

**STUDII PRIVIND DETERMINAREA
TOLERANTELOR OPTIME
FUNCȚIE DE CAPABILITATEA
ECHIPAMENTELOR DE
PRELUCRARE**

(Partea II)

**Constanța Rădulescu, Universitatea
Constantin Brâncuși, Tg-Jiu, ROMÂNIA**
**Liviu Marius Cîrșină, Universitatea
Constantin Brâncuși, Tg-Jiu, ROMÂNIA**

**STUDIES ON THE
DETERMINATION OF
TOLERANCE
OPTIMUM FUNCTION THE
CAPABILITY
PROCESSING EQUIPMENT**

(Part II)

**Constanța Rădulescu, Universitatea
Constantin Brâncuși, Tg-Jiu, ROMÂNIA**
**Liviu Marius Cîrșină, Universitatea
Constantin Brâncuși, Tg-Jiu, ROMÂNIA**

ABSTRACT: În această lucrare, structurată în două părți, este prezentat un studiu de caz privind determinarea toleranțelor optime ale dimensiunilor unei piese. Determinarea toleranțelor optime se face în funcție de capabilitatea mașinilor-unelte pe care se execută piesa. Modelul matematic are ca funcție obiectiv minimizarea costului de execuție, iar ca restricții: precizia de prelucrare și capabilitatea de prelucrare a mașinilor-unelte. În partea a II-a a lucrării sunt prezentate calculele statistice pentru două dintre dimensiunile piesei luate în studiu.

KEY WORDS: capabilitate, toleranță, cost

**1. EFECTELE FACTORULUI DE
INFLUENȚĂ COST – TOLERANȚĂ.**

Pentru a stabili efectele factorului de influență de cost asupra toleranțelor finale de prelucrare, au fost investigate cinci cazuri de factori de influență (tabelul 1). Importanța mai mare este în schimb dată unui tip particular de proces de prelucrare (tabelul 1). Din datele prezentate în tabel se poate observa că, deși factorii de influență variază într-o gamă largă, în cinci cazuri, pentru a scoate în mod diferențial în relief procesele de prelucrare, cele mai multe din toleranțele de prelucrare finale nu se schimbă ci doar trei dintre toleranțe de prelucrare, t_2 , t_3 și t_9 , au mici modificări.

ABSTRACT: In this paper, structured into two parts, presents a case study on determining the optimal size of a piece tolerances. Determination of optimal tolerances is based on the capability of machine tools that are running piece. The mathematical model has the objective function to minimize the cost of execution, and that restrictions: Precision of processing and processing capability of machine tools. In this part of the paper are statistical calculations to two dimensions of the piece under study.

KEY WORDS: capability, tolerances, cost

**1. EFFECTS OF FACTORS
INFLUENCING COST – TOLERANCE**

To determine the effects of factors influence the cost of processing the final tolerances were investigated five cases of influencing factors (Table 1). More importance is instead given a particular type of manufacturing process (Table 1). The data presented in the table can be seen that although factors influence a wide range vary in five cases, to remove the differential relief processing, most of the final machining tolerances but does not change three manufacturing tolerances, t_2 , t_3 and t_9 , have small changes.

Tabelul 1. Efectele factorului de influență al costului asupra toleranței de prelucrare/
Table.1. The effects of influence factors on the tolerance of processing cost.

