

## THE USE OF DIMENSIONAL ANALYSIS IN STUDYING THE SPRAYING PROCESS THROUGH NOZZLES AT PHYTOSANITARY TREATMENT MACHINES

### PREZENTAREA METODEI ANALIZEI DIMENSIONALE ÎN STUDIUL PROCESULUI DE PULVERIZARE PRIN DUZE LA MAȘINILE DE APLICAT TRATAMENTE FITOSANITARE

Ph.D. Stud. Eng. Dumitrașcu A.<sup>1)</sup>, Ph.D. Eng. Manea D.<sup>1)</sup>,  
Univ. Em. Prof. Ph.D. Eng. Cășăndroiu T.<sup>2)</sup>

<sup>1)</sup> National Institute of Research-Development for Machines and Installations designed to Agriculture and Food Industry - INMA, Bucharest

<sup>2)</sup> University POLITEHNICA of Bucharest, Faculty of Biotechnical Systems Engineering / Romania  
E-mail: a.dumi@yahoo.com

**Abstract:** The quality of phytosanitary treatments performed in crops is largely determined by how substances are sprayed on the plant, by the droplets size, the coverage of the plant and the reduction of drift phenomenon. The main elements responsible for the quality of working process of phytosanitary treatment machines are the nozzles, which are the principal elements of any sprayers. This explains the great variety of spraying systems. In this paper are detailed some theoretical issues regarding the spraying process through nozzles as the basis for experiments to be carried out using the machine for high precision application of phytosanitary treatments in orchards, MSL. Analysis and modeling of this process is achieved using as main working instrument the dimensional analysis theory.

**Keywords:** spraying process, nozzles, droplets, dimensional analysis

#### INTRODUCTION

The gas-liquid two-phase fluid flow is widely found in nature such as, for example, in raindrops fall. In practical applications, an important type of such a process is the flow of a two-phase fluid with an initial impulse, which leads to liquid cleavage in droplets.

This spraying process often takes place by passing the liquid through a diffuser - a nozzle. Spraying is the process that leads to the conversion of liquid flow in droplets by passing liquid under pressure through a nozzle. The forces of surface tension of the liquid, which provide its homogeneousness, are canceled by internal and external factors.

Figure 1 schematically illustrates the structure of a liquid spray jet.

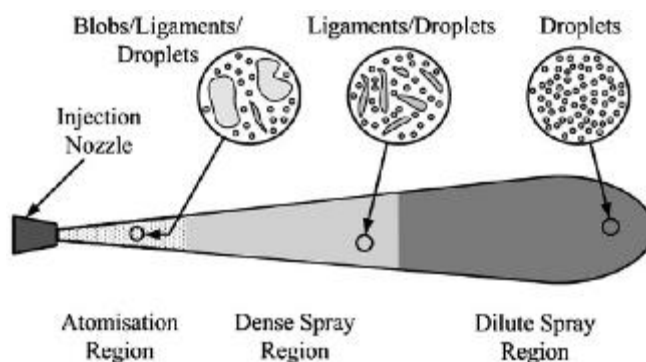


Fig. 1 – The structure of a liquid spray jet [3]

In the initial zone, liquid fraction is dominant, the liquid being decomposed into bubbles and ligaments (liquid non-spherical particles). In the intermediate, dense spraying zone, liquid fraction has a smaller, but significant share.

**Rezumat:** Calitatea tratamentelor fitosanitare efectuate în culturile agricole este determinată în mare măsură de modul cum sunt pulverizate substanțele fitosanitare pe plantă, mărimea picăturilor, gradul de acoperire a plantei și reducerea fenomenului de derivă. Principalele elemente responsabile de calitatea procesului de lucru al mașinilor de aplicat tratamente fitosanitare sunt duzele, care se constituie ca elemente principale ale oricărei mașini de stropit. Acest fapt explică și marea diversitate de sisteme de pulverizare. În această lucrare sunt aprofundate unele aspecte teoretice privind procesul de pulverizare prin duze, ca bază pentru experimentările ce vor fi efectuate folosind Mașina pentru aplicarea cu precizie ridicată a tratamentelor fitosanitare în plantațiile pomicole, MSL. Analiza și modelarea acestui proces se fac utilizând ca instrument principal de lucru teoria analizei dimensionale.

