

## SIZE DISTRIBUTION OF THE DEGRADED INJECTION PUMPS ELEMENTS FOR THE RESTORATION OF THEIR OPERATIONAL STATE

### DISTRIBUȚIA DIMENSIUNILOR ELEMENTELOR POMPELOR DE INECȚIE DEGRADAȚI ÎN VEDEREA RESTABILIRII STĂRII DE FUNCȚIONARE

PhD. Stud. Eng. Danciu A.<sup>1)</sup>, Prof. PhD. Eng. Brătucu G.<sup>2)</sup>, PhD. Eng. Vlăduț V.<sup>1)</sup>,  
Prof. PhD. Eng. Brkic M.<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>INMA Bucharest / Romania, <sup>2)</sup>Transilvania" University of Brașov / Romania; <sup>3)</sup>University of Novi Sad / Serbia  
Fax: 021/269.32.73; E-mail: danciu\_aurel1@yahoo.com

#### Abstract:

Because of machining precision by pairing and running in (lapping) of the conjugated parts (piston and cylinder), the manufacturers, in order to not reject several parts assembled have recourse to execution of several diameters for these parts so that to be respected the conditions of ovality, conicity and the clearance between the conjugated components (max.  $0.5 \pm 2 \mu\text{m}$ ).

To highlight the size and shape of the injection pump elements (piston and cylinder) worn-out after the completion of an operating cycle on the engine, were taken randomly from a sample of 141 injection pump elements, studying the distribution of these dimensions.

The study of sizes distribution or of the effective deviations from shape of pistons and cylinders (bushings) of the worn off injection pumps elements, had as scope the knowledge of dimensions range of these, in order to check the possibilities to re-establish the operational state of these by lepping and re-pairing, pursuing and the determination of the number of measuring pneumatic complets, required in the resettlement process of the operational state of these.

The statistical and mathematical processing aimed to:

- determination of average diameters on two directions and in each of the three plans of measurement (both for pistons and for the cylinders of elements);
- the determination of pistons ovality and cylinders respectively in the three plans of measurement;
- the determination of averages for the piston conicity ( $C^{med}$ ) and for cylinders ( $C^{MED}$ );
- the determination of averages of the clearances in the three measurement plans for the conjugated parts;
- sorting in ascending order of the pistons and cylinders;
- highlighting the possibilities to restore the operating status of injection pump elements.

**Keywords:** injection pump elements, lapping, corrective maintenance, preventive maintenance, reconditioning.

#### INTRODUCTION

The tasks of the injection equipment are very difficult, given that within a cycle is injected an amount of fuel of only a few cubic millimeters, at pressures that can reach  $500 \pm 600 \text{ kgf/cm}^2$  and which is distributed on only  $20 \pm 30$  degrees of rotation of the motor shaft, after a prescribed law, ensuring in the same time a certain spraying characteristic [4].

Since only the injection pump with piston works at high pressures, required for a good spraying, it is necessary to ensure a good sealing of the piston in the cylinder.

This tightness is achieved by reducing the clearances between the piston and cylinder to very low values, achieved by running-in, ranging from 0.5 to 2  $\mu\text{m}$ , by a very fine surface quality performance and a perfect geometry. For the same purpose the piston length is

#### Rezumat:

Datorită preciziei de prelucrare prin împerechere și rodare (lepuire) a pieselor conjugate (piston și cilindru), fabricanții, pentru a nu rebuta multe piese ansamblate au recurs la execuția mai multor diametre la aceste piese astfel încât să fie respectate condițiile de ovalitate, conicitate și jocul dintre piesele conjugate (max.  $0,5 \pm 2 \mu\text{m}$ ).

Pentru evidențierea dimensiunilor și formei elementelor pompelor de inecție (piston și cilindru) uzați după realizarea unui ciclu de funcționare pe motor, s-au prelevat aleator un eșantion de 141 elemente de pompă de inecție, studiindu-se distribuția acestor dimensiuni.

Studiul distribuției dimensiunilor sau a abaterilor efective de la formă ale pistoanelor și ale cilindrilor (bucșelor) elementelor pompelor de inecție uzați, a avut ca scop cunoașterea plajei de dimensiuni a acestora, în vederea verificării posibilităților de restabilire a stării de funcționare a acestora prin lepuire și reimperechere, urmărindu-se și determinarea numărului de complete pneumatice de măsurare, necesare în procesul tehnologic de restabilire a stării de funcționare a acestora.

Prin prelucrarea statistică-matematică s-a urmărit:

- determinarea mediilor diametrelor după două direcții și în fiecare din cele trei planuri de măsurare (atât pentru pistoane cât și pentru cilindrii elementelor);
- determinarea ovalităților pistoanelor și respectiv a cilindrilor în cele trei planuri de măsurare;
- determinarea mediilor conicităților pentru pistoane ( $C^{med}$ ) și pentru cilindri ( $C^{MED}$ );
- determinarea mediilor jocurilor în cele trei planuri de măsurare pentru piesele conjugate;
- sortarea în ordine crescătoare a pistoanelor și a cilindrilor;
- evidențierea posibilităților de restabilire a stării de funcționare a elementelor pompelor de inecție.

**Cuvinte cheie:** elemente pompă inecție, lepuire, mentenanță corectivă, mentenanță preventivă, recondiționare.

#### INTRODUCERE

Sarcinile echipamentului de inecție sunt foarte dificile, având în vedere faptul că se injectează pe ciclu o cantitate de combustibil de numai câțiva milimetri cubi, la presiuni care pot atinge  $500 \pm 600 \text{ kgf/cm}^2$  și care se repartizează pe numai  $20 \pm 30$  grade de rotație a arborelui motor, după o lege prescrisă, asigurând totodată o anumită caracteristică de pulverizare [4].

Deoarece numai pompa de inecție cu piston lucrează la presiuni ridicate, cerute de o bună pulverizare, este necesar să se asigure o bună etanșitate a pistonului în cilindru.

Această etanșitate se obține prin reducerea jocurilor între piston și cilindru la valori foarte mici, realizate prin rodaj, cuprinse între 0,5 și 2  $\mu\text{m}$ , prin execuția foarte fină a calității suprafețelor și a unei geometrii perfecte. În același scop, lungimea pistonului

increased relative to its diameter, and sometimes rolling grooves are provided on the piston. There are assemblies with functional clearances of only  $1.5\pm 2.5\ \mu\text{m}$ , the surface quality being very fine and their geometry perfect. Due to these small functional clearances, the injection equipment is very sensitive to the operating conditions and maintenance [9].

The practice has demonstrated that by the procedures and normal machining means, can not be ensure the performance of pieces with absolute precision, but with certain deviations from the prescribed size, deviations that characterize the processing accuracy.

Even following processing by the same process (the same machine tool) with the tool set to quota, the parts of the considered batch, due to processing errors, will not have identical dimensions but will result with some errors different from part to part, of the one side and the other of the control quota ( $d_r$ ).

The dimensions of parts will be contained in a minimum effective diameter ( $d_{\text{ef.min}}$ , for pistons) and respectively  $D_{\text{ef.min}}$ , (for cylinders) and a maximum effective diameter ( $d_{\text{ef.max}}$ , respectively  $D_{\text{ef.max}}$ ).

Realization of high injection pressures requires a high machining precision of the parts combined (piston and cylinder), that achieved by the lapping of pairing so that the maximum clearance to be  $0.5\pm 2\ \mu\text{m}$ . Manufacturers, in order not to reject many pieces assembled have recourse to the performance of several diameters of pistons and of the cylinders of elements so that after the final processing to be respected the following conditions:

- ovality (of pistons and cylinders) up to 0.001 mm;
- maximum conicity 0.001 mm, large base of the cone being at the end with spiral groove at pistons, and to cylinders, the small bases of the cone to be to the end of the inlet orifice;
- clearance between the conjugated components maximum  $0.5\pm 2\ \mu\text{m}$ .