Nr. crt.	case 1			case 2			case 3			case 4			case 5		
	Ξ	Cp	t _i	ξ	Cp	t _i	ξ	Cp	t _i	Ξ	Cp	t _i	ξ	Cp	t _i
1	1	0,833	5	1	0,833	5	1	0,833	5	3	0,833	5	5	0,833	5
2	1	0,667	2,0	1	0,700	2,1	1	0,667	2,0	3	0,700	2,1	5	0,667	2,0
3	1	0,700	2,1	1	0,667	2,0	1	0,700	2,1	3	0,667	2,0	5	0,700	2,1
4	1	1,000	2,4	1	1,000	2,4	1	1,000	2,4	3	1,000	2,4	5	1,000	2,4
5	1,5	1,000	2,4	1	1,000	2,4	2	1,000	2,4	1	1,000	2,4	1	1,000	2,4
6	2	1,000	0,9	1	1,000	0,9	3	1,000	0,9	1	1,000	0,9	1	1,000	0,9
7	2	1,000	0,9	1	1,000	0,9	3	1,000	0,9	1	1,000	0,9	1	1,000	0,9
8	3	0,911	8,19	1	0,911	8,19	5	0,911	8,1	1	0,911	8,19	1	0,911	8,19
9	3	0,789	7,10	1	0,778	7,00	5	0,789	7,1	1	0,778	7,00	1	0,789	7,10
10	1	0,833	2,0	1	0,833	2,0	1	0,833	2,0	3	0,833	2,00	5	0,833	2,0
C	4428			2595			6074			4076			5559		

Rezultatele au demonstrat că toleranțele de prelucrare obținute în urma calculelor, pe baza modelului matematic propus, erau foarte consistente și abordarea propusă este foarte stabilă.

2.DETERMINAREA VALORILOR STATISTICE.

Pentru a observa, dacă metoda dă rezultate, aceasta s-a pus în aplicare și din punct de vedere practic. Astfel piesei din fig.1, în urma calculelor făcute i s-au alocat toleranțele la fiecare operație în parte a procesului tehnologic, iar apoi s-a trecut la realizarea piesei cu toleranțele impuse. Execuția piesei a fost făcută pe mașini cu comandă numerică. Lotul de piese a conținut un număr de 100 bucăți. Determinarea abaterilor dimensiunilor pieselor s-a făcut cu un comparator digital de msare precizie, având valoare diviziunii de $V_d = 0,1\mu\text{m}$. Datele adunate s-au trecut în tabele, iar cu ajutorul unui program de statistică acestea au fost prelevate. Programul de calcul statistic se numește Statistica 7. Datele cerute, dar și prelevate de calculator sunt prezentate sub formă de tabele și grafice.

În această lucrare sunt prezentate doar calculele statistice doar pentru două cote ale lanțului de dimensiuni format și anume: $19,7\pm 0,005\text{ mm}$, $2,00\pm 0,005\text{ mm}$.

The results showed that manufacturing tolerances obtained from calculations based on the mathematical model proposed, the proposed approach were very consistent and very stable.

2.STATISTICAL DETERMINATION OF VALUES.

To see if the method gives results, it has been implemented and the practical. Thus piece of fig.1, and from calculations made or allocated tolerances to each operation of the technological process, and then switched to achieve the tolerances required piece. Execution of piece was made on CNC machines. Lot of pieces contained a number of 100 pieces. Determination of size deviations parts is done with high precision digital comparator with value $V_d = 0.1\text{ mm}$ division. The data collected were passed in the tables and using a statistical program they were taken. Statistical calculation program is called Statistics 7. Data requirements and computer collected are presented as tables and graphs.

In this work are only statistical calculations only for two lines of chain size and format that is: $19,7\pm 0,005\text{ mm}$, $2,00\pm 0,005\text{ mm}$.

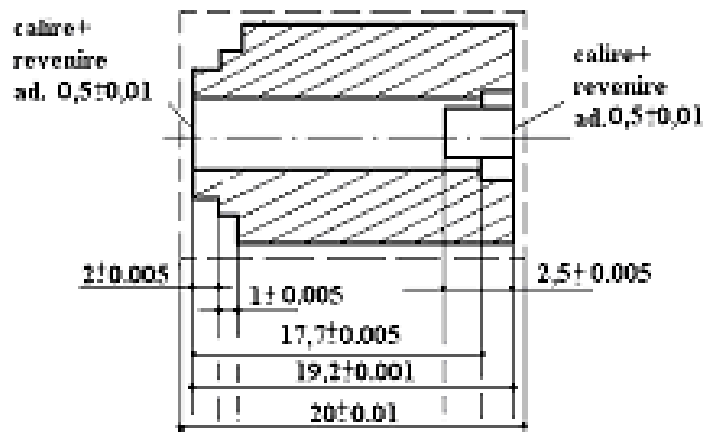


Fig.1. Piesa analizată.

