



SOFTWARE PENTRU PROIECTAREA DISPOZITIVELOR

Conf. dr. ing. Dorian Nedelcu¹

Cuvinte cheie: software, proiectare, dispozitive, Visual Basic.

Abstract

The paper presents a Visual Basic software for the mechanical device design.

Introducere

Prezentul articol prezintă un program, elaborat în concepție proprie, utilizat pentru proiectarea dispozitivelor. Programul **ProDis** este realizat în limbajul Visual Basic și se bazează pe algoritmii prezentați în [1]. Programul se adresează studenților din anii terminali care parcurg acest proiect.

1. Interfața principală a aplicației

Figura 1 prezintă meniul principal al aplicației **ProDis**, defalcat pe următoarele opțiuni:

- opțiunea „**Creere nou proiect**” permite generarea unui nou fișier proiect, defalcat pe următoarele variante: **Cap multiax special**, **Cap multiax universal** respective **Dispozitiv cu placa de ghidare ridicabila**;
- opțiunea „**Deschidere proiect**” permite redeschiderea unui fișier proiect existent (salvat anterior);
- opțiunile „**Transmitere proiect în fișier *.DOC**” și „**Salvare date în fișier *.TXT**” permite salvarea datelor proiectului într-un fișier de tip Word respectiv de tip text;

¹ Universitatea Eftimie Murgu Reșița

- opțiunea „**Salvare date în fișier *.TXT**” permite salvarea datelor proiectului într-un fișier de tip text. opțiunea „**Exit**” permite ieșirea din program, cu confirmarea salvării modificărilor efectuate în fișierul proiect.

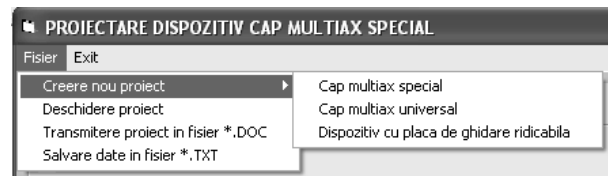


Fig. 1 meniul principal al aplicației **ProDis**

După specificarea fișierului proiect aplicația oferă interfața din figura 2, care afișează următoarele secțiuni:

- secțiunea **Etape de proiectare** – conține lista etapelor ce trebuie parcurse pentru proiectarea dispozitivului; în dreptul fiecărei etape se află un control de tip **CheckBox**, prin punctarea căruia se va afișa fereastra corespunzătoare etapei selectate, fereastră care va conține toate elementele necesare parcurgerii etapei de proiectare (câmpuri rezervate pentru introducerea datelor, relații de calcul, tabele, grafice, etc.); lista etapelor de proiectare este comună pentru dispozitive de tip cap multiax special și universal, fiind diferită pentru dispozitiv cu placa de ghidare ridicabila;

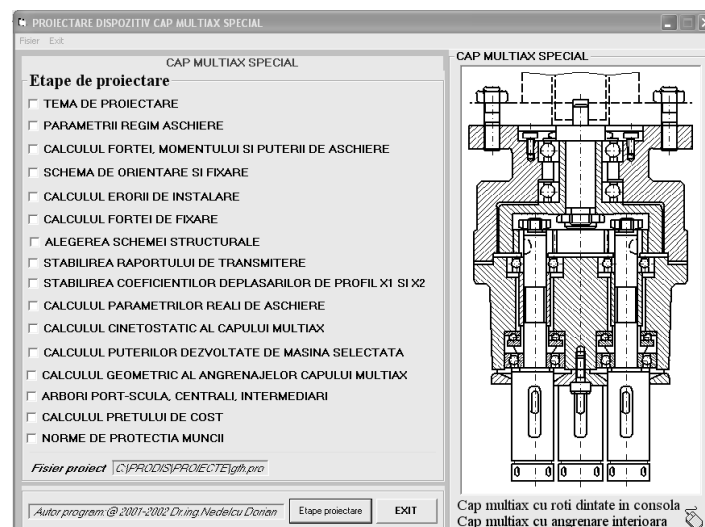


Fig. 2 Interfața principală a aplicației **ProDis**

- secțiunea dreapta a interfeței oferă variante de desene ale dispozitivului selectat pentru proiectare; poziționarea cursorului mouse deasupra numelui variantei va provoca afișarea desenului corespunzător variantei indicate de cursorul mouse;