The mechanical fuel particles produce the wear of precision organs of injection system, in several ways, in relation to their size. The particles with the diameter greater than the clearance between the piston -drawer and the cylinder of the injection pump element are trapped between the edges of the piston-drawer and the edges of loading holes and are broken. If their hardness is greater than of the piston and cylinder the edges are chamfered, resulting in a reduction in the useful stroke of the piston-drawer and of the injection advance. A part of particle chips arrive between the piston -drawer and cylinder, causing an abrasive action. The remaining chips with other particles that have sneaked through the loading hole, arrive at the discharging valve and the injector needle. They produce an erosion wear due to the pressure and of the flow speed of fuel, as well as an wear of local destruction at the placement of the two bodies on the seat, which undermines the seal.

Particles that are smaller than or equal to the clearance, get between the piston-drawer and cylinder exercising an abrasive wear, mitigated in part by by the resinous substances from fuel, that due to the adsorption cover them. It may be concluded that the main wear of precision organs is exercised by the particles larger than the clearance between the piston -drawer and cylinder.

The filtering process of the fuel at the compression ignition engine presents an important particularity, determined by the pulsating regime of flow of the fuel.

Thus, the fuel does not move continuously from the fuel pump to the injection pump, but in a pulsating flow regime, affecting positively the filtering process, because in the time intervals in which ceases the flow or takes place in reverse, in the filter takes place a process of separation of particles by sedimentation.

este sporită în raport cu diametrul său, iar uneori se prevăd șanțuri de laminare pe piston. Există ansambluri cu jocuri funcționale de numai  $1,5\pm 2,5\ \mu\text{m}$ , calitatea suprafețelor fiind foarte fină, iar geometria lor perfectă. Datorită acestor jocuri funcționale mici, aparatura de injecție este foarte sensibilă la condițiile de exploatare și întreținere [9].

Practica a demonstrat că prin procedeele și mijloacele de prelucrare normale, nu se poate asigura realizarea pieselor cu precizie absolută, ci cu anumite abateri de la dimensiunea prescrisă, abateri care caracterizează precizia de prelucrare.

Chiar în urma prelucrării prin același procedeu (aceeași mașină unealtă) cu scula reglată la cotă, piesele din lotul considerat, datorită erorilor de prelucrare, nu vor avea dimensiuni identice ci vor rezulta cu anumite erori diferite de la piesă la piesă, de o parte și de alta a cotei de reglare ( $d_r$ ).

Dimensiunile pieselor vor fi cuprinse într-un diametru efectiv minim ( $d_{\text{ef.min}}$ , pentru pistoane) și respectiv  $D_{\text{ef.min}}$ , (pentru cilindrii) și un diametru efectiv maxim ( $d_{\text{ef.max}}$ , respectiv  $D_{\text{ef.max}}$ ).

Realizarea presiunilor de injecție mari impune o precizie ridicată de prelucrare a pieselor conjugate (piston și cilindru), aceasta realizându-se prin lepuirea de împerechere astfel încât jocul maxim să fie de  $0,5\pm 2\ \mu\text{m}$ . Fabricanții, pentru a nu rebuta multe piese ansamblate au recurs la execuția mai multor diametre ale pistoanelor și ale cilindrilor elementelor astfel încât după prelucrarea finală să fie respectate următoarele condiții:

- ovalitatea (pistoanelor și a cilindrilor) maxim 0,001 mm;
- conicitatea maxim 0,001 mm, baza mare a conului fiind spre capătul cu canal spirală la pistoane, iar la cilindrii, baza mică a conului să fie spre capătul cu orificiul de admisie;
- jocul dintre piesele conjugate maxim  $0,5\pm 2\ \mu\text{m}$ .

Particulele mecanice din combustibil produc uzura organelor de precizie ale sistemului de injecție, pe mai multe căi, în raport cu dimensiunea lor. Particulele cu diametrul mai mare decât jocul dintre pistonul-sertar și cilindru elementului pompei de injecție sunt prinse între muchiile pistonului-sertar și marginile orificiilor de încărcare și sunt sfărâmate. Dacă duritatea lor este mai mare decât a pistonului și a cilindrului marginile se teșesc, ceea ce antrenează o reducere a cursei utile a pistonului-sertar și a avansului la injecție. O parte din așchiile particulei ajung între pistonul-sertar și cilindru, determinând o acțiune abrazivă. Restul așchiilor împreună cu alte particule care s-au strecurat prin orificiul de încărcare, ajung la supapa de refulare și la acul injectorului. Ele produc o uzură de eroziune datorită presiunii și vitezei de curgere a combustibilului, precum și o uzură de distrugere locală la așezarea celor două organe pe sediu, ceea ce compromite etanșarea.

Particulele care au dimensiuni mai mici decât jocul sau egale cu el, ajung între pistonul-sertar și cilindru și exercită o uzură abrazivă, atenuată în parte de substanțele rășinoase din combustibil, care datorită adsorbției le învelesc. Se poate conchide că uzura principală a organelor de precizie o exercită particulele mai mari decât jocul dintre pistonul-sertar și cilindru.

Procesul de filtrare a combustibilului la motorul cu aprindere prin comprimare prezintă o particularitate importantă, determinată de regimul pulsator de curgere a combustibilului.

Astfel, combustibilul nu se deplasează continuu de la pompa de alimentare la pompa de injecție, ci într-un regim pulsator de curgere, care influențează pozitiv procesul de filtrare, deoarece în intervalele de timp în care scurgerea încetează sau are loc în sens invers, în filtru se desfășoară un proces de separare a particulelor prin sedimentare.

To ensure a long operating capacity of Diesel fuel installation, must be carried out preventive and corrective maintenance operations.

The restoration of operating state (reconditioning by the method of the repair steps) of precision parts of the injection pump elements (piston respectively cylinder) it is possible when the wear (the clearance between pair pieces) not exceed  $2.5 \div 20 \mu\text{m}$  [2].

In the reconditioning process by the method of repairing steps (lapping and re-pairing using various abrasive pastes) an important role is played by making measurements.

The study of size distribution or of the actual form deviations of the conjugated used parts (pistons and cylinders) aimed at the knowledge of their size range for reconditioning and the execution of number of pneumatic measuring suites [2] (pneumatic tampons for the measurement of cylinders of elements and pneumatic rings for the measurement of pistons of elements).

The pneumatic equipment is among the most economical means of dimensional control automation in machine construction, due to the relatively low costs, the stability of adjustments, low qualification of the personnel and ensuring the interchangeability due to good metrological characteristics of this means of measuring (sensitivity, stability, precision).

## MATERIALS AND METHOD

In order to emphasize the dimensions and shape of the piston element and of the cylinder element after the completion of a functioning cycle on the engine, have taken randomly a sample of 141 injection pump elements with a diameter of 9 mm, equipping the injection pumps on the D-110 engines.

In order to restore the operating status of the injection pumps elements (reconditioning by lapping and re pairing) was necessary the study of the distribution [3], [7] of dimensions and of actual shape deviations of the joint worn off parts (pistons and cylinders) in doing so:

- the worn elements was stamped, washed and were performed measurements at the conjugated parts of them (taking into account that these pieces may not be unpaired) in the following manner:
  - at pistons the outer diameters were measured with an orthotest having the accuracy of 0.001 mm;
  - at cylinders the inner diameters were measured using an internal comparator and a standard plane-parallel components kit for measuring, having the accuracy of 0.001 mm;
- to determine the most accurate of shape deviation both at pistons and at sleeves of the elements were measured the outer diameters (at pistons) and the inner diameters (at cylinders) by two perpendicular directions and three levels of measurement (Fig. 1) thus:
  - the A-A direction parallel to the slit (at piston of element) or with the inlet orifice (at the cylinder of element);
  - the B-B direction perpendicular to the slit (at the piston of element) or on the cylinder inlet orifice (at the cylinder of element);
  - measurement plan I at 5 mm from the front locating surface on the valve seat;
  - measurement plan II at 11 mm from the front locating surface on the valve seat;
  - measurement plan III at 17 mm from the front locating surface on the valve seat;
  - the outcomes measurements were printed in a table in the order of measurements made.

Pentru a asigura o capacitate îndelungată de funcționare a instalației de alimentare a motoarelor Diesel, trebuie efectuate operațiile de mentenanță preventivă și corectivă.