Fig.1.Piece analyzed.

Tabelul 2. Valori măsurate/ Table 2. Size measured: 19,7±0,005 mm

19,696	19,698	19,7	19,7	19,703	19,696	19,697	19,696	19,702	19,702
19,703	19,705	19,699	19,695	19,697	19,697	19,695	19,699	19,697	19,702
19,698	19,7	19,701	19,7	19,702	19,704	19,702	19,7	19,7	19,703
19,698	19,696	19,701	19,701	19,702	19,699	19,701	19,701	19,699	19,698
19,703	19,705	19,7	19,703	19,702	19,705	19,7	19,701	19,699	19,702
19,695	19,7	19,7	19,703	19,698	19,699	19,7	19,695	19,697	19,702
19,704	19,705	19,701	19,703	19,702	19,705	19,699	19,701	19,701	19,702
19,704	19,699	19,698	19,701	19,697	19,696	19,698	19,7	19,698	19,967
19,704	19,697	19,697	19,7	19,696	19,7	19,7	19,7	19,703	19,698
19,697	19,704	19,699	19,7	19,702	19,704	19,703	19,699	19,703	19,702

Tabelul 3. Indicii de capabilitate: $\sigma = R\text{-bar}/d2$, cota $19,7-3\sigma = 19,6921\text{mm}$, cota $19,7+3\sigma = 19,7081\text{mm}$ /
Table 3. Capability indices: $\sigma = R\text{-bar}/d2$, dim. $19,7-3\sigma = 19,6921\text{mm}$, dim. $19,7+3\sigma = 19,7081\text{mm}$

Dimensiunea minimă	Lower Specification Limit	19,69500		
Dimensiunea nominală	Nominal Specification	19,70000		
Dimensiunea maximă	Upper Specification Limit	19,70500		
Val. min. a funct. de repart.	Lower Perc. Value: ,135	19,69218	19,69408	19,69416
Mediana	Median (50%) Value: 50,00	19,70013	19,70018	19,70017
Val. min. a funct. de repart.	Upper Perc. Value: 99,865	19,70808	19,70580	19,70568
Capabilitatea potențială	CP (potential capability)	0,62899	0,85336	0,86801
Raportul de capabilitate	CR (capability ratio)	1,58984	1,17183	1,15206
Capabil. Demonstrată	CPK (dem. excellence)	0,61264	0,84964	0,86059
CPL (CP, minimă)	CPL (CP, lower)	0,64535	0,84964	0,86059
CPU (CP, maximă)	CPU (CP, upper)	0,61264	0,85740	0,87611

Tabelul 4. Prezentarea indicilor de performanță/

Table 4. Presentation of performance indices: dim. $19,2-3\sigma = 19,1987\text{mm}$, dim. $19,2+3\sigma = 19,2013\text{mm}$

Dimensiunea minimă	Lower Specification Limit	19,69500
Dimensiunea nominală	Nominal Specification	19,70000
Dimensiunea maximă	Upper Specification Limit	19,70500
Indicele de performanță	PP (performance index)	0,62531
Raport de performanță	PR (performance ratio)	1,59922
Performanța demonstrată	PPK (perf. demonstr. excell.)	0,60905