- la baza interfeței se afișează numele fișierului proiect curent, butonul **Exit** pentru ieșirea din aplicație respectiv butonul **Etape proiectare**, care afișează fereastra **Succesiunea de proiectare**, fig. 3, fereastră ce afișează lista datelor de proiectare și detaliază tabelar etapele de proiectare cu trimitere la paragraful corespunzător din [1].

SUCCESSIUNEA DE PROIECTARE A CAPETELOR MULTIAX SPECIALE SI UNIVERSALE

A. Date initiale:

- diametrele, adancimea si pozitia gaurilor de prelucrat, care rezulta din desenul de executie al piesei de prelucrat;
- materialul piesei de prelucrat si proprietatile lui mecanice;
- durata de functionare.

B. Succesiunea de proiectare. Elemente de calcul.

1. Alegerea sculei aschietoare (tipul burghiului si parametrii geometrici ai partii aschietoare)
2. Stabilirea parametrilor regimului de aschiere
3. Calculul fortelor, momentului si puterii de aschiere la gaurire
4. Alegerea schemei de orientare si fixare a piesei de prelucrat
5. Calculul fortei de fixare necesare mentinerii orientarii si fixarii piesei de prelucrat
6. Alegerea schemei structurale a variantei constructive optime
7. Stabilirea raportului de transmitere, i
8. Stabilirea coeficientilor deplasarilor de profil, x_1 si x_2
9. Se determina avansul masinii
10. Se determina turatia masinii
11. Valoarea reala a turatiei sculei aschietoare
12. Valoarea reala a vitezei de aschiere
13. Valoarea reala a avansului sculei aschietoare
14. Se corecteaza momentul de torsiune si puterea efectiva de aschiere
15. Calculul cinetostatic al capului multiax
16. Calculul geometric al angrenajelor capului multiax
17. Se verifica din punct de vedere al rezistentei angrenajelor
18. Alegerea arborelui central si a arborilor port-scula
19. Calculul de dimensionare si verificare al arborilor port-scula, al arborilor intermediari si al arborelui central al capului multiax
20. Calculul de dimensionare si verificare al lagarelor si al altor organe de masini
21. Calculul pretului de cost si a eficientei economice
22. N.T.S.

Etapele 4 - 8

Nr. crt.	Etapă de calcul sau mărimea de calcul	U.M.	Relația de calcul	Observatii
4.	Alegerea schemei de orientare si fixare a piesei de prelucrat			Vezi Cap. 2
5.	Calculul fortei de fixare necesare mentinerii orientarii si fixarii piesei de prelucrat in timpul procesului de aschiere	[daN]		Vezi Cap. 4
6.	Alegerea schemei structurale a variantei constructive optime			Vezi § 6.2. si 6.9.
7.	Stabilirea raportului de transmitere, i			Vezi § 6.3.
8.	Stabilirea coeficientilor deplasarilor de profil, x_1 si x_2			Vezi § 6.4.

Fig. 3 Succesiunea de proiectare

2. Tema de proiectare

Prin activarea etapei **Tema de proiectare**, fig. 2, se va afișa fereastra asociată, fig. 4, cu câmpuri pentru introducerea datelor de proiectare ale dispozitivului și se oferă un desen al piesei ce va fi prelucrată în dispozitiv, desen care prezintă dimensiunile caracteristice ale acesteia. De asemenea se oferă posibilitatea specificării materialului piesei, din lista **Selecție material**.