**Cuvinte cheie:** proces de pulverizare, duze, picături, analiză dimensională

#### INTRODUCERE

Curgerea fluidelor bifazice lichid-gaz este întâlnită pe scară largă în natură, ca, de exemplu, în căderea picăturilor de ploaie. În aplicațiile practice, un tip important de astfel de proces este curgerea unui flux bifazic având un impuls inițial, care conduce la scindarea lichidului în picături mici.

Acest proces de pulverizare are loc adesea prin trecerea lichidului printr-un ajutor divergent - o duză. Pulverizarea este procesul care conduce la conversia vanei de lichid în picături, prin trecerea lichidului sub presiune printr-o duză. Forțele de tensiune superficială a lichidului, care îi conferă omogenitatea, sunt anulate de factori interni și externi.

Figura 1 ilustrează schematic structura unui jet de lichid pulverizat.

În zona inițială, fracțiunea lichidă e dominantă, lichidul fiind descompus în bule și ligamente (particule de lichid non-sferice). În zona intermediară, de pulverizare densă, fracțiunea lichidă are o pondere mai mică, dar semnificativă.

Here, a secondary fragmentation takes place and droplet/droplet interactions, such as collision and coalescence, occur. In the diluted spraying zone spherical well-formed droplets, strongly interacting with turbulent air jet are prevailing. In general, the spraying depends on the injection pressure through nozzle, the flow of fluid, the geometric characteristics of the nozzle, the viscosity and density of the liquid.

Fragmentation or hydraulic spraying is accomplished by forcing the passing of liquid through calibrated orifices, called nozzles. In the case of phytosanitary treatment machines fragmentation is achieved by means of:

- hydraulic spraying nozzles with projected jet (either flat or conical directly projected jet, or jet making an impact with a lamination surface, which changes the direction of the jet, i.e. nozzles with indirectly projected jet);
- swirling nozzles, also called tangential nozzles (with helical deflector or swirling pad), where fluid is inducted into a circular motion in a room placed before the calibrated orifice;
- twin jet hydraulic nozzles where jets hit each other, thus achieving dispersion.

Some of the most utilized nozzles (at vineyards and orchards spraying machines) are those tangential with helical deflector and conical jet. The deflector imparts a swirling motion to the liquid. The resulting turbulence splits the jet into droplets that form a cone, when leaving the calibrated orifice. The swirling chamber may be with constant volume or adjustable volume. The swirling chamber volume adjustment is done by shifting the deflector.

Depending on the average droplet size and the amount of liquid applied per unit of surface area, most authors use a classification system of the types of treatment shown in table 1.

Aici are loc o fragmentare secundară și apar interacțiuni picătură/picătură, cum ar fi coliziunile și coalescența. În zona de pulverizare diluată predomină picăturile sferice, bine formate, care interacționează puternic cu jetul turbulent de aer. În general, pulverizarea depinde de presiunea de injecție prin duză, de debitul de lichid, de caracteristicile geometrice ale duzei, de vâscozitatea și densitatea lichidului.

Fragmentația sau pulverizarea hidraulică se realizează prin trecerea forțată a lichidelor de stropit prin orificii calibrate, denumite duze. În cazul mașinilor de aplicat tratamente fitosanitare fragmentația se realizează:

- prin duze de pulverizare hidraulică cu jet proiectat (fie jet plat sau conic direct proiectat, fie jet care face un impact cu o suprafață de laminare, care schimbă direcția jetului, adică duze cu jet indirect proiectat);
- prin duze de turbionare, denumite și duze tangențiale (cu deflector elicoidal sau pastilă de turbionare), unde lichidului i se imprimă o mișcare circulară într-o cameră plasată înaintea orificiului calibrat;
- prin duze hidraulice cu două jeturi care se lovesc între ele, realizându-se astfel dispersia.

Unele dintre cele mai utilizate duze (la mașinile de stropit în vii și livezi) sunt cele tangențiale cu deflector elicoidal și jet conic. Deflectorul imprimă o mișcare turbionară lichidului. Turbulența rezultantă scindează jetul în picături, care se constituie într-un con, când ies din orificiul calibrat. Camera de turbionare poate fi cu volum constant sau cu volum reglabil. Reglarea volumului camerei de turbionare se face prin deplasarea deflectorului.