Restabilirea stării de funcționare (recondiționare prin metoda treptelor de reparații) a pieselor de precizie ale elementelor pompelor de injecție (piston respectiv cilindru) este posibilă când uzura (jocul între piesele perechi) nu depășește  $2,5 \div 20 \mu\text{m}$  [2].

În procesul de recondiționare prin metoda treptelor de reparații (lepuire și reîmperechere folosind diferite paste abrazive) un rol important îl are efectuarea de măsurători.

Studiul distribuției dimensiunilor sau a abaterilor efective de formă ale pieselor conjugate uzate (pistoane și cilindri) a avut ca scop cunoașterea plajei de dimensiuni a acestora în vederea recondiționării și a execuției numărului de complete pneumatice de măsurare [2] (tamponne pneumatice pentru măsurarea cilindrilor elementelor și inele pneumatice pentru măsurarea pistoanelor elementelor).

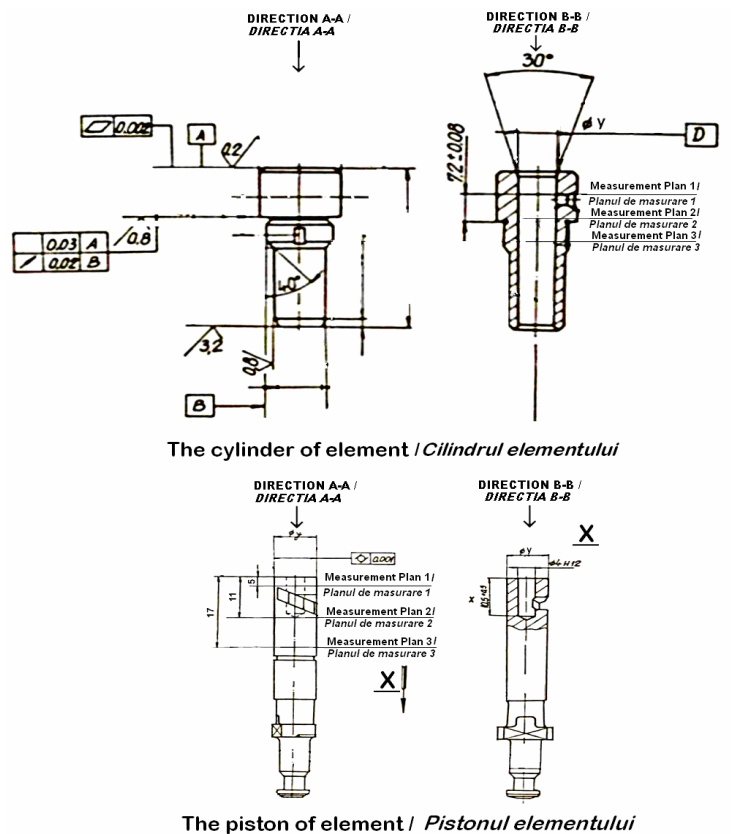
Aparatura pneumatică se situează printre cele mai economice mijloace de automatizare a controlului dimensional în construcția de mașini, datorită costurilor relativ reduse, stabilității reglajelor, calificării reduse a personalului și de asigurare a interschimbabilității datorită caracteristicilor metrologice bune ale acestor mijloace de măsurat (sensibilitate, stabilitate, precizie).

## MATERIALE ȘI METODĂ

În vederea evidențierii dimensiunilor și formei pistonului elementului și a cilindrului elementului după realizarea unui ciclu de funcționare pe motor, s-au prelevat aleator un eșantion de 141 elemente de pompă de injecție cu diametru de 9 mm, ce echipează pompele de injecție de pe motoarele D-110.

În vederea restabilirii stării de funcționare a elementelor pompelor de injecție (recondiționare prin lepuire și reîmperechere) a fost necesară studierea distribuției [3], [7] dimensiunilor și abaterilor efective de formă ale pieselor conjugate uzate (pistoane și cilindri) procedându-se astfel:

- elementele uzate au fost poansonate, spălate și s-au efectuat măsurători la piesele conjugate ale acestora (avându-se în vedere ca aceste piese să nu fie desperecheate) astfel:
  - la pistoane s-au măsurat diametrele exterioare cu ajutorul unui ortotest având precizia de 0,001 mm;
  - la cilindri s-au măsurat diametrele interioare cu ajutorul unui comparator de interior și a unei truse de cale plan-paralele, având precizia de 0,001 mm;
- pentru stabilirea cât mai precisă a abaterilor de formă, atât la pistoanele elementelor cât și la bușele elementelor, au fost măsurate diametrele exterioare (la pistoane) și diametrele interioare (la cilindri) după două direcții perpendiculare și în trei planuri de măsurare (Fig. 1) astfel:
  - direcția A-A paralelă cu fanta (la pistonul elementului), sau cu orificiul de admisie (la cilindrul elementului);
  - direcția B-B perpendiculară pe fantă (la pistonul elementului), sau pe orificiul de admisie (la cilindrul elementului);
  - planul de măsurare I la 5 mm de la suprafața frontală de așezare pe scaunul supapei;
  - planul de măsurare II la 11 mm de la suprafața frontală de așezare pe scaunul supapei;
  - planul de măsurare III la 17 mm de la suprafața frontală de așezare pe scaunul supapei;
  - rezultatele măsurărilor au fost inscripționate într-un tabel în ordinea măsurărilor efectuate.



**Fig. 1** - Plans and directions for measuring of cylinders and pistons of the elements of injection pumps /  
Planurile și direcțiile de măsurare ale cilindrilor și ale pistoanelor elementelor pompelor de injecție

Using the initially measurement of the worn pistons and cylinders of the elements, was performed the statistical and mathematical processing [1], [3], through which were pursued:

- determining average diameters (Table 1) by the two directions and in each of the three levels of measurement (both for pistons and for the cylinders of the elements);
- determining the ovality of pistons and respectively of cylinders in the three plans of measurement;
- determining the averages conicity for pistons ( $c^{med}$ ) and for cylinders ( $C^{MED}$ );
- determining the averages clearances in the three measurement plans of the conjugated parts;
- systematization of dimensions or actual deviations in ascending order for the unpaired pistons and cylinders this time, emphasizing the frequencies of occurrence for each interval.

In this respect the processing performed in EXCEL aimed:

- putting into correlation of the current number of the average of diameters ordered in ascending for the pistons, respectively for the unpaired cylinders, with the current number of the diameters initially measured for the 141 elements;
- increasing ordering of the averages of pistons diameters after the minimum of these values determined in one of the three measurement plans (I, II or III);
- increasing ordering of the averages of cylinders diameters after the maximum of these values determined in one of the three measurement plans (I, II or III);
- highlighting the possibilities to restore the operating status of the elements of injection pumps (reconditioning by the method of reparation steps), by creating histograms [5], [6], [7], [8], [10], and emphasizing the overlapping distribution curves for pistons and cylinders of the injection pump elements taken into study;

Folosind datele măsurătorilor inițiale ale pistoanelor și ale cilindrilor elementelor uzate, s-a efectuat prelucrarea statistico-matematică [1], [3] prin care s-au urmărit:

- determinarea mediilor diametrelor (tabel 1) după cele două direcții și în fiecare din cele trei planuri de măsurare (atât pentru pistoane cât și pentru cilindrii elementelor);
- determinarea ovalităților pistoanelor și respectiv a cilindrilor în cele trei planuri de măsurare;
- determinarea mediilor conicităților pentru pistoane ( $c^{med}$ ) și pentru cilindri ( $C^{MED}$ );
- determinarea mediilor jocurilor în cele trei planuri de măsurare pentru piesele conjugate;
- sistemizarea dimensiunilor sau a abaterilor efective în ordine crescătoare pentru pistoane și cilindrii desperecheați de această dată, evidențiindu-se frecvențele de apariție pe fiecare interval.