TEMA DE PROIECT - CAP MULTIAX SPECIAL

Date de proiectare

Desenul de executie al piesei de prelucrat:

Diametru exterior "De" [mm]

Diametru interior "Di" [mm]

Diametru dispunere gauri "D" [mm]

Diametru gauri "dg" [mm]

Inaltime "h" [mm]

Numar piese de prelucrat

Numar gauri "Ng" de diametru "dg"

Selecție material

Tolerante de executie

Desenul piesei

Diagrama de proiectare a capului multiax special, arătând dimensiunile caracteristice: $\varnothing D$, $\varnothing D_i$, $\varnothing D_e$, $\varnothing d_g$ și înălțimea h .

Exit

Fig. 4 Tema de proiectare cap multiax special

3. Parametrii regimului de aşchiere

Prin activarea etapei **Parametrii regim aşchiere**, fig. 2, se va afişa fereastra asociată, fig. 5, care permite:

- selecţia tipului, a diametrului şi a materialului burghiului din listele **Tip burghiu**, **Diametru burghiu** respectiv **Material burghiu**; desenul de burghiu se actualizează funcţie de cel selectat în lista **Tip burghiu**;
- specificarea durabilităţii normate a sculei aşchietoare, prin consultare tabelul durabilităţi, activat pe butonul cu acelaşi nume;
- calculul adâncimii de aşchiere şi vitezei de aşchiere corectate, precum şi a avansului şi a turaţiei sculei aşchietoare.

Fig. 5 Parametrii regimului de aşchiere

4. Calculul forţei, momentului şi puterii de aşchiere

Prin activarea etapei **Calculul forţei, momentului şi puterii de aşchiere**, fig. 2, se va afişa fereastra asociată, fig. 6, care permite:

- selecţia modelului de maşină de găurit (verticală/radială), din lista de modele predefinite accesibile prin intermediul aplicaţiei;
- calculul forţei axiale la găurire F_{ax} , funcţie de coeficienţi care se preiau din tabele accesibile prin intermediul aplicaţiei;

- determinarea forței principale de aşchiere F_z , a puterii P_e şi a momentului de torsiune la găurire M , prin selecția valorilor din tabele pentru viteze de aşchiere accesibile prin intermediul aplicației.

FORTE, MOMENTE SI PUTERE DE ASCHIERE LA GAURIRE

Pentru prelucrare OTEL

FORTE AXIALA LA GAURIRE Fax

$$F_{ax} = C_F \cdot d_b^{x_F} \cdot s^{y_F} \cdot K_F = \text{[daN]}$$

$$K_F = K_{aF} \cdot K_{saF} \cdot K_{x_F} \cdot K_{y_F}$$

db - diametrul burghiului [mm]
s - avansul [mm/rot]
CF, XF, YF- coeficienti si exponenti ai fortei, tab. 3.24
Avans nespecificat
Diametru burghiu ds=0.48

KaF- coeficient de ascutire, tab. 3.25
KsaF- coeficient de supraascutire, tab. 3.26
KxF- coeficientul unghiului de atac, tab. 3.27
KF- coeficient functie de grosimea miezului, tab. 3.28

CF= []
XF= []
YF= []

KaF= []
KsaF= []
KxF= []
KF= []

FORTE, PUTERI, MOMENTE

Fora principala de aschiere Fz, puterea Pe si momentul de torsiune la gaurire M se aleg din tabelul pentru viteza de aschiere (Tab 3.8)

Fora principala de aschiere Fz, puterea Pe se vor corecta prin coeficienti de corectie: KP si KF, dupa relatii (Tab. 3.9, 3.10, 3.11):

$$F_z^{cor} = F_z \cdot K_F$$

$$P_e^{cor} = P_e \cdot K_P$$

SELECTIE KF, KP

Fz [daN]= []
Pe [KW]= []
M [daN.mm]= []

KF= []
KP= []

Fz cor = []
Pe cor = []

Model masina de gaurit

Caracteristici masini gaurit verticale
Caracteristici masini gaurit radiale

Calcul Exit

Fig. 6 Forțe, momente și puteri de aşchiere la găurire

5. Schema de orientare și fixare

Prin activarea etapei **Schema de orientare și fixare**, fig. 2, fereastra asociată afișează scheme de orientare și fixare sub formă de desene și explicații textuale asociate: scheme de orientare piese lungi tip bușă pe dorn, orientare piese cilindrice scurte pe suprafețe cilindrice, orientare piese scurte în mandrină, orientare piese scurte în alezaje/mandrine cu bușe, orientare piese scurte pe prisme.

