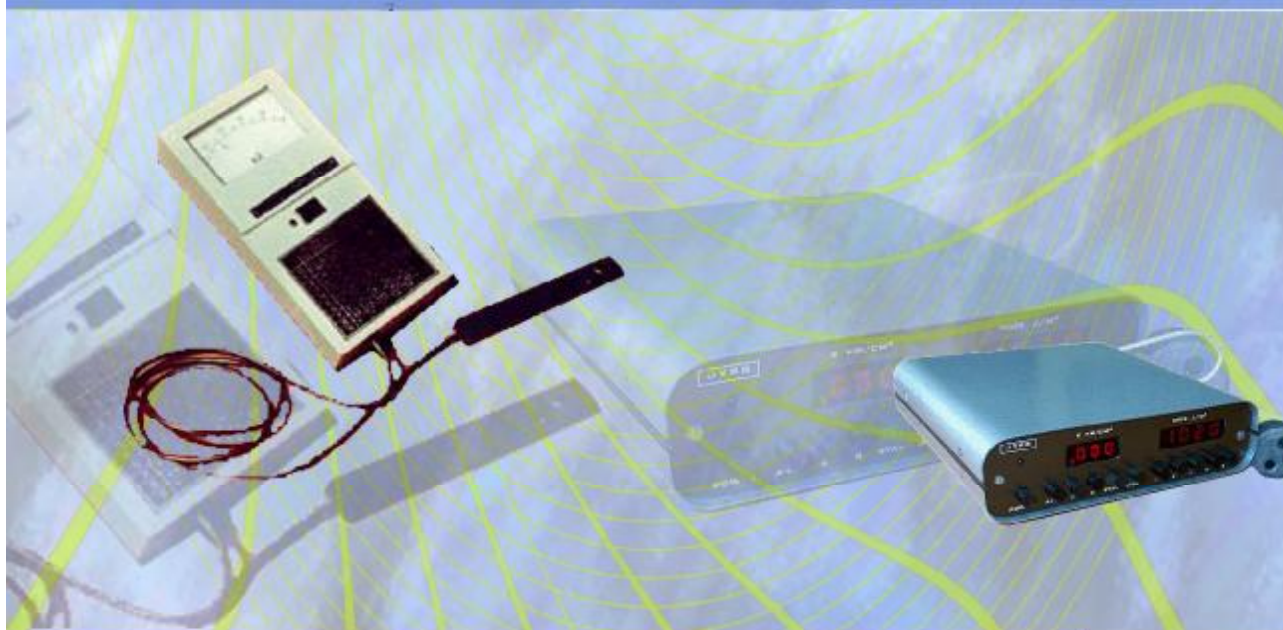




# Fizică și Tehnică:

*Procese, modele, experimente*





**UNIVERSITATEA DE STAT „ALECU RUSSO”**

**ISSN 1857-0437**

# **FIZICĂ ȘI TEHNICĂ:** **procese, modele, experimente**

**Revistă științifică a profilului de cercetare  
„Proprietățile fizice ale substanțelor în diverse stări”**

**1**  
**2009**

**Bălți**

**Fondatorul:** Universitatea de Stat „Alec Russo”

**Anul fondării:** 2006

**Colegiul de redacție:**

Nicolae Filip, *Academician al Academiei Internaționale a Școlii Superioare, Universitatea „Alec Russo”, Moldova (redactor-șef)*  
Valeriu Canțer, *Academician al A.Ș. din Moldova*  
Alexandr Dikusar, *prof. dr. hab., Membru cor. al A.Ș. din Moldova*  
Petru Stoicev, *conf. dr. hab., Universitatea Tehnică, Moldova*  
Gheorghe Popa, *prof. dr., Universitatea „Al.I.Cuza”, România*  
Valeriu Ureadov, *dr. hab., Inst.de Radiofizică, Nijnii Novgorod, Rusia*  
Eugen Plohotniuc, *conf. dr., Universitatea „Alec Russo”, Moldova*  
Virgil Cheptea, *conf. dr., Universitatea „Alec Russo”, Moldova*  
Alexandru Balanici, *conf. dr., Universitatea „Alec Russo”, Moldova (secretar științific)*

**Tehnoredactare:** Alexandr Ojegov, *doctorand*

**Design și aspectul**

**paginii de titlu:** Ghenadie Cabac, *asist. univ.*

**Redactori:** Ala Sainenco, *conf. dr.*

Elena Sirota, *conf. dr.*

Lara Aladin, *lect. sup.*

**Recenzenți:**

Andrei Lupașco, *prof. dr. hab., Universitatea Tehnică, Moldova*

Mircea Bernic, *conf. dr., Universitatea Tehnică, Moldova*

Aliona Ghendov-Moșanu, *conf. dr., Universitatea Tehnică, Moldova*

Siomion Băncilă, *conf. dr., Universitatea „Alec Russo”, Moldova*

Valentina Nicorici, *conf. dr., Universitatea de Stat din Moldova*

Andrei Nicorici, *CȘS. dr., Institutul de Fizică Aplicată, AȘM, Moldova*

Olga Boiștean, *conf. dr., Universitatea Tehnică, Moldova*

Artur Mocari, *conf. dr., Universitatea Tehnică, Moldova*

Pavel Topală, *prof. dr. hab., Universitatea „Alec Russo”, Moldova*

**Adresa redacției:** Universitatea de Stat „Alec Russo”,  
str. Pușchin 38, 3100, Bălți, Republica Moldova

Tel.: (231)24561, fax: (231)33039

E-mail: [TFMI.Decan@usb.md](mailto:TFMI.Decan@usb.md)

<http://fizteh.usb.md>

<http://libruniv.usb.md/publicatie/fizteh.htm>

**Tiparul:** Tipografia Universității de Stat „Alec Russo”

© Universitatea de Stat „Alec Russo”,

Presa universitară bălțeană, 2009

**ISSN 1857-0437**

## CUPRINS

<i>Eugen Gheorghiuță, Alexei Mihălache</i> Modificarea structurii de benzi energetice al antimonidului de galiu sub influența temperaturii.....	7
<i>Virgil Cheptea</i> Conductibilitatea electrică a probelor din bismut supuse comprimării uniaxiale.....	15
<i>Анатолий Нестеренко, Александр Сычков, Василий Ткач, В.Сухомлин</i> Особенности развития и механизмы m-циклической рекристаллизации феррита в горячекатаной листовой низкоуглеродистой стали.....	24
<i>Николай Мартынюк, Петру Стойчев, Георгий Доломанжи, Виктор Паланчикэ, Родион Раду, Сергей Попапов</i> Использование озона в автомобильных Д.В.С. – путь к снижению загрязнения окружающей среды.....	34
<i>Ilie Botez, Alexei Botez</i> Finisarea continuă a suprafețelor pieselor pe mașini-unelte.....	38
<i>Victor Stan, V. Șoimu</i> Unități de măsură medievale descrise în „Letopisețul Țării Moldovei” a lui Miron Costin.....	41
<i>Mircea Bernic</i> Studiul corelației dintre frecvența câmpurilor electromagnetice și parametrii electrofizici ai produselor oleaginoase.....	47
<i>Valentina Bantea, Andrei Lupașco, Vasile Tarlev, Elena Braga, Ana Osadci, Olga Ciubatico</i> Caracteristica indicilor fizico-chimici ai rădăcinilor uscate cu aplicarea energiei microundelor.....	56
<i>Лунашко Андрей, Дикусар Галина, Боштян Ольга, Гендов-Мошану Алена</i> Интенсификация процесса сушки ядер абрикос с использованием ТВЧ...	59
<i>Lupașco Andrei, Dicusar Galina, Ghendov-Moșanu Aliona, Boiștean Olga</i> Modelulul matematic al procesului de uscare combinat a fructelor de vișine cu utilizarea microundelor în regim de oscilație.....	65
<i>Андрей Лунашко, Василе Тарлев, Оксана Ротарь</i> Совершенствование процесса сушки томатов.....	69
<i>Dodon Adelina, Lupașco Andrei</i> Instalație pentru prelucrarea hidrotermică a crupelor cerealiere.....	72

<i>Андрей Лупашко, Галина Дикусар, Наталья Нетреба</i> Техническая реализация процесса комбинированной сушки винограда бессемянных сортов.....	76
<i>Андрей Лупашко, Алёна Гендов-Мошану, Олеся Андроник</i> Анализ обобщенных кривых сушки корней хрена.....	80
Exigențe privind prezentarea lucrărilor științifice pentru revista „Fizică și tehnică: procese, modele, experimente” .....	86

## CONTENTS

<i>Eugen Gheorghita, Alexei Mihalache</i> Modification of the gallium antimonide energy band structure under temperature conditions.....	7
<i>Virgil Cheptea</i> Electrical conductivity of samples from bismuth subject uniaxial compression .....	15
<i>Anatolii Nesterenco, Alexandr Sychkov, Vasilii Tcach, V. Suhomlin</i> Особенности развития и механизмы m-циклической рекристаллизации феррита в горячекатаной листовой низкоуглеродистой стали.....	24
<i>Nicolai Martyniuc, Petru Stoicev, Gheorghii Dolomanzhi, Victor Palanchika, Rodion Radu, Serghei Potapov</i> Ozone use in automobile I.C.E. – a way to environmental contamination decrease.....	34
<i>Ilie Botez, Alexei Botez</i> Finisarea continuă a suprafețelor pieselor pe mașini-unelte.....	38
<i>Victor Stan, V. Shoimu</i> Medieval measuring units described in “Moldovan Country Chronicle” by Miron Costin.....	41
<i>Mircea Bernic</i> The study of correlation between frequency of electromagnetic fields and electrophysical parameters of oilseed products.....	47
<i>Valentina Bantea, Andrei Lupașco, Vasile Tarlev, Elena Braga, Ana Osadci, Olga Ciubaticu</i> The physic and chemical characteristic of the roots which have been dried up with application of microwave energy.....	56
<i>Andrei Lupasco, Galina Dicusar, Olga Boistean, Aliona Ghendov-Mosanu</i> Интенсификация процесса сушки ядер абрикос с использованием ТВЧ...	59
<i>Andrei Lupasco, Galina Dicusar, Aliona Ghendov-Mosanu, Olga Boistean</i> Modelulul matematic al procesului de uscare combinat a fructelor de vișine cu utilizarea microundelor în regim de oscilație.....	65
<i>Andrei Lupasco, Vasile Tarlev, Oxana Rotari</i> The improvement of drying tomatoes process.....	69
<i>Adelina Dodon, Andrei Lupasco</i> Installation for hidrotermical processing of cereal groats.....	72
<i>Andrei Lupasco, Galina Dicusar, Natalia Netreba</i> Technical realization of the combined drying process of seedless grapes.....	76

<i>Andrei Lupasco, Aliona Ghendov-Mosanu, Olesia Andronic</i> The analysis of the generalized curves of drying of roots of a horse-radish.....	80
Requirements for the Presentation of Scientific Papers for the Journal „ <i>Physics and Technics: Processes, Models, Experiments</i> ” .....	86





CZU:

## **MODIFICAREA STRUCTURII DE BENZI ENERGETICE AL ANTIMONIDULUI DE GALIU SUB INFLUENȚA TEMPERATURII**

**Eugen Gheorghită**, prof.dr.hab.; **Alexei Mihălache**, doctorand  
(Universitatea de Stat Tiraspol, Republica Moldova)

În lucrarea dată se prezintă pentru discuție rezultatele studierii efectelor optice și de fotoconducție al antimonidului de galiu nedopat. S-au studiat efectele de transparență optică și de fotoconducție al antimonidului de galiu pentru intervalul de temperaturi ( $4,2 \div 300$  K) în lipsa câmpului magnetic exterior. S-a studiat modificarea structurii de benzi energetice al antimonidului de galiu sub influența temperaturii în intervalul de temperaturi ( $4,2 \div 300$  K).

Interesul cercetării antimonidului de galiu și soluțiilor solide în baza lui, cum ar fi InSb-GaSb, AlSb - GaSb e.c.t. este condiționat de perspectiva lor de a confecționa dispozitive optoelectronice cu caracteristici performante pentru „ferestrele” de transparență ale atmosferei. Dutta și alții [1] au publicat proprietățile structurale ale antimonidului de galiu. Lărgimea benzilor de energie interzisă cu valori înguste sunt compușii antimonizilor din grupa  $A^{III}B^V$ , care reprezintă aplicații cu implicarea lungimilor de undă mari din familia compușilor semiconductoarelor  $A^{III}B^V$ . Lărgimea benzii interzise al antimonidului de galiu ( $1,6 \mu\text{m}$ ) variază pentru antimonizii de indiu, talii ( $>11 \mu\text{m}$ ). Materialele cu lărgimea benzii interzise înguste au interes deosebit fiind folosite pentru construcția dispozitivelor, inclusiv celule solare. Mobilitatea mare a electronilor, de asemenea este o consecință a lărgimii benzii interzise înguste, face utilizarea acestor materiale potențiale pentru aparatele electronice criogene. Astfel compușii semiconductoarelor ce conțin-Sb sânt extrem de utile pentru detectoare și emițătoare în infraroșu în limitele  $1,3-1,55 \mu\text{m}$ , utilizarea fibrelor optice în sistemele de  $3-5 \mu\text{m}$ , prezintă interes în utilizarea senzorilor chimice, comunicarea la distanțe lungi a sistemului utilizat în bază fibrelor optice  $\text{SiO}_2$  și chiar în limitele  $8-12 \mu\text{m}$  regim de vizibilitate în timpul nopții și aplicare în imagini infraroșu.

Antimonidul de galiu nedopat studiat în această lucrare s-a obținut prin următorul proces tehnologic: sinteza antimonidului de galiu în eprubete evacuate din cuarț optic din elementele (galiu, stibiu) pure; containerul cu componentele respective a fost instalat în cuptorul electric în care se menținea temperatura  $900^\circ\text{C}$  conectat cu un vibrator mecanic de frecvența  $50$  Hz. În condițiile tehnologice enunțate mai sus, procesul de sinteză a durat  $24$  ore, apoi cuptorul electric cu containerul în care a decurs sinteza s-a răcit în regim liber. Următoarea etapă a procesului tehnologic de obținere al antimonidului de galiu este omogenizarea și procesul de creștere a monocristalelor în instalația de topire zonală.

Din efectele galvanomagnetice s-a determinat concentrația  $(N_A - N_D) = (2 \cdot 10^{17} \div 7 \cdot 10^{18} \text{ cm}^{-3})$ . Folosind metoda descrisă în lucrarea [2] s-a determinat

lărgimea benzii energetice interzise în concepția că rolul principal în tranzițiile optice îi aparține tranzițiilor directe de tipul (banda energetică de valență – banda energetică de conducție). Structura de benzi energetice al antimonidului de galiu este prezentat în fig. 1 [3] (diagrama tranzițiilor analizată este imaginată).

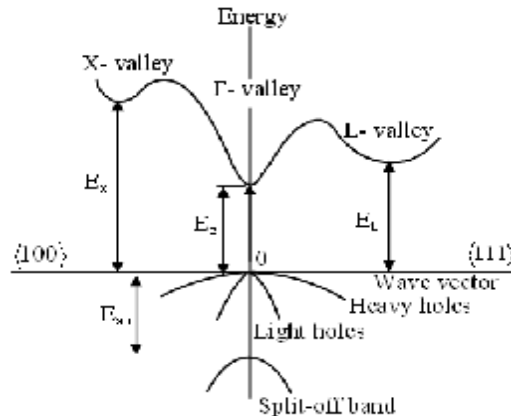


Fig. 1. Structura de benzi energetice al antimonidului de galiu [3].

Din această structură se evidențiază următoarele particularități în banda de conducție, se evidențiază trei minime energetice pentru  $k = 0$  energia corespunde  $E_g = 0,726$  eV și două minime pentru  $k \neq 0$   $E_x = 1,033$  eV;  $E_L = 0,811$  eV. Banda de valență este compusă din banda energetică a gurilor grele și banda energetică a gurilor ușoare și energia despiciții spin-orbită. Cristalele GaSb obținute prin diferite metode sunt de tip-p.

Antimonidul de galiu GaSb face parte din familia semiconductoarelor din grupa  $A^{III}B^V$  cu lărgimea benzii interzise  $E_g = 0,726$  eV la temperatura  $T = 300$  K. În fig. 2 este prezentat dependența lărgimii benzii energetice interzise respectiv lungimii de undă în funcție de constanta rețelei pentru semiconductoarele  $A^{III}B^V$ .

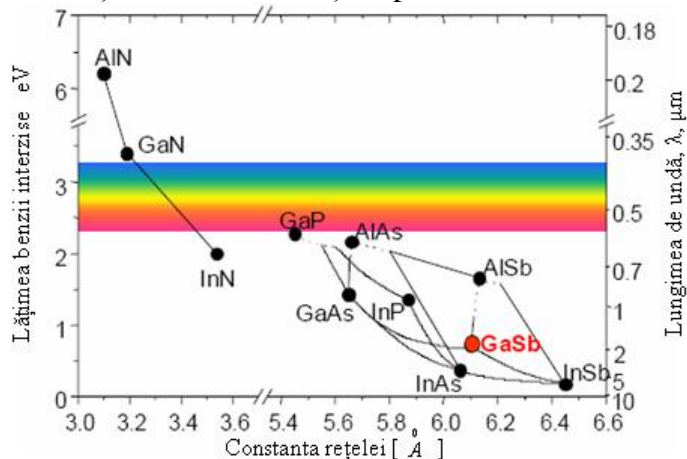


Fig. 2. Dependența lărgimii benzii energetice interzise respectiv lungimea de undă în funcție de constanta rețelei pentru semiconductoarele de tipul  $A^{III}B^V$ .

Antimonidul de galiu în stare cristalină are o structură de tip zinc blendă aparentă la grupa de simetrie  $T_d^2 - F43m$  cu constanta rețelei  $6.09593 \text{ \AA}$ . În comparație cu semiconductoarele elementare cu legături pur covalente, legăturile în compușii de tip zinc –blendă sânt mixte de tipul covalent – ionic. Această structură este ilustrată în fig. 3 care poate fi interpretată ca două rețele cubice-fețe-centrate participând atomii grupelor III și V situați în diferite subrețele.

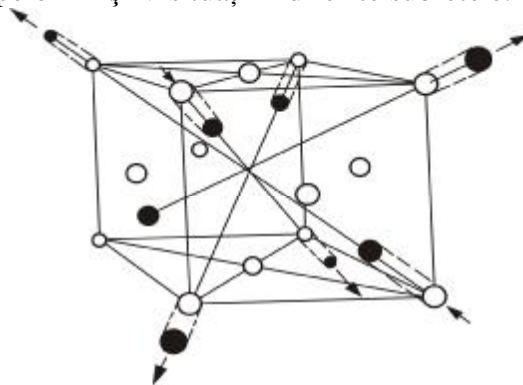


Fig. 3. Structura de tip zinc blendă.

Astfel caracteristica acestui material inclusiv dependența lățimii zonei interzise față de temperatură este importantă. Studiul absorbției fundamentale referindu-se la tranziția din zona de valență în zona de conductibilitate permite cunoașterea lățimii zonei interzise a semiconductoarelor. Așa cum GaSb are banda de energie directă, coeficientul de absorbție pentru tranziția permisă, are loc conform ecuației bine –cunoscute:

$$a = A(hg - E_g)^{1/2} \quad (1)$$

unde A este stabilit în special de indicele de refracție precum și de masa efectivă a electronilor și golurilor,  $hg$  - energia de excitație optică,  $E_g$ - este valoarea energiei interzise. Calculele și experimentele tehnice ale dependenței lărgimii benzii energetice interzise față de temperatură, îndeosebi marginea benzii fundamentale a fost cu succes studiate de către cercetători. Camassel și Anvergne [4] au studiat dependența marginii benzii fundamentale față de temperatură la germaniu și semiconductoarele de tip zinc-blendă inclusiv GaSb folosind măsurările piezoreflector. Lucru similar ale dependenței lărgimii benzii energetice interzise față de temperatură pentru GaSb a fost enunțat de către Joullie și alții [5]. While Chen și Su [6] au adus la cunoștință dependența lărgimii benzii energetice interzise față de temperatură pentru GaSb folosind măsurarea fotoluminescenței. A fost studiat dependența lărgimii benzii energetice interzise, cercetând spectru de absorbție a stratului heteroepitaxial GaSb pe GaAs substrat în funcție de temperatură. Stratul epitaxial GaSb crescut din fază lichidă [7], precum depunerea cu ajutorul fascicolului gazos epitaxial [8], corespunzător depunerii vaporilor metaloorganici [9-11]. Folosind curba dependenței lărgimii benzii energetice interzise față de temperatură poate fi descrisă de expresia empirică:

$$E_g = E_g - aT^2/(T + b) \quad (2)$$

unde  $E_g(0)=0,81$ ,  $\alpha=3,78 \times 10^{-4}$  și  $\beta=94$

Tabelul. 1

Dependența lărgimii benzii energetice interzise față de temperatură pentru GaSb crescut prin diferite metode, măsurările efectuate prin diferite metode experimentale.