În funcție de dimensiunea medie a picăturilor și de cantitatea de lichid aplicată pe unitatea de suprafață, majoritatea autorilor folosesc un sistem de clasificare al tipurilor de tratament prezentat în tabelul 1.

Table 1 [7]

The classification of phytosanitary treatments

The diameter of sprayed liquid droplets [μm]	The assignment to grades of fineness	The treatments classification depending on particle fineness	The dose of applied liquid [l/ha]	The treatment classification depending on the volume of applied liquid
0-5	aerosols	atomization	< 0,5	UULV - Ultra Ultra Low Volume
5-50	mist	atomization	0,5-5,0	ULV - Ultra Low Volume
50-100	very fine	spraying	5-50	LV - Low Volume
100-200	fine	aspersion	50-150	MV - Medium Volume
200-300	medium	aspersion	150-600	HV - High Volume
300-1000	coarse	aspersion	>600-2500	VHV - Very High Volume

The quantitative distribution of the pulverized liquid is influenced by a number of factors such as the working pressure of the sprayer, the initial speed of the atomized jet, the flow rate of the sprayer, the spraying system used [5].

The diversification of spraying types and of phytosanitary application systems aims to improve the effectiveness of treatment.

## MATERIAL AND METHODS

Up to now it was not possible to establish the complex spraying laws. Although the phenomenon of fluid decomposition was the subject of a series of theoretical and experimental research in the last 100 years, however a general theory, on which is possible to determine a priori the degree of pulverization for different types of nozzles, features of the liquid and working conditions has not yet developed.

Applying mathematical analysis confines generally to the formulation of the problem, i.e. the establishment of

Repartiția cantitativă a volumului de lichid pulverizat este influențată de o serie de factori cum ar fi presiunea de lucru a pulverizatorului, viteza inițială a jetului de lichid pulverizat, debitul pulverizatorului, sistemul de pulverizare folosit [5].

Diversificarea tipurilor de pulverizare și a sistemelor de aplicare a tratamentelor fitosanitare are ca scop îmbunătățirea eficacității tratamentului.

## MATERIAL ȘI METODE

Până în prezent nu a fost posibilă stabilirea legilor pulverizării complexe. Deși fenomenul descompunerii vanei de lichid a constituit obiectul unei serii de cercetări teoretice și experimentale în ultimii 100 de ani, totuși nu s-a elaborat încă o teorie generală, pe baza căreia să fie posibilă determinarea apriorică a gradului de pulverizare pentru diferite tipuri de duze, caracteristici ale lichidului și condiții de lucru.

Aplicarea analizei matematice se mărginește, în general, la formularea problemei, adică la stabilirea

differential equations and contour conditions.

Solving these equations is possible only in a few special cases and with a whole range of simplifying assumptions. A complete analytical solution to the problem of droplet sizes presents considerable difficulties for two reasons:

a. There are not accurately known the wave length and the intensity of oscillations that exist in jet and which depend on the initial conditions of flow through nozzle, the nozzle design, the machining and surface condition, etc.

b. The droplets obtained are the result of a complex process of sprinkling the droplets formed in the substitution area [2].

For the reasons given above, the possibility of a complete analytical solving of the problem is excluded. Therefore, studying the spraying is done experimentally, and the results, based on the similarity theory, are generalized to similar dynamic systems.

For establishing physical relations, the relationship between the values used for the description of physical phenomena, the dimensional analysis may be used. This method is based on the fundamental theorem of dimensional analysis,  $\Pi$  theorem, of Vaschy-Buckingham. According to this theorem, the physical processes or physico-chemical processes can be described by functions of independent similarity criteria that can be formed of controlling process variables. It is considered that those criteria are independent which cannot be expressed through arithmetic combinations of other criteria.