6. Calculul erorii de instalare

Prin activarea etapei **Calculul erorii de instalare**, fig. 2, se va afișa fereastra asociată, fig. 7, care permite calculul următoarelor erori de instalare în dispozitiv: eroarea de instalare, de bazare, de orientare, unghiulară respectiv eroarea admisibilă. Se oferă schema de calcul a erorilor și tabele de toleranțe din care pot fi selectate valorile necesare calculului de erori.

CALCUL ERORI DE EXECUTIE

EROAREA DE INSTALARE

$$\varepsilon_i = \sqrt{\varepsilon_b^2 + \varepsilon_o^2 + \varepsilon_s^2}$$
 Eroare de bazare ε_b Eroare de orientare ε_o Eroare de fixare ε_s

EROAREA DE BAZARE

$$\varepsilon_b = j_{\max} / 2$$

$$j_{\max} = A_{\max} - a_{\min}$$
 Toleranta de executie: Amax Amin amax amin jmax e_b μm
Marime de referinta "D1"-2

EROAREA DE ORIENTARE

$$\varepsilon_o = \sqrt{\varepsilon_d^2 + T_u^2}$$

$$\varepsilon_d = j_{\max} / 2$$

$$j_{\max} = a_{\max} - a_{\min}$$
 Toleranta executie BOLT - Marime de referinta "D1"-2

$$T_u = K_u \sqrt{N}$$
 N = $K_u =$ $T_u =$ μm

Domonii de valori pentru K_u
 (0.05-0.1) in cazul orientarii pe bolturi
 (0.2-0.4) pentru contact pe suprafete plane (orientare pe placute si cepuri cu cap plan)
 (0.3-0.8) pentru contact linear (orientare pe prisme)
 (0.5-2) pentru contact punctiform (orientarea pe suprafete active sferice)

EROARE UNGIULARA

$$\varepsilon_\theta = -2 \arctg \left(\frac{(D/2) \cdot \cos \theta}{N_g \cdot (D/2) \cdot \sin \theta + j_{\max} / 2} \right)$$

$$\theta = 90 - 180 / N_g$$
 θ [grade] $j_{\max} =$ j_{\max} - este aceeași valoarea de la EROAREA DE BAZARE
 Diametru de dispunere gauri D= Numar gauri Ng=

EROAREA DE FIXARE

$$\varepsilon_s = 0$$

EROAREA DE BAZARE

$$\varepsilon_b = j_{\max} / 2$$

$$j_{\max} = A_{\max} - a_{\min}$$
 μm

EROAREA ADMISIBILA
 Marime de referinta "D/2"-1.5

$$\varepsilon_{iadm} = \left(\frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2} \right) T = \left(\frac{1}{3} \cdot \frac{1}{2} \right) (A_{\max} - A_{\min})$$
 Amax Amin T ε_{iadm} μm

CONDITIA DE VERIFICARE

$$\varepsilon_i \leq \varepsilon_{iadm}$$
 Tabel tolerante Calcul Exit

Fig. 7 Calculul erorii de instalare

7. Calculul forței de fixare

Prin activarea etapei **Calculul forței de fixare**, fig. 2, se va afișa fereastra asociată, fig. 8, care permite calculul forței de fixare a piesei de prelucrat în dispozitiv. Se oferă două variante de calcul funcție de metoda de fixare: placă de fixare sau placă cu reazeme, precum și tabele de selecție a coeficientului de frecare funcție de caracterul suprafeței de contact; de asemenea se oferă tabele pentru selecția valorilor coeficienților ce intră în formula generală a coeficientului de siguranță caracteristic fiecărei scheme de fixare.