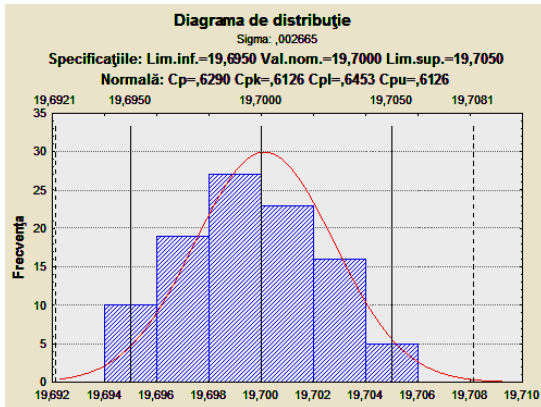


Fig.2. Trasarea histogramei și curbei / Fig.2. Plotting the histogram and distribution

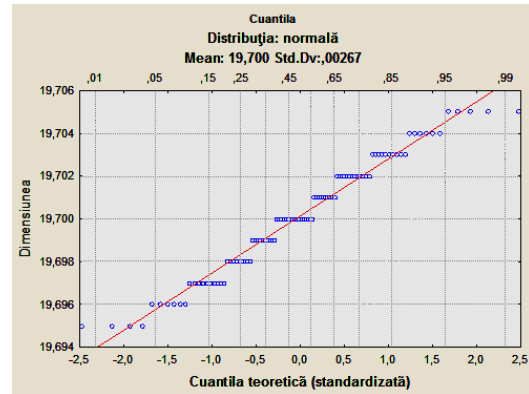


Fig.3. Graphical representation of curve size $2,00 \pm 0,005 \text{mm}$ theoretical quantile / Fig.3. Reprezentarea grafică a cuantilei teoretice a dimensiunii $19,7 \pm 0,005$.

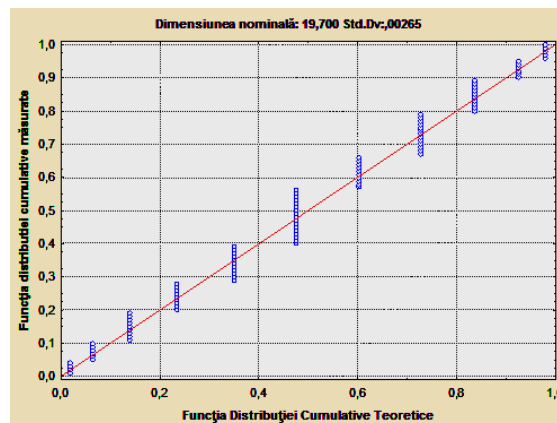


Fig.4. Reprezentarea grafică a funcției de repartiție a frecvenței cumulative teoretice și a funcției de repartiție pentru valorile efective / Fig.4. Graphical representation of the cumulative frequency distribution function theoretical and distribution function for the actual values.

Tabelul 5. Valori statistice calculate pentru cota 19,70mm și N=100: / Table 5. Statistical values calculated for the size 19,70mm și N=100:

Media	Mean	19,7001300
Mediana Median		19,7000000
Funcția de repartiție	25th Percentile (Q25)	19,6980000
Funcția de repartiție	75th Percentile (Q75)	19,7020000
Valoarea minimă	Minimum Value	19,6950000
Valoarea maximă	Maximum Value	19,7050000
Deviația standard	Standard Deviation	0,00266536
Variația	Variance	0,00000710
Skewness	Skewness	-0,06396588
Exces-statistica matematică	Kurtosis	-0,82226162
Număr de exemplare	Number of samples	100,000000
Volumul selecției	Sample size	2,00000000
Abaterea medie pătratică σ	Sigma-S (R-bar/d2)	0,00264973

Tabelul 6. Distribuția valorilor./
Table 6. Distribution of values.

	frecvența	cumularea frecv.	procent frecv.	cumularea proc. frecv.
19,694	0	0	0,0000	0,0000
19,696	10	10	10,000	10,0000
19,698	19	29	19,000	29,0000
19,700	27	56	27,000	56,0000
19,702	23	79	23,000	79,0000
19,704	16	95	16,000	95,0000
19,706	5	100	5,000	100,000

Tabelul 7. Dimensiunea măsurată: 2,00±0,005mm și N=100 piese/
Table 7. Size measured: 2,00±0,005mm și N=100 piese