Referință	Creșterea-probei Metoda- Structura	Expresia benzii energetice interzise	Coefficientul de temperatură $E_g (eV/K)$	Metoda experimentală
[12]	-	$E_g = 0.81 - 3.78 \times 10^{-4} T^2 / (T + 94)$	$-3.7 \times 10^{-4}$	piezoreflecție
[13]	Metoda Bridgman	-	$-3.5 \times 10^{-4}$	Reflecție electrică
[14]	LPE GaSb/GaSb	$E_g = 0.81 - 4.2 \times 10^{-4} T^2 / (T + 140)$	-	Fotoluminescență
Metoda de lucru	MOCVD GaSB/GaAs	$E_g = 0.81 - 5.46 \times 10^{-4} T^2 / (T + 262)$	$-3.79 \times 10^{-4}$	Absorbția spectrală
experiment	metoda modificată a topirii zonale	$E_g = 0.81 - 3.78 \times 10^{-4} T^2 / (T + 94)$	$3.45 \times 10^{-4}$	Absorbția spectrală

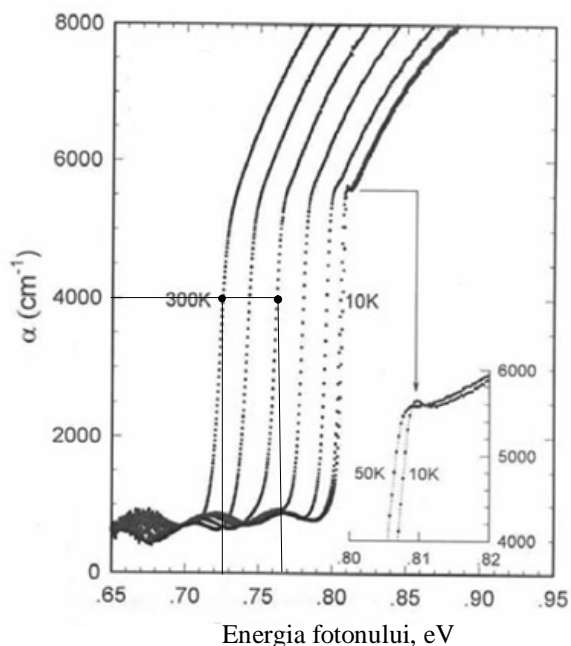


Fig. 4. Spectrul de absorbție în funcție de energia fotonului în intervalul de temperaturi 10- 300 K. Valoarea lărimii benzii interzise la 10 K este de 0.810 eV.

Dependența lărimii zonei interzise față de temperatură este obținută din diagrama pătratică a coeficientului de absorbție față de energia fotonului așa cum este prezentat în fig. 5.

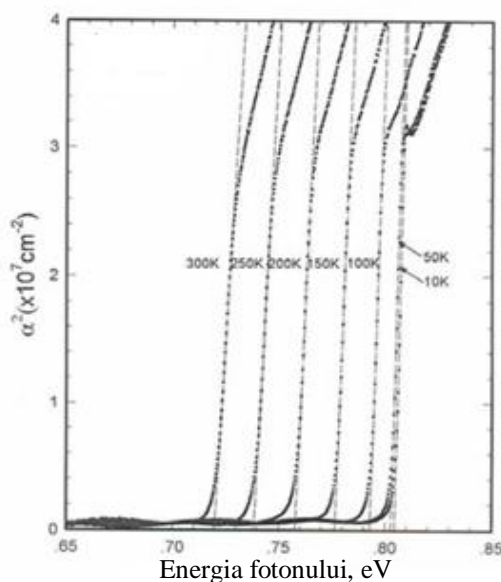


Fig. 5. Dependența coeficientului absorbției pătrate și energiei fotonului în limitele temperaturilor 10-300 K prezentat ca creșterea benzii energiei interzise la descreșterea temperaturii.

Spectrele de absorbție ale antimonidului de galiu nedopat la diferite temperaturi au fost ridicate utilizând cunoscutele metode în literatura de specialitate. Spectrele de absorbție experimentale au forma standard, cu micșorarea temperaturii se deplasează în domeniul spectral al energiilor mari. Concluzie ce corespunde concepțiilor teoretice de structură de benzi energetice al antimonidului de galiu. Folosind metoda descrisă în lucrarea [2] la nivelul coeficientului de absorbție  $4000 \text{ cm}^{-1}$  am determinat lărgimea benzii energetice interzise la diferite temperaturi. Din fig. 4 se observă, la temperatura 150 K valoarea lărgimii benzii energetice interzise  $E_{g1}=0.7781 \text{ eV}$ , la temperatura 300 K valoarea lărgimii benzii energetice interzise este  $E_{g2}=0.7266 \text{ eV}$ . În experiment la fel s-a determinat și coeficientul de temperatură  $dE_g/dT$  al benzii energetice interzise. Respectiv s-au ridicat și spectrele de fotoconducție în acelaș interval de temperaturi, după formele am determinat lărgimea benzii energetice interzise. Rezultatele experimentelor noastre corelează cu cele cunoscute în literatură de specialitate. Pentru comparație ele sunt prezentate în tabelul 1. Forma structurală a spectrelor de absorbție și de fotoconducție ne permite să conchidem că rolul principal la tranzițiile optice aparține tranzițiilor directe de tipul „banda energetică de valență-banda energetică de conducție”.

Datele experimentale obținute pentru  $E_g$  la diferite temperaturi extrase din spectrele de absorbție și spectrele de fotoconducție sunt prezentate în fig. 6. În aceste experimente se analizează numai segmentul absorbției fundamentale. Utilizând cunoscuta concepție teoretică fenomenologică a lui Warșni am calculat dependența  $E_g=E_g(T)$ .

Rezultatele acestor calcule sunt prezentate în fig. 7 (linia plină). Comparând aceste rezultate evidențiem o corelare satisfăcătoare. La fel rezultatele discutate mai sus au permis determinarea coeficientului termic al benzii energetice interzise  $(dE_g/dT)_p$ .

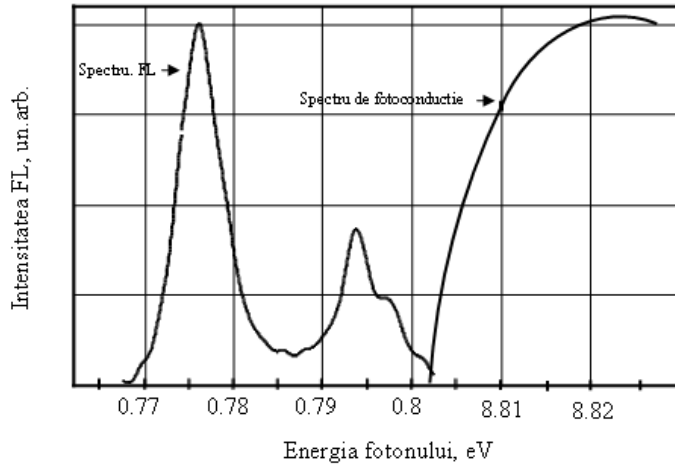


Fig. 6. Spectrul de fotoluminescență al GaSb nedopat la  $T=2$  K în lipsa câmpului magnetic exterior.

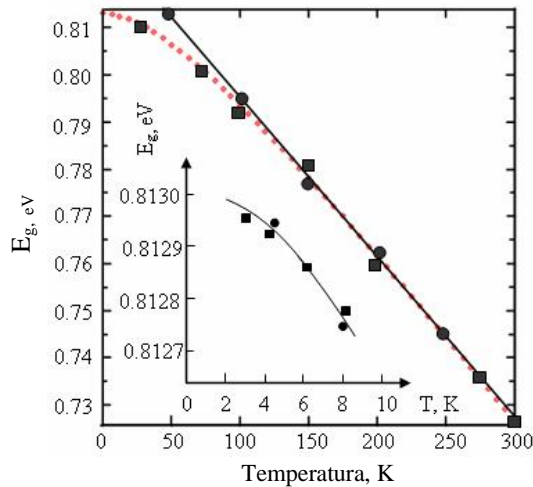


Fig. 7. Dependența lărgimii benzii energetice interzise pentru antimonidul de galiu nedopat.

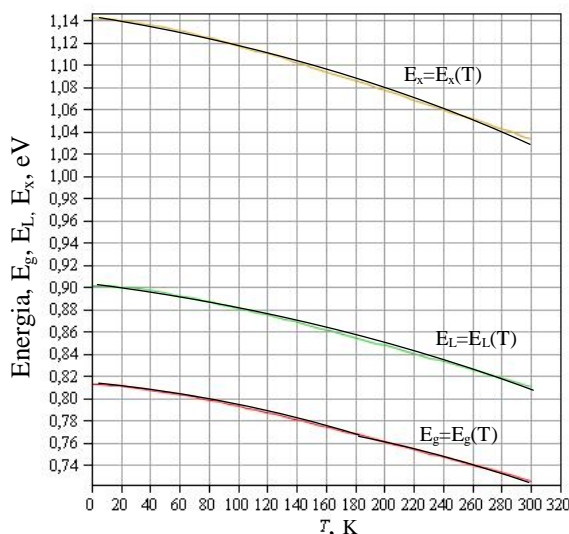
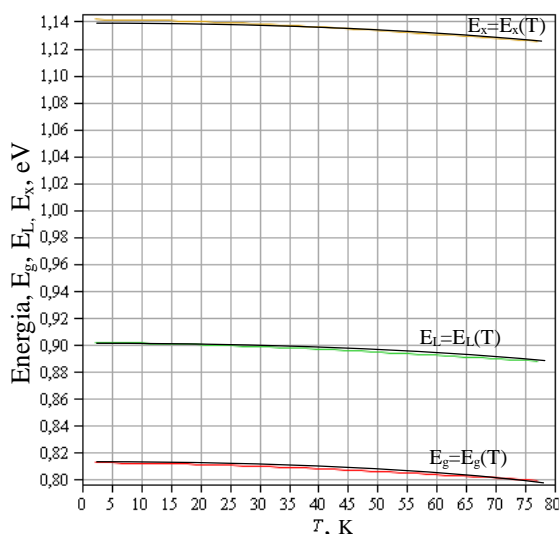
■—■ - din spectrele de absorbție fundamentală; ●—● - din spectrele de fotoconducție;  
Linie plină – calculul teoretic.

Modificarea energiilor  $E_g$ ,  $E_L$ ,  $E_x$  față de temperatură curbele cărora sunt arătate în fig. 8-9 poate fi descrisă de următoarele expresii empirice:

$$E_g = 0.813 - 3.78 \cdot 10^{-4} \cdot T^2 / (T + 94) \text{ eV} \quad (3)$$

$$E_x = 1.142 - 4.75 \cdot 10^{-4} \cdot T^2 / (T + 94) \text{ eV} \quad (4)$$

$$E_L = 0.902 - 3.97 \cdot 10^{-4} \cdot T^2 / (T + 94) \text{ eV} \quad (5)$$

Fig. 8. Dependenta  $E_g$ ,  $E_L$ ,  $E_x$  față de temperatură. ( $0 < T < 300$  K)Fig. 9. Dependenta  $E_g$ ,  $E_L$ ,  $E_x$  față de temperatură. ( $2 < T < 77$  K)

Caracteristica lărgimii benzii energetice interzise provoacă devieri pentru diferite probe fiind caracteristic cristalului individual, în dependență de depunerea tehnică. Cu toate că diferențele parametrilor abordate anterior sunt neînsemnate 0,7 % în jurul valorii zero a temperaturii,  $E_g(0)$ , și 0,5 % a valorii medii, coeficientul temperaturii fiind liniar. Graficul dependenței liniare a lărgimii benzii energetice interzise față de temperatură în jurul valorii 150-300 K redă coeficientul temperaturii medii a lărgimii benzii interzise având valoarea  $3.7 \times 10^{-4} \text{ eV/K}$ , care este în bun acord cu valorile raportate în literatură (vezi tab. 1).

### Bibliografie

1. Dutta, P. S. and Bhat, H. N., *J. Appl. Phys.*, 1997 81 (9): p. 5821-5870.
2. Uhanov, Iu.. Оптические свойства полупроводников М, Наука, 1984, 362 p.
3. Madelung, O.. Физика полупроводниковых соединений элементов III и V групп, Мир, Москва, 1967, 469 p.
4. Cammasel, J. and Anvergene, D., *Phys. Rev.* **B12:8**, 3258 (1975).
5. Joullie, Zein Eddin A., and Girault, B., *Phis.Rev* **B23:2**, 928 (1981).
6. Chen, S.C. and Su, Y.K., *J.Appl. Phys* **66:1**, 350 (1989).
7. Baranov, A.N., Voronina, T.I., Yimogorova, N. S., Kauskaya, L.M. and Yakovlev, Y.P., *Sov. Phys. Semicond.*, **19**, 1676 (1985).
8. Yano, M., Suyuki, Y., Ishii, T., Matshima, Y., and Kimata, M., *Jpn. J. Appl.Phis.*, **17:2**, 2091 (1978).
9. Haywood, S.K., Mason, N.J. and Walker, P. J., *J cryst. Growth*, **93**, 56 (1988).
10. Koljon, T., Sopanen, M., Lipsanen, H. and Tuomi, T., *J. Electron.Mat* **24:11**, 1691 (1995).
11. Subeki, A., Goldys, E.M., Paterson, M.J. and Tansley, T.L., *Mater.Res.*, **14:4**, 1238, (1999).
12. Menna, R.J., Capewell, D.R., Martinelli, R.U., York, P.K. and Endstrom R.E., *Appl.Phys. Lett.*, **59**, 2127 (1991).
13. Choi, H.K., and Eglash, S.J., *IEEE J. Quantum Electron.* **QE-27**, 1555(1991).
14. Su, C.H., Su,Y.K., and Juamg, F.S., *Solid-State Electron.* **35**, 1385 (1992).

CZU:

## MODIFICATION OF THE GALLIUM ANTIMONIDE ENERGY BAND STRUCTURE UNDER TEMPERATURE CONDITIONS

**Eugen Gheorghita**, Professor, Doctor Habilitat;  
**Alexei Mihalache**, post-graduate student  
(Tiraspol State University, Chisinau, Republic of Moldova)

The given work can be the basis for the discussion of the results of the research into both optical effects and photoconductance of gallium antimonide. The effects of the optical transparency as well as the photoconductance of gallium antimonide in the temperature range of  $4,2 \div 300$  K in the absence of the external magnetic field have been studied. The modification of the gallium antimonide energy band structure under the influence of the temperature range of  $4,2 \div 300$  K has been also investigated.

Prezentat la redacție la 17.08.09



CZU 530.38:546.87

## CONDUCTIBILITATEA ELECTICĂ A PROBELOR DIN BISMUT SUPUSE COMPRIMĂRII UNIAXIALE

Virgil Cheptea, conf.dr.

(Universitatea de Stat "Alec Russo", Bălți, Republica Moldova)

S-a studiat influența deformațiilor anizotropice (efortul în lungul axei trigonale de pînă la  $9 \cdot 10^5$  kPa) asupra conductibilității electrice a bismutului la temperatura camerei. S-a observat că variația relativă a rezistenței electrice  $\Delta R/R$  în lungul axei binare este de două ori mai mare decît în cazul comprimării hidrostatice. Se discută cauzele posibile a creșterii atît de mare a rezistenței electrice.

Studierea influenței acțiunilor exterioare (cîmpuri electrice și magnetice, temperatură, dopare, comprimări uniaxiale și de volum) asupra proprietăților termice, electrice și magnetice ale solidelor prezintă interes, deoarece permit de a obține informații despre legătura dintre proprietățile fizice și structura cristalină a cristalelor studiate. Un interes deosebit îl reprezintă cercetările referitor la influența presiunii hidrostatice asupra proprietăților fizice ale cristalelor, care permit de a studia caracterul variației parametrilor de bază a spectrului energetic la variația distanței dintre atomii rețelei cristaline. De menționat însă, că pentru valoarea presiunilor hidrostatice care se obțin în practică, mărimea efectelor ce se observă, la majoritatea metalelor, este foarte mică. În legătură cu aceasta sunt actuale cercetările referitor la studierea influenței deformațiilor uniaxiale (în caz general anizotropice) asupra proprietăților fizice ale solidelor. Aceste cercetări permit de a separa efectele care se datorează variației volumului și formeii zonei Brillouin. Mai mult ca atît deformațiile anizotropice (de comprimare sau alungire) pot duce la schimbarea simetriei rețelei cristaline (de exemplu, la comprimarea unui cristal cu celulă elementară cubică în lungul uneia din axele cristalografice) și prin urmare la o modificare cantitativă a spectrului energetic. Pentru majoritatea metalelor, însă mărimea efortului uniaxial, care poate fi aplicat este limitat de mărimea mică a limitei de elasticitate. De exemplu pentru Bi modificările ce se datoresc deformațiilor uniaxiale sînt reversibile dacă efortul nu depășește 25 MPa ( $250 \text{ k}\Gamma/\text{cm}^2$ ), pentru metalele nobile – 10 MPa [1]. La așa eforturi mărimea deformației relative a probelor masive este foarte mică, de ordinul  $0,01 \div 0,05\%$ . Deformații cu mult mai mari de ordinul  $(2 \div 3)\%$ , însă numai de alungire, pot fi obținute la cristale sub formă de fir (whisker), grosimea cărora este de  $\sim 1 \mu\text{k}$ . Studierea influenței deformațiilor de așa mărime asupra spectrului energetic al electronilor în Bi a fost efectuată în [2]. În ultimii ani au fost elaborate cîteva metode de obținere a deformațiilor anizotropice a monocristalelor masive mărimea relativă a cărora este  $\sim 1\%$  [3-6]. În aceste metode probele monocristaline reprezintă o parte componentă a unui sistem destul de complicat (sistem probă - inel) care este supus comprimării

hidrostatice sau alungirii. În așa sisteme deformația probei nu este ideal omogenă, însă în partea centrală a ei omogenitatea deformației este suficientă pentru efectuarea cercetărilor experimentale. Scopul acestei lucrări constă în aprecierea gradului de omogenitate a deformațiilor obținute și studierea dependenței conductibilității electrice a bismutului de mărimea efortului uniaxial.

### 1. Metoda de obținere a deformațiilor anizotropice. Probele.

Deformațiile anizotropice au fost obținute prin metoda descrisă în [3], care permite de a obține deformații elastice și omogene mărimea relativă a căroră este ~ 1 %. Ideia metodei constă în crearea unor așa condiții la suprafața probei, care pe de o parte ar permite de a obține deformații uniaxiale elastice și reversibile de o mărime cât mai mare, iar pe de altă parte ar proteja proba de distrugere. În practică această idee se realizează folosind suportul lateral al probei: proba care are forma unui disc (pastilă) se fixează într-un inel care servește ca suport lateral. Toată sistema probă – inel este supusă comprimării hidrostatice. Inelul este confecționat dintr-un material limita de elasticitate a căruia și modulul Young au valori mai mari decât cele ale probei. Variind raportul dintre valorile modulului lui Young al inelului și probei ( $E_i / E_p$ ), precum și dimensiunile sistemului probă – inel ( $r / R$ ) ( $r$  și  $R$  – respectiv raza interioară și exterioară a inelului), se poate de variat caracterul deformației probei în limite destul de largi: de la deformații de tipul comprimării hidrostatice pînă la deformații de comprimare practic uniaxiale [7]. La realizarea experimentală a acestei idei este foarte important ca spațiul dintre probă și inel să fie cât mai mic ~ (20 - 30)  $\mu\text{m}$ , iar legătura dintre probă și inel cât mai rigidă și omogenă. Respectarea acestor condiții reduce la minimum influența tensiunilor care pot apărea la suprafața laterală a probei, datorită valorilor diferite a constantelor de elasticitate a probei și suportului lateral. În calitate de compactor a spațiului dintre probă și inel este folosită reșină „Araldit”, care apoi se polimerizează în decurs de două ore la temperatura de 180°C. Stratul dielectric format asigură în același timp și izolarea electrică dintre probă și inel. Inelele utilizate în experiențe au fost confecționate din aliaj bronză cu beriliu (BRB - 2) pentru care ( $E_i/E_p = 5,6$ ); din aliaj nemagnetic 40XHIO ( $E_i/E_p = 10$ ) și din ceramică ( $E_i/E_p > 10$ ). Inelele aveau dimensiunile cuprinse între  $r/R = 0,45$  și  $0,65$ , iar grosimea lor  $h = 0,8$  mm. În scopul măririi durității, inelele din BRB - 2 și 40XHIO au fost supuse unei prelucrări termice speciale. Inelele din BRB -2 au fost menținute două ore la temperatura 760°C în atmosfera heliului în stare gazoasă, urmată de răcirea rapidă în apă, apoi timp de trei ore la temperatura 340 °C cu răcirea treptată pînă la temperatura camerei. Inelele din aliajul nemagnetic 40XHIO au fost menținute la temperatura de 550°C timp de cinci ore cu răcirea ulterioară pînă la temperatura camerei.

Probele cercetate aveau forma unei pastile cu grosimea (0,7-0,75) mm și diametrul (2,5-3,5) mm. Axa trigonală ( $C_3$ ) este perpendiculară planului discului și

coincide cu axa Z. Curentul de 100 mA este îndreptat în lungul axei binare ( $C_2$ ) (fig. 1b). Efortul este aplicat în lungul axei trigonale ( $C_3$ ) (fig. 1c). În camera de obținere a presiunilor înalte (bombă) împreună cu sistema probă – inel s-a instalat și o probă liberă (fără suport lateral) (fig. 1a) tăiată din regiunea vecină a monocristalului de bismut și are aceleași dimensiuni ca și proba cu suport lateral.