8. Alegerea schemei structurale

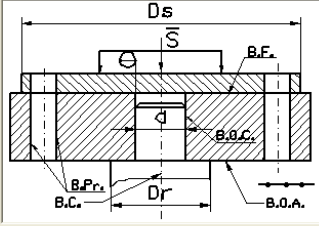
Prin activarea etapei **Alegerea schemei structurale**, fig. 2, prin intermediul ferestrei asociate, se afișează variante de scheme structurale sub formă de desene și explicații textuale asociate: cap multiax special cu roți dințate cu angrenare interioară cu 4 arbori port scula, cap multiax special pentru găurire, cu roți dințate în două etaje, cap multiax cu roți dințate cilindrice cu angrenare exterioară, montate într-un etaj, cap multiax cu roți dințate cilindrice intermediare, cap multiax special pentru prelucrarea găurilor în plan orizontal respectiv cap multiax special cu manivele paralele.

CALCULUL FORTEI DE FIXARE - S

Metoda de fixare
☐ Varianta 1 - PLACA DE FIXARE ☒ Varianta 2 - PLACA CU REAZEME

Numar de gauri Ng= 3
Moment nespecificat

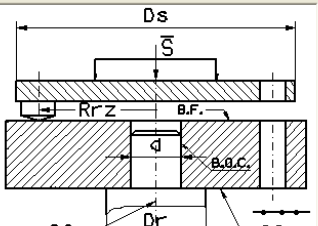
Varianta 1 - PLACA DE FIXARE



$$M_s = \frac{1}{3} \cdot \mu_s \cdot S \cdot \frac{D_s^3 - d^3}{D_s^2 - d^2}$$

$$S = \frac{k \cdot N_g \cdot M_a}{\frac{1}{3} \left(\mu_s \cdot \frac{D_s^3 - d^3}{D_s^2 - d^2} + \mu_k \cdot \frac{D_k^3 - d^3}{D_k^2 - d^2} \right)}$$

Varianta 2 - PLACA CU REAZEME



$$M_s = \mu_s \cdot S \cdot R_{rz}$$

$$S = \frac{k \cdot N_g \cdot M_a}{\frac{1}{3} \left(\mu_s \cdot \frac{D_s^3 - d^3}{D_s^2 - d^2} \right) + \mu_s \cdot R_{rz}}$$

Dr [mm]=
Ds [mm]=
d [mm]= 4
d - diametrul gaurilor

Coeficienti frecare
 $\mu_R =$
 $\mu_S =$

Ecuația de echilibru:
 $M_R + M_s = k \cdot N_g \cdot M_a$ unde: $M_R = \frac{1}{3} \cdot \mu_k \cdot S \cdot \frac{D_k^3 - d^3}{D_k^2 - d^2}$
Dr - diametrul de reazem Ds - diametrul de fixare a plăcii superioare Ng - număr de gauri

FORTA DE FIXARE "S" [daN]

Calcul Exit

Fig. 8 Calculul forței de fixare

9. Stabilirea raportului de transmitere

Prin activarea etapei **Stabilirea raportului de transmitere**, fig. 2, se va afișa fereastra asociată, fig. 9, care permite calculul raportului de transmitere pentru capete multiax speciale cu roți dințate cu angrenare interioară sau exterioară, calcul efectuat în două variante: din raportul turațiilor sau din date inițiale.

10. Stabilirea coeficienților deplasărilor de profil

Prin activarea etapei **Stabilirea coeficienților deplasărilor de profil**, fig. 2, se va afișa fereastra asociată, care permite calculul deplasărilor de profil ale danturii roților dințate.