Thus, if a process is determined by  $n$  dimensional variables:

$$X_1, X_2, X_3 \dots X_n$$

it can be expressed by means of a general form criteria function:

$$f(\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3 \dots \Pi_{n-m}) = 0$$

The  $\Pi$  theorem reads as follows: *the number of independent criteria from the criteria function is the difference  $n-r$ , where  $n$  is the number of dimensional variables and  $r$  is the rank of the dimensional matrix, which is equal to the number of fundamental values depending on which may be expressed the analyzed variables [6].*

In the case of the spraying process through nozzles, dimensional analysis takes into account the following function of  $m = 7$  variables:

$$f(D, v, \rho_l, d, \eta_l, \sigma, \rho_g) = 0 \quad (1)$$

where:

$D$  – nozzle diameter,  $v$  – the relative velocity of the liquid to the surrounding gas,  $\rho_l$  – the liquid density,  $d$  – the droplet diameter,  $\eta_l$  – the dynamic viscosity of the liquid,  $\sigma$  – the surface tension of the liquid,  $\rho_g$  – the gas density

$D, v, \rho_l$  are fundamental values.

Dimensionless complexes (independent criteria) are:

$$\Pi_1 = \frac{d}{D}; \Pi_2 = \frac{\eta_l}{D^{x_1} v^{x_2} \rho_l^{x_3}}; \Pi_3 = \frac{\sigma}{D^{x_1} v^{x_2} \rho_l^{x_3}}; \Pi_4 = \frac{\rho_g}{\rho_l} \quad (2)$$

The dimensional matrix of variables for  $d=3$  fundamental values, L (length), M (mass), T (time), is:

ecuațiilor diferențiale și a condițiilor de contur.

Rezolvarea acestor ecuații este posibilă numai în câteva cazuri speciale și cu o serie întreagă de ipoteze simplificatoare. O soluție analitică completă a problemei referitoare la dimensiunile picăturilor prezintă greutate considerabile din două motive:

a. Nu se cunoaște cu precizie lungimea undelor și intensitatea oscilațiilor care există în jet și care depind de condițiile inițiale ale scurgerii jetului prin duză, de construcția duzei, de prelucrarea și starea suprafețelor etc.

b. Picăturile ce se obțin sunt rezultatul unui proces complex de granulare a picăturilor formate în spațiul de schimb [2].

Din motivele arătate mai sus, posibilitatea unei rezolvări analitice complete a problemei este exclusă. De aceea, studiarea pulverizării se face pe cale experimentală, iar rezultatele obținute, în baza teoriei similitudinii, sunt generalizate pentru sisteme dinamic asemenea.

Pentru stabilirea relațiilor fizice, a legăturii care există între mărimile utilizate la descrierea fenomenelor fizice, poate fi utilizată analiza dimensională. Această metodă se bazează pe teorema fundamentală a analizei dimensionale, teorema  $\Pi$ , a lui Vaschy-Buckingham. Conform acestei teoreme, procesele fizice sau procesele fizico-chimice pot fi descrise prin funcții ale criteriilor de similitudine independente ce se pot forma cu variabilele care controlează procesul. Se consideră că sunt independente acele criterii care nu pot fi exprimate prin combinații aritmetice ale altor criterii.

Astfel dacă un proces este determinat de  $n$  variabile dimensionale:

$$X_1, X_2, X_3 \dots X_n$$

acesta poate fi exprimat printr-o funcție criterială de forma generală:

$$f(\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3 \dots \Pi_{n-m}) = 0$$

Teorema  $\Pi$  are următorul enunț: *numărul de criterii independente din funcția criterială este dat de diferența  $n-r$ , unde  $n$  este numărul variabilelor dimensionale iar  $r$  este rangul matricei dimensionale, care este egal cu numărul mărimilor fundamentale în funcție de care se pot exprima variabilele luate în analiză [6].*

În cazul procesului de pulverizare prin duze, analiza dimensională ia în considerare următoarea funcție de  $m=7$  variabile:

unde:

$D$  – diametrul duzei,  $v$  – viteza relativă a lichidului față de gazul înconjurător,  $\rho_l$  – densitatea lichidului,  $d$  – diametrul picăturii,  $\eta_l$  – vâscozitatea dinamică a lichidului,  $\sigma$  – tensiunea superficială a lichidului,  $\rho_g$  – densitatea gazului

$D, v, \rho_l$  sunt mărimile fundamentale.