În acest sens prelucrarea efectuată în EXCEL a urmărit:

- punerea în corespondență a numărului curent al mediilor diametrelor ordonate crescător pentru pistoane, respectiv pentru cilindri desperecheați, cu numărul curent al diametrelor măsurate inițial pentru cei 141 elemente;
- ordonarea crescătoare a mediilor diametrelor pistoanelor după minimumul acestor valori determinate în unul din cele trei planuri de măsurare (I, II sau III);
- ordonarea crescătoare a mediilor diametrelor cilindrilor după maximumul acestor valori determinate în unul din cele trei planuri de măsurare (I, II sau III);
- punerea în evidență a posibilităților de restabilire a stării de funcționare a elementelor pompelor de injecție (recondiționare prin metoda treptelor de reparații), prin realizarea de histogramme [5], [6], [7], [8], [10], și prin evidențierea suprapunerii curbelor de distribuție pentru pistoane și cilindrii elementelor pompelor de injecție luați în studiu;

- determining the number of measuring pneumatic completes for pistons and cylinders of elements by means of the pneumatic device Superjet, taking as amplitude 40  $\mu\text{m}$  as this device has the measurement range, ( $\pm 20 \mu\text{m}$ ) [2].

#### Dimensional characteristics and constructive for the new parts:

- o clearance between piston and cylinder: 0.0005 $\pm$ 0.002 mm;
- o piston ovality on diameter: max. 0.001 mm;
- o cylinder ovality on diameter: max. 0.001 mm;
- o piston conicity: max. 0.001 mm (large base of the cone to the end with spiral channel);
- o cylinder conicity: max. 0.001 mm (the small cone basis to the end with the inlet orifice);
- o thermal treatment: at the temperature of -75  $^{\circ}\text{C}$ , for at least 20 minutes, followed by an aging consisting of a long term return at approx. 180 $^{\circ}\text{C}$ .
- o hardness: 61 $\pm$ 65 HRC.

#### RESULTS

Using the initially measurements of pistonel and cylinders of worn elements, were determined the average diameters for pistons respectively for cylinders in measuring transversal plans I, II and respectively III using the relations (1) și (2). The results are presented in Table 1.

$$\Phi_{I,II,III}^{med.} = \frac{\Phi_{P(A-A)_{I,II,III}} + \Phi_{P(B-B)_{I,II,III}}}{2} \quad (1)$$

$$\Phi_{I,II,III}^{MED.} = \frac{\Phi_{C(A-A)_{I,II,III}} + \Phi_{C(B-B)_{I,II,III}}}{2} \quad (2)$$

in which:  $\Phi_I^{med.}$  and  $\Phi_{I,II,III}^{MED.}$  - are the averages of piston diameters (respectively of the cylinder element) measured in the plan I (at 5 mm from the locating surface on the valve seat following the two directions A-A and respectively B-B;

-  $\Phi_{II}^{med.}$  și  $\Phi_{II}^{MED.}$  - are the averages of piston diameters (respectively of the cylinder of element) measured in the plan II (at 11 mm from the locating surface on the valve seat following the two directions A-A and respectively B-B;

-  $\Phi_{III}^{med.}$  și  $\Phi_{III}^{MED.}$  - are the averages of piston diameters (respectively of the cylinder of element) measured in the plan III (at 17 mm from the locating surface on the valve seat following the two directions A-A and respectively B-B;

-  $\Phi_{P(A-A)_{I,II,III}}$  și  $\Phi_{P(B-B)_{I,II,III}}$  - are the values of diameters

from longitudinal plans A-A and B-B for pistons, values measured in one of the transversal plans (I, II or III);

-  $\Phi_{C(A-A)_{I,II,III}}$  și  $\Phi_{C(B-B)_{I,II,III}}$  are the values of diameters

from longitudinal plans A-A and B-B for the cylinders (bushings) of the elements, values measured in one of the transversal plans (I, II or III);

- in each measurement transversal plane I, II or III were determined ovality for pistons and respectively elements cylinders based on the relations (3) and (4)

$$O_{(I,II,III)} = \left| \Phi_{P(A-A)_{I,II,III}} - \Phi_{P(B-B)_{I,II,III}} \right| \quad (3)$$

$$O_{(I,II,III)} = \left| \Phi_{C(A-A)_{I,II,III}} - \Phi_{C(B-B)_{I,II,III}} \right| \quad (4)$$

- the conicity averages for pistons ( $c^{med}$ ) and respectively the conicity averages for cylinders (CMED) was calculated with the relations (5) and (6).

$$c^{med} = \Phi_I^{med} - \Phi_{III}^{med} \quad (5)$$

- stabilirea numărului de complete pneumatice de măsurare pentru pistoanele și cilindrii elementelor cu ajutorul aparatului pneumatic Superjet, luându-se ca amplitudine 40  $\mu\text{m}$  cât are domeniul de măsurare acest aparat, ( $\pm 20 \mu\text{m}$ ) [2].

#### Caracteristici dimensionale și constructive pentru piesele noi:

- o jocul între piston și cilindru; 0,0005 $\pm$ 0,002 mm;
- o ovalitatea pe diametru a pistonului: max. 0,001mm;
- o ovalitatea pe diametru a cilindrului: max. 0,001mm;
- o conicitatea pistonului: max. 0,001 mm (baza mare a conului spre capătul cu canal spiral);
- o conicitatea cilindrului: max. 0,001 mm (baza mică a conului spre capătul cu orificiul de admisie);
- o tratament: la temperatura de -75  $^{\circ}\text{C}$ , timp de cel puțin 20 minute, urmată de o îmbătrânire constând dintr-o revenire de durată la cca. 180  $^{\circ}\text{C}$ .
- o duritatea: 61 $\pm$ 65 HRC.

#### REZULTATE

Folosind datele măsurătorilor inițiale ale pistonelor și ale cilindrilor elementelor uzate, s-au determinat diametrele medii pentru pistoane respectiv pentru cilindri în planurile de măsurare transversale I, II și respectiv III cu ajutorul relațiilor (1) și (2). Rezultatele sunt prezentate în tabelul 1.

în care: -  $\Phi_I^{med.}$  și  $\Phi_{I,II,III}^{MED.}$  - sunt mediile diametrelor pistonului (respectiv al cilindrului elementului) măsurat în planul I (la 5 mm de la suprafața de așezare pe scaunul supapei după cele două direcții A-A și respectiv B-B;

-  $\Phi_{II}^{med.}$  și  $\Phi_{II}^{MED.}$  - sunt mediile diametrelor pistonului (respectiv al cilindrului elementului) măsurat în planul II (la 11 mm de la suprafața de așezare pe scaunul supapei după cele două direcții A-A și respectiv B-B;

-  $\Phi_{III}^{med.}$  și  $\Phi_{III}^{MED.}$  - sunt mediile diametrelor pistonului (respectiv al cilindrului elementului) măsurat în planul III (la 17 mm de la suprafața de așezare pe scaunul supapei după cele două direcții A-A și respectiv B-B;

-  $\Phi_{P(A-A)_{I,II,III}}$  și  $\Phi_{P(B-B)_{I,II,III}}$  - sunt valorile diametrelor din

planurile longitudinale A-A și B-B pentru pistoane, valori măsurate în unul din planurile transversale (I, II sau III);

-  $\Phi_{C(A-A)_{I,II,III}}$  și  $\Phi_{C(B-B)_{I,II,III}}$  sunt valorile diametrelor din

planurile longitudinale A-A și B-B pentru cilindrii (bucșele) elementelor, valori măsurate în unul din planurile transversale (I, II sau III);

- în fiecare plan de măsurare transversal I, II sau III s-au determinat ovalitățile pentru pistoanele și respectiv cilindrii elementelor pe baza relațiilor (3) și (4)

- mediile conicităților pentru pistoane ( $c^{med}$ ) și respectiv mediile conicităților pentru cilindri ( $C^{MED}$ ) s-a calculat cu ajutorul relațiilor (5) și (6).

$$C^{MED} = \Phi_{III}^{MED} - \Phi_I^{MED} \tag{6}$$

where:  $\Phi_I^{med}$ ,  $\Phi_{III}^{med}$  and respectively  $\Phi_I^{MED}$ ,  $\Phi_{III}^{MED}$  are the averages of pistons diameters respectively of the cylinders in the measuring plans I and III.