11. Calculul parametrilor reali de așchiere

În această etapă se definitivează parametrii reali de așchiere: avans, viteză reală avans sculă așchietoare, turația reală și valoarea reală a vitezei de așchiere, pe baza parametrilor definitivați până în acest moment: mașina de găurit selectată la etapa 4, raportul de transmitere calculat la etapa 9 și turația arborelui principal.

Raportul de transmitere "i"

Mod de calcul raport de transmitere "i"

Varianta 1 Varianta 2

Varianta 1 - din raportul turatilor

Turatie sculei aschietoare "n" necalculata

Model masina de gaurit nespecificat

Turatie arbore principal al MU nm=

$$i = \frac{n}{n_m} =$$

n - turatie scula aschietoare nm - turatie arbore principal masina unealta

Varianta 2 - din date initiale, prin sinteza dimensionala

Dantura exterioara Dantura interioara

Distanța dintre axe "a" a=D/2 Distanța dintre axe

$$i = \frac{a \pm m_n \cdot Z_2 / 2}{m_n \cdot Z_2 / 2} =$$

Modulul normal "mn"

Modulul normal "mn" se selecteaza din tab. 6.1 functie de momentul de torsiune la arborele port-scula sau la arborele pe care se afla montata roata dintata cu turatie mai ridicata in treapta respectiva sau se calculeaza in functie de solicitari la care este supus dintelui roti dintate [1]. Modulul rotilor dintate se stabileste pentru scula schietoare care da momentul de torsiune maxim, in cazul cand se folosesc scule aschietoare diferite la acelasi cap multi-ax.

Numar de dinti "Z2" pentru rotile dintate conduse

Numarul de dinti "Z2" pentru rotile dintate conduse (cu turatie ridicata in treapta respectiva) se stabileste din conditia evitari interferentei si subtaierii dintelui (minim 17 teoretic, practic 14), umarind un gabarit redus al capului multi-ax.

Material roti conduse (cu turatie ridicata) OL 70

Material roti conducatoare (cu turatie redua)

Rotunjire raport de transmitere calculat

Valoarea calculata se rotunjeste la cea mai apropiata valoare din tab. 6.2

Tabel 6.2

Numar de dinti "Z1" pentru roata conducatoare

Calcul numar dinti Z1

Numarul de dinti "Z1" pentru roata conducatoare (cu turatie redua in treapta respectiva) se calculeaza prin relatia: $Z1 = i \times Z2$ unde, se va lua valoarea rotunjita a raportului de transmitere "i rot".

Rotunjire numar dinti Z1

Numarul de dinti se rotunjeste la valoarea intreaga, astfel ca abaterea raportului de transmitere recalculat fata de cel initial sa fie mai mica de 5%.

Calcul abatere raport de transmitere

$D_i = 100 \times (i \text{ rot} - Z1 \text{ rot} / Z2) / i \text{ rot} < 5\%$

Distanța dintre axe "ad"

Selectie tip dantura

ad [mm]=

20

Calcul abatere

$D_a = 100 \times (a - ad) / a$

$D_a \% =$

Valoarea obtinuta pentru distanta "ad" se compara cu distanta dintre axe "a" (din datele initiale), fiind posibile cazurile:

1. Daca diferenta este relativ mica, insa daca s-ar calcula deplasarea de profil X1 si X2 ar apare interferenta, subtaierea si ascutirea rotilor dintate, atunci aceasta diferenta se poate reduce prin modificarea numarului de dinti Z1 si Z2, in conditiile pastrarii modulului si a raportului de transmitere, cu eroarea "DELTA i" < 5%, pana ce diferenta se reduce acceptabil pentru evitarea interferentei, subtaierii si ascutirii dintelui.
2. Daca diferenta este relativ mare, atunci se modifica modulul la o valoare imediat superioara, realizand o diferenta care nu duce la interferenta, subtaiere si ascutirea dintelui rotilor dintate.

Calcul Exit

Fig. 9 Stabilirea raportului de transmitere

12. Calculul cinetostatic al capului multi-ax

În această etapă, funcție de parametrii arborelui port sculă: moment de torsiune, putere, turatie și de raportul de transmitere și randamentul mașinii unelte, se va calcula puterea necesară a mașinii și puterea la arborele central și la arborele port-sculă, fig. 10.

