარი 20 *AutoCAD*-ის ობიექტისაგან *ObjectARX* რესურსის ბაზაზე.

II. მეთოდი და ობიექტთა კლასების მრავალი ინსტრუმენტის ავტომატიზაციის საშუალებას იძლევა შესრულდება მაგისტრ ა.სურმავას დისერტაციაში, რომელიც შესრულდა ავტორის ხელმძღვანელი ობიექტთა ინფორმაციული მასივების დამუშავების *Sandvic Coromant*-ის კატალოგის საფუძველზე, რომელიც უზრუნველყოფს *ISO9001*-ის სერტიფიცირების საერთაშორისო სტანდარტს. სადაც, გამოიყოფა ინფორმაციული მასივის შესაბამისი კონცეპტუალური და ფიზიკური მოდელირების: ფიზიკური და სადარების გეომეტრია, ფიზიკური ტიპის და მრავალი ინსტრუმენტი, რომელიც მიიღება ზემოთხსენებულ მასივების დანერგვის სინთეზით. ამასთან დაკავშირებით დამუშავების იკნა ობიექტები ინფორმაციული მასივების დანერგვის საშუალებას იძლევა და ინსტრუმენტის

3-ganzomil ebiani vizual izaciis interaqtul i procedurebisaTvis. sul damuSavebul iqna 34 *VBA* obieqti *AutoCAD*-is birTvisaTvis.

III. meTodi da obieqtTa kl asi stm-is bazaze agebul i teqno logiuri modul ebis daprogramebisaTvis. teqno logiuri modul ebi asrul eben gadaadgil ebis sqemis mixedviT instrumentis gadaadgil ebis traektoriis sintezs. amitom stm-Si warmodgenil TiToeul gadaadgil ebis sqemas Seesabameba traektoriis geometriis gaTvl is cal ke teqno logiuri modul i. aseTi modul is Sesaqmnel ad saWiroa special uri daprogramebis enis arseboba romel is saSual ebiTac aRiwereba gadaadgil ebis sqemiT gansazRvrul i traektoriis kanonzomierebani.

Sedegad, damuSavebul iqna teqno logiuri daprogramebis ena romel ic Sedgeba: teqno logiuri brZanebebis 7 operatorisagan; I ogikuri funqciebis 3 operatorisagan; aritmetikul i moqmedebebis 6 da standartul i funqciebis 7 operatorisagan. damuSavebul iqna aRniSnul i operatorebis interpretaciisa da daprogramebis obieqtebi. kerZod, interpretaciis 3 kl asi da 13 obieqti. daprogramebis obieqtebi asrul eben operatorebis daprogramebis e.w. *Wizard*-funqciebs, romel Ta muSaobis Sedegsac warmoadgens programis I istingis mza fragmentebi. damuSavebul iqna 9 *Wizard*-funqcia da *AutoCAD*-is birTvis Sesabamisi *VBA* obieqtebi.

IV. meTodi da obieqtTa kl asi stm-is bazaze instrumentis gadaadgil ebis traektoriis sintezisaTvis. instrumentis gadaadgil ebis traektoriis gamoTvl a miznad isaxavs traektoriis sayrdeni wertil ebis gansazRvras Carxis koordinatTa sistemaSi. isini dayofil ia 2 kl asad - geometriul i da gadaadgil ebis obieqtebi. obieqtTa kl asi fikacia, Tavad obieqtebi da maTi programul i realizacia damuSavebul iqna magistr I .megrel iSvil is disertaciaSi, romel ic Sesrul da avtoris xel mZRvanel obiT.

geometriul i obieqtebis funqcias warmoadgens stm-is formal uri parametrebis mniSvnel obebis mixedviT detal is konturis sayrdeni wertil ebis gansazRvra. Sedegad, geometriul i obieqtebis I kl asi damuSavda *STHO* struqturis mixedviT da Seicavs 16 obieqts. geometriul i obieqtebis II kl asi damuSavda *STCL* struqturis bazaze da Sedgeba 128 obieqti sagan.

gadaadgil ebis obieqtebis funqcias warmoadgens detal is konturisa da

gadaadgil ebis sqemis Sesabamisad traeqtoriis sayrdeni wertil ebis gansazRvra. detal is sayrdeni wertil ebi gansazRvrul ia geometriul i obieqtebis mier da inaxeba buferSi, saidanac gadaadgil ebis obieqtebis mier isazRvreba konturis is fragmenti sadac unda moxdes traeqtoriis gadakveTa detal is konturTan da xdeba Sesabamisi gadakveTis wertil is koordinatebis angariSi. stm-is bazuri simravl idan gamomdinare damuSavebul iqna gadaadgil ebis 3 kl asi da 5 obieqti.

#### LBCTHNFWBBC LFCRDYT<B

- 1) damuSavebul ia gadawyvetil ebis miRebis axal i formal izmi sakonstruqtoro-teqnol ogiuri modul ebis saxiT teqnol ogiuri operaciebis avtomatizebul i daproeqtebisatvis
- 2) damuSavebul ia or-parametriani mi zanmi marTul i gadarCeviT saxarato damuSavebis zonebis sintezis metodi.
- 3) gadawyvetil ebis miRebis interaqtiul i procedurebis avtomatizaciisaTvis damuSavebul ia predikatebisa da formal uri wesebis sistema mWrel i instrumentisa (47 predikati, 43 formal uri wesi) da instrumentis gadaadgil ebis sqemis (7 predikati, 18 formal uri wesi) avtomatizebul i SerCevis amocanebisaTvis.
- 4) damuSavebul ia sakonstruqtoro-teqnol ogiuri modul ebis bazaze teqnol ogiuri operaciebis avtomatizebul i daproeqtebis sistemis obieqtze-orientirebul i arqiteqtura, romel Sic gamoyofil ia obieqtTa 3 ZiriTadi kl asi: sistemis birTvi, bazuri samomxmarebl o obieqtebisa da X-obieqtTa sistemebi.
- 5) damuSavebul ia metodi da obieqtTa kl asi (37 obieqti) sakonstruqtoro-teqnol ogiuri modul ebis interaqtiul i parametrizaciisaTvis
- 6) damuSavebul ia metodi da obieqtTa kl asi (34 obieqti) mWrel i instrumentis avtomatizebul i sintezisaTvis *Sandvic Coromant* standartis bazaze.