- to the worn conjugated parts (piston and cylinder) were calculated the clearances averages in the three planes of measurement I, II and III using the relation (7).

$$j_{I,II,III} = \Phi_{I,II,III}^{MED} - \Phi_{I,II,III}^{med} \tag{7}$$

where: -  $j_{I,II,III}$  - are averages of the clearances between pistons and cylinders that worked together, clearances calculated as the difference between the average diameters of conjugated parts in one of three measurement plans (I, II, or III);

-  $\Phi_{I,II,III}^{MED}$  - are the averages of cylinder diameters of the elements (in one of three measurement plans);

-  $\Phi_{I,II,III}^{med}$  - are the averages of piston diameters of the elements (in one of three measurement plans).

Based on data obtained at measurements for the 141 elements taken in study and of the results concerning the calculations of the average of diameters, of the ovality, of the conicity, as well as of of the clearances of conjugated parts, processed in EXCEL has been prepared the Table 1 where are presented:

- mediile diametrelor pentru pistoane respectiv pentru cilindrii în [mm] calculate în fiecare din cele trei planuri de măsurare;
- the ovality for pistons respectively for the cylinders in [mm] calculated in the three measuring planes;
- the conicity averages for pistons calculated as difference between the means of diameters corresponding to measurement plans I and III in [mm];
- the conicity averages for cylinders calculated as difference between the diameters averages corresponding to the measurement plans III and I in [mm];
- averages of the clearances between the conjugated parts, calculated as difference between the average diameter of the cylinders and those of the of pistons in every measuring plan, in [mm].

unde:  $\Phi_I^{med}$ ,  $\Phi_{III}^{med}$  și respectiv  $\Phi_I^{MED}$ ,  $\Phi_{III}^{MED}$  sunt mediile diametrelor pistoanelor respectiv ale cilindrilor în planurile de măsurare I și III.

- la piesele conjugate uzate (piston și cilindru) au fost calculate mediile jocurilor în cele trei planuri de măsurare I, II și III cu ajutorul relației (7).

unde: -  $j_{I,II,III}$  - sunt mediile jocurilor între pistoane și

cilindrii care au funcționat împreună, jocuri calculate ca diferență între mediile diametrelor pieselor conjugate în unul din cele trei planuri de măsurare (I, II, sau III);

-  $\Phi_{I,II,III}^{MED}$  - sunt mediile diametrelor cilindrilor elementelor (în unul din cele trei planuri de măsurare);

-  $\Phi_{I,II,III}^{med}$  - sunt mediile diametrelor pistoanelor elementelor (în unul din cele trei planuri de măsurare).

În baza datelor obținute la măsurători pentru cei 141 elemente luați în studiu și a rezultatelor privind calculele mediilor diametrelor, ale ovalităților, ale conicităților, precum și ale jocurilor pieselor conjugate, prelucrate în EXCEL s-a întocmit tabelul 1 unde sunt prezentate:

- mediile diametrelor pentru pistoane respectiv pentru cilindrii în [mm] calculate în fiecare din cele trei planuri de măsurare;
- ovalitățile pentru pistoane respectiv pentru cilindri în [mm] calculate în cele trei planuri de măsurare;
- mediile conicităților pentru pistoane calculate ca diferență între mediile diametrelor corespunzătoare planurilor de măsurare I și III în [mm];
- mediile conicităților pentru cilindri calculate ca diferență între mediile diametrelor corespunzătoare planurilor de măsurare III și I în [mm];
- mediile jocurilor între piesele conjugate, calculate ca diferență între diametrele medii ale cilindrilor și cele ale pistoanelor în fiecare plan de măsurare, în [mm].

Table 1 / Tabel 1

Crt. No. / Nr. crt.	Average values of the diameters / Valorile medii ale diametrelor [mm]						Ovality / Ovalități [mm]						Average values of conicity / Valorile medii ale conicități [mm]		Clearances between the conjugated parts / Jocurile între piesele conjugate [mm]		
	piston / piston			cylinder / cilindru			piston / piston			cylinder / cilindru			piston / piston	cylinder / cilindru	After the direction A-A or the direction B-B / După direcția A-A sau direcția B-B		
	Measuring plan. / Planul de măsurare			Measuring plan. / Planul de măsurare			Measuring plan. / Planul de măsurare			Measuring plan. / Planul de măsurare			C <sub>med</sub>	C <sub>MED</sub>	Measuring plan. / Planul de măsurare		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	9.108	9.109	9.1085	9.1165	9.1175	9.119	0	0	0.001	0.001	0.001	0	0.0005	0.0025	0.0085	0.0085	0.0105
2	9.1395	9.139	9.1395	9.15	9.1495	9.1495	0.001	0	0.001	0	0.001	0.001	0	0.0005	0.0105	0.0105	0.01
3	9.1195	9.12	9.12	9.13	9.129	9.1295	0.001	0	0	0	0	0	0.0005	0.0005	0.0105	0.009	0.0095
4	8.9965	8.996	8.9955	9.005	9.003	9.003	0.001	0	0.001	0	0	0	0.001	0.002	0.0085	0.007	0.0075
5	9.023	9.0235	9.0235	9.0335	9.031	9.032	0	0.001	0.001	0.003	0.002	0.002	0.0005	0.0015	0.0105	0.0075	0.0085
6	9.0285	9.029	9.029	9.037	9.036	9.036	0.003	0.002	0.002	0	0	0	0.0005	0.001	0.0085	0.007	0.007
7	9.038	9.0375	9.037	9.046	9.045	9.045	0	0.001	0	0.002	0	0	0.001	0.001	0.008	0.0075	0.008
8	9.0245	9.025	9.0245	9.0305	9.03	9.0305	0.001	0	0.001	0.003	0	0.001	0	0	0.006	0.005	0.006
9	9.093	9.093	9.093	9.109	9.1095	9.1095	0	0	0	0.002	0.001	0.001	0	0.0005	0.016	0.0165	0.0165
10	9.1585	9.158	9.1575	9.167	9.165	9.1665	0.001	0	0.001	0	0	0.001	0.001	0.0005	0.0085	0.007	0.009
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
131	9.114	9.1145	9.1145	9.1235	9.1235	9.124	0	0.001	0.001	0.001	0.001	0	0.0005	0.0005	0.0095	0.009	0.0095
132	9.118	9.1175	9.117	9.125	9.1245	9.124	0	0.001	0	0	0.001	0	0.001	0.001	0.007	0.007	0.007
133	9.1135	9.114	9.114	9.121	9.1205	9.12	0.001	0	0	0	0.001	0	0.0005	0.001	0.0075	0.0065	0.006
134	9.1225	9.123	9.1225	9.1295	9.1295	9.1295	0.001	0	0.001	0.001	0.001	0.001	0	0	0.007	0.0065	0.007

135	9.131	9.1305	9.13	9.1375	9.1375	9.1375	0	0.001	0	0.001	0.001	0.001	0.001	0	0.0065	0.007	0.0075
136	9.1485	9.15	9.15	9.1575	9.157	9.157	0.001	0	0	0.001	0	0	0.0015	0.0005	0.009	0.007	0.007
137	9.112	9.1115	9.11	9.1175	9.1175	9.117	0	0.001	0	0.001	0.001	0	0.002	0.0005	0.0055	0.006	0.007
138	9.1015	9.1015	9.1015	9.108	9.1075	9.107	0.001	0.001	0.001	0	0.001	0	0	0.001	0.0065	0.006	0.0055
139	9.1185	9.1175	9.117	9.124	9.1245	9.125	0.001	0.001	0	0	0.001	0	0.0015	0.001	0.0055	0.007	0.008
140	9.061	9.0605	9.06	9.065	9.065	9.065	0	0.001	0	0.002	0.002	0	0.001	0	0.004	0.0045	0.005
141	9.104	9.103	9.102	9.115	9.114	9.1125	0	0	0	0.002	0	0.001	0.002	0.0025	0.011	0.011	0.0105

From the analysis of this table can be drawn the following conclusions.

- the averages of diameters of pistons had values ranging between 8.899 mm and 9.2145 mm;
- the averages of diameters of cylinders had values ranging between 8.907 mm and 9.235 mm;
- the ovality determined to the pistons of the elements had values ranging between  $0 \pm 0.011$  mm,
- the ovality determined to the cylinders of the elements had values ranging between  $0 \pm 0.01$  mm;
- averages of the conicity values at pistons ranged between 0 to 0.0055 mm;
- averages of the conicity values determined at cylinders ranged between 0 to 0.0055 mm;
- averages of the clearances values of conjugated parts ranged between 0.0025 mm to 0.0815 mm. To be possible the interpretation of how the process was carried out were systematized actual size in ascending order for pistons and cylinders unpaired this time, on intervals and frequencies. In practice these components will be introduced in holders with combined alveoles for pistons and cylinders after measurements are performed [2].