Calculul cinetostatic al capului multi-ax

Parametrii arbore port scula

Momentul de torsiune M2 = 0.9

Puterea P2 = 0.8

Turatie n2 = 0.9

Randamente de calcul

Randament masina unealta $\eta_m [-] =$ CAP MUL

Randament cap multi-ax $\eta_c [-] =$ X SPECIA

Valori anterioare

Raport de transmitere i = Valoare n

Numar gauri de prelucrat Ng = 3

Relatii de calcul puteri, turatii

$$P_1 = \frac{P_2}{\eta_c} \cdot Ng \quad P_m = \frac{P_1}{\eta_m} \quad n = \frac{n_2}{i}$$

P2 - putere la arborele principal Pm - putere necesara a masinii

Viteza unghiulara + moment de torsiune /arbore

$$\omega_i = \frac{\pi \cdot n_i}{30} \quad M_{ti} = \frac{P_i}{\omega_i} \cdot 10^6$$

La arborele central

Pm [kw]

P1 [kw]

n1 [rot/min]

ω_1 [rad/s]

Mt1 [N.mm]

La arbore port-scula

P2 [kw] 0.8

n2 [rot/min] 0.9

ω_2 [rad/s]

Mt2 [N.mm]

Calcul Exit

Fig. 10 Calculul cinetostatic al capului multi-ax

13. Calculul puterilor dezvoltate de mașina selectată

În această etapă se vor calcula puterile / turația la fiecare arbore, viteza unghiulară și momentul de torsiune la arbore central și port-sculă, figura 11.

14. Calculul geometric angrenaje cap multi-ax

În această etapă se va efectua calculul geometric al angrenajelor cap multi-ax (exterioare sau interioare, cu dantură dreaptă sau înclinată evolventice): raportul numerelor de dinți, numerele de dinți ale roților echivalente, modulul frontal, unghiul de divizare frontal al dintelui, diametrele de divizare și de bază, fig. 12.

Fig. 11 Calculul puterilor dezvoltate de mașina selectată

Fig. 12 Calculul geometric angrenaje cap multi-ax

15. Arbori port sculă, centrali, intermediari

În această etapă se va afișa fereastra asociată cu variante de arbori port sculă, centrali și intermediari, pentru fiecare variantă fiind prezentate scheme și desene constructive și explicații suplimentare textuale.

16. Calculul prețului de cost

În această etapă se calculează numărul minim de piese de prelucrat pentru care dispozitivul devine rentabil, prin comparație cu varianta efectuării prelucrării fără dispozitiv.

17. Protecția muncii

Pentru această etapă se afișează textual norme de bază de protecția muncii la proiectarea, execuția și exploatarea dispozitivelor.

18. Concluzii

Lucrarea prezintă metodologia computerizată de proiectare a dispozitivelor de tip cap multi-ax special și universal; pentru dispozitive cu placa de ghidare ridicabilă metodologia computerizată este similară.

Aplicația prezentată se constituie într-o metodologie computerizată de proiectare a dispozitivelor, oferind toate instrumentele necesare procesului de proiectare: tabele, grafice, figuri, relații, calculul propriu-zis fiind efectuat pe baza datelor impuse sau selectate de utilizator.

Transferul rapid al tuturor datelor proiectului (imagini, valori numerice) calculate sau impuse către editorul de texte Microsoft Word este o facilitare utilă oferită utilizatorilor programului.

Bibliografie

[1] Ion Vela – Construcția și exploatarea dispozitivelor, Îndrumător de proiect, Centrul de Multiplicare al Institutului Politehnic „Traian Vuia”, Timișoara, 1990-1991

Abstract

Dorian Nedelcu

Software for the mechanical device design

The paper presents an original software for the mechanical device design. There are detailed the main steps for design, with screen shots from software and associated explanations.