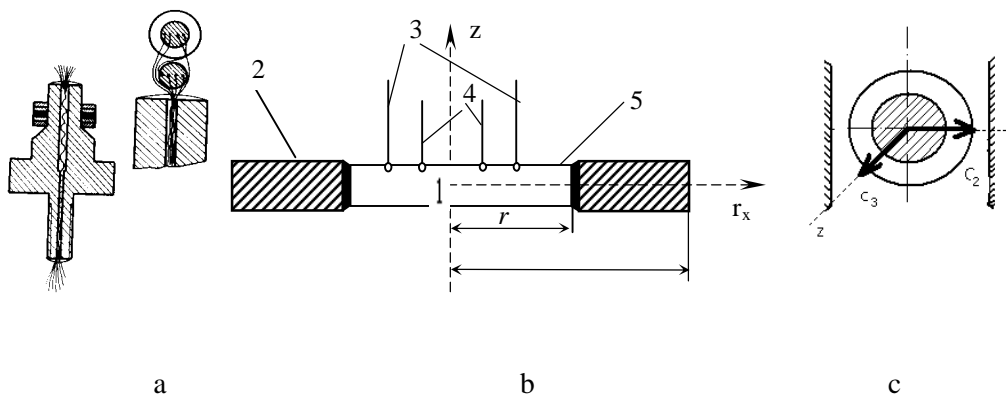


Fig. 1. a) Instalarea probei libere și a sistemii probă-inel pe opturator  
 b) Schema fixării probei în inel: 1 - proba cercetată; 2 - inelul; 3, 4 - contactele electrice;  
 5 - compactorul spațiului dintre probă și inel  
 c) Amenajarea sistemii probă – inel în canalul bombeii

Particularitatea metodei analizate constă în faptul că deformările anizotropice se obțin în sistema probă – inel atunci când ea este supuse comprimării de volum. Folosirea presiunilor hidrostatice de până la  $20 \cdot 10^5$  kPa (20 kbari) permite de a obține deformări a probelor monocristaline mărimea relativă a cărora este de  $\sim 1\%$ . Asigurarea condițiilor hidrostatice de comprimare a sistemii probă – inel are o importanță mare: deformarea probei va fi cu atât mai omogenă cu cât comprimarea de volum a sistemii probă – inel va fi mai uniformă. Pentru a asigura condiții hidrostatice de comprimare, în metodele existente de obținere a presiunilor hidrostatice [8] se utilizează medii, care transmit presiunea spre probă, cu o plasticitate cât mai mare. Condiții hidrostatice ideale de comprimare există doar în cazul folosirii heliului lichid ca mediu de transmitere a presiunii spre probă, însă presiunea maximală obținută în acest caz este foarte mică. În practică ca mediu de transmitere a presiunii, de obicei, se folosește un amestec de gaz lămpat – ulei sau pentan – ulei (50 % ulei). Aceste medii însă cu mărirea presiunii, chiar la temperatura camerei, devin mai puțin plastice și ca rezultat presiunea nu se transmite uniform în toate direcțiile, fapt ce duce la apariția unor tensiuni anizotropice suplimentare și care influențează asupra caracterului deformăției sistemului probă – inel. Această problemă a fost analizată în [9] unde se arată că aceste tensiuni uniaxiale suplimentare au un caracter de comprimare și ating valoarea maximală  $\sigma = (65 - 70)$  MPa la o presiune în bombă de ordinul 0,4 GPa. Ele reprezintă un supliment la presiunea hidrostatică. Aceste tensiuni se datorează

procesului neuniform de solidificare a mediului care transmite presiunea spre probă, diferenței mari dintre coeficienții dilatării termice a mediului și a materialului din care este confecționată bomba, de modul de amenajare a probei în canalul bombei. Gradul de omogenitate a presiunii poate fi mărit dacă se utilizează bombe cu diametrul canalului mai mare, de exemplu 10 mm sau 12 mm. În acest caz însă se micșorează valoarea maximală a presiunii hidrostatice obținute. În experiențele noastre a fost utilizată bombă cu diametrul canalului de 4,5 mm. Presiunea în bombă se determină cu ajutorul unui captor din manganin (aliaj cupru - mangan) rezistența electrică a căruia, în intervalul de presiune  $(0 \div 25) \cdot 10^5$  kPa ( $(0 \div 25)$  kbari), depinde liniar de presiune [10]. Captorul are forma unei mici bobine din fir bifilar (fără inductanță) cu coeficientul baric al rezistenței electrice  $2,48 \cdot 10^{-5}$  1/MPa ( $2,48 \cdot 10^{-6}$  bari<sup>-1</sup>). Cu scopul de a mări stabilitatea indicațiilor captoarelor, ele se mențin în decurs de trei ore la temperatura de 400 K și se supun la câteva cicluri de comprimare hidrostatică. Rezistența electrică a captorului s-a măsurat prin metoda potențiomtrică sau cu aparate electronice cu cifre. Eroarea în determinarea presiunii a fost de  $(0,2 \div 0,3)$  kbari ( $(0,2 \div 0,3) \cdot 10^5$  kPa). La mărirea presiunii în bombă (comprimarea mediului care transmite presiunea spre sistemul probă - inel) se degajă energie și prin urmare temperatura ei poate să se modifice, fapt care poate influența asupra preciziei măsurării rezistenței electrice a probei și a captorului. Deaceia măsurările se efectuau nu după fiecare ciclu de comprimare, dar după stabilirea temperaturii inițiale. Temperatura s-a controlat cu ajutorul unui termocuplu cupru – constantan una din suduri a căruia este fixată pe peretele camerei de obținere a presiunilor hidrostatice la nivelul sistemului probă – inel, iar cealaltă sudură se menține la  $t = 0^\circ\text{C}$ . Rezistența electrică a probelor s-a măsurat prin metoda potențiomtrică. Eroarea relativă în determinarea rezistenței nu depășește 0,02 %. Toate măsurările au fost efectuate la temperatura 300 K.

## 2. Rezultatele experimentale și analiza lor.

Au fost studiate 9 probe din bismut pentru care  $R_{300} / R_{4,2} = 150 - 200$ . Pentru fiecare tip de inele s-a determinat dependența variației relative a rezistenței în lungul axei binare de presiune din bombă -  $\frac{DR}{R}(p)$ , care se compară cu dependența respectivă pentru probele de control (fără suport lateral). Rezultatele măsurărilor sînt prezentate în Fig. 2, 3, 4.

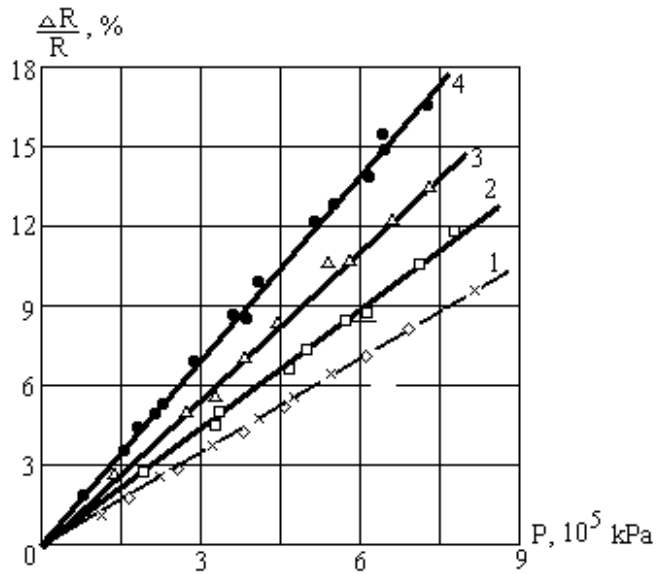


Fig. 2. Variația relativă a rezistenței electrice în lungul axei  $C_2$  în dependență de mărirea presiunii în bombă pentru  $E_i/E_p = 10$  și diferite valori a raportului  $r/R$ .

1 – probă fără suport lateral  
 2 –  $r/R=0,6$ ; 3 –  $r/R=0,55$ ; 4 –  $r/R=0,5$ ;

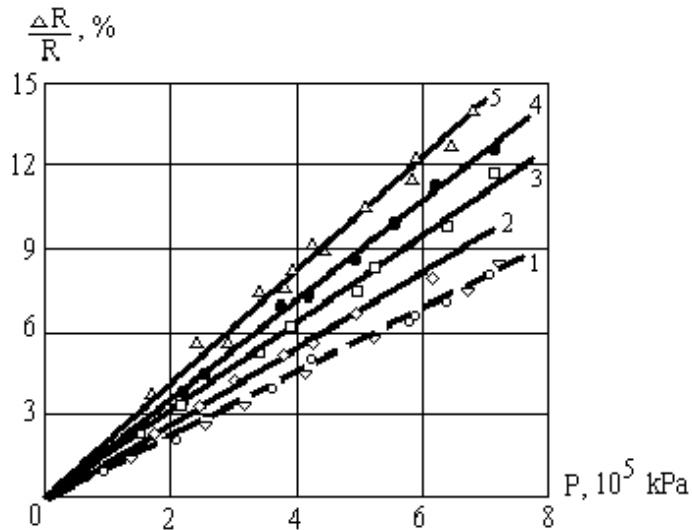


Fig. 3. Variația relativă a rezistenței electrice în lungul axei  $C_2$  în dependență de mărirea presiunii din bombă pentru  $E_i/E_p = 5,6$  și diferite valori a raportului  $r/R$ .

1 – probă fără suport lateral;  
 2 –  $r/R=0,6$ ; 3 –  $r/R=0,55$ ;  
 4 –  $r/R=0,5$ ; 5 –  $r/R=0,48$ ;  
 $E^k, E^0$  – modulul lui Young, respectiv al inelului și probei;

Rezistența electrică a probelor cu suport lateral crește cu mărirea presiunii cu o mărime cu mult mai mare decât rezistența electrică a probelor fără suport lateral, supuse numai comprimării hidrostatace. Întrădevăr, variația relativă a rezistenței electrice a probelor cu suport lateral pentru care  $E_i / E_p = 5,6$  și  $r / R = 0,5$  (presiunea în bombă  $6 \cdot 10^5$  kPa) este cu 55% mai mare decât a probei care este supusă numai comprimării de volum. Utilizarea inelelor din aliajul 40XHIO pentru care  $E_i / E_p = 10$ , variația  $\Delta R / R (p)$  la aceiași valoare a raportului  $r / R = 0,5$  și presiunii în bombă este de  $\sim 100\%$ , adică de două ori mai mare decât în cazul comprimării hidrostatace a probei. Influența raportului  $E_i / E_p$  asupra dependenței  $\Delta R / R (p)$  este prezentată în Fig. 4. Se vede că deformația probei după caracterul ei mai mult se apropie de cea uniaxială atunci când suportul lateral este confecționat din ceramică. Mărirea rezistenței este cu atât mai mare cu cât suportul lateral este mai rigid (dur), adică cu cât deformația probei după caracterul ei se apropie mai mult de cea uniaxială. Mai sus s-a vorbit despre tensiunile anizotropice care pot apărea în probă și care sînt cauza apariției la periferia ei a unor deformații neomogene. Cu scopul de a aprecia influența acestor deformații asupra variației  $\Delta R / R (p)$  a fost studiată această dependență pentru probe cu diferite diametre, însă același suport lateral ( $E_i / E_p = 10$  și  $r / R = 0,6$ ). Rezultatele măsurărilor sînt prezentate în Fig. 5. Se observă că pentru probele care au diametrul mai mare decât 2,5 mm tensiunile anizotropice care apar la periferia lor practic nu influențează asupra mărimii efectului de creștere a rezistenței electrice, ceea ce înseamnă că deformația părții centrale a probelor este omogenă. Majoritatea măsurărilor au fost efectuate cu probe diametrul cărora este de 2,5 mm.

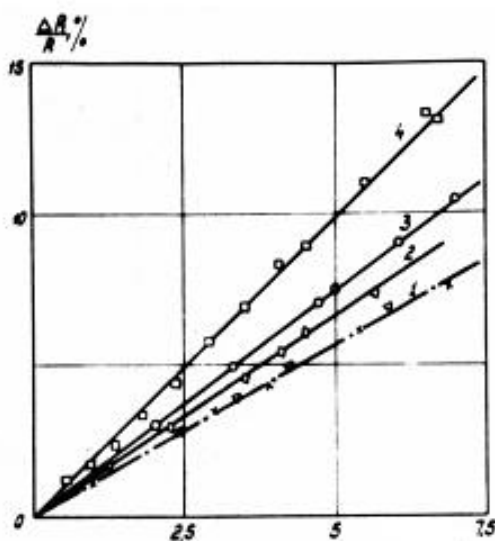


Fig. 4. Variația relativă a rezistenței electrice în lungul axei binare în dependență de mărirea presiunii hidrostatace pentru  $r / R = 0,6$  și diferite valori a raportului  $E_i / E_p$   
 1 – probă fără suport lateral; 2 -  $E_i / E_p = 5,6$ ; 3 -  $E_i / E_p = 10$ ; 4 -  $E_i / E_p > 10$  (confecționat din ceramică).

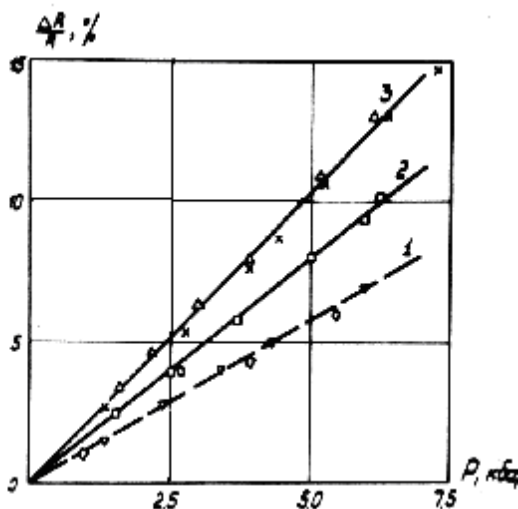


Fig. 5. Variația relativă a rezistenței în lungul axei  $C_2$  în funcție de presiune pentru probe care au diferite diametre ( $E_i / E_p = 10$  și  $r / R = 0,55$ ):

- 1 – probă fără suport lateral; 2 – diametrul probei 2 mm;  
3 – x - diametrul probei 2,5 mm;  $\Delta$  - diametrul probei 3,1 mm

Reproducerea deplină a rezultatelor experimentale la repetarea măsurărilor, în intervalul de presiuni  $(0 \div 10)$  kbari ( $(0 \div 10) \cdot 10^5$  kPa) demonstrează faptul că deformațiile probelor sînt elastice. În tabelul 1 sînt prezentate valorile variației rezistenței electrice și a volumului celulei elementare  $\Delta V / V = e_{xx} + e_{yy} + e_{zz}$  [7] pentru diferite tipuri de deformații.

Tabelul 1.

Variația rezistenței electrice și a volumului pentru diferite tipuri de deformații.

Tipul deformației		$\frac{d \ln R}{dP} \cdot 10^{-3} \text{ kbari}^{-1}$	$\frac{DV}{V}, \frac{P}{E_p} \cdot 10^{-2}$
$E_i/E_p=10$	$r/R=0,5$	23,5	78,0
	$r/R=0,6$	15	79,0
$E_i/E_p=10$	$r/R=0,5$	18	82,5
	$r/R=0,6$	13,5	83,9
Comprimare hidrostatică		11,5	102

Se observă că la comprimarea hidrostatică a probei variația volumului celulei elementare este de 1,3 ori mai mare decît în cazul comprimării anizotropice. În

același timp variația rezistenței electrice a probelor cu suport lateral este de două ori mai mare decât a probelor supuse comprimării hidrostatice. Variația  $\Delta R/R$  este maximală la o variație minimală a volumului, fapt ce permite de presupus că creșterea atât de mare a rezistenței electrice ( $\sim 100\%$ ) la comprimarea probelor din bismut în lungul axei trigonale ( $C_3$ ), în comparație cu comprimarea hidrostatică, în mare măsură se datorează modificării formei celulei elementare. Totodată comprimarea uniaxială în lungul axei  $C_3$  duce la micșorarea concentrației electronilor cu 40% la un efort de 0,24 GPa [11]. Cercetările efectuate în [12], arată că afară de concentrația purtătorilor de sarcină, se poate schimba și mobilitatea lor. Studiarea influenței deformațiilor uniaxiale asupra oscilațiilor de Haas – van Alfen la bismut [1] și oscilațiilor Șubnicov – de Haas [6] au arătat că comprimarea uniaxială în lungul axei  $C_3$  duce la o micșorare mai mare  $\sim 2,5$  ori a ariei de suprapunere a benzilor energetice de valență și conducție, decât la comprimarea hidrostatică. La comprimarea în lungul axei  $C_3$  simetria rețelei cristaline nu se schimbă [6]. Are loc deplasarea extremelor pentru electroni și goluri în punctele L și T a zonei Brillouin, cu una și aceeași mărime.

### Concluzii

Creșterea rezistenței electrice a probelor din bismut la comprimarea uniaxială a lor în lungul axei trigonale, în comparație cu variația rezistenței electrice la comprimarea hidrostatică poate fi lămurit dacă presupunem că această creștere [6], [12] este nu numai rezultatul micșorării ariei de suprapunere a benzilor energetice, dar și a mobilității purtătorilor de curent, datorită creșterii rolului extremelor din apropierea nivelului Fermi.

### Bibliografie.

1. Брандт, Н. Б., Рябенко, Г. А. «Исследование влияния одностороннего сжатия на квантовые осцилляции магнитной восприимчивости» // (Журнал экспериментальной теоретической физики) ЖЭТФ, - 1959-, т. 37, стр. 389 - 391.
2. Гайдуков, Ю. П., Данилова, Н. П. Щербина, М. Б.– Самойлова «Электронный переход  $2 \frac{1}{2}$  - го рода в висмуте при простом растяжении» // ЖЭТФ, -1979-, т. 77, вып. 5 (11), с. 2125 - 2141.
3. Брандт, Н. Б. Минина, Н. Я., Кептя, В. Ф. Метод создания сильных анизотропных упругих деформаций монокристаллов”// ПТЭ (Приборы и техника эксперимента), -1972-, № 6, с. 189 - 191.
4. Брандт, Н. Б., Кептя, В.Ф., Кульбачинский, В. А., Минина Н. Я. “Устройство для сильного одноосного сжатия монокристаллических образцов при низких температурах”, //ПТЭ, -1977-, № 3, с. 205 - 207.



5. Brandt, N. B., Keptya, V. F., Kulbachinskii, V. A., Minina, N. Ya. "A device for high uniaxial compression of single crystal specimen at low temperatures" //Cryogenics, -1978-, v. 18, № 3, p. 163-165.

6. Брандт, Н. Б., Кульбачинский, В. А., Минина, Н. Я. «Влияние растяжения на поверхность Ферми у висмута» //Письма в ЖЭТФ,- 1977-, т. 26, вып. 3, с. 173 - 176.

7. Cheptea, V. "Deformarea unei probe cilindrice cu suport lateral supusă comprimării de volum" //Analele științifice ale USM, seria fizico – matematice, Chișinău, -1999-, p. 194 -196.

8. Брандт, Н. Б., Ицкевич, Е. С., Минина, Н. Я. «Влияние давления на поверхность Ферми металлов» // УФН (Успехи физических наук) – 1971-, т. 104, вып. 3, с. 459 - 488.

9. Кептя, В.Ф., Лавренюк, М.Ю., Минина, Н. Я. «Оценка негидростатичности сжатия в бомбах фиксированного давления при низких температурах» // ПТЭ – 1987-, №5, стр. 174 -176.

10. Брэдли, К. «Применение техники высоких давлений при исследовании твердого тела». М., Мир, 1972, стр. 180.

11. Cheptea, V. "Influența comprimării uniaxiale asupra spectrului energetic al Bi" //Analele științifice ale USM, seria științe fizico – matematice, Chișinău, - 2005-, p. 56-61.

12. Аверкин, А. А., Воров, Ю. Г., Иванов, Г.А., Регель А. Р. «Влияние давления на электрические свойства висмута» // ФТТ (Физика твердого тела), -1971-, том 13, № 2, стр. 378 - 380. Секоян, С. С., Лихтер, А. И. ФТТ, - 1960-, 2, стр. 1940.

CZU 530.38:546.87

## **ELECTRICAL CONDUCTIBILITY OF SAMPLES FROM BISMUTH SUBJECT UNIAXIAL COMPRESSION**

**Virgil Cheptea**, Associate Professor, PhD  
(State University "Alecus Russo", Bălți, Republic of Moldova)

It was studied the influence of anisotropic strains (along the load axis trigonale up to  $9 \cdot 10^5$  kPa) on the electrical conductivity of the bismuth at room temperature. It was observed that the relative variation of electrical resistance  $\Delta R/R$  along the binary axis is two times higher than if compression is hydrostatic. It discusses the possible causes of the so high increase of the electrical resistance.

Prezentat la redacție la 23.05.09

УДК 669.112.227.312:669.15-194.018.26:669.017

## **ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ И МЕХАНИЗМЫ mЦИКЛИЧЕСКОЙ РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ ФЕРРИТА В ГОРЯЧЕКАТАНОЙ ЛИСТОВОЙ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ**

**Анатолий Нестеренко**, к.т.н., СНС

(Институт черной металлургии НАН Украины, г. Днепропетровск)

**Александр Сычков**, д.т.н.

(ОАО «Молдавский металлургический завод», г. Рыбница)

**Василий Ткач**, к.ф.м.н., СНС

(Институт сверхтвердых материалов НАН Украины, г. Киев)

**В.И.Сухомлин**, к.т.н., доцент

(Днепродзержинский Государственный Технический Университет, Украина)

Проведенными исследованиями впервые установлено, что в процессе выдержки при субкритической температуре 680 °С в горячекатаном листовом прокате из низкоуглеродистой стали 08пс с различающейся по сечению текстурой и ферритной структурой, прокатанном по режимам с  $T_{\text{кп}} = 650, 700$  и  $750$  °С, отвечающим ферритной и аустенито-ферритной областям диаграммы состояния Fe-C, рекристаллизация развивается с неоднократным полным повторным изменением структуры феррита стали, что позволяет классифицировать ее как циклическую. Определены механизмы структурных изменений в процессе отжига в исследованном прокате из стали 08пс как в ходе развития отдельного рекристаллизационного цикла, так и в целом при циклической рекристаллизации.