1,9987	2,0003	1,998	1,9965	1,9994	1,9997	2,0008	1,998	2	1,999
2,0002	1,9998	1,9983	1,9993	2,0027	1,9977	1,9992	2,0001	1,9985	2,0004
2	2	2,0026	2,0015	1,998	1,9996	2,0001	2,0042	1,9983	1,9986
1,9996	2,0005	2,002	2,0015	1,9989	2,0006	2,0003	2,0024	1,9986	1,9997
2,0036	2,0012	2,0009	2,003	2,0013	1,9985	1,9993	2,0007	2,0035	2,0016
1,9995	1,9983	2	2,001	2,0032	1,9999	1,9966	1,9972	1,9968	1,9964
1,9962	2,0018	1,9992	2,0024	2,002	2,0038	1,9999	1,9976	1,9969	2,0017
2,0025	1,995	2,0025	1,9969	2	2,0012	1,9992	1,9997	1,9975	2,0003
2,0002	1,9995	2,0013	2,0025	1,9959	2,0045	2,0019	1,9995	1,9972	1,9978
2,0006	2,0021	1,9985	2,0013	1,996	2,0015	1,9989	1,9985	2,0053	1,9959

Tabelul 8. Indicii de capabilitate: dim. 2,00-3σ=1,9950mm, dim.: 2,00 +3σ=2,0063mm/
Table 8. Capability indices: dim. 2,00-3σ=1,9950mm, dim.: 2,00 +3σ=2,0063mm

		dis.normala	dis.non-nor.	pearson curve
Dimensiunea minima	Lower Specification Limit	1,995000		
Dimensiunea nominala	Nominal Specification	2,000000		
Dimensiunea maximă	Upper Specification Limit	2,005000		
Val.min.a funct.de repart.	Lower Perc. Value: ,135	1,994026	1,994635	1,994658
Mediana	Median (50%) Value: 50,00	1,999913	1,999892	1,999892
Val.min.a funct.de repart.	Upper Perc. Value: 99,865	2,005800	2,005472	2,005461
Capabilitatea potențială	CP (potential capability)	0,849374	0,922801	0,925704
Raportul de capabilitate	CR (capability ratio)	1,177338	1,083658	1,080258
Capabil. Demonstrata	CPK (demonstrated excellence)	0,834595	0,915436	0,917281
CPL (CP, minimă)	CPL (CP, lower)	0,834595	0,930620	0,934665
CPU (CP, maximă)	CPU (CP, upper)	0,864153	0,915436	0,917281

Tabelul 9. Prezentarea indicilor de performanță: dim. 2,00 -3σ=1,9935mm, dim. 2,00 -3σ= 2,0063mm/
Table 9. Presentation of performance indices: dim. 2,00 -3σ=1,9935mm, dim. 2,00 -3σ= 2,0063mm

Dimensiunea minimă	Lower Specification Limit	1,995000
Dimensiunea nominală	Nominal Specification	2,000000
Dimensiunea maximă	Upper Specification Limit	2,005000
Indicele de performanță	PP (performance index)	0,782821
Raport de performanță	PR (performance ratio)	1,277431
Performanță demonstrată	PPK (perf. demonstr. excell.)	0,769200
Indicele de performanță min	PPL (lower performance index)	0,769200
Indicele de performanță max	PPU (upper performance index)	0,796442

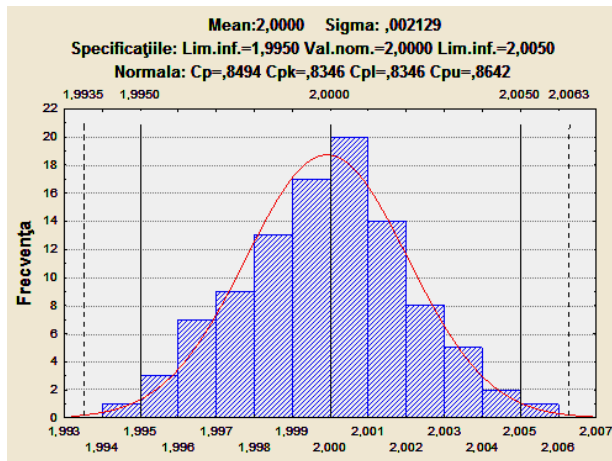


Fig.5. Trasarea histogramei și curbei/
 Fig.5. Plotting the histogram and distribution