Complexii adimensionali (criteriile independente) sunt:

Matricea dimensională a variabilelor pentru  $d = 3$  mărimi fundamentale, L (lungime), M (masă), T (timp), este:

$$\begin{matrix} & D & v & \rho_l & d & \eta_l & \sigma & \rho_g \\ L & 1 & 1 & -3 & 1 & -1 & 0 & -3 \\ M & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 \\ T & 0 & -1 & 0 & 0 & -1 & -2 & 0 \end{matrix} \quad (3)$$

The dimensional linear system of equations, expressing the condition of homogeneity, for the dimensionless complex  $\Pi_2$ , is:

Sistemul de ecuații dimensionale liniare care exprimă condiția de omogenitate, pentru complexul adimensional  $\Pi_2$ , este:

$$\begin{aligned} (L) \quad x_1 + x_2 - 3x_3 &= -1 & (M) \quad x_3 &= 1 \\ (T) \quad x_2 &= 1 \end{aligned} \quad (4)$$

The solutions obtained are  $x_1 = 1$ ;  $x_2 = 1$ ;  $x_3 = 1$  and results:

Se obțin soluțiile  $x_1 = 1$ ;  $x_2 = 1$ ;  $x_3 = 1$  și rezultă:

$$\Pi_2 = \frac{\eta_l}{Dv\rho_l} \quad (5)$$

The dimensional linear system of equations, expressing the condition of homogeneity, for the dimensionless complex  $\Pi_3$ , is:

Sistemul de ecuații dimensionale liniare care exprimă condiția de omogenitate, pentru complexul adimensional  $\Pi_3$  este:

$$\begin{aligned} (L) \quad x'_1 + x'_2 - 3x'_3 &= -1 & (M) \quad x'_3 &= 1 \\ (T) \quad -x'_2 &= -1 \end{aligned} \quad (6)$$

The solutions obtained are  $x'_1 = 1$ ;  $x'_2 = 2$ ;  $x'_3 = 1$  and results:

Se obțin soluțiile  $x'_1 = 1$ ;  $x'_2 = 2$ ;  $x'_3 = 1$  și rezultă:

$$\Pi_3 = \frac{\sigma}{Dv^2\rho_l} \quad (7)$$

so that:  $\varphi_1(\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4) = 0$  or  $\Pi_1 = \varphi_1(\Pi_2, \Pi_3, \Pi_4)$ , i.e.:

astfel încât:  $\varphi_1(\Pi_1, \Pi_2, \Pi_3, \Pi_4) = 0$  sau  $\Pi_1 = \varphi_1(\Pi_2, \Pi_3, \Pi_4)$ , adică:

$$\frac{d}{D} = \varphi_2 \left( \frac{\eta_l}{Dv\rho_l} \cdot \frac{\sigma}{Dv^2\rho_l} \cdot \frac{\rho_g}{\rho_l} \right) \quad (8)$$

The dimensionless complex  $\Pi_1$  can be put in the form of:

Complexul adimensional  $\Pi_1$  poate fi pus sub forma:

$$\Pi_1 = k\Pi_2^a\Pi_3^b\Pi_4^c \quad (9)$$

Combinations between dimensionless complexes are made, so that appears a physical value, easy to vary in a single complex, i.e.  $v$ , the relative velocity of the liquid to the surrounding gas. So, dimensionless complexes are combined  $\Pi_2$  și  $\Pi_3$ , to remove  $v$ , and result the new complexes  $\Pi'_2$  și  $\Pi'_3$ :

Se fac combinații între complexii adimensionali, astfel încât să apară o mărime fizică ușor de variat într-un singur complex, în cazul în speță  $v$ , viteza relativă a lichidului față de gazul înconjurător. Astfel, se combină complexii adimensionali  $\Pi_2$  și  $\Pi_3$ , pentru a elimina  $v$ , și apar noii complecși  $\Pi'_2$  și  $\Pi'_3$ :

$$\Pi'_2 = \frac{\Pi_2^2}{\Pi_3} = \frac{\eta_l^2}{D^2v^2\rho_l^2} \cdot \frac{Dv^2\rho_l}{\sigma} = \frac{\eta_l^2}{D\rho_l\sigma} \quad (10)$$

$$\Pi'_3 = \frac{\Pi_3}{\Pi_4} \cdot \frac{\sigma}{Dv^2\rho_l} \cdot \frac{\rho_l}{\rho_g} = \frac{\sigma}{Dv^2\rho_g} \quad (11)$$