Известно [1...3], что трансформация структуры металлов и, в частности, феррита сталей при термической активации во время отжига – статическая рекристаллизация осуществляется последовательными стадиями, основными из которых являются первичная, собирательная и вторичная. В случае горячедеформированного металла различают [1,3] динамическую, метадинамическую и повторную рекристаллизацию. Динамическая рекристаллизация происходит непосредственно при горячем деформировании металла, а метадинамическая – сразу же после нее. Повторная рекристаллизация, обычно, рассматривается как разновидность статической, которая осуществляется после динамической или метадинамической рекристаллизации по указанным выше последовательным стадиям в случае выдержки металла при повышенных температурах или же при его замедленном охлаждении от температуры горячей деформации. Характерным признаком статической рекристаллизации, в отличие от динамической и метадинамической, является так называемый «зародышевый» механизм осуществления ее первичной стадии путем образования и роста зародышей новых бездефектных кристаллов в матрице металла с высокой или

повышенной исходной плотностью дефектов кристаллического строения [1,3].

Наряду с указанными выше стадиями и разновидностями рекристаллизации авторы работ [1,3...5] различают так называемую «вторую рекристаллизацию», которая во времени следует за первичной, собирательной и вторичной (но непосредственно – за последней) и не связана с дополнительной деформацией. Она наблюдалась в разных металлах и сплавах при рекристаллизационном отжиге после деформационно-термической обработки (ДТО) [5].

Циклическая рекристаллизация, как разновидность «второй», впервые классифицирована авторами [4,5] при обобщении результатов по исследованию влияния отжига при температуре 1000...1150 °С на развитие рекристаллизации аустенита в высоколегированных аустенитных сталях 12Х18Н10Т, 08Х16Н9М2 и 10Х17Н13М2Т после высокотемпературной ДТО (горячая прокатка с деформацией раздачей при 1100...1200 °С). Ее отличительной особенностью является периодическая повторяемость во время выдержки при отжиге циклов полного рекристаллизационного перетрансформирования структуры аустенита указанных горячедеформированных сталей, включающих стадии первичной, собирательной и вторичной рекристаллизации.

Зеренная структура матричного твердого раствора сталей и сплавов оказывает существенное влияние на комплекс их механических и служебных свойств [1...3]. Потому актуальным является изучение закономерностей развития во времени при отжиге рекристаллизации феррита в горячекатаных листовых низкоуглеродистых сталях, все шире используемых для замены более дорогостоящего холоднокатаного металла в современном автомобиле - и машиностроении при холодной штамповке деталей [6].

Исследовали горячекатаный прокат толщиной 1,5 и 2,05 мм из стали 08пс (0,06 % С; 0,24 % Мn; 0,01 % Si; 0,01 % Al; остальное-следы), произведенный на непрерывном широкополосном стане горячей прокатки (НШСГП) 1680 ОАО «Запорожсталь», образцы которого размером 1,5х5х300 мм и 2,05х5х300 мм по определенным температурно-деформационным режимам прокатывали на лабораторном стане дуо 280. Температура нагрева под прокатку – 1000 °С. Подстуживание образцов перед прокаткой осуществляли таким образом, чтобы обеспечивалась реализация 3-х температур конца прокатки  $T_{кп} = 750, 700$  и  $650$  °С, соответствующих аустенито-ферритной (межкритический интервал температур - МКИТ) и ферритной (субкритический интервал температур - СКИТ) областям диаграммы состояния Fe-C. Помимо однократной (1,5→1,30 мм) осуществлялась двукратная горячая прокатка образцов с исходной толщиной 2,05 мм с первым проходом (2,05→1,75 мм) при температуре 750 °С (МКИТ) и вторым (1,75→1,50мм) при  $T_{кп} = 650$  °С (СКИТ). Обжатие в

случае однократной прокатки составляло  $\varepsilon = 13,3 \%$ , а при двухкратной -  $\varepsilon_1 = 14,6 \%$ ,  $\varepsilon_2 = 14,3 \%$ . С целью имитации температуры сматывания горячекатаных полос в рулоны и условий охлаждения горячекатаных рулонов на НШСГП замедленное охлаждение образцов после прокатки осуществляли в муфельной печи, исходная температура которой составляла  $600 \text{ }^\circ\text{C}$ . Рекристаллизационный отжиг образцов исходного горячекатаного проката, полученных на ШСГП 1680 и прокатанных на лабораторном стане дуо 280 по указанным выше режимам, проводили при температуре  $680 \text{ }^\circ\text{C}$  с длительностями выдержек 10, 20, 30, 40 мин, 1, 2, 3, 4, 5, 6 час.

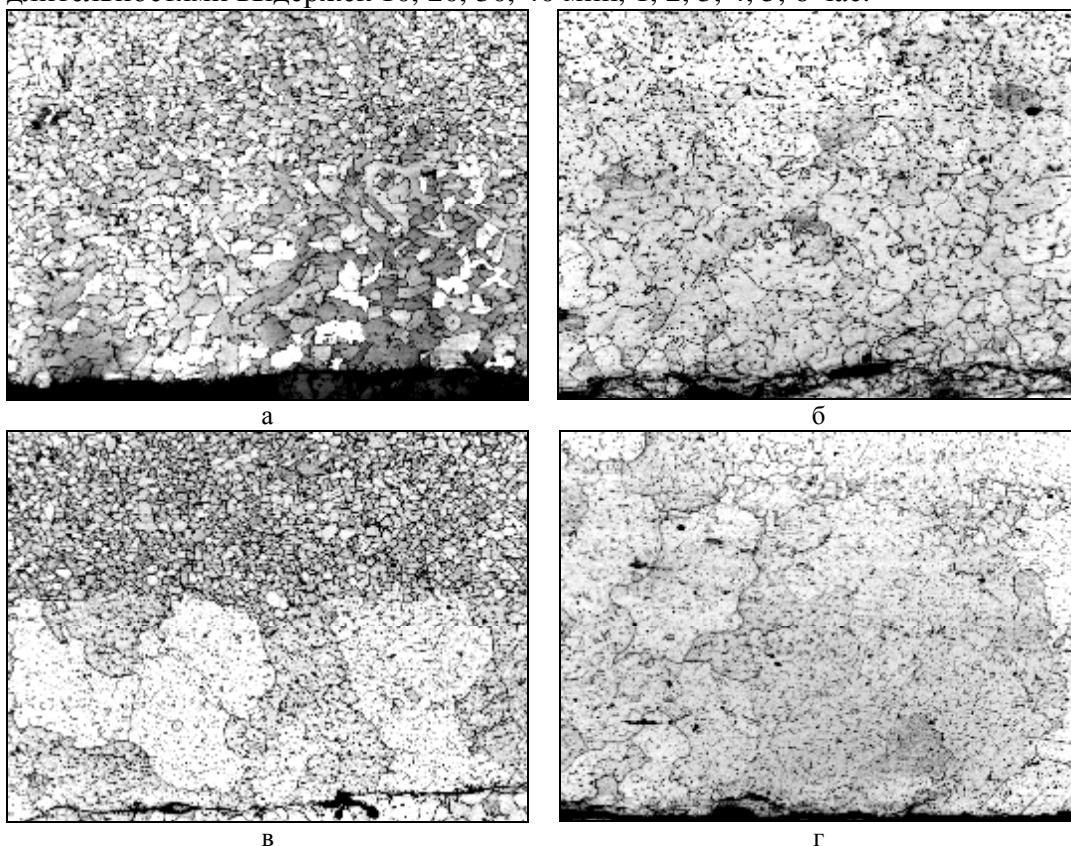


Рис. 1. Микроструктура (x100) по сечению исходной (а) и отожженной при температуре  $680 \text{ }^\circ\text{C}$  с длительностью выдержки 30 мин.(б), 40 мин.(в) и 2ч.(г) горячекатаной листовой низкоуглеродистой стали, полученной на лабораторном стане дуо 280 при  $T_{\text{КП}} = 700 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Микроструктурный анализ образцов исследованной стали толщиной 1,5 мм после горячей прокатки по режимам с  $T_{\text{КП}} = 750$  (МКИТ) и  $700 \text{ }^\circ\text{C}$  (СКИТ) показал наличие достаточно выраженной разнотермической структуры феррита по их сечению (рис. 1а, 2). При исследовании зависимости зеренной структуры феррита по сечению образцов с указанными  $T_{\text{КП}}$  от длительности выдержки при отжиге установлен циклический характер ее изменения. Действительно из данных рис. 2 следует, что в образцах проката с  $T_{\text{КП}} = 700$  и

750 °С наблюдаются соответственно 3 и 2 цикла перетрансформирования структуры феррита по сечению образцов из разнотернистой в равномерную и наоборот. Проведенные исследования позволили детально проанализировать особенности изменения структуры феррита в каждом из циклов. Так, например, в образцах проката с  $T_{КП} = 700$  °С в ходе 1-го цикла при выдержках 10 и 20 мин. разнотернистость феррита по сечению проката усиливается (рис. 1а), что связано, в основном, с развитием вторичной рекристаллизации в феррите поверхностного слоя этого проката. При выдержке 30 мин образуется равномерная ферритная по сечению проката (рис. 1б, 2а). Это обусловлено тем, что конкретно при этой длительности выдержки вторичная рекристаллизация феррита осуществилась уже и в средней по сечению зоне проката. На 2-м цикле (выдержка 40 мин.) вновь возникает разнотернистость ферритной структуры (рис. 1в, 2а), которая сохраняется и при выдержке 1 час. Дальнейшее увеличение длительности выдержки до 2 час в ходе этого же 2-го цикла приводит к формированию по всему сечению проката структуры с равномерным ферритным зерном (рис. 1г, 2а).



Рис. 2. Изменение среднего диаметра зерен феррита в зависимости от длительности выдержки при отжиге.  $T_{КП} = 700$  (а) и  $750$  °С (б). Цифрами без штрихов и со штрихами обозначены длительности выдержек, при которых формируются разнотернистые и равномерные структуры феррита соответственно

Результаты текстурного анализа, проведенного методом Харриса (обратных полюсных фигур) [2], свидетельствуют о том, что образцы исследованной стали толщ. 1,3 мм, прокатанные на лабораторном стане дуо 280 по режиму с  $T_{КП} = 700$  °С, непосредственно после прокатки

характеризуются выраженным различием текстуры по сечению (текстура типа  $\langle 110 \rangle$  в поверхностной зоне и  $\langle 100 \rangle$  -  $\langle 111 \rangle$  в серединной). Это различие текстуры по сечению образцов сохраняется в ходе отжига при температуре  $680^\circ\text{C}$  вплоть до выдержки длительностью 5 ч. После выдержки длительностью 6 ч. феррит по сечению проката становится полностью детекстурованным, а его зеренная структура – равномерной (рис. 2).

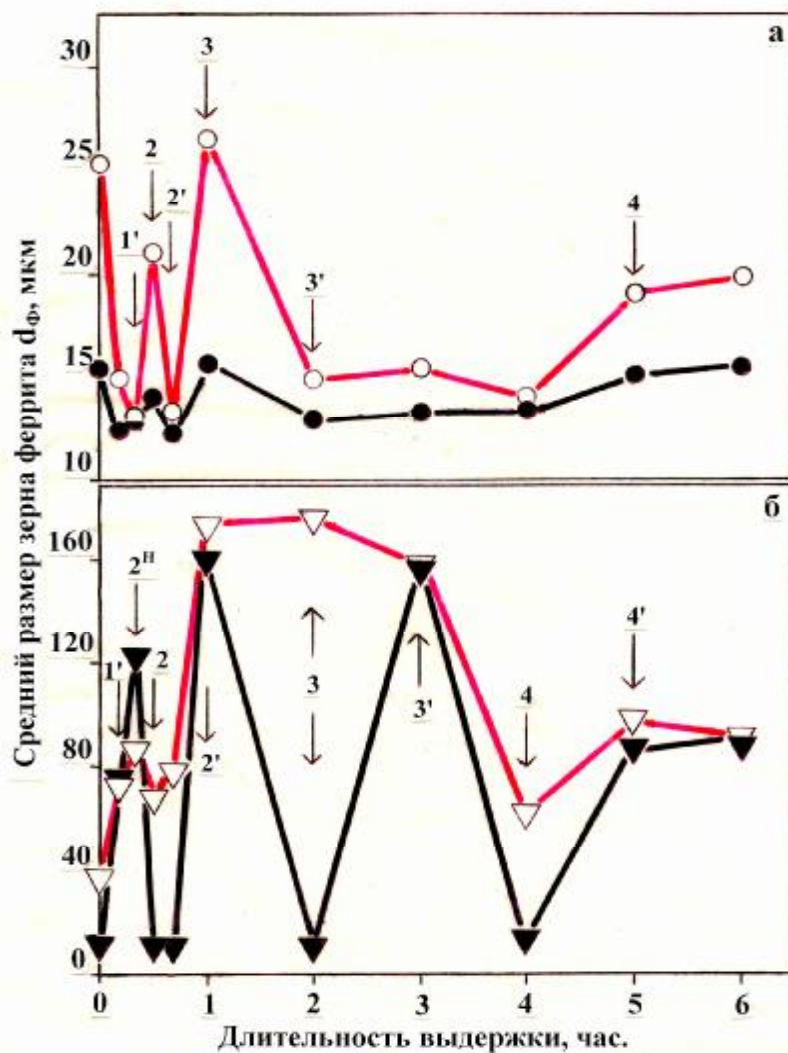


Рис. 3. Характер изменения среднего размера зерна феррита в горячекатаном листовом прокате из исследованной стали 08пс в ходе отжига при температуре  $680^\circ\text{C}$ : а – толщ. проката 2,05 мм (прокатка на НШСП 1680 с  $T_{\text{КП}}=750^\circ\text{C}$ ); б – толщ. проката 1,5 мм (двойная горячая прокатка на лабораторном стане дуо 280 с  $T_{\text{КП}}=650^\circ\text{C}$ ). Светлые обозначения – поверхностная, зачерненные – серединная зона. Цифры без штрихов и со штрихами – то же, что и на рис. 2.

В образцах исходного горячекатаного проката толщиной 2,05 мм из исследованной стали 08пс, прокатанного на ШСГП 1680 по режиму с  $T_{\text{КП}} = 760 - 780$  °С (МКИТ), и в полученных из него после двойной горячей прокатки с  $T_{\text{КП}} = 650$  °С (СКИТ) образцах с конечной толщиной 1,5 мм зеренная структура феррита характеризуется достаточно выраженным различием по сечению (рис. 3). В ходе отжига при температуре 680 °С в образцах исходного горячекатаного проката толщиной 2,05 мм и в образцах толщиной 1,5 мм, полученных двойной горячей прокаткой с  $T_{\text{КП}} = 650$  °С, осуществляется, как и в описанном выше случае однократной горячей прокатки, циклическая рекристаллизация с неоднократным полным перетрансформированием ферритной структуры стали по сечению (рис. 3). Значком 2<sup>H</sup> на рис. 3б обозначено структурное состояние, когда в отдельных крупных ферритных зернах при выдержке длительностью 20 мин. уже начинаются процессы деления на мелкие, что предшествует первичной рекристаллизации.

Проведенные нами исследования показали, что разноразмерность по сечению проката, в основном, определяется ускоренным ростом зерен феррита в поверхностной зоне. Учитывая положения, изложенные в [1...3], и результаты настоящего исследования, ускоренный рост зерен феррита в поверхностной зоне исследованных образцов проката в ходе отжига при температуре 680 °С можно объяснить сочетанием следующих факторов:

- прямым наследованием рекристаллизованной ферритной структурой образовавшихся при горячей тонколистовой прокатке в поверхностной и средней зонах образцов выраженных текстур разного типа, соответственно,  $\langle 110 \rangle$  и  $\langle 100 \rangle$ ;

- наличием в поверхностных слоях специальных высокоподвижных границ полигонального типа с низкой плотностью дефектов между «старыми» и «новыми» зернами феррита при вторичной рекристаллизации, ориентация между которыми отвечает соотношениям Кронберга – Вильсона;

- наиболее низким уровнем поверхностной энергии плоскостей  $\{110\}$  ОЦК решетки феррита в сравнении с другими низкоиндексными ее плоскостями  $\{111\}$  и  $\{100\}$  ( $\sigma_{\{110\}} = 1,3 \cdot 10^{-4}$  Дж/см<sup>2</sup> против  $\sigma_{\{111\}} = 1,5 \cdot 10^{-4}$  и  $\sigma_{\{100\}} = 1,6 \cdot 10^{-4}$  Дж/см<sup>2</sup>) [2];

- близкой к критической в аспекте спонтанного роста ферритного зерна степени обжатия ( $\varepsilon = 13,3$  %), использованной при прокатке исследованных образцов листового горячекатаного проката из стали 08пс в ходе проведения экспериментов.

Проведенный в настоящей работе анализ позволяет утверждать, что впервые установленная циклическая рекристаллизация горячекатаной листовой низкоуглеродистой стали в ходе выдержки при субкритической (680 °С) температуре связана не только с перечисленными факторами, но и с особенностями развития и механизмов таких ее стадий, как собирательная и

вторичной рекристаллизация. Согласно [1...3] движущей силой собирательной и вторичной рекристаллизации в металлах является снижение свободной энергии в результате уменьшения протяженности межзеренных границ. При этом утверждается, что увеличение размеров зерен осуществляется по механизмам, предусматривающим преимущественный рост крупных зерен за счет более мелких путем миграции границ зерен (субзерен). Детальный анализ образцов отожженного листового проката из исследованной стали, проведенный методами оптической и растровой электронной микроскопии (микроскоп EVO-55 с энергодисперсионной приставкой INKA ENERDGY 350 – разработка фирмы «Карл Цейсс», Германия), показал наличие многочисленных дисперсных (0,3...1,5 мкм) включений цементита, распределяющихся в мелкозернистой структуре срединных зон, в основном, по межзеренным границам, а в крупнозернистой структуре поверхностных зон – преимущественно по субграницам внутри ферритных зерен. Учитывая, что существенное перетрансформирование структуры в образцах исследованной стали осуществляется уже при незначительных по длительности выдержках при отжиге (рис. 1, 2), в нашем случае из-за блокирования межзеренных и субзеренных границ микровыделениями цементита реализация миграционных механизмов при росте зерен феррита и их последующем делении на мелкие в ходе развития циклической рекристаллизации представляется невозможной. Более реальными являются механизмы роста, осуществляемые [7] коалесценцией зерен (субзерен) и их группировок путем взаимных кристаллографических вращений и поворотов на небольшие углы с аннигиляцией межзеренных и субзеренных границ между ними.

Выраженное исходное различие размеров зерен феррита и текстуры по сечению, а также особенности структурных изменений исследованных образцов листового проката в процессе отжига приводят к реализации трех факторов, вызывающих появление в объеме металла систем упругих микронапряжений, которые существенно влияют на структурные превращения при рекристаллизации феррита в ходе отжига, и являются, таким образом, составляющими движущей силы процесса циклической рекристаллизации. Влияние первого фактора связано, при этом, с затруднением взаимной аккомодации крупных зерен феррита в поверхностном слое по мере увеличения их размеров в процессе развития вторичной рекристаллизации (причины ускоренного роста зерен феррита в поверхностном слое указаны выше), а второго – с существенным различием кристаллографических ориентаций и дислокационного строения по линиям раздела поверхностных и срединных зон листового проката из исследованной стали.

Для обоснования еще одного, третьего, фактора на том же микроскопе EVO - 55 с помощью приставки Nordlys II EBSD фирмы “Oxford Instruments”



(Великобритания) проведен анализ напряженного состояния в поверхностных и срединных зонах листового проката из исследованной стали. При определении уровня микронапряжений действие указанной приставки основано на анализе уширения Кикучи-линий, образующихся при пошаговой сканирующей дифракции пучка электронов на выбранных участках структуры сталей и сплавов (HKL EBSD - Technology). Полученные данные по распределению участков локальных микронапряжений показывают, что в случае выдержки, например, длительностью 1 час при температуре отжига 680 °С их уровень в срединной зоне является более высоким, чем в поверхностной (количество участков с микронапряжениями в срединной зоне в 4,26 раза – с учетом различия площадей сканирования - превышает количество таковых в поверхностной). Анализом, проведенным с помощью энергодисперсионного микронзонда, установлено, что участки с микронапряжениями имеют повышенное содержание углерода, марганца и серы (табл. 1). Поскольку даже при значительных увеличениях в растровом микроскопе какие-либо микрочастицы в указанных участках не выявляются, можно утверждать, что возникновение участков с микронапряжениями и повышенной концентрацией углерода, марганца и серы обусловлено образованием когерентно связанных с матрицей стали предвыделений цементита и сульфида марганца. Отмеченное выше различие дислокационного строения феррита поверхностной и срединной зон исследованного проката приводит в ходе выдержки при отжиге к неадекватной кинетике повторяющихся процессов образования и растворения указанных предвыделений, а затем и сформировавшихся из них микрочастиц в этих зонах. Наблюдаемое фактическое различие суммарного уровня микронапряжений в поверхностной и срединной зонах проката, обусловленное последовательным чередованием при отжиге этапов образования и растворения указанных предвыделений и микрочастиц, как раз и является третьим дополнительным фактором, способствующим перетрансформированию ферритной структуры стали в каждом конкретном цикле и развитию циклической рекристаллизации в целом.

Сформировавшаяся в результате указанных причин в объемах поверхностных и средних слоев образцов исследованной стали при отжиге система микронапряжений инициирует процессы деления образовавшихся крупных зерен (субзерен) на мелкие (этот процесс активируется незначительной разориентацией субзерен в пределах каждого крупного зерна) по границам бывших субзерен, декорированных микровыделениями цементита, и приводит, таким образом, к повторному развитию стадий первичной, собирательной, а затем и вторичной рекристаллизации в каждом из циклов развивающейся при отжиге циклической рекристаллизации.