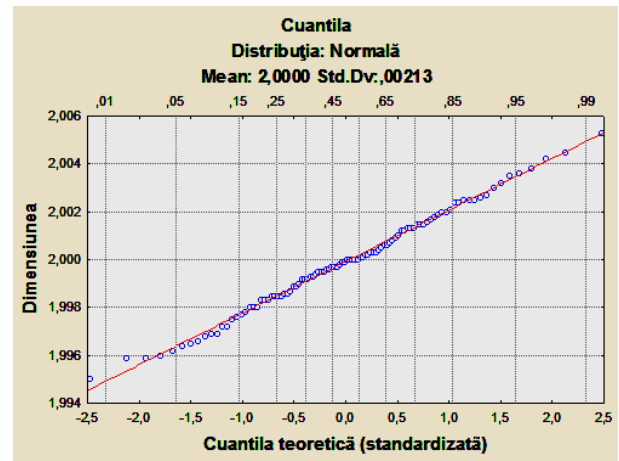


Fig.6. Graphical representation of curve size
 2,00±0,005mm theoretical quantile/
 Fig.6. Reprezentarea grafică a cuantilei teoretice
 de distribuție a dimensiunii 2,00±0,005mm/

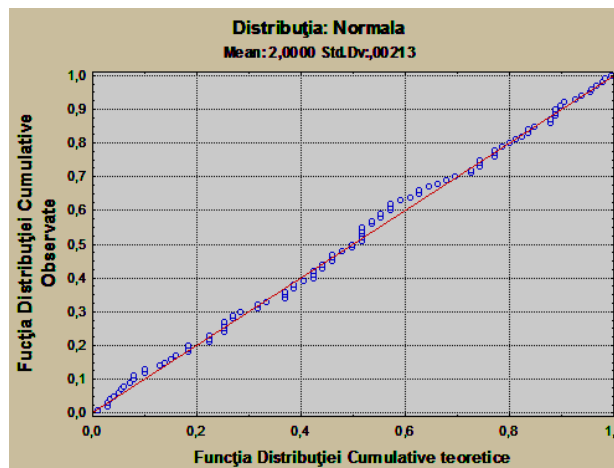


Fig.7. Reprezentarea grafică a funcției de repartiție a frecvenței cumulative teoretice și a funcției de repartiție pentru valorile efective/ Fig.7. Graphical representation of the cumulative frequency distribution function theoretical and distribution function for the actual values.

Tabelul 10. Valori statistice calculate pentru dimensiunea 2,00 mm și N = 100/ Table 10. Statistical values calculated for the size 2,00 mm și N = 100

Media	Mean	1,99991300
Mediana Median	Median	1,99995000
Funcția de repartiție	25th Percentile (Q25)	1,99850000
Funcția de repartiție	75th Percentile (Q75)	2,00140000
Valoarea minimă	Minimum Value	1,99500000
Vașoarea maximă	Maximum Value	2,00530000
Deviația standard	Standard Deviation	0,00212905
Variația	Variance	0,00000453
Skewness	Skewness	0,05552158
Exces-statistica matematică	Kurtosis	-0,28528171
Număr de exemplare	Number of samples	100,00000000
Volumul selecției	Sample size	2,00000000
Abaterea medie pătratică σ	Sigma-S (R-bar/d2)	0,00196223

Tabelul 11. Distribuția valorilor/ Table 11. Distribution of values.