Sorting in increasing order of the pistons was performed after the minimum between the averages of diameters measured on the two directions (direction A-A parallel to the slit, or the direction B-B perpendicular to the slit) in one of the three measurement plans (I, II or III).

Grading in increasing order of cylinders was performed after the maximum of the averages of diameters measured on the two directions (direction A-A parallel to the inlet orifice or the direction B-B perpendicular the inlet orifice) in one of the three measurement plans (I, II or III).

Was calculated using relations (8) and (9) the amplitude of sizes of pistons and respectively of cylinders of elements, observing  $d_{ef.min}$  și  $d_{ef.max}$ , for pistons and respectively  $D_{ef.min}$ ,  $D_{ef.max}$ , for cylinders.

$$w = d_{ef.max} - d_{ef.min} = 9.215 - 8.899 = 0.3135 \text{ mm} \quad (8)$$

$$W = D_{ef.max} - D_{ef.min} = 9.235 - 8.908 = 0.327 \text{ mm} \quad (9)$$

- for the pistons of the elements:

$$d_{ef.min} = 8.899 \text{ mm};$$

$$\text{and } d_{ef.max} = 9.215 \text{ mm},$$

- for the cylinders (bushings) of the elements:

$$D_{ef.min} = 8.908 \text{ mm}$$

$$\text{și } D_{ef.max} = 9.235 \text{ mm}.$$

The number of intervals (i) is taken according to the relation (10) [3]:

$$5 < i < 17 \quad (10)$$

After ascending ordering of the statistical strings (of the average values of the pistons diameters, respectively of cylinders), were determined the number of intervals of these statistical strings with the relation (11) [3] for cylinders and pistons:

$$n_i = \frac{t_n - t_1}{A} \quad (11)$$

where:  $n_i$  – the number of intervals;

$t_n$  - the last data value or maximum of the averages of diameters calculated as average of diameters measured

Din analiza acestui tabel se pot trage următoarele concluzii.

- mediile diametrelor pistoanelor au avut valori cuprinse între 8,899 mm și 9,2145 mm;
- mediile diametrelor cilindrilor au avut valori cuprinse între 8,907 mm și 9,235 mm;
- ovalitățile determinate la pistoanele elementelor au avut valori cuprinse între  $0 \pm 0,011$  mm,
- ovalitățile determinate la cilindrii elementelor au avut valori cuprinse între  $0 \pm 0,01$  mm;
- mediile valorilor conicităților la pistoane au fost cuprinse între  $0 \pm 0,0055$  mm;
- mediile valorilor conicităților determinate la cilindri au fost cuprinse între  $0 \pm 0,0055$  mm;
- mediile valorilor jocurilor pieselor conjugate au fost cuprinse între  $0,0025 \pm 0,0815$  mm. Pentru a fi posibilă interpretarea modului cum a fost efectuată prelucrarea s-au sistemizat dimensiunile efective în ordine crescătoare pentru pistoane și cilindrii desperecheați de această dată, pe intervale și frecvențe. În practică aceste piese conjugate se vor introduce în suporturi cu alveole pentru pistoane și cilindri după efectuarea măsurătorilor [2].

Sortarea în ordine crescătoare a pistoanelor s-a efectuat după după minimul dintre mediile diametrelor măsurate după cele două direcții (direcția A-A paralelă cu fanta, sau direcția B-B perpendiculară pe fantă) în unul din cele trei planuri de măsurare (I, II sau III).

Sortarea în ordine crescătoare a cilindrilor s-a efectuat după maximul dintre mediile diametrelor măsurate după cele două direcții (direcția A-A paralelă cu orificiul de admisie sau direcția B-B perpendiculară pe orificiul de admisie) în unul din cele trei planuri de măsurare (I, II sau III).

S-a calculat cu ajutorul relațiilor (8) și (9) amplitudinea dimensiunilor pistoanelor și respectiv a cilindrilor elementelor, observându-se  $d_{ef.min}$  și  $d_{ef.max}$ , pentru pistoane și respectiv  $D_{ef.min}$ ,  $D_{ef.max}$ , pentru cilindri.

- pentru pistoanele elementelor:

$$d_{ef.min} = 8,899 \text{ mm};$$

$$\text{și } d_{ef.max} = 9,215 \text{ mm},$$

- pentru cilindri (bucșele) elementelor:

$$D_{ef.min} = 8,908 \text{ mm}$$

$$\text{și } D_{ef.max} = 9,235 \text{ mm}.$$

Numărul intervalelor (i) se ia conform relației (10) [3]:

După ordonarea crescătoare ale șirurilor statistice (a valorilor medii ale diametrelor pistoanelor, respectiv ale cilindrilor), s-au determinat numărul de intervale ale acestor șiruri statistice ca relația (11) [3] pentru cilindri și pistoane:

în care:  $n_i$  - numărul de intervale;

$t_n$  - valoarea ultimei informații sau maximul dintre mediile diametrelor calculate ca medie a diametrelor

on the two directions A-A and B-B in one of the three plans;

$t_1$  - the value of the first information or minimum of the averages of diameters calculated as average of diameters measured on the two directions A-A and B-B in one of the three plans;

A - the interval size, (the pace) which is chosen to the value of 40  $\mu\text{m}$  as the pneumatic device type Superjet can provide the reading with the micron accuracy (the measurement range being of  $\pm 20 \mu\text{m}$ ).

For the elements with  $\Phi = 9 \text{ mm}$ , the number of intervals of the statistical string will be:

- for pistons:

măsurate după cele două direcții A-A și B-B în unul din cele trei planuri;

$t_1$  - valoarea primei informații sau minimul dintre mediile diametrelor calculate ca medie a diametrelor măsurate după cele două direcții A-A și B-B în unul din cele trei planuri;

A - mărimea intervalului, (pasul) care este aleasă la valoarea de 40  $\mu\text{m}$  cât poate să asigure citirea cu precizia de micron aparatul pneumatic tip Superjet (intervalul de măsurare fiind de  $\pm 20 \mu\text{m}$ ).

Pentru elementii cu  $\Phi = 9 \text{ mm}$ , numărul de intervale ale șirului statistic vor fi:

- pentru pistoane:

$$n_{ip} = \frac{9.2125 - 8.899}{0.04} = 7.8375 \quad (12)$$

- for the cylinders (bushings) of the element:

- pentru cilindrii (bușe) elementului:

$$n_{ib} = \frac{9.235 - 8.908}{0.04} = 8.175 \quad (13)$$

It has chosen  $n_{ip} = 9$  intervals for pistons and  $n_{ib} = 9$  intervals for cylinders for the performance of measuring pneumatic complets.

The statistical string usually consists of five headings, namely:

- a) the limits of each interval;
- b) the middle value of the interval;
- c) the number of events  $n_i$  within each interval;
- d) experimental possibility of occurrence of events,  $p_i$ ;
- e) the integral (sum) of experimental possibilities of occurrence of events.

The limits of the 9 intervals (from 40 to 40  $\mu\text{m}$ ) of the statistical strings for the pistons and cylinders of elements from the injection pumps with the diameter of 9 mm are presented in Table 2.

S-a ales  $n_{ip} = 9$  intervale pentru pistoane și  $n_{ib} = 9$  intervale pentru cilindrii în vederea executării de complete pneumatice de măsurare.

Șirul statistic se compune de obicei din cinci rubrici, și anume:

- a) limitele fiecărui interval;
- b) valoarea mijlocului intervalului;
- c) numărul de evenimente  $n_i$  din fiecare interval;
- d) posibilitatea experimentală a apariției evenimentelor,  $p_i$ ;
- e) integrala (suma) posibilităților experimentale ale apariției evenimentelor.