Таблица 1

Оценочные данные по содержанию углерода, основных легирующих элементов и примесей в участках с микронапряжениями (1, 2) и в общем объеме металла (1\*, 2\*) срединной зоны образца горячекатаного листового проката, полученного на лабораторном стане дуо 280 с  $T_{\text{кп}} = 700^{\circ}\text{C}$ , после отжига при температуре  $680^{\circ}\text{C}$  (выдержка длительностью 1 час).

Участок анализа	Массовая доля элементов, %					
	C	Mn	S	P	Ni	Fe
С микро-напряжениями -1	3,14	15,50	9,39	0,02	0,02	71,91
С микро-напряжениями -2	2,19	6,85	3,74	0,00	0,07	87,12
Общий объем металла -1*	1,24	0,38	0,02	0,09	0,00	98,27
Общий объем металла -2*	1,39	0,30	0,00	0,07	0,00	98,05

Проведенные исследования показали, что различие структуры и текстуры в горячекатаном тонколистовом (1,5 мм) прокате из стали 08пс, произведенном на НШСГП 1680 ОАО «Запорожсталь», является достаточно выраженным (рис. 3а). Заводской отжиг рулонов этого проката в колпаковых печах (нагрев до температуры  $680^{\circ}\text{C}$ , длительность выдержки 10 час.) в ряде случаев позволяет получить в нем сочетание прочностных свойств и пластичности ( $\sigma_{\text{T}} = 155,0 \text{ Н/мм}^2$ ,  $\sigma_{\text{B}} = 280,0 \text{ Н/мм}^2$ ,  $\delta_4 = 46,0 \%$ ), характерное для особонизкоуглеродистых (0,002...0,008 % С) микролегированных IF – сталей, отличающихся сверхвысокой штампуемостью [8]. Однако несмотря на это, наличие крупнозернистой структуры феррита в поверхностной зоне делает невозможным его использование для операций штамповки из-за образования на поверхности отштампованных деталей неисправимого поверхностного дефекта типа «апельсиновая корка».

Для предотвращения образования существенно различающихся типов текстур и размеров ферритных зерен по сечению в горячекатаном тонколистовом прокате из низкоуглеродистых сталей и наследования такой неравномерности в отожженном прокате на основании результатов проведенного исследования составлены рекомендации по корректировке режимов деформационно-термической обработки тонких полос на НШСГП 1680 ОАО «Запорожсталь» и на близком к нему по конструкции НШСГП 1700 ОАО «МК им. Ильича» (г. Мариуполь).

## Выводы

1. Впервые установлено, что в горячекатаном тонколистовом (1,5 мм) прокате из низкоуглеродистой стали 08пс с различающимися по сечению параметрами исходной текстуры и ферритной структуры рекристаллизация в процессе отжига при температуре 680 °С осуществляется с неоднократным повторным полным перетрансформированием исходной неравномерной ферритной структуры в равномерную и наоборот, что позволяет классифицировать ее как циклическую.

2. Определены механизмы структурных изменений в процессе отжига в горячекатаном прокате из исследованной стали как в ходе развития как отдельного рекристаллизационного цикла, так и в целом при циклической рекристаллизации.

## Использованная литература

1. Горелик, С.С. Рекристаллизация металлов и сплавов. – М.: Металлургия, 1978. – 568с.
  2. Вассерман, Г., Гревен, И. Текстуры металлических материалов. - М.: Металлургия, 1969. – 655с.
  3. Новиков, И.И. Теория термической обработки металлов. М.: Металлургия, 1978. – 392с.
  4. Хейфец, Р.Г., Марек, И.М., Сенина, Т.В. Наблюдение второй рекристаллизации в сталях аустенитного класса. – Известия вузов. Черная металлургия. – 1977. - № 8. – С. 115 – 117.
  5. Циклическая рекристаллизация деформированных аустенитных сталей / Р.Г., Хейфец, Н.В., Резчик, И.М., Марек, Т.В., Сенина. – Металловедение и термическая обработка металлов. – 1982. - № 2. - С. 37...39.
  6. Бальд, В., Кнеппе, Г., Розендаль, Д., Задау, П. Новейшая технология производства горячекатаной полосы. – Черные металлы. – 2000. - № 2. – С. 36...44.
  7. Мазур, В.И., Мазур, А.В. Особенности вторичной и собирательной рекристаллизации электротехнической стали. - Теория и практика металлургии. – 2007. – № 1. – 42...47.
  8. Кулька, Х., Хайстеркампф, Ф. Уровень развития и применения сталей IF. - Черные металлы. – 1990. - № 9. – С. 24...28.
- УДК 669.112.227.312:669.15-194.018.26:669.017

CZU: 669.112.227.312:669.15-194.018.26:669.017

## **ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ И МЕХАНИЗМЫ mЦИКЛИЧЕСКОЙ РЕКРИСТАЛЛИЗАЦИИ ФЕРРИТА В ГОРЯЧЕКАТАНОЙ ЛИСТОВОЙ НИЗКОУГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ**

**Анатолий Нестеренко**, к.т.н., СНС

(Институт черной металлургии НАН Украины, г. Днепропетровск)

**Александр Сычков**, д.т.н.

(ОАО «Молдавский металлургический завод», г. Рыбница)

**Василий Ткач**, к.ф.м.н., СНС

(Институт сверхтвердых материалов НАН Украины, г. Киев)

**В.И.Сухомлин**, к.т.н., доцент

(Днепродзержинский Государственный Технический Университет, Украина)

Проведенными исследованиями впервые установлено, что в процессе выдержки при субкритической температуре 680 °С в горячекатаном листовом прокате из низкоуглеродистой стали 08пс с различающейся по сечению текстурой и ферритной структурой, прокатанном по режимам с  $T_{кп} = 650, 700$  и  $750$  °С, отвечающим ферритной и аустенито-ферритной областям диаграммы состояния Fe-C, рекристаллизация развивается с неоднократным полным повторным изменением структуры феррита стали, что позволяет классифицировать ее как циклическую. Определены механизмы структурных изменений в процессе отжига в исследованном прокате из стали 08пс как в ходе развития отдельного рекристаллизационного цикла, так и в целом при циклической рекристаллизации.

Prezentat la redacție la 18.04.09

УДК:

## **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОЗОНА В АВТОМОБИЛЬНЫХ Д.В.С. – ПУТЬ К СНИЖЕНИЮ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

**Николай Мартынюк**, проф., докт.хаб.; **Петру Стойчев**, проф., докт.хаб.;

**Георгий Долومانжи**, аспирант; **Виктор Паланчикэ**, мастеранд; **Родион**

**Раду**, доц., докт.

(Технический Университет Молдовы, Республика Молдова)

**Сергей Потапов**, докт., СНС

(Научно-техническая фирма „ЮСМАР”, г. Кишинев, Республика Молдова)

Приводится анализ по улучшению работы элементов системы питания карбюраторных и дизельных двигателей внутреннего сгорания (Д.В.С.), влияющих на их экономические показатели. Использование изотопов „Полоний- 210” для генерации озона как окислителя, добавляемого к топливу.

Лидирующее положение среди типовых двигателей автотранспортных средств продолжает оставаться за поршневым двигателем внутреннего сгорания (Д.В.С.), изобретенным Н.Отто. Причем, несмотря на то, что данной конструкции Д.В.С. присущие весьма серьезные недостатки – применение кривошипно-шатунного механизма. В инфраструктуре технико-экономических показателей особое место отводится составным элементам системы питания, альтернативным видам топлив и компонентам добавляемым к топливу.

Авторами разработаны и запатентованы многочисленные элементы конструкции системы питания для автомобильных Д.В.С. [1-5]. Принцип их работы основан на законах физики, теоретической механики. Выполненными моторно-стендовыми исследованиями было установлено, что при работе автомобильного Д.В.С. на различных нагрузочно-скоростных режимах, детали изготовленные из листовой стали вибрируют с частотой от 200 до 10000 Гц. Это позволило разработать принципиально новые устройства как для гомогенизации горючей смеси, так и для улучшения процесса наполнения цилиндров 4-х тактного Д.В.С. при такте „впуск”. Подача, вместе с горючей смесью, в Д.В.С. дистиллированной воды, предварительно преобразованной в пар, осуществляется в конструкции приведенной в описании патента Республики Молдова [2]. Анализ результатов научных исследований многочисленных исследователей дает нам основание предположить, что XXI век – это век реализации концепции перехода на водородную энергетику. Это подтверждается убедительными доказательствами. Наряду с этим, предусматривается применение и других газов, озона в качестве добавки к основному топливу для автомобильных Д.В.С.

Озон (от греческого слова „ozon” – пахнувший) является сильным окислителем голубого цвета, обладает характерным запахом, токсичен и может вызвать ожог верхних дыхательных путей, а также отравление. Озон получают из воздуха, как правило, двумя методами – ультрафиолетовым облучением, или под воздействием тихого (т.е. без образования искр) разряда коронного типа. Для этих целей разработаны специальные устройства – озонаторы.

Будалин М.В. и др. [7], разрабатывая озонаторное оборудование установил, что с повышением давления воздуха от 0 до 0,6 кг/см<sup>2</sup>, подаваемого в озонатор, производство озона увеличивается, а расход электроэнергии на 1 кг озона составляет 1,2 квт · ч. Причем 80-90% потребляемой энергии, при синтезе озона, выделяется в воде в виде тепла. Возникает проблема охлаждения электродов озонатора. Авторам работы [7] не исследовано влияние влажности воздуха, концентрации кислорода в воде в виде нем, габаритных размеров электродов на получение озона.

В связи с этим, нами высказана гипотеза о том что, обладая превосходными свойствами окислителя, озон, в сравнении с другими газами,

должен способствовать качественному сгоранию рабочей смеси в цилиндрических Д.В.С. и повышать его экономичность. В качестве недостатка можно считать то, что озон не хранится и не транспортируется.

Авторами разработана и запатентована новая конструкция озонатора для системы питания Д.В.С. (см. рис.1).

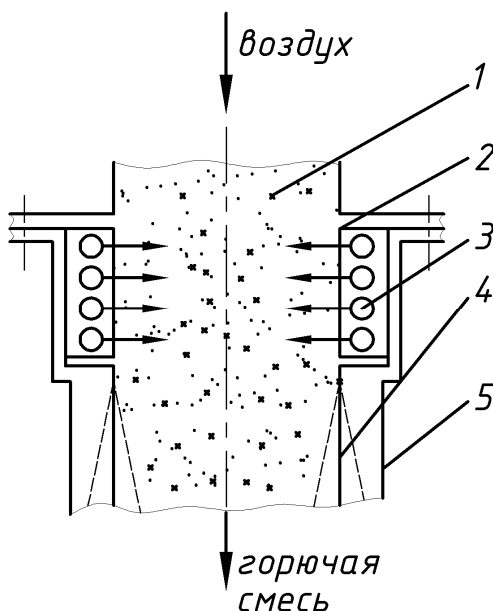


Рис.1. Схема расположения озонатора и устройств для гомогенизации горючей смеси во всасывающем трубопроводе системы питания Д.В.С.: 1 – воздух, 2 – трубопровод, 3 – направление распространения альфа-частиц, 4 – керамические шарики, 5 – гомогенизатор, 6 – всасывающий трубопровод

Принцип работы основан на использовании изотопов „Полоний-210” от альфа-частиц, от которых ионизируется движущийся поток воздуха с образованием озона. Происходит аллотропная модификация кислорода с образованием молекулы, содержащей три атома кислорода ( $O_3$ ).

Из воздухоочистителя системы питания Д.В.С., очищенный воздух 1, при такте „всасывание”, движется по трубопроводу 2 пересекая при этом направление 3 распространения альфа частиц излучаемых радиоактивными изотопами „Полоний-210”, находящегося в керамических шариках 4. Воздух 1 ионизируется с образованием озона. Смесь воздуха и озона, двигаясь дальше, поступает в гомогенизатор 5, расположенный коаксиально всасывающему трубопроводу 6, а затем – в цилиндры Д.В.С.

Изложенная гипотеза, в ближайшее время, будет проверена и подтверждена экспериментальными и эксплуатационными испытаниями предлагаемого озонатора и устройства для гомогенизации горючей смеси в системе питания Д.В.С.

### Выводы

1. Озон, как сильнейший окислитель, очевидно в ближайшее время станет основным компонентом добавляемым к топливам, применяемым в автомобильных поршневых двигателях внутреннего сгорания.

2. Наличие озона в горючей смеси системы питания автомобильного Д.В.С., должен способствовать уменьшению загрязнения окружающей среды отработавшими газами.

### Литература

1. Мартынюк, А.П. Система питания для Д.В.С. Патент Российской Федерации № 2028495. Бюл. изобрет. №4. 1995.

2. Martîniuc, N. Motor hidraulic. Brevet de invenție nr. 1868, Republica Moldova, ВІРІ nr. 2, 2002.

3. Мартынюк, А.П. Система питания для Д.В.С. Патент Российской Федерации № 2069784. Оpubл. 1996, Бюл.33

4. Мартынюк, А.П. Система питания для Д.В.С. Патент Российской Федерации № 1746032. Оpubл. 1992, Бюл.25.

5. Мартынюк, А.П. Система питания для Д.В.С. Патент Российской Федерации № 2046981. Оpubл. 1995, Бюл.10.

6. Мартынюк, А.П. Система питания для Д.В.С. Патент Российской Федерации № 1343077. Оpubл. 1984, Бюл.37.

7. Батурын, М.В. и др. Теоретические и экспериментальные исследования создания высокоэффективного озонаторного оборудования. – Воронеж: Россия, О.Н.О. Химавтоматика, - 2005.

CZU:

## OZONE USE IN AUTOMOBILE I.C.E. - A WAY TO ENVIRONMENTAL CONTAMINATION DECREASE

**Nicolai Martyniuc**, Professor, Doctor Habilitat; **Petru Stoicev**, Professor, Doctor Habilitat; **Gheorghii Dolomanzhi**, post-graduate student; **Victor Palanchika**, Master Degree student; **Rodion Radu**, Associate Professor, PhD  
(Technical University of Moldova, Republic of Moldova)  
**Serghei Potapov**, PhD, Senior Scientific Researcher  
(Scientific-technical firm “USMAR”, Chisinau, Republic of Moldova)

Is given analysis of an improvement in the work of the elements of the power-supply system of the carburetor and diesel internal combustion engines (ICE) of those influencing their economic indices. Use of isotopes of „polonium 210” for the generation of ozone as the oxidizer, added into the fuel.

CZU

## FINISAREA CONTINUĂ A SUPRAFETELOR PIESELOR PE MAȘINI-UNELTE

**Ilie Botez, conf.dr.; Alexei Botez, conf.dr.**  
(Universitatea Tehnică a Moldovei)

Forma și dimensiunea microreliefului suprafeței piesei influențează mult durabilitatea acesteia. Microrelieful piesei poate fi format prin vibrorulare, în acest scop fiind elaborată și o mașină specială.

Sporirea durabilității și siguranței mașinilor este una din cele mai stringente probleme a tehnicii contemporane.

Printre mulțimea de factori ce determină durabilitatea și siguranța mașinilor un rol important îi revine calității prelucrării suprafețelor.

Suprafața oricărei piese nu este nicicând absolut netedă, ci este mai mult sau mai puțin rugoasă.

Anume rugozitățile intră primele în contact la funcționare, suportând șocuri de la piesele îmbinate, de la valurile lubrifianților, vaporilor sau gazelor.

Rugozitatea mai determină și proprietățile fizice ale suprafețelor: optică, acustică, magnetică și electrică.

Nu există practic nici o caracteristică de exploatare a mașinii care nu ar fi influențată de rugozitatea suprafeței. Care însă ar fi rugozitatea optimă a suprafeței piesei?

Orice suprafață are erori de formă și rugozitate (fig.1). Erorile de formă (abaterile geometrice) depind de metoda obținerii suprafeței, iar rugozitatea de regimurile de prelucrare.

Dacă piesa are o rugozitate mai mare lubrifianții sunt reținuți mai bine pe suprafața ei, dar totodată și uzura unei astfel de rugozități are loc mai rapid.

Importantă este nu numai mărimea rugozității ci și forma ei. Există forme ce rețin lubrifianții într-o măsură mai bună. Dacă liniile neregularităților sunt în formă de valuri lubrifianțul este reținut mai bine pe suprafața piesei.

Această formă a neregularităților poate fi obținută prin vibrorulare. Înălțimea rugozităților este însă o caracteristică nu mai

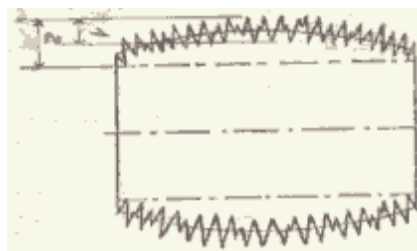


Fig.1 Suprafața piesei  
1-rugozitate; 2- erori de formă.

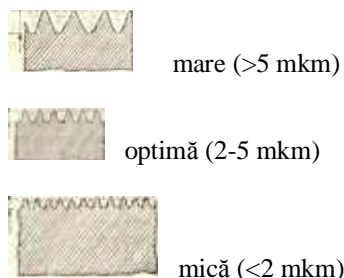


Fig.2 Rugozitate de diferite mărimi



puțin importantă, deoarece rugozitatea prea mare duce la uzare prematură iar cea prea mică la lubrifiere slabă (fig.2). Experiențele au arătat că adâncimea optimă a rugozității este de 2-5 mkm.

Vibrolurarea permite atât controlul formei rugozității cât și mărimea ei. Esența procesului constă în aplicarea la finisare a unor anume vibrații sculei așchietoare. Prelucrarea și cercetarea ulterioară a pistonului mașinii hidraulice a arătat o sporire a rezistenței la uzură de 2,5 ori.

În scopul vibrolurării a fost elaborată și o mașină specială (fig.3).

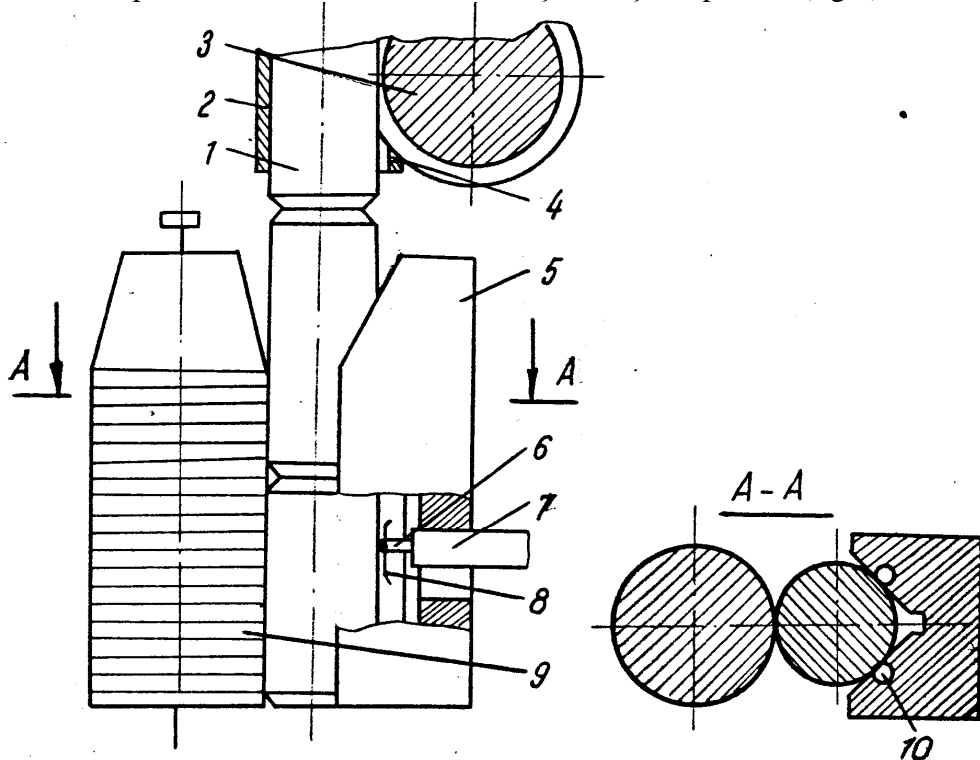


Fig.3 Schema mașinii-unealtă pentru vibrolurare continuă.

Ea funcționează în felul următor: pe jgheabul 2 cu tăietura 4 de către rola 3 piesele de prelucrat 1 sunt aduse în zona de prelucrare unde este instalată o prismă 5 cu bilele 10 pe care la prelucrare se reazemă piesa. Scula cu diamant 6 este introdusă print-o gaură specială în prismă și este dirijată prin mecanismul de dirijare 7, care realizează apăsarea sculei asupra piesei după un anumit algoritm. Rotirea piesei este efectuată de sistemul de acționare 9. Adâncimea intrării sculei este reglată de către lama 8, care mai și limitează rularea teșiturilor la capetele pieselor.

Vibrolurarea se efectuează continuu, piesele fiind în continuă mișcare de avans.

Productivitatea mașinii este determinată prin relația:

$$Q_c = \frac{V_{teh}}{l + l_1}$$

Unde  $V_{teh}$  este viteza avansului tehnologic al piesei;  $l$ -lungimea suprafeței prelucrate;

$l_1$ -distanța dintre suprafețele prelucrate.

### Concluzii

Experiențele petrecute cu piese prelucrate obișnuit și cu piese vibrorulate au arătat, că ultimele duc la o rezistență sporită la uzare (fig.4).

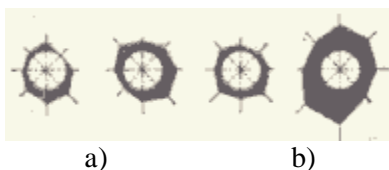


Fig.4 Uzarea pistonului pompei hidraulice funcție de metoda prelucrării.  
a- vibrorulare; b-honuire.