	observed freq-cz	cumulatev observed	precent observed	cumul% observed
	frecvența	cumularea frecvențelor	procentul frecvențelor	cumularea proc. frecv.
1,994	0	0	0,00000	0,0000
1,995	1	1	1,00000	1,0000
1,996	3	4	3,00000	4,0000
1,997	7	11	7,00000	11,0000
1,998	9	20	9,00000	20,0000
1,999	13	33	13,00000	33,0000
2,000	17	50	17,00000	50,0000
2,001	20	70	20,00000	70,0000
2,002	14	84	14,00000	84,0000
2,003	8	92	8,00000	92,0000
2,004	5	97	5,00000	97,0000
2,005	2	99	2,00000	99,0000
2,006	1	100	1,00000	100,0000

3. CONCLUZII.

Pentru a stabili efectele factorului de influență de cost asupra toleranțelor finale de prelucrare, au fost investigate cinci cazuri de factori de influență.

Importanța mai mare a fost, în schimb, dată unui tip particular de proces de prelucrare. Se poate vedea că, deși factorii de influență variază într-o gamă largă, în cinci cazuri, pentru a scoate în mod diferențiat în relief procesele tehnologice de prelucrare, cele mai multe din toleranțele de prelucrare finale nu s-au schimbat.

În urma execuției piesei studiate cu toleranțele impuse prin această metodă, s-au făcut măsurări a câtorva dimensiuni ale lanțului de dimensiuni pentru piesa respectivă. Aceste dimensiuni au fost luate în considerare fie din timpul procesului tehnologic de execuție, fie la sfârșitul procesului. Datele au fost prezentate în tabele și apoi prelevate cu ajutorul unui program de statistică numit STATISTICA 7. Datele obținute prin aplicarea acestui program ne sunt prezentate atât sub formă de tabele cât și sub formă de diagrame. Citirea și interpretarea datelor prelevate de program fiind foarte simplă.

3. CONCLUSIONS.

To determine the effects of factors influence the cost of processing the final tolerances were investigated five cases of influencing factors. More importance was, however, given a particular type of processing. You can see that although factors influence a wide range vary in five cases, to remove the difference in technological processes of processing relief, most of the final machining tolerances have not changed.

Following execution of piece studied tolerances required by this method have been few measurements of chain dimensions of piece of a dimensions. These dimensions were taken into account during the technological process or the execution or at the end of the process. The data were presented in tables and then collected using a statistical program called STATISTICA 7. Data obtained by applying this program we are both tabular and chart form. Reading and interpreting the data collected is very simple program.

4. BIBLIOGRAFIE.

1. Rădulescu C., Cîrțina, L.M. Theoretical studies regarding optimization of technological tolerances depending on the capacity of the processing. Analele Universitatii „Constantin Brâncuși”, nr.4/NOV.2010, pag 217, ISSN 1842-4856.
2. C., Radulescu, L.M., Cîrțină, C., Militaru - Scheme analysis tree dimensions and tolerances processing- 4th, symposium with international participation, Durability and Reliability of Mechanical Systems, SYMECH 2011, pag..63-66 Târgu-Jiu, May, 20-21, 2011.
3. Lee C.L., Tang G.R. - Tolerance design for products with corelated characteristics. Mech Mach Theory 35: 1675-1678, 2000

4. REFERENCE.

1. Radulescu C., Cirtina, L.M. Theoretical studies regarding optimization of technological tolerances depending on the capacity of the processing. Analele Universitatii „Constantin Brâncuși”, nr.4/NOV.2010, pag 217, ISSN 1842-4856.
2. C., Radulescu, L.M., Cîrțină, C., Militaru - Scheme analysis tree dimensions and tolerances processing-4th, symposium with international participation, Durability and Reliability of Mechanical Systems, SYMECH 2011, pag..63-66 Târgu-Jiu, May, 20-21, 2011.
3. Lee C.L., Tang G.R. - Tolerance design for products with corelated characteristics. Mech Mach Theory 35: 1675-1678, 2000.