The relation (9) becomes:

Relația (9) devine:

$$\Pi_1 = k_1\Pi_2^a\Pi_3^b\Pi_4^c \quad (12)$$

but

dar

$$\Pi_4 = \frac{\rho_a}{\rho_l} = const. \Rightarrow k_1 \left( \frac{\rho_a}{\rho_l} \right)^c = k \quad (13)$$

and results:

și rezultă:

$$\frac{d}{D} = k \left( \frac{\eta_l^2}{D\rho_l\sigma} \right)^a \cdot \left( \frac{\sigma}{Dv^2\rho_g} \right)^b \Rightarrow d = k \left( \frac{\eta_l^2}{D\rho_l\sigma} \right)^a \cdot \left( \frac{\sigma}{Dv^2\rho_g} \right)^b D \quad (14)$$

The scientific literature [4] indicates the following formulas for the size of the average diameter,  $d$ , of the spraying droplets, obtained by generalizing the results of

În literatura științifică [4] se indică următoarele formule pentru mărimea diametrului mediu,  $d$ , al picăturilor de lichid pulverizat, obținute prin generalizarea rezultatelor

experimental measurements, where fluids were water and air.

- for the domain  $\eta_l^2: \rho_l \sigma D < 0.0333$

$$d = D \left( \frac{\sigma}{\rho_g v^2 D} \right)^{0.52} [1.24 + 0.0128 \cdot (\ln \frac{\eta_l^2}{\rho_l \sigma D} + 12)] \quad (15)$$

- for the domain  $\eta_l^2: \rho_l \sigma D > 0.0333$

$$d = D \left( \frac{\sigma}{\rho_g v^2 D} \right)^{0.52} (2.25 + 0.24 \cdot \ln \frac{\eta_l^2}{\rho_l \sigma D}) \quad (16)$$

The experiments to be performed, in 2015, with the Machine for the application with high accuracy of phytosanitary treatments in orchards, MSL (Figure 2) will determine the coefficients k, a, b, which intervene in relation (14), for different phytosanitary substances, varying the velocity of the liquid and the diameter of the nozzles.

unor măsurători experimentale, unde fluidele au fost apa și aerul.

- pentru domeniul  $\eta_l^2: \rho_l \sigma D < 0,0333$

- pentru domeniul  $\eta_l^2: \rho_l \sigma D > 0,0333$

În experimentările ce urmează a fi efectuate, în anul 2015, cu Mașina pentru aplicarea cu precizie ridicată a tratamentelor fitosanitare în plantațiile pomicele, MSL (Figura 2) se vor stabili coeficienții k, a, b, care intervin în relația (14), pentru diverse substanțe fitosanitare, variind viteza lichidului și diametrul duzelor.



**Fig. 2** – The machine for high accuracy application of phytosanitary treatments in orchards MSL [8]  
1 - the frame with rolling system; 2 - the spraying device; 3 - the liquid installation; 4 - the angular gear;  
5 - the detection system of the presence / absence of the tree canopy; 6 - the automatic control system

The ultrasonic sensors detect the existence of vegetal mass. The information is transmitted to a programmable logic controller PLC that controls the feeding power-on/off of the spraying device by means of electric valves. In the absence of vegetal mass the flow of solution is stopped. Depending on the distance that exists between the sensors and the spraying ramp and the speed of the unit equipment, the PLC applies a correction for opening the electric valves, at the moment when ramp passes the objective to be sprayed [1].

For the determination of droplet diameter will be applied the LDPS (Laser Diffraction Particle Sizing) method, based on laser technology and electronic data processing. Laser diffraction technique is based on the principle that particles passing through a laser beam scatter light at an angle that is directly related to their size. As the particle size decreases, the spreading angle increases logarithmically. The intensity of the dispersion is also dependent on the particle size and decreases proportionally to the cross-sectional area of the particle. Therefore, large particles disperse light at small angles, with high intensity, while small particles disperse light at greater angles, but at a lower intensity [9].