Limitele celor 9 intervale (din 40 în 40  $\mu\text{m}$ ) ale șirurilor statistice pentru pistoanele și cilindrii elementelor de la pompele de injecție cu diametrul de 9 mm sunt prezentate în tabelul 2.

Table 2 / Tabel 2

The limits statistical strings intervals / Limitele intervalelor șirurilor statistice

Crt. No. / Nr. crt.	Pistons / Pistoane			Cylinders / Cilindri		
	Measuring range limits / Limitele intervalului de măsurare [mm]		Frequencies / Frecvențe	Measuring range limits / Limitele intervalului de măsurare [mm]		Frequencies / Frecvențe
	Inferior / inferioară	Superior / superioară		Inferior / inferioară	Superior / superioară	
1	8.881 / 8,881	8.92 / 8,92	17	8.9 / 8,9	8.94 / 8,94	19
2	8.921 / 8,921	8.96 / 8,96	12	8.941 / 8,941	8.98 / 8,98	11
3	8.961 / 8,961	9 / 9	14	8.981 / 8,981	9.02 / 9,02	24
4	9.001 / 9,001	9.04 / 9,04	36	9.021 / 9,021	9.06 / 9,06	31
5	9.041 / 9,041	9.08 / 9,08	15	9.061 / 9,061	9.1 / 9,1	17
6	9.081 / 9,081	9.12 / 9,12	29	9.101 / 9,101	9.14 / 9,14	24
7	9.121 / 9,121	9.16 / 9,16	15	9.141 / 9,141	9.18 / 9,18	12
8	9.161 / 9,161	9.2 / 9,2	2	9.181 / 9,181	9.22 / 9,22	1
9	9.201 / 9,201	9.24 / 9,24	1	9.221 / 9,221	9.26 / 9,26	2

The histograms with the frequencies of the number of occurrences of events in the 9 intervals considered (whose size is of 40  $\mu\text{m}$  as can provide the reading with the micron accuracy the pneumatic device type Superjet), for pistons and cylinders are shown in Fig. 2 and Fig. 3.

Histogramele cu frecvențele numărului de apariții evenimentelor în cele 9 intervale considerate (a căror dimensiune este de 40  $\mu\text{m}$  cât poate să asigure citirea cu precizia de micron aparatul pneumatic tip Superjet), pentru pistoane și cilindri sunt prezentate în Fig. 2, și Fig. 3.

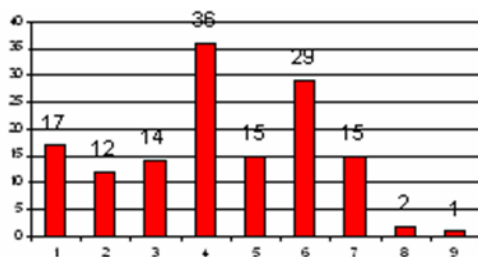


Fig. 2 - frequency of occurrence events at pistons on size intervals / Frecvențe apariție evenimente la pistoane pe intervale de dimensiuni

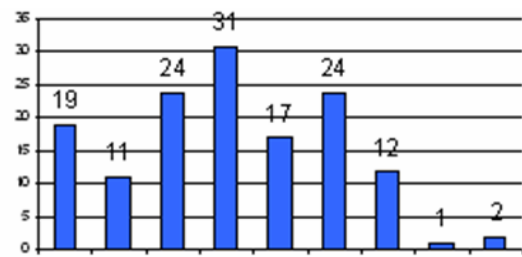


Fig. 3 - Frequency of occurrence events at cylinders on size intervals / Frecvențe apariție evenimente la cilindri pe intervale de dimensiuni



In order to highlight the possibilities for reconditioning of injection pumps elements in line taken into study, have diminished the amplitudes (pace) from 40 to 10  $\mu\text{m}$  to increase the number of intervals.

Thus, for the pistons and cylinders of the elements of 9 mm, numărul de intervale din 10 în 10  $\mu\text{m}$  was 35 compared to the 9 intervals which were analyzed and presented in the histograms in Fig. 2 and Fig. 3.

With these data were reprocessed in EXCEL the statistical strings, drawing in the same coordinate axes the distribution curves for the values of average of pistons diameters and of diameters of injection pump cylinders (superimposing these curves).

The distribution curves of overlapping of the events occurrences (the averages of piston diameters and of cylinders ordered ascending on the 35 intervals) are represented in the diagram in Fig. 4

Pentru a se putea pune în evidență posibilitățile de recondiționare a elementelor pompelor de injecție în linie luată în studiu, s-au micșorat amplitudinile (pasul) de la 40  $\mu\text{m}$  la 10  $\mu\text{m}$  în vederea măririi numărului de intervale.

Astfel, pentru pistoanele și cilindrii elementelor de 9 mm, numărul de intervale din 10 în 10  $\mu\text{m}$  a fost de 35 față de cele 9 intervale câte au fost analizate și prezentate în histogramele din fig. 2 și fig. 3.

Cu aceste date, s-au prelucrat din nou în EXCEL șirurile statistice, trasându-se în aceleași axe de coordonate curbele de distribuție pentru valorile mediilor diametrelor pistoanelor și ale mediilor diametrelor cilindrilor elementelor pompelor de injecție (suprapunând aceste curbe).

Curbele de distribuție a suprapunerii aparițiilor evenimentelor (mediile diametrelor pistoanelor și ale cilindrilor ordonate crescător pe cele 35 de intervale) sunt reprezentate în diagrama din fig. 4.

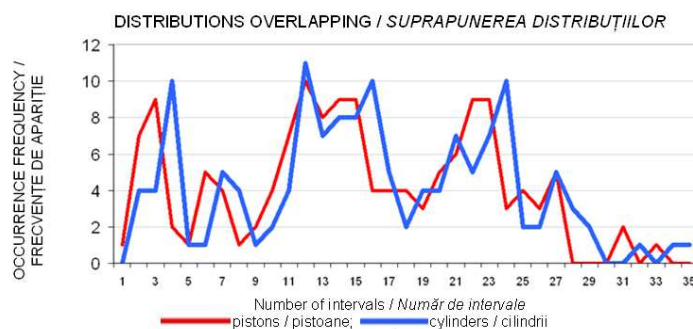


Fig. 4 - Frequency of occurrence of events in each size range / Frecvențe apariție evenimente pe fiecare interval de dimensiuni

## CONCLUSIONS

The tasks of the injection equipment are very difficult, because it have to work at high pressures (required for a good spraying), requiring a good seal of the piston in the cylinder.

The sealing is achieved by reducing the clearance between the piston and cylinder to very low values, ranging from 0.5 to 2  $\mu\text{m}$ , by a very fine execution of surface quality and of a perfect geometry, achieved by running in (lapping for pairing, using lapping pastes with different granulations).

To restore the operating status of the injection pumps elements (reconditioning by lapping and re-pairing), was necessary to study the distribution of sizes and of the effective deviations of form of the conjugated worn parts, (pistons and cylinders), being performed the measurement of the outside diameter at pistons and of the inner diametrelui at cylinders on two perpendicular directions and in three plans of measurement.

Through the statistical and mathematical processing, swere determined the averages of piston diameters, of the conicity, of the clearances between the conjugated parts as well as the pistons ovality and respectively of cylinders, on the three measurement plans.

Also was performed the systematization of the dimensions or of the effective deviations in ascending order (for pistons after the minimum values of the diameters averages and for cylinders after the maximum of averages of the diameters in one of the three measurement plans), elaborating the charts of the probability function (histograms), with the frequencies of occurrence on each interval.

The study of distribution of averages of sizes or of the effective deviations from the form of worn pistons and of cylinders (bushings) of the worn elements of injection pumps, with the diameter of 9 mm, aimed the knowledge of their size range, to determine the number of measuring pneumatic complets for the pistons and cylinders of elements, pneumatic complets necessary to carry out of

## CONCLUZII

Sarcinile echipamentului de injecție sunt foarte dificile, deoarece trebuie să lucreze la presiuni ridicate (cerute de o bună pulverizare), fiind necesară o bună etanșeitate a pistonului în cilindru.