### Bibliografie

- 1.Arzamasov,B. N. *Construcționnîe materialî*. Moskva, Mașinosroenie, 1990.
- 2.Golidștein, M. I. *Metallofizica vîsocoprocînîh splavov*. Moskva, Metallurgia, 1986.
- 3.Vasiliev, L. A. *Almazî, ih svoistva i primenenie*. Moskva, Nedra, 1983.

CZU

## FINISAREA CONTINUĂ A SUPRAFETELOR PIESELOR PE MAȘINI-UNELTE

**Ilie Botez**, Associate Professor, PhD; **Alexei Botez**, Associate Professor, PhD  
(Technical University of Moldova)

The shape and size of micro-relief surfaces play its certain impact on how sustainable. Micro relief of piece may be formed by rolling with vibration for this purpose is developed and a special machine.

Prezentat la redacție la 15.07.09

CZU:

## **UNITĂȚI DE MĂSURĂ MEDIEVALE DESCRISE ÎN „LETOPISEȚUL ȚĂRII MOLDOVEI” A LUI MIRON COSTIN**

**Victor Stan, dr., conf. univ., V. Șoimu, masterand**  
(Universitatea de Stat a Moldovei)

Una din caracteristicile cunoașterii umane este reprezentată de o viziune cantitativă – nu numai calitativă – a lumii reale. Celebrul aforism pitagoreic potrivit căruia lumea este guvernată de numere nu vrea să exprime altceva. Evaluarea cantitativă a lumii și a fenomenelor ei presupune măsurări, iar măsurările presupun definirea unor unități și etaloane. Progresul științific și, legat de el, cel tehnologic – au sporit în mod impresionant numărul obiectelor și manifestărilor ce trebuie măsurate și, implicit, numărul unităților necesare. Despre apariția mijloacelor de măsurare se știe foarte puțin. Ele datează atât de demult încât chiar primele izvoare scrise descoperite pe teritoriul dintre râurile Tigrul și Eufurat deja conțineau date despre unități de măsură. Până în zilele noastre nu au ajuns numele inventatorilor, spre exemplu, a riglei, greutateților marcate (cântar) etc. Nu există o confirmare sigură despre apariția primelor mijloace de măsurare la un popor anume. La început oamenii au încercat să determine distanța, stabilind anumite unități de măsură, însă aceste unități de lungime erau departe de a fi precise. Așa, unele „unități” antice au ajuns până în zilele noastre. Metrologia medievală românească diversificată și variată din punct de vedere al valorii, este unitară prin denumirea acestora, termenii fiind cunoscuți și folosiți în toate ținuturile populate de români. Multe date din istoria Moldovei medievale din acea epocă (1595-1661) sunt redată numai în letopisețul lui Miron Costin. În anul 1677 Miron Costin scrie „Cronica țărilor Moldovei și Munteniei” în care autorul descrie soarta grea a moldovenilor sub robia turcească. Autorul descrie și despre cucerirea Daciei de către romani, unele evenimente care au avut loc în timpul dominației romane, pustiirea Daciei de către tătari, expune descălecatul în Moldova al lui Dragoș-vodă. Un rol deosebit în letopiseț este destinat descrierii unităților de măsură care includ toate domeniile activității sociale, culturale, comerciale ale statului feudal moldovenesc și ai locuitorilor săi.

### **Unități de suprafață și lungime**

„În caputulu alu treila” al letopisețului se descrie cum Ieremia-vodă (1600-1606) îndemnat de turci a strâns oastea sa și străină și a pornit cu război asupra lui Mihai-vodă, care lângă satul Verbie câștigă bătălia și-l gonește pe Ieremia-vodă până la Hotin. Aici Ieremia-vodă lasă slujitorii săi, iar „el singur au trecut leși pentru ajitoriul”.

„Era leșii pe aceia vreme strănși toți la sânul, la Varșav, sfātuindu oastea împotriva șfedului, ca craiul leșescu Jigmontu fiindu dreptu *moșan* aceii crăiei” a fost ales crai. Jigmontu, care se pregătea de război cu suiezii, i-a promis ajutorul dacă î-l va ajuta în războiul cu suiegezii și cu condiția „să lasă cuprinsă țărilor aceste de Mihai-vodă, Ardealul, Moldova, Țara Muntenească”.

„În caputulu alu doisprădzece” se arată, că după maziliia sa Barnovschi hatmanul „au strânsu boierii și țara și le-au dzis că nu mai poate să sature pânțelele turcilor fără fundu...și n-au mărșu la împărăție, ce-și cumpărasă un târgu în Țara Leșască, anume Ustia, cu câteva *ocine* nu departe de Nistru”.

Un tablou asemănător se descrie și în capulu al cinspredzece când „Moysăi-vodă după mazilia sa den domnie, satul de binele turcilor, au mârșu în Țara Leșască, petrecut de boieri câțva până la margine unde-și apoi, după câțva ani petrecuți în odihnă, cu *ocine* în Țara Leșască și cu cinste de la leși, s-au fârșit și viața pre vremea domniei lui Dabije-vodă”.

După scoaterea din scaun a lui Vasile-vodă de către Gheorghie Ștefan-vodă, el s-a îndreptat spre Hotin, de unde a trimis soli „la cuscru-său Hmil, hatmanul cazacescu și la ginire-său, Timuș cerându ajutoriu cum mai de sirgu”. A fost trimis sol la leși și Miron Costin „la starostele de Camenița, la Pătru Potoțchii, feciorul hatmanului Potoțchii, la ieșitul căruia den robie crâmului mare ajiutoriu îi dăduse Vasile-vodă cu banii săi...Și cu aceia solie, aflându-l pre starostele, cale de trei dzile mai sus de Camenița la niște *ocine* a lui, îndată au lăsat toate trebile sale și au purces spre Camenița”.

„În capitulu alu optu” cronicarul Miron Costin descrie lupta dintre leși și turci lângă Răut, câștigată de leși, care se instalează cu tabăra pe valea Coboltei. „Și pierduse și Schindern-pașea nădejde de a-i dobândiră și trimisesă la Jolcovschii Schinder-pașa, poftin-du să-i trimițăun să știe turceasca. Au trimis Jalcovschii, ce apoi nu l-au mai slobodzitu Schinder-pașea pre tălmaciul acela. Cându au fostu amu aproape de Nistru, la o *milă* de loc de la Movilău..., acolo descălecasă oastea leșască”.

„În caputu alu dzecilea”.

- *cot* – măsură de lungime egală cu lungimea brațului de la îndoirea cotului până la vârful degetului de mijloc cu dimensiuni de la 0,4-0,65 m;<sup>1</sup>
- *sulita* – unitate de lungime a armei de lupta cu dimensiuni de aproximativ 0,8 m;<sup>2</sup>
- *stat de om* – unitate de lungime cu dimensiuni de 1,7-1,8 m.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> – „Letopisețul Țării Moldovei”, Ed.Hyperion, Chiș., 1990, pag.14, 223;

<sup>2</sup> – Ibidem, pag.223;

<sup>3</sup> – Ibidem, pag.223.

Un tablou asemănător descrie cronicarul și întâlnirea solului leșesc de către Ștefan-vodă Tomșa. Astfel „ieșindu-i Ștefan-vodă o *milă* de loc înainte cu câteva gloate, în carată cu sine solul nu l-au poftit, nice au primit să hie la masa lui Ștefan-vodă, la ospătu”.

Hotinul, în anul 1634 era al leșilor în care aveau „oști mai mare și mai grijite nu să pomenescu în toată Hronica leșască. Țin minte oamenii bătrâni, carii spun că agiungea tabăra de supt târgul Cameniții până la un copaci la câmpu mai multu de o *milă* de loc, că oști avea gata cele ce era asupra Moscului și plina Țara Leșască de mulțime de oameni pre acele vremuri”.

Hmil, pisarul craiului Potoțchii, „aveau danie de la crai, lângă Ceahriu, unu locu de odaie. Acolo făcându-și și beserecă lângă odaie și adăugindu-să oameni den dzi în dzi, s-au făcut Slobodzie, anume Subotov, loc de o *milă* de la Ceahrin în câmpi pe apa Tiasmănului”.

În lupta cu Ieremia-vodă, care era susținut de leși, Mihai-vodă a pregătit oastea de 60000 oameni și husarii în frunte cu „Pătru-Lașci”. Mult a fost mirat Mihai-vodă de oaste husarilor, care era toată „în hieru, numai ochii și vergile gurii se văd”. Caii lor aveau „o tablă de hieru în frunte și mulți și la piepturile căilor pentru fereală de glonțuri. La războaie, niceodată nu mai multu din treapătul calului, sau numai cându sar asupra pedestrimei ori tabării, ca asupra oștii sprintăre, cum ieste tătarul, niceodată nu-i slobod, ca să rășchiră tătarii cu sulița nice o treabă. Sulițela loru sântu câte de opt *cofi* de lungi și cu prapore pană la pământ”.

În anul 1648 au avut loc câteva cataclisme naturale: cometa „adică steaua cu coadă, eclipsa de soare și tot într-aceia an la custele neaudzite vacurilor, care toate semnele în loc bătrânii și astronomii în Țara Leșască a mare răutăți sântu acestei țări menirea”. Tot în același an cronicarul Miron Costin se deplasa la școală la Baru, în Podolița, când „despre amiazăzi unu nour cum se ridica de o parte de ceriu, un nour sau o negură. Ne-am gândit că vine o furtună cu ploaie, deodată, până nu ne-am tâmpinat cu nourul cela de lăcuste, cum vine o oaste stol, în loc ni s-au luat soarele cu desimea muștelor. Cele ce zbură mai sus, ca de 3 sau 4 *sulițe* nu era mai sus, iară cările mai gios, de un *stat de om* și mai gios zbură de la pământu. Urlet, întunecare asupra omului sosindu să ridică oarece mai sus, iară multe zbură alătura cu omul, să ridică mai sus ca de doi *cofi*, până în 3 *sulițe* în sus...”.  
\*Descrierea acestor unități mai sus.

### Unități de greutate

Dat fiind că Moldova avea relații tensionate cu leșii Ștefan-vodă Tomșa caută posibilități să îmbunătățească aceste relații. Solul trimis de leși trecu prin Țarigrad și venind la întâlnire cu Ștefan-vodă i-a comunicat, că s-au schimbat circumstanțele și nu poate fi încheiat pactul de prietenie. La aceasta Ștefan-vodă zice „Lasă, câine leșe, că te voi purta eu”. „Și neluându-și nici dziua bună de la sol, s-au întorsu la scuan și au trimis și înaintea solului pen țară, pe la toate conacele, de i-au tăiatu toate *obroacele*”.

„Și așa și Duca-vodă sfātuindu numai cu unul pentru cartea la hanul, și-au stricat domnia, den care mazilie mare risipă și greutateși asupra țării au venit, care era foarte în stat bun pre atunce și gata lucrurile să ridice numai cu o *orânduială* datoriile țării toate”.

După ce a căzut de la domnie și despărțit de doamna sa, și de boieri, și de avere Vasile-vodă fuge în „Țara Căzăcească”. Dar și aici nu întâlnește prietenie „și nici o nădejde nu i-au mai rămas în prietenșugul cazacilor, sângur s-au trasu la hanul la crâm să margă. Și acoloa șezându pre *obroc*ul de la hanul în cetatea Ghiuzlăului câteva luni, apoi de acoloa l-au trimis hanul la Țarigrad, la împărăție, pre porunca împărătească”.

Constantin-vodă sfātuindu-se cu unii vlădici și boieri strânge repedeoaste a ieșit în întâmpinarea tătarilor, care veneau fiind angajați de Ștefăniță-vodă și de șahul Bulat. „Într-aceiași dzi au ieșit o samă de capete căzăcești la el – agăsi la voroavă și cerea de la dânșii el-agași să dea pre Constantin-vodă și să margă ei

slobodzi. Pre un păr au statut atuncea viața lui Constantin-vodă, că solii amu pozvoliiia ales Stamatenco, carele era mai mare pre cazaci. Numai cazacii sânguri den sine, den făgăduința lui Constantin-vodă că pe tot omul va de la Movilcu câte 20 de *lei*, și dânsu o samă de bani la sotnici și mai mult lui Chiașco-Sotnicul, a strigat cazacii până într-unul, chiuindu: nehai slawa nașe ne ghibnet”.

- *obroc* – rație alimentară sau băătură, care se dădea cuiva pentru un termen determinat;<sup>1</sup>
- *orânduială* – bir, dare, impozit;<sup>2</sup>
- *leu* – monedă mare de argint turcească, a cărei valoare a variat în decursul timpului și care a circulat în Moldova sub denumirea de leu.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> – „Letopisețul Țării Moldovei”, Ed.Hyperion, Chiș., 1990, pag.167, 224;

<sup>2</sup> – Ibidem, pag.192;

<sup>3</sup> – Ibidem, pag.245.

### Unități de măsură bănești

„În capulu alu dzecilea” se descrie cum leșii au trimis un sol la Țarigrad îndată ce Mustafa a devenit sultan. Însă turcii l-au primit rece ne oferindu-i măcar un scaun pentru a se așeza. „Și așteptându câtva, vădzând că nu-i dau scan, *cabonița* ce era pe dânsul învâlindu-oa, au pus și au ședzut în locu de scaun”. Salul a fost eliberat de Radul-vodă, domnitorul Munteniei și apoi la Ștefan-vodă Tomșa. În acel timp în Moldova „nemică nu s-au prilejitu, ce era țara în pace și în tot bitșugul, cât părea hiecuî că nu ieste domniia aceluî domnu dentâi tot în zarve. Și până la domnia lui aceasta, la toate biruri să ținea în samă la visteria împărătească câte 5000 *ughi*, lefele darabanilor”. Avea o slujbă Radul-vodă, încă din copilăria sa „câruiia socotindu că nu este hirea de boierie, îl socotiia de amână, iară boierie nu-i da. El s-au rugat mitropolitului și boierilor să-i grăiască Radului-vodă pentru dânsul...Și a doa dzi l-au chematu Radul-vodă și i-au datu vătăjiia de aprodzii cei de divanu nici la o domnie mai de cinste n-au fostu, cu urșinice și cu *caboniță* cu jder și mulți hulpi îmbrăcați aprodzii”.

Pentru maziliia lui Barnovschii „vezirul i-au 40 de *pungi*. Și mulți cari-i era priietini îl sfătuia să nu puie împotriva vezirului, să-i dea acei bani, să nu-i vie vreo primejdie”.

Galga, sultanul turcesc, împreună cu Hmil, hatmanul turcesc în fruntea oștilor sale au pornit spre Moldova în care domnea Vasile-vodă, care văzând atâta oaste a trimis apropiații săi și ale boierilor spre Cetatea Neamțului. Iar el s-a mutat din Iași în niște poiene din Codrii Căpoteștilor. Și „dacă au oblicit soltanul și Hmil hatmanul de fuga lui Vasile-vodă și au trimis soltanul un murzacu la Vasile-vodă. Deci Vasile-vodă dăruindu bine pre tătarul, au trimis de la sine boieri la soltan și la Hmilu-hatmanul, care au tocmitu lucrul cu soltanul, cu daruri și nu cu puțină cheltuială. Și de atuncea au legat Vasile-vodă banii ce să dau soltanilor den anu în anu și *cabanița* și câte ...*pungi* de bani”.

După înfrângerea lui Racoțchii, cneazului de Ardeal, „hanul au trimis doi agi mari ai săi, unul la împărăție și altul la Ștefan-vodă cu poruncă să iasă hanului la Țuțora înainte. Și au luat cu aceia spaimă de la Ștefan-vodă câteva *pungi* și au trecut spre Crâmu la Orhei și pe la Lăpușna. Ștefan-vodă, după trecutul hanului au venit în Iași”.

Dat fiind că Ștefan-vodă nu s-a înțeles cu Constantin-vodă referitor la răspunsul lor Porții Otomane el a scris lui Uzun Ali-bei cum că este gata să meargă cu toată oastea acolo unde va fi poruncă. Însă acest răspuns nu era din toată inima.

În același timp Constantin-vodă „s-au apucat îndată de *pungi*, să-și tocmească domnia cu bani; că era avuția lui Matei-vodă neclătită încă, cu multe pricine la împărăție, dzicându că el n-au luat domnia cu sabia sau cu nescăi oști streine, ce l-au ales țara după moartea lui Matei-vodă”.

Timuș, feciorul hatmanului Hmil „după ce au împinsu oștile lui Ștefan-vodă, au intrat în târg și s-au descălcăt în curțile cele domnești și au ședzut așa până la venirea socru-său Vasile-vodă. Iară până a sosit Vasile-vodă au prădat cazacii codrii Iașilor și scosesă fără număr viță, care apoi, dacă au sosit Vasile-vodă, pre câtă au aflatu nemâncată, tot câte un *zlotu* au datu cazacilor pre viță și au dat știre la oameni de s-au viță, pre care o au cunoscutu”.

- *pungă* – sumă de 1500 le;<sup>1</sup>
- *ughi* – monedă de aur ungurească;<sup>2</sup>
- *zlot* – monedă de argint de valoare inferioară talerului, care a circulat în Moldova până la începutul sec.XIX;<sup>3</sup>
- *cabaniță* – mantie blăniță cu Samur și bogat împodobită.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> – „Letopisețul Țării Moldovei”, Ed.Hyperion, Chiș., 1990, pag.101;

<sup>2</sup> – Ibidem, pag.168;

<sup>3</sup> – Ibidem, pag.209;

<sup>4</sup> – Ibidem, pag.168, 169, 200.

### Alte unități de măsură

Solul leșilor, care era împuternicit să întărească pacea între Țara Leșască și turci, era „de la craiul leșescu, un om mare, anume cneazul Zbaraj din Vișnovecești cu mulțime de oameni și cu desfrânate tot podoabe, cu 300 de oameni călări, fără pedestrași pe lângă carate ce avea și pân-în vezetei îmbrăcați cu urșinice. *Ciubărâle* cu care adăpa caii, de argintu, și *cofe*, *barilce*...Întrându în Iarigrad, au pus potcoave de argintu, numai câte un cuiu bătute, la cai, anume să cadă pe uliță”.

„Împărăția Turcului avându treabă tot cu nemții pentru crăiia Ungurească, bucuroasă era, că să sfădește Ieremia-vodă, să facă oști asupra lui Mihai-vodă și diresă, ce-i cu dzicu ei arșirit, de domnie vecinică lui și semnificația lui”.

Poarta era interesată ca Ștefan-vodă și Constantin-vodă să se sfădească cu Racoții. Și vizirul văzând că „nu se apucă ei să se sfădească cu racoții și nu va face nemica cu aceasta, au statut asupra domnilor, numai să vie să sărute poala

împărăției de domnie și să-și margă iar la domnii. Atuncea s-au apucat Ștefan-vodă la Uzun Ali-bei deodată că va merge, pe de altă parte giuruia toată avuția sa, numai să-l ierte vezirul de venit la Țarigrad. Și aceia au mâncat capul apoi a lui Uzun Ali-bei, ca domnilor așa au răspunsu vezirul, că de ari împlu unul câte o casă de *galbeni* de aur, nu poate acestu lucru să nu vie aice.”

După părăsirea Iașului Vasile-vodă s-a instalat cu curtea într-o poiană din codrii Căpoteștilor, „lăsându puținei dărăbani de apărarea curții, carii, dacă au văzut mulțimea de tătari și cu cazaci amestecați, au lăsatu cu noaptea curtea pustie. Și au arsu atuncea tot orașul. Unde și unde au rămas câte o dugheniță. Curtea cea domnească, casele boierilor și tot orașul într-o *mica de ceas* cenușe au stătutu, iară mânăstirile au haladuit, că n-au vrut cazacii să dodiească, den porunca lui Hmil hatmanul, iar tătarii n-au pututu, că era și oameni cu sinețe închiși pren mânăstiri”.

„Cazacii, cum au simțit de leși că sântu, cum au început a săpa șanțuri, împrejurul taberii sale. Unii să apără de leși, alții săpa bărbătește, de arunca pământu pre căruțe, și într-o *mică de ceas* au ridicatu șanțu, deodată mie, cât era amu piedica cailor”.

Oștile lui Ghica-vodă, și ram-bei și cu un detașament de cazaci în frunte cu poleovnicul Hanenco au intrat în „Țara Brașeului”, apoi în Țara Ardealului, unde au prădat, au adus mari stricăciuni și au robit populația. De aici „au purces oștile pe mijlocul Ardealului spre scaunul acestei țări unde era de pază a curții crăiești cum dzie ei, niște haiduci, deși și curtea, și orașul Belgradul într-o *mică de ceas* au statut cenușe”.

După ce fu măzilit Ștefan-vodă Petriceicu s-a întors în catran de domnie și cu steagul la Roman de la împărăție. La Roman „petrecându Ștefan-vodă, ceeca în toate părțile, și acmu unile, apoi altele de a lui Vasile-vodă tupilate, ori odoară, ori bani. Den dzi în dzi să vădiia unile la un loc, altele în altu loc. S-au oblicit și la sluga lui credzută din boieria lui, anume Gatoaie, un *surguci* de a lui Vasile-vodă tupilat la dânsul de câtva preț, trimițandu-l pe dânsul la toate ce să lua den casa lui Vasile-vodă, pentru credință și pre sama lui era odoarale câte se lua”.

„Văzându-se saimenii și dărăbanții înșelați de Constantin-vodă, nemică din nebunia sa n-au scuzut, ce în loc au ridicat pe Hrizică-vodă anume și i-au pus *surguciu* în capu. Îndată acel Hrizică-vodă au răpedzit în toată Țara Muntenească, dându știre că den mila lui Dumnedzău au stătutu domn Țării Românești”.