Following the experiments will be obtained the shape of equation (14), which describes the variation of droplets diameter. Equation (14) will replace equations (15) and (16), limited by the fact that only water was considered as

Senzorii cu ultrasunete sesizează existența masei vegetale. Informația este transmisă unui automat programabil PLC care comandă pomirea sau întreruperea alimentării dispozitivului de pulverizare, prin intermediul unor electrovalve. În cazul lipsei de masă vegetală fluxul de soluție este oprit. În funcție de distanța existentă între senzori și rampa de stropit, cât și de viteza de înaintare a agregatului echipamentului, PLC-ul aplică o corecție de timp pentru deschiderea electrovalvelor, în momentul când rampa trece prin dreptul obiectivului ce trebuie stropit [1].

Pentru determinarea diametrului picăturilor se va folosi metoda LDPS (Laser Diffraction Particle Sizing), bazată pe tehnica laserului și a prelucrării electronice a datelor. Tehnica de difracție cu laser se bazează pe principiul că particulele care trec printr-un fascicul laser împrăștie lumina la un unghi care este în legătură directă cu mărimea lor. Pe măsură ce dimensiunea particulelor scade, unghiul de împrăștiere crește logaritmic. Intensitatea dispersiei este de asemenea dependentă de mărimea particulelor și se diminuează proporțional cu suprafața secțiunii transversale a particulei. Prin urmare, particulele mari dispersează lumina la unghiuri mici, cu intensitate mare, în timp ce particulele mici dispersează lumina la unghiuri mai mari, dar cu o intensitate redusă [9].

În urma experimentărilor se va obține forma ecuației (14), care descrie variația diametrului picăturilor. Ecuația (14) va înlocui ecuațiile (15) și (16), obținute cu mijloace tehnice inferioare celor actuale, în condițiile limitării dictate de

pulverized fluid and obtained by technical means inferior to modern ones.

## CONCLUSIONS

Due to the multiple interactions between droplets and turbulent gas phase, spraying is an extremely complex phenomenon. To describe it, quasi-empirical methods were used until the recent development of digital technology (the exponential growth of computer performance). Technological advances allow a deeper understanding of this phenomenon and, what is relevant, the development of practical applications. In particular, it is important to know which type of nozzle is suitable for a certain type of spraying and how its performance is affected by liquid properties and operating conditions. Numerical simulation through CFD algorithms (Computational Fluid Dynamics, a branch of fluid mechanics that uses numerical methods and algorithms to analyze and solve problems involving the flow of fluids) allows the study of the process, of the state variables at all spatial and temporal coordinates.

The study results carried out on an experimental basis spray will be presented as generalized. This way of work will allow the setting of very important relations between the average diameter of the droplets, geometric characteristics of the nozzles and physical parameters of the fluid the nozzles spray, relationships that can be the starting point for the optimal sizing of the nozzles.

## REFERENCES

- [1]. Bolintineanu Gh., Vlăduț V., Voicea I., Matache M., Savin L., Langenakens J. (2010) - *Integration of centralized monitoring and warning system on technical equipment for phytosanitary treatments in the concept of precision agriculture*, Scientific Papers (INMATEH), Vol. 31, Nr.2, pg. 55 – 63, Bucharest;
- [2]. Dukowicz J.K., (2006) - *A particle-fluid numerical model for liquid sprays*, Journal of Computational Physics, Vol. 35, pg. 229 - 253;
- [3]. Jiang X., Siamas G.A., Jagus K., Karayiannis T.G., (2010) - *Physical modeling and advanced simulation of two-phase fluid flow spraying processes*, Progress in Energy and Combustion Science, Vol. 36, pg. 131 - 167;
- [4]. O'Rourke P.J., Bracco F.V., (1980), *Modeling the interaction between droplets and comparison with experiments*, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, No. 9, pg. 101-116;
- [5]. Popescu M., Gângu V., Cojocaru I., Brătucu Gh., Aurel M. (2007) - *Research on optimization work quality indices of field crops sprayers*, Scientific Papers (INMATEH), Vol.21, Nr.3, pg. 63–69, Bucharest;
- [6]. Staicu C. I., (1976) - *General dimensional analysis*, Technical Publishing House, Bucharest;
- [7]. Stahli W. (2003) - *Machines for applying phytosanitary treatments and foliar fertilization of crops*, AGROPRINT Publishing House, Timișoara;
- [8]. \*\*\* (2011) - *Machine for the high precision application of phytosanitary treatments in orchards MSL, Memorandum for presentation*;
- [9]. \*\*\*[http://malvern.bsky/laser\\_diffraction/particle\\_sizing.htm](http://malvern.bsky/laser_diffraction/particle_sizing.htm).

faptul că nu s-a luat în considerare decât apa, ca fluid pulverizat.