Etanșeitatea se obține prin reducerea jocurilor între piston și cilindru la valori foarte mici, cuprinse între 0,5 și 2  $\mu\text{m}$ , prin execuția foarte fină a calității suprafețelor și a unei geometrii perfecte, realizate prin rodaj (lepuire de împerechere, folosind paste de lepuire cu diferite granulații).

În vederea restabilirii stării de funcționare a elementelor pompelor de injecție (recondiționare prin lepuire și reîmperechere), a fost necesară studierea distribuției dimensiunilor și a abaterilor efective de formă ale pieselor conjugate uzate, (pistoane și cilindri), efectuându-se măsurarea diametrului exterior la pistoane și a diametrului interior la cilindri după două direcții perpendiculare și în trei planuri de măsurare.

Prin prelucrarea statistico-matematică, s-au determinat mediile diametrelor, ale conicităților, ale jocurilor între piesele conjugate precum și a ovalităților pistoanelor și respectiv a cilindrilor, în cele trei planuri de măsurare.

De asemenea s-a efectuat sistematizarea dimensiunilor sau a abaterilor efective în ordine crescătoare (pentru pistoane după valorile minime ale mediilor diametrelor și pentru cilindri după maximul mediilor diametrelor în unul din cele trei planuri de măsurare), întocmindu-se graficele funcției de probabilitate (histograme), cu frecvențele de apariție pe fiecare interval.

Studiul distribuției mediilor dimensiunilor sau a abaterilor efective de la formă ale pistoanelor uzate și ale cilindrilor (bucșelor) elementelor pompelor de injecție uzate, cu diametrul de 9 mm, a avut ca scop cunoașterea plajei de dimensiuni a acestora, în vederea stabilirii numărului de complete pneumatice de măsurare pentru pistoanele și cilindrii elementelor, complete pneumatice necesare

measurements in the technological process of restoring of their operating status.

From analyzing of overlapping distribution curves of the averages of sorted diameters in ascending order on the 35 intervals from 10 in 10 mm, resulted that it may be reconditioned by lapping and re-pairing (using special pastes based on chromium oxide or in aluminum oxide with different granulations), more than 80% of the elements of injection pumps taken into study.

Restoration of hte operating state of elements of the in line injection pumps by lapping (running in) and re-pairing is possible, an important role having performing measurements during finding of worn elements and in their reconditioning process.

The experimental results led to the fact that the restoration of hte operating state of elements of the in line injection pumps using the method of repairing steps is possible to be performed centralized, in establishments properly equipped for such operations and which have a sufficient number of worn parts.

## REFERENCES

- [1]. Balu M.E. (2007) - *Fundamentals of Statistics*, Spiru Haret University, Publishing House of the Foundation TOMORROW ROMANIA Bucharest <http://www.scribd.com/doc/90665983/12/Prezentarea-seriilor-statistice-unidimensionale>;
- [2]. Florea Ș., Danciu A. (1986-1989) - *Studies and researches on establishing the technology of reconditioning of the working process flow, design, construction and testing of Tools Devices Checkers needed for the centralized reconditioning of elements of the injection pumps from the U-650 tractors*, Research reports, ICSITMUA Bucharest;
- [3]. Găgiu C. (1995) - *Reliability in operation of tractors and agricultural machinery*, AGRIS - Editorial office of agricultural magazines, Bucharest;
- [4]. Grűnwald B. (1969) - *Theory, calculation and construction of engines for road vehicles*, Didactical and pedagogical Publishing House, Bucharest;
- [5]. Kanda J., Takao A. (2001) - *Influence of probability distribution of loads on optimum reliability*, Reliability Engineering & System Safety, Volume 73, Issue 3, September 2001, Pages 197–204,
- [6]. Kotz S., Nadarajah S. (2000) - *Extreme Value Distributions, Theory and Applications*, Imperial College Press, London;
- [7]. Nadarajah S. (2003) - *Reliability for extreme value distributions*, Mathematical and Computer Modelling, Volume 37, Issues 9–10, Pages 915–922;
- [8]. Om Prakash Y., Nanua S., Parveen S.G. (2005) - *Reliability demonstration test planning: A three dimensional consideration*, Reliability Engineering & System Safety, Volume 91, Issue 8, August 2006, Pages 882–893;
- [9]. Selivanov A.I. (1956) - *The supply installation for Diesel engines*, Technical Publishing House, Bucharest (translated from Russian);
- [10]. Zhejun Gong (2006) - *Estimation of mixed Weibull distribution parameters using the SCEM-UA algorithm: Application and comparison with MLE in automotive reliability analysis*, Reliability Engineering & System Safety, Volume 91, Issue 8, August 2006, Pages 915–922, College of Logistics Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan, Hubei 430063 People's Republic of China.

efectuării de măsurători în procesul tehnologic de restabilire a stării de funcționare a acestora.

Din analiza supraunerii curbilor de distribuție a mediilor diametrelor sortate în ordine crescătoare pe cele 35 intervale din 10 în 10 μm, a rezultat faptul că se pot recondiționa prin lepuire și reîmperechere (folosind paste speciale pe bază de oxid de crom sau din oxid de aluminiu cu diferite granulații), peste 80% din elementii pompelor de injecție luați în studiu.

Restabilirea stării de funcționare a elementelor pompelor de injecție în linie prin lepuire (rodare) și reîmperechere este posibilă, un rol foarte important avându-l efectuarea de măsurători în faza de constatare a elementelor uzate și în procesul de recondiționare al acestora.

Rezultatele experimentale au condus la faptul că restabilirea stării de funcționare a elementelor pompelor de injecție în linie prin metoda treptelor de reparații este posibilă a se efectua centralizat, în unități dotate corespunzător pentru astfel de operații și care dispun de un număr suficient de piese uzate.

## BIBLIOGRAFIE

- [1]. Balu M.E. (2007) - *Bazele statisticii*, Universitatea Spiru Haret, Editura Fundației ROMÂNIA DE MÂINE București, <http://www.scribd.com/doc/90665983/12/Prezentarea-seriilor-statistice-unidimensionale>;
- [2]. Florea Ș., Danciu A. (1986-1989) - *Studii și cercetări privind stabilirea tehnologiei de reconționare, a fluxului tehnologic de lucru, proiectarea, realizarea și experimentarea S.D.V.-urilor necesare recondiționării centralizate a elementelor pompelor de injecție de la tractoarele U-650*, Rapoarte de cercetare, ICSITMUA București;
- [3]. Găgiu C. (1995) - *Fiabilitatea în exploatare a tractoarelor și mașinilor agricole*, AGRIS - Redacția revistelor agricole, București;
- [4]. Grűnwald B. (1969) - *Teoria, construcția și calculul motoarelor pentru autovehicule rutiere*, Editura didactică și pedagogică, București;
- [5]. Kanda J., Takao A. (2001) - *Influence of probability distribution of loads on optimum reliability*, Ingineria Fiabilității & Securitatea Sistemelor, Volum 73, Seria 3, Septembrie 2001, Pag. 197–204,
- [6]. Kotz S., Nadarajah S. (2000) - *Distribuția valorilor extreme*, Teorie și aplicații, Colegiul Imperial de Presă din Londra;
- [7]. Nadarajah S. (2003) - *Fiabilitatea pentru distribuția valorilor extreme*, Matematică și Modelare Computeriză, Volum 37, Seria 9–10, Pag. 915–922;
- [8]. Om Prakash Y., Nanua S., Parveen S.G. (2005) - *Planificarea testului de demonstrare a fiabilității: O considerație tridimensională*, Ingineria Fiabilității & Securitatea Sistemelor, Volum 91, Seria 8, August 2006, Pag. 882–893;
- [9]. Selivanov A.I. (1956) - *Instalația de alimentare pentru motoare Diesel*, Editura tehnică, București (traducere din limba rusă);
- [10]. Zhejun Gong (2006) - *Estimarea parametrilor micști dr distribuție Weibull utilizând algoritmul SCEM-UA: Aplicarea și compararea cu MLE în analiza fiabilitatea automobilelor*, Ingineria Fiabilității & Securitatea Sistemelor, Volum 91, Seria 8, August 2006, Pag. 915–922, Colegiul de Inginerie Logistică, Universitatea de Tehnologie Wuhan, Wuhan, Hubei 430063 Republica Poporului China.