- *ciubar* – vas din lemn cu capacitatea de 10-15 l pentru adăpatul cailor; deseori aninat la fântânile cu cumpănă;<sup>1</sup>
- *cofă* – vas cu capacitatea de 1-1,5 l;<sup>2</sup>
- *barilcă* – butoiaș, vas cu capacitatea de 50-60 l;<sup>3</sup>
- *galben* – vezi § 1.3;
- *mica de ceas* – clipa, minut; într-o clipă;<sup>4</sup>
- *surguci* – buchet de pene răsfirate, îmbinate cu pietre scumpe ce împodobeau căciula domnească.<sup>5</sup>



<sup>1</sup> – „Letopisețul Țării Moldovei”, Ed.Hyperion, Chiș., 1990, pag.103, 166;

<sup>2</sup> – Ibidem, pag.166;

<sup>3</sup> – Ibidem, pag.166;

<sup>4</sup> – Ibidem, pag.199, 220, 236;

<sup>5</sup> – Ibidem, pag.225, 227, 234.

CZU:

## **MEDIEVAL MEASURING UNITS DESCRIBED IN “MOLDOVAN COUNTRY CHRONICLE” BY MIRON COSTIN.**

**Victor Stan**, Associated Professor  
**V. Shoimu**, Master Degree Student  
(State University of Moldova)

One of the characteristics of the human know ledge is represented by a quantative, not just a qualitative vision af the real world. Quantative evaluation of the world and of its phenomena involves measures, but the measures suppose some units and standards. Scientific progress the technological one increased impressively the number of the objects and of the manifestations that need to be measured, and implicitly the number of the necessary units. About the appearance of the methods of measuring is know very few. These methods. They date of so long ago that even the first written sousces have been discovered on the area between the rivers Tigru and Euftrat which, contained dates about the measuring units. Roumanian Medieval Metrology was diversified and variated from the point of view of the value is unitary by their denowination, the terms being, known and used in all the territory populated by Roumanians. An important role in the Chronicle is dedicated to the description of the measuring units which include all the domains of the social, cultural and comercial activities of the moldovan feudal and its in habitants.

Prezentat la redacție la 27.07.09

CZU 664.844.633

## **STUDIUL CORELAȚIEI DINTRE FRECVENȚA CÂMPURILOR ELECTROMAGNETICE ȘI PARAMETRII ELECTROFIZICI AI PRODUSELOR OLEAGENOASE**

**Mircea Bernic**, conf.dr.  
(Universitatea Tehnică a Moldovei)

În lucrare este prezentată corelația dintre parametrii electrofizici a semințelor de floarea soarelui, cătinii albe și miezului de sâmbure de migdal de variația frecvenței câmpului electromagnetic. În baza analizei acestor corelații s-a determinat frecvența câmpului electromagnetic optimă la care are loc degajarea de căldură necesară și suficientă pentru asigurarea procesului de uscare.

### Introducere

Căldura specifică degajată în material sub acțiunea câmpurilor electromagnetice se determină cu formula [1, 4, 7, 9]:

$$Q = 0,55 \cdot 10^{-6} \cdot \operatorname{tg}d \cdot e' \cdot f \cdot E^2 \quad (1)$$

în care  $f$  este frecvența câmpului electromagnetic, în Hz;  $E$  – intensitatea câmpului electromagnetic, în V/m.

După cum se observă din formulă, cantitatea de căldură obținută este direct proporțională cu frecvența câmpului electromagnetic, pătratul intensității acestui câmp și proprietățile electrofizice ale produsului ca  $\operatorname{tg}d$  și  $e'$ .

Deci, în scopul determinării parametrilor optimați ai procesului de uscare a produselor, în particular celor oleaginoase, și pentru asigurarea automatizării complexe a acestor procese este necesar de cunoscut valoarea parametrilor electrofizici a produselor supuse uscării.

Cercetările parametrilor electrofizici s-au efectuat în baza probelor de cătină albă cu un conținut de ulei în stare proaspătă de 9,8 %, semințe de floarea soarelui - 42,3 % și migdal – 48,5.

Probele produselor oleaginoase studiate au fost de umiditatea  $0,3 \pm 0,041$  și  $20,0 \pm 0,82$  %.

Temperatura probelor la care s-au înregistrat parametrii electrofizici a fost cea a mediului înconjurător de  $20,0 \pm 2,0$  °C.

### Rezultate și discuții

În baza studiului dependenței parametrilor electrofizici a produselor oleaginoase ca  $\operatorname{tg}d$ ,  $e'$  și  $k$  de frecvența câmpului electromagnetic s-a pus ca scop determinarea frecvenței optime a câmpului electromagnetic care v-a fi propusă pentru încălzirea acestor produse în câmp UHF în procesul de uscare.

Analiza surselor bibliografice [2, 4, 6, 7] a demonstrat, că influența frecvenței câmpului electromagnetic asupra  $\operatorname{tg}d$  și  $e'$  a produselor eterogene cum sunt și cele oleaginoase poartă un caracter destul de complex. În fig.1 și 2 sunt prezentate dependențele  $\operatorname{tg}d$  de frecvența câmpului electromagnetic a cătinii albe, miezului de sâmbure de migdal și semințelor de floarea soarelui.

Examinând graficele dependenței  $f=j(\operatorname{tg}d)$  a produselor menționate cu umiditatea de cca. 4,0 % (fig. 1 și 2) putem conchide, că în limitele 13 – 45 MHz curbele prezintă formă concavă, astfel încât la frecvențe reduse  $\operatorname{tg}d$  scade până la un oarecare extremă minimă, ca mai apoi să crească. Astfel pe curbe persistă o extremă care împarte corelația în două etape. Pentru cătina albă cu umiditatea 3,93 % (fig. 1) valoarea acestei extreme se află la frecvența câmpului electromagnetic 30 MHz și a fost de 0,05. Extrema curbei dependențe miezului sâmburelui de migdal cu umiditatea 4,05 % de frecvență se află la frecvența de 35 MHz și constituie 0,076. La semințele de floarea soarelui cu umiditatea 3,96 %  $\operatorname{tg}d$  odată cu creșterea frecvenței câmpului electromagnetic este în continue scădere.

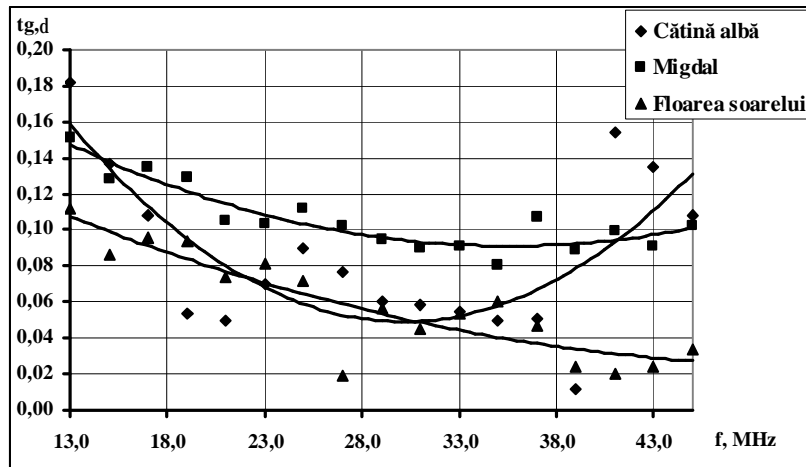


Fig. 1.  $tg d$  a cătinii albe ( $W=3,93\%$ ), miezului de sâmbure de migdal ( $W=3,96\%$ ) și a semințelor de floarea soarelui ( $W=4,05\%$ ) în funcție de  $f$

Această dependență a tangentei unghiului de pierderi dielectrice  $tg d$  în funcție de frecvența câmpului electromagnetic  $f$  (frecvența unghiulară  $\omega$ ) aplicat dielectricului poate fi argumentată în baza relației propuse de Skanavi [8]:

$$tg d = \frac{4pg_{dir}(1 + \omega^2 t_{rel}^2) + \omega t_{rel} \frac{\Delta_0 e'}{e_\infty}}{1 + \frac{\Delta_0 e'}{e_\infty} + \omega^2 t_{rel}^2} \quad (2)$$

în care  $g_{dir}$  este conductibilitatea directă, în  $1/(\Omega \cdot m)$ ;  $t_{rel}$  – durata de relaxare, în s.

Conform relației (2) la umidități reduse ale produsului proprietățile dielectrice și electrofizice sunt determinate mai mult de uleiul din acesta de cât de umiditate, deci conductibilitatea directă a produselor este mică și se poate de admis că raportul  $\frac{4pg_{dir}}{\omega e_\infty} \ll 1$ . Totodată, este de menționat că durata de relaxare a uleiului

datorită masei molare mari ale sale este îndelungată și se reduce odată cu creșterea frecvenței câmpului electromagnetic.

Deci, conform relației (1), pentru umidități reduse ale produselor oleaginoase  $tg d$  în funcție de frecvența câmpului electromagnetic diminuează fiind influențată mai mult de durata de relaxare, iar la frecvențe înalte începe să crească fiind influențată ponderabil de creșterea frecvenței unghiulare a câmpului electromagnetic. Această tendință este confirmată și experimental prin curbele graficelor din fig. 1.

Cu toate că curbele variației  $tg d$  a produselor oleaginoase cu umiditatea de cca. 4,0 % în funcție de  $f$  în limitele de frecvență ale câmpului electromagnetic 13-45 MHz trasează o legătură bine determinată, menționată anterior, totuși variația medie a

valorilor numerice este redusă. Astfel, variația medie a  $tg d$  în funcție de  $f$  pentru cătina albă a fost de  $0,078 \pm 0,047$ , ceea ce a constituit 27,2% din valoarea medie; variația medie pentru miezul de sâmbure de migdal –  $0,056 \pm 0,038$ , sau 39,2% din valoarea medie; pentru floarea soarelui –  $0,031 \pm 0,019$ , sau 35,2% din valoarea medie.

Analiza variației  $tg d$  a produselor oleaginoase de umiditatea cca. 4% în funcție de  $f$  ne permite să conchidem că la umidități reduse ale produselor  $tg d$  este funcție dependentă mai mult de proprietățile de polarizare a uleiului din product de cât a apei,

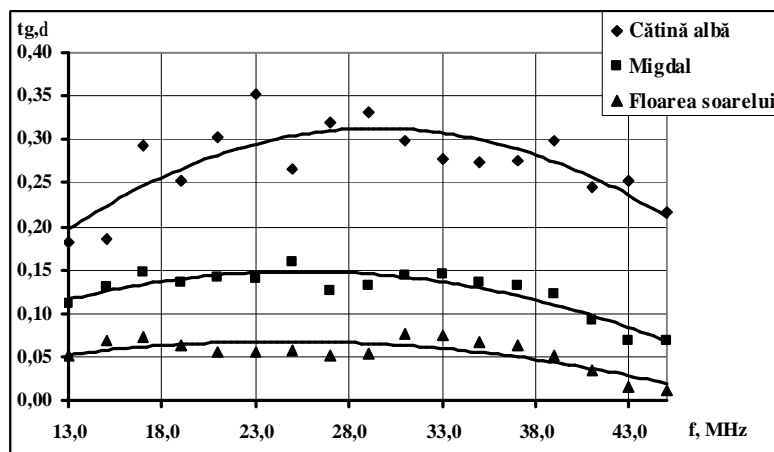


Fig. 2.  $tg d$  a cătinii albe ( $W=19,62\%$ ), miezului de sâmbure de migdal ( $W=19,96\%$ ) și a semințelor de floarea soarelui ( $W=20,15\%$ ) în funcție de  $f$

Analiza graficelor dependenței  $tg d$  a produselor oleaginoase cu umiditatea de cca. 20 % în funcție de variația  $f$  (fig. 2) a demonstrat o corelație diametral opusă celei a produselor cu umiditatea redusă. Graficele prezintă niște parabole convexe, valoarea extremă maximă ale cărora se plasează la frecvențele: 30 MHz pentru cătina albă, 25 MHz pentru miez de sâmbure de migdal și 27 MHz pentru semințele de floarea soarelui.

Produsele vegetale oleaginoase sunt alcătuite din molecule biologice complexe, care la rândul său conțin multiple grupări polare și nepolare. Aceste produse, conform clasificării dielectricilor sunt de grupul al doilea, în care predomină polarizarea electronică și cea dipolară. Corelația dintre  $e'$  și  $f$  a moleculelor polare, în particular a apei din produsele oleaginoase în domeniul de frecvențe corespunzător polarizării de orientare Debay poate fi prezentată cu formula [3, 5, 9]:

$$e' = e'_{\infty} + \frac{4pqg}{1 + f^2q^2} \quad (3)$$

în care  $e'_{\infty}$  este permitivitatea dielectrică corespunzătoare numai polarizării de deplasare;  $q$  – constanta timpului;  $g$  – conductibilitatea inițială a curentului de absorbție;  $f$  – frecvența câmpului electromagnetic, în Hz;

Conform formulei 3, odată cu creșterea frecvenței câmpului electromagnetic în care este plasat produsul, permitivitatea dielectrică relativă a acestuia scade. Într-adevăr, aceasta se corelează bine cu graficul din fig. 4 în care este prezentată dependența  $\epsilon' = j(f)$  a produselor oleaginoase de umiditatea cca. 20%.

Pentru probele cu umiditate redusă (fig. 3), sau cu umiditate sporită și conținut sporit de ulei (fig. 4. – migdal și semințe de floarea soarelui) valoarea  $\epsilon'$  este determinată și de gradul de polarizare a moleculelor de ulei din acestea.

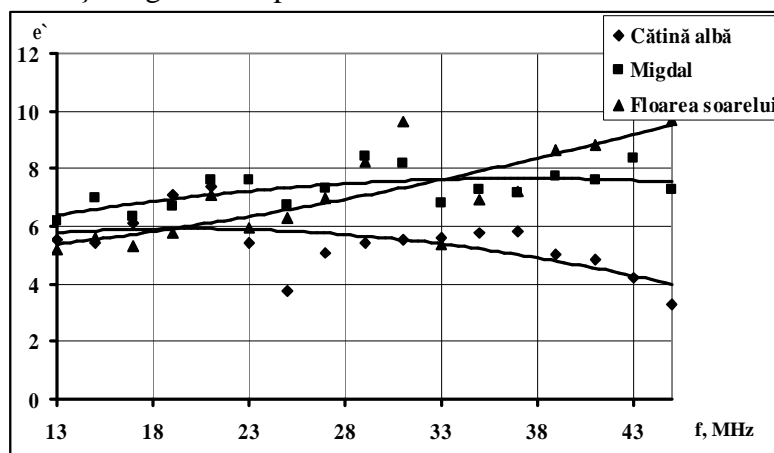


Fig. 3.  $\epsilon'$  a cătinii albe ( $W=3,93\%$ ), miezului de sâmbure de migdal ( $W=3,96\%$ ) și a semințelor de floarea soarelui ( $W=4,05\%$ ) în funcție de  $f$

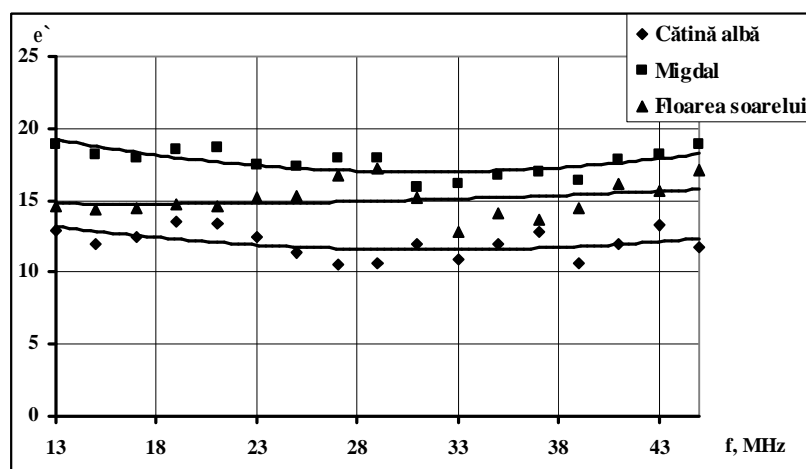


Fig. 4.  $\epsilon'$  a cătinii albe ( $W=19,62\%$ ), miezului de sâmbure de migdal ( $W=19,96\%$ ) și a semințelor de floarea soarelui ( $W=20,15\%$ ) în funcție de  $f$

Datorită viscozității înalte a uleiului și inerției sporite a moleculelor sale, durata procesului de polarizare a uleiului este destul de mare în comparație cu semiperioada tensiunii aplicate a câmpului electromagnetic și deci, frecvența câmpului electromagnetic mai puțin influențează parametrii electrofizici a pro-

dusului. În cazul dat dependența  $\epsilon'$  de frecvența câmpului electromagnetic devine imprevizibilă fiind prezente atât sectoare de creștere a lui  $\epsilon'$  în funcție de  $f$ , cât și de descreștere, cu atât mai mult, că în dielectricii reali au loc mai multe tipuri de polarizație cu diferite durate de relaxare care și influențează corelația dintre  $\epsilon'$  și  $f$ .

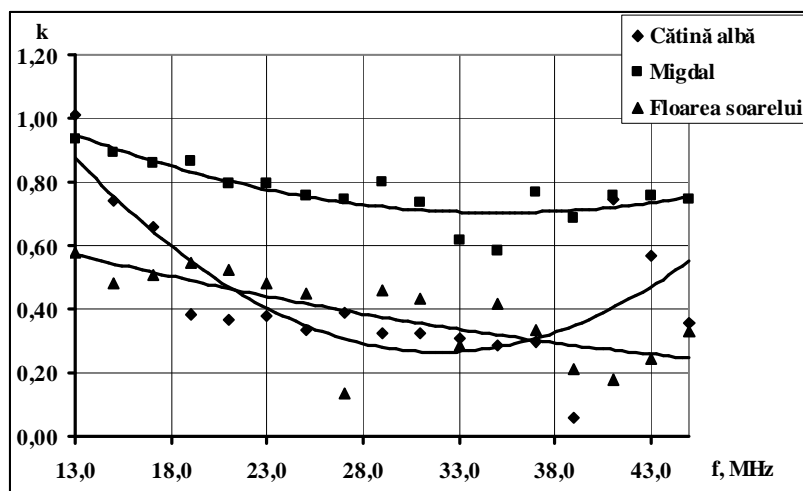


Fig. 5. Factorul  $k$  a cătinii albe ( $W=3,93\%$ ), miezului de sâmbure de migdal ( $W=3,96\%$ ) și a semințelor de floarea soarelui ( $W=4,05\%$ ) în funcție de  $f$

Conform formulei de calcul a cantității de căldură degajată în product sub acțiunea câmpului electromagnetic 1, aceasta este dependentă de frecvența și intensitatea câmpului electromagnetic, precum și de factorul de pierderi dielectrice care este egal cu:

$$k = \operatorname{tg} d \cdot \epsilon' . \quad (4)$$

Din graficele dependenței factorului  $k$  de  $f$  se observă, că pentru valori reduse ale umidității, când influența ponderabilă asupra proprietăților electrofizice o poartă uleiul din product (fig. 5), la creșterea frecvenței câmpului electromagnetic pentru majoritatea temperaturilor studiate ale productului factorul de pierderi dielectrice la început scade până la o valoare minimă și mai apoi crește.

Pentru cazul când productul conține și o cantitate de umiditate de cca. 20 % valorile factorului de pierderi sunt determinate atât de proprietățile și gradul de polarizare a moleculelor nepolare de ulei, cât și de polarizarea moleculelor polare de apă. Cu atât mai mult, valorile numerice ale lui  $k$  sunt dependente nu numai de frecvența câmpului electromagnetic, dar și de coraportul acestor două substanțe din product. Din fig. 6 se observă, că la umiditatea productului cca. 20 % curbele poartă un caracter neliniar, având un maximum pronunțat. Acest maxim este plasat frecvențele: cătină albă – 27 MHz; miezul sâmburelui de migdal – 24 MHz și semințele de floarea soarelui – 25 MHz.

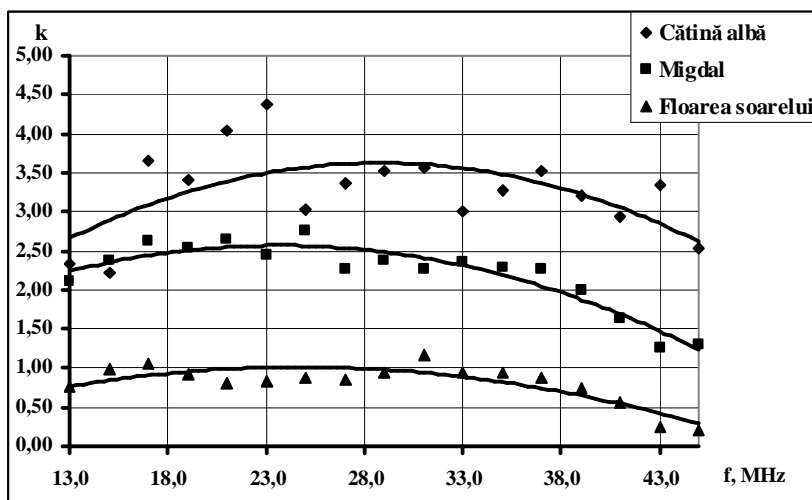


Fig. 6. Factorul  $k$  a cătinii albe ( $W=19,62\%$ ), miezului de sâmbure de migdal ( $W=19,96\%$ ) și a semințelor de floarea soarelui ( $W=20,15\%$ ) în funcție de  $f$

Stabilitatea procesului, caracterizată prin viteza variației factorului de pierderi dielectrice în funcție de frecvența câmpului electromagnetic, este prezentată în graficele din fig. 7 și 8. De aici se observă, că viteza variației  $k$  în funcție de  $f$  la extremele limitei de frecvențe studiate, și anume 13,0 și 45,0 MHz, este maximală după modul pentru toate produsele studiate indiferent de umiditatea și temperatura acestora. De aici putem conchide, că la frecvențele menționate, variația degajării de căldură în product la mici devieri ale frecvenței câmpului electromagnetic va fi esențială, procesul considerându-se instabil și greu de dirijat.

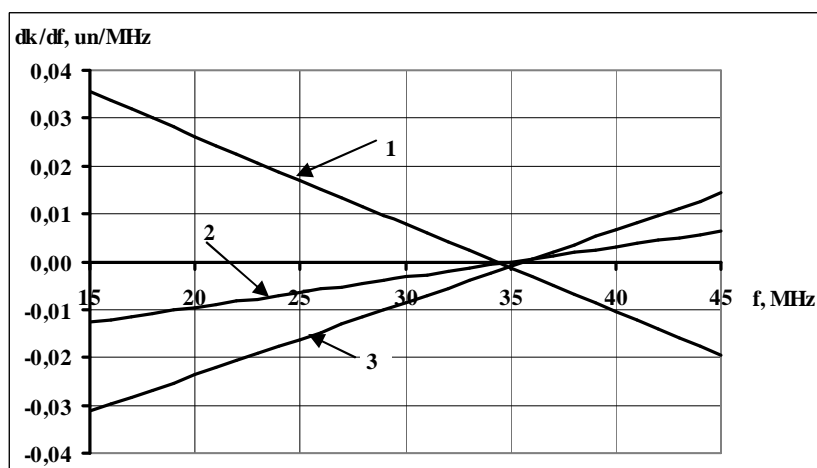


Fig. 7. Viteza variației  $k$  în funcție de  $f$  a: 1cătini albe ( $W=3,93\%$ ); migdalului ( $W=3,96\%$ ) și semințelor de floarea soarelui ( $W=4,05\%$ )

Procesul se stabilizează, sau  $dk/df$  obține valoarea nulă, la diferite frecvențe ale câmpului electromagnetic aflate între aceste extreme în funcție de product, umiditatea și temperatura acestuia. Astfel, pentru cățina albă cu umiditatea de 3,93%  $dk/df = 0$  în limitele frecvențelor de 32...43 MHz (fig. 7), iar pentru cea cu umiditatea de 19,62 % – la frecvențele de 26...28 MHz (fig. 8).  $dk/df$  a miezului sâmburelui de migdal cu umiditatea de 3,96 % obține valoarea nulă la frecvențele de 28...38 MHz (fig. 7) și a celui cu umiditatea de 19,96 % – 18...23 MHz (fig. 8).

Viteza variației  $k$  în funcție de variația  $f$  a semințele de floarea soarelui este de – 26...39 MHz la 4,05 % umiditate și 22...29 MHz la 20,15 % umiditate (fig. 7 și 8). Deci, după cum observăm, în raport cu frecvențele generatoarelor industriale 13,5 și 40,0 MHz, valorile nule ale  $dk/df$  se află mai aproape de 27,0 MHz, deci anume la această frecvență procesul de degajare de căldură va fi mai stabil în raport cu variația frecvenței generatorului industrial.

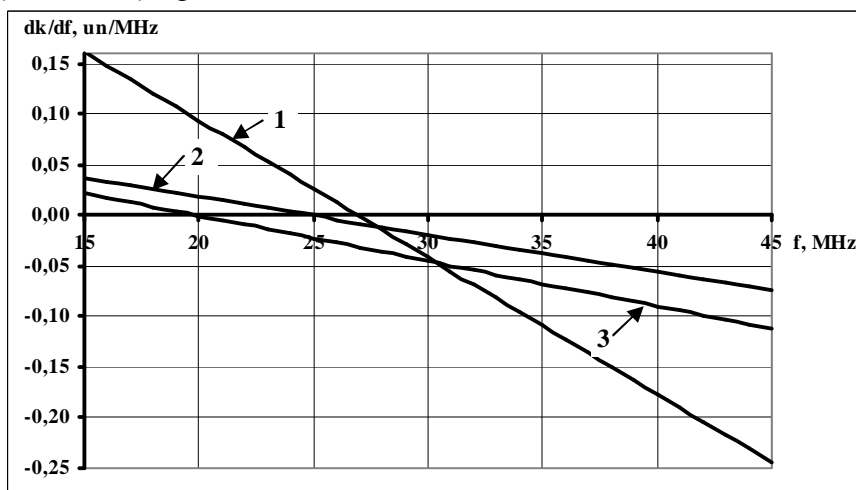


Fig. 8. Viteza variației  $k$  în funcție de  $f$  a cătinii albe ( $W=19,62\%$ ); migdalului ( $W=19,96\%$ ) și semințelor de floarea soarelui ( $W=20,05\%$ )

Funcțiile matematice ale dependenței  $k$  a cătinii albe cu umiditatea 3,93 %, miezului de sâmbure de migdal cu umiditatea 3,96 % și semințelor de floarea soarelui cu umiditatea  $W=4,05\%$  de frecvența câmpului electromagnetic în limitele de frecvențe 13...45 MHz sunt prezentate în anexa 1.5.

### Concluzii

Astfel, se poate de conchis, că variația  $tg\delta$ ,  $e'$  și  $k$  în funcție de variația câmpului electromagnetic poartă un caracter complex. Cu atât mai mult, toți trei parametri manifestă un caracter mai stabil anume la frecvența generatoarelor industriale de 27,0 MHz în raport cu cele de 13,5 și 40 MHz. Totodată, este de



menționat, că la umidități mărite ale produselor oleaginoase (de cca. 20 %) valorile factorului de pierderi dielectrice poartă valori mai avansate anume la frecvența 27 MHz în raport cu aceleași frecvențe de 13,5 și 40 MHz. Deci, în scopul de a obține un proces stabil de degajare de căldură sub acțiunea câmpurilor electromagnetice de frecvență înaltă și asigurării unui randament înalt a procesului de încălzire este recomandată frecvența generatorului UHF de 27,0 MHz.

### **Bibliografie**

1. Banu, C. Progrese tehnice, tehnologice și științifice în industria alimentară. – București: Tehnica, 1992. – vol.1.
2. Ковалева, Л.А., Галимбеков, А.Д. Влияние высокочастотного электромагнитного поля на физико-химические процессы в многокомпонентных средах. // Вестник Оренбургского государственного университета. -2004. №1. –с 141-146.;
3. Ландау, Л.Д., Лифшиц, Е.М. Статистическая физика. М.: Наука, 1964. 551 с.
4. Лупашко, А. Интенсификация процесса сушки сельскохозяйственного сырья медико-биологической направленности с применением ТВЧ. // Автореферат докторской диссертации. –Киев: 1996, -45 с.;
5. Михеев, Г.М., Тарасов, В.А., Михеева, Т.Г. Электроконвективная очистка жидкого диэлектрика. // Письма в ЖТФ, Т. 34, вып. 9, 2008, с.65-72.;
6. Пасынков, В.В., Сорокин, В.С. Материалы электронной техники. Учебник для ВУЗов. Изд. 3-е –С-Петербург: Лань, 2001. -368 с.
7. Рогов, И.А., Некрутман, С.В. Сверхвысокочастотный нагрев пищевых продуктов. –М.: Агропромиздат, 1986. -351 с.
8. Сканави, Г. И. Физика диэлектриков. Область сильных полей. Часть 2. М.: ГТТИ, 1958. –908 с.
9. Гареев, Б. М. Физика диэлектрических материалов. –М.: Энергоиздат, 1982. –320 с.

CZU 664.844.633

## **THE STUDY OF CORRELATION BETWEEN FREQUENCY OF ELECTROMAGNETIC FIELDS AND ELECTROPHYSICAL PARAMETERS OF OILSEED PRODUCTS**

**Mircea Bernic**, Associate Professor, PhD  
(Technical University of Moldova)

In this work is presented the correlation between electrophysics parameters of sunflower seeds, seabuckthorn and almond of the variation of the electromagnetic frequency. In the basis of these correlations was determined the optimal frequency of the electromagnetic field of required and sufficient heat to ensure the process of drying.

Prezentat la redacție la 03.06.09

CZU: 664.834:621.3.029.6

## **CARACTERISTICA INDICILOR FIZICO-CHIMICI AI RĂDĂCINILOR USCATE CU APLICAREA ENERGIEI MICROUNDOR**

**Valentina Bantea**, conf.dr.; **Andrei Lupașco**, prof.dr.hab.;  
**Vasile Tarlev**, dr.hab.; **Elena Braga**, doctorandă; **Ana Osadci**, doctorandă;  
**Olga Ciubatico**, doctorandă  
(Universitatea Tehnică a Moldovei, Republica Moldova)

Uscarea - este un proces tehnologic complex, care trebuie să asigure nu numai păstrarea indicilor de calitate a materialului, dar și în unele cazuri îmbunătățirea acestor indici. În lucrarea respectivă sunt studiate caracteristicile fizico-chimice ale rădăcinilor uscate cu aplicarea energiei microundelor. Au fost determinate conținutul de zaharuri, inulină, proteine, grăsimi pentru diferite regimuri de uscare. Rezultatele obținute vor permite alegerea regimului optim de uscare.

Unul din obstacolele ce împiedică dezvoltarea armonioasă a societății noastre o constituie creșterea continuă a maladiilor ereditare și cele dobândite pe parcursul vieții, cauzate de diferiți factori exogeni și endogeni. Printre aceste boli se numără și diabetul zaharat. Încălcarea regimului alimentar prezintă cauza apariției acestei boli.

În prezent sunt elaborate noi metode de ameliorare a stării de sănătate a bolnavilor de diabet zaharat. Această metodă constă în utilizarea în alimentație a adaosurilor de origine vegetală, și anume a plantelor medicinale, ce conțin o cantitate mai mare de inulină, care posedă efect analogic insulinei.

Produsele de origine vegetală, în majoritatea cazurilor, au un avantaj față de cele sintetice; acestea sunt recepționate de organismul uman mult mai eficient, iar, după componență sunt mult mai complexe și elementele lor sunt într-o stare mult mai echilibrată. Proprietățile curative ale adaosurilor diabetice depinde de prezența diferitor grupe de compuși chimici: alcaloizi, glucozide, substanțe tanante, cumarine, uleiuri eterice, flavonoide, vitamine, microelemente ș.a.

Una din etapele principale de prelucrare a materiilor prime de origine vegetală, este organizarea corectă a recoltării acestora. Mai ales, în procesul de recoltare a plantelor medicinale, e necesară determinarea exactă a plantelor și a organelor supuse recoltării, respectarea timpului optimal de recoltare, de asemenea luarea deciziilor rapide privind păstrarea materiilor proaspăt recoltate până la începerea uscării.

Este foarte important alegerea momentului optim în vederea obținerii unui produs cu maximum de conținut în principii active. În unele cazuri, recoltarea se face numai după ce analiza chimică de laborator arată că planta are conținutul optim de principii active.

Metoda de prelucrare a materiilor vegetale se consideră uscarea cu aplicarea diferitor metode de aport al energiei. Uscarea reprezintă un proces tehnologic și termofizic complicat. Pentru alcătuirea corectă a acestuia este necesară o evidență obiectivă asupra complexului de fenomene care decurg în sistemele alimentare la toate etapele tehnologice ale procesului de deshidratare. Deshidratarea se face pînă la o umiditate, la care activitatea vitală a microflorei este îngreuiată sau imposibilă.

O atenție deosebită se acordă folosirii plantelor din familia Compositae (în special a rădăcinilor de păpădie, datorită faptului că acesta conține așa-numita „insulina vegetală” – inulina.

Pentru toate experiențele masa inițială a probei de rădăcini a constituit 150 g. Cunoscînd umiditatea rădăcinilor proaspete, și anume, rădăcina de păpădie – 75,55 % și conținutul de substanță uscată în rădăcini constituie, respectiv, 24,45 %. Cercetările privind cinetica procesului de uscare au fost efectuate în instalația de laborator construită în baza cuptorului cu microunde Bosch cu puterea nominală de 1,5 kW și frecvența cîmpului electromagnetic de 2450 MHz. Temperatura agentului termic s-a oscilat de al 60 °C pînă la 100 °C, cu pasul de 10 °C.

Pentru aprecierea unui regim de uscare este necesar de a efectua analiza indicilor organoleptici și fizico-chimici. Calitatea produselor uscate a fost determinată prin metoda organoleptic și fizico-chimic, și anume, s-a determinat conținutul de zaharuri [1], proteine după Kjeldahl [2] și grăsimi prin metoda Soxhlet [3].

Tabelul 1.

Nr	Denumirea produsului	Frația masică de zaharuri, raportată la substanța uscată, %		Conținutul de inulină sub formă de fructozani solubili, raportat la substanța uscată, %	Frația masică de proteine raportată la substanța uscată, %	Frația masică de grăsimi raportată la substanța uscată, %	Frația masică de umiditate, %
		Reducătoare	Totale (după inversie)				
<b>Păpădie</b>							
<b>Metoda convectivă</b>							
	Proaspătă	5,68	46,8	37,00	8,09	3,15	75,55
1.	t=70°C	3,75	42,45	34,83			6,3
2.	t=80°C	3,64	42,03	34,55			6,3
3.	t=90°C	3,55	41,90	34,51			6,3
<b>Metoda combinată</b>							
4.	t=70°C	3,85	44,74	36,80			12,67
5.	t=80°C	3,73	44,61	36,79			12,67
6.	t=90°C	3,66	42,25	34,73			12,67

Din rezultatele obținute am ajuns la concluzia, că utilizarea metodei convective și combinată de uscare a rădăcinilor de păpădie spre exemplu la temperatura 70 °C conținutul total de zaharuri constituie 42,45 %, iar 90 °C - 41,90 %, iar pentru metoda combinată conținutul de zaharuri la temperatura 70 °C - 44,74

%, iar pentru 90 °C - 42,25 % , observăm odată cu mărirea temperaturii conținutul total de zăhăruri se reduce neesențial. Același lucru îl putem spune și despre conținutul de inulină, principiul lor activ. Astfel, pentru a putea utiliza pe plan industrial procesul de uscare a rădăcinilor din familia *Compositae* prin metoda combinată putem folosi cu succes regimul de temperaturi de la 70–90 °C, ca rezultat obținând un produs calitativ cu o durată mică de timp. Prin metoda convectivă produsul este calitativ însă nu-i benefic în privința duratei lungi a procesului de uscare.

Determinările obținute experimental sunt evidențiate în tabelul 1.

### **Bibliografie**

1. ГОСТ 8756.13-87. Хим – технологический контроль консервного производства – М.: Пищепромиздат, 1955.
2. Марх, А. Т., Кржевова, Р. В. „Химико-технологический контроль консервного производства”, Пищепромиздат, Москва 1955.
3. Tăriță, V. T. : “Îndrumări metodice la lucrări de laborator la controlul tehnologic al producerii conservelor pentru studenții de la specialitatea tehnologia conservărilor”. – Chișinău : 1992, - p. 63.

CZU: 664.834:621.3.029.6

## **THE PHYSIC AND CHEMICAL CHARACTERISTIC OF THE ROOTS WHICH HAVE BEEN DRIED UP WITH APPLICATION OF MICROWAVE ENERGY**

**Valentina Bantea**, Associate Professor, PhD; **Andrei Lupașco**, Professor, Doctor Habilitat; **Vasile Tarlev**, Doctor Habilitat; **Elena Braga**, post-graduate student; **Ana Osadci**, post-graduate student; **Olga Ciubatico**, post-graduate student  
(Tehcnical University of Moldova)

Drying is a complex technological proces which weds to assure not even the preserving of the paramaters of the matter, but in some causes even the improving of these parameters. I this physico-chemical characteristics of the dried roots with application of microwave energy was studied. The sugars, inulin, proteins and fats contents were determined for different drying regimes. Obtining rezults of searchings will allow choosing optimal drying regime.

Prezentat la redacție la 07.06.09

УДК: 664.854:634.21:621.3.023

## ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ ЯДЕР АБРИКОС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТВЧ

Лупашко Андрей, prof.dr.hab; Дикусар Галина, conf.dr.;  
Боиштян Ольга, conf.dr.; Гендов-Мошану Алена, conf.dr.  
(Технический Университет Молдовы)

Были проведены исследования по изучению процесса конвективной и комбинированной с использованием токов высокой частоты сушки ядер косточек абрикос сорта «Краснощекий». Были построены кривые сушки и скорости сушки, были рассчитаны кинетические характеристики процесса сушки в 1-ом и 2-ом периодах при различных напряженностях электромагнитного поля.

### Введение

С целью интенсификации процесса сушки, сохранения биологических свойств продукта, повышения экономической эффективности и улучшения экологических условий предложена сушка ядер косточек абрикос конвективным и комбинированным методами с использованием токов высокой частоты (ТВЧ).

### Методы и материалы

Исследования проводились на описанной в [1] экспериментальной установке. Сушке подвергались ядра косточек абрикос сорта «Краснощекий» с начальным влагосодержанием  $U^c = 146\%$ .

Для регистрации убыли массы в исследованиях использовали механические весы типа ВНЦ – 200. Скорость воздуха, подаваемого в сушильную камеру, поддерживалась постоянной автоматически и составляла 1,1 м/с. Определяли параметры воздуха до калорифера (начальную температуру  $t_0$  и относительную влажность  $\phi_0$ ) и после калорифера ( $t_1$ ). В первой части работы исследовали кинетику конвективной сушки при температурах сушильного агента 60, 70, 80, 90 и 100 °С. Измеряли убыль массы через каждые 5 мин, обезвоживание проводили до равновесной влажности, равной 30 % [2].

### Результаты и обсуждения

На рис.1 представлены кривые сушки  $U=f(\tau)$  и скорости сушки  $\left(\frac{dU}{dt}\right)_1 = f(U)$  ядер косточек абрикос. Как видно из кривых сушки, продолжительность процесса при температуре 60 °С составляла 620 мин, а для температуры 100 °С - 220 мин., т.е. уменьшилась в 2,85 раза.

Кривые скорости сушки (рис.1б) представляют собой типичные кривые для коллоидно-капиллярных тел, имеющие период прогрева, 1-й и 2-й периоды сушки [3].

На основе опытных данных были рассчитаны скорости сушки в первом периоде. В табл.1 приводятся значения температуры сушки,  $t_1$ , °C, критической влажности,  $U_{кр}$ , %, скорости сушки в 1-ом периоде,  $\left(\frac{dU}{dt}\right)_1$ , %/с, константы скорости сушки 1-го  $K_1$  и 2-го  $K_2$  периодов, время прогрева,  $\tau_{прогр.}$  и продолжительность сушки 1-го ( $\tau_1$ , мин) и 2-го ( $\tau_2$ , мин) периодов.

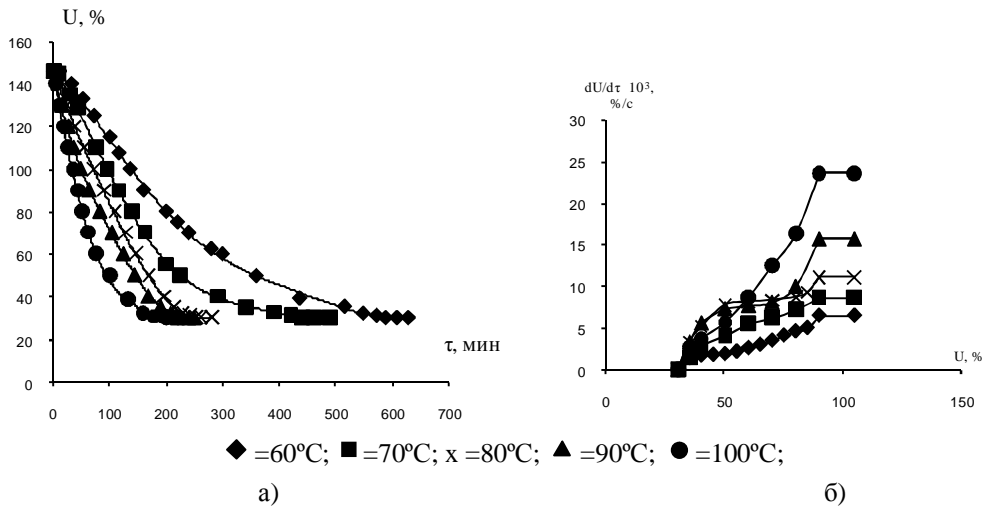


Рис. 1. Кривая сушки (а) и скорости сушки (б) ядер косточек абрикос при конвективном энергоподводе

Во второй части эксперимента исследовали влияние высокочастотного нагрева в сочетании с конвективным способом энергоподвода на кинетику сушки при различных режимах напряжённости электромагнитного поля  $E = 8,75 \cdot 10^3$  В/м и  $E = 1,8 \cdot 10^4$  В/м.

Таблица 1

Экспериментальные данные кинетики сушки ядер косточек абрикос конвективным методом

№	$t_1$ , °C	$U_{кр}$ , %	$\left(\frac{dU}{dt}\right)_1 \cdot 10^3$ , %/с	$K_1$ , %/м <sup>2</sup> с	$K_2 \cdot 10^6$ , С <sup>-1</sup>	$\tau_{прогр.}$ , МИН	$\tau_1$ , МИН	$\tau_2$ , МИН	$\tau_{общ.}$ , МИН
1	60	90	6,46	58,6	1,6	100	240	280	620
2	70	90	8,62	63,5	3,2	89	184	232	505
3	80	95	11,18	65,9	4,0	78	158	169	415
4	90	95	15,74	84,35	4,98	59	122	137	318
5	100	95	23,61	107,1	5,6	35	91	94	220

Результаты исследований представлены на рис. 2 и 3 в виде кривых сушки и скорости сушки.