## CONCLUZII

Datorită interacțiunilor multiple între picături și faza gazoasă turbulentă, fenomenul pulverizării este deosebit de complex. Pentru a-l descrie s-a apelat, până la dezvoltarea recentă a tehnologiei digitale (creșterea exponențială a performanțelor calculatoarelor), la metode cvasi-empirice. Avansul tehnologic permite o înțelegere mai profundă a acestui fenomen și, ceea ce este relevant, la perfecționarea aplicațiilor practice. În particular, este foarte important să se știe care este tipul de duză indicat pentru un anumit tip de pulverizare și cum sunt influențate performanțele acestuia de proprietățile lichidului și de condițiile de operare. Simularea numerică prin algoritmi CFD (Computational Fluid Dynamics, ramură a mecanicii fluidelor ce utilizează metode numerice și algoritmi pentru analiza și rezolvarea problemelor implicate de curgerea fluidelor) permite studierea procesului, a variabilelor de stare în orice coordonate spațiale și temporale.

Rezultatele studiului pulverizării efectuat pe bază experimentală vor fi prezentate sub formă generalizată. Acest mod de lucru va permite stabilirea unor relații deosebit de importante, între diametrul mediu al picăturilor, caracteristicile geometrice ale duzelor și parametrii fizici ai fluidului pulverizat, relații care pot constitui punctul de plecare pentru dimensionarea optimă a duzelor.

## BIBLIOGRAFIE

- [1]. Bolintineanu Gh., Vlăduț V., Voicea I., Matache M., Savin L., Langenakens J. (2010) - *Integrarea unui sistem centralizat de monitorizare și avertizare pe echipamentele tehnice destinate tratamentelor fito-sanitare în conceptul de agricultură de precizie*, Lucrări Științifice (INMATEH), Vol. 31, Nr.2, pag. 55 – 63, București;
- [2]. Dukowicz J.K., (2006) - *Un model numeric particulă-fluid pentru spray-uri lichide*, Jurnal de Fizica Computerizata, Vol. 35, p. 229 - 253;
- [3]. Jiang X., Siamas G.A., Jagus K., Karayiannis T.G., (2010) - *Modelarea fizică și simularea avansată pentru curgerea fluidelor bifazice în procesele de pulverizare*, Progresul în Știința Energiei și Combustibililor, Vol. 36, pag. 131 - 167;
- [4]. O'Rourke P.J., Bracco F.V. (1980), *Modelarea interacțiunii dintre picături și comparația cu experimentele*, Lucrări științifice ale Institutului de Inginerie Mecanică, No. 9, p. 101-116;
- [5]. Popescu M., Gângu V., Cojocaru I., Brătucu Gh., Aurel M. (2007) - *Cercetări privind optimizarea indicilor calitativi de lucru ai mașinilor de stropit culturile de câmp*, Lucrări Științifice (INMATEH), Vol.21, Nr.3, pag.63–69, București;
- [6]. Staicu C. I. (1976) - *Analiza dimensională generală*, Editura Tehnică, București;
- [7]. Stahli W. (2003) - *Mașini pentru aplicarea tratamentelor fitosanitare și fertilizarea foliară a culturilor*, Editura AGROPRINT, Timișoara;
- [8]. \*\*\* (2011) - *Mașina pentru aplicarea cu precizie ridicată a tratamentelor fitosanitare în plantațiile pomicele MSL, Memoriu de prezentare*;
- [9]. \*\*\* [http://malvern.bsky/laser\\_diffraction/particle\\_sizing.htm](http://malvern.bsky/laser_diffraction/particle_sizing.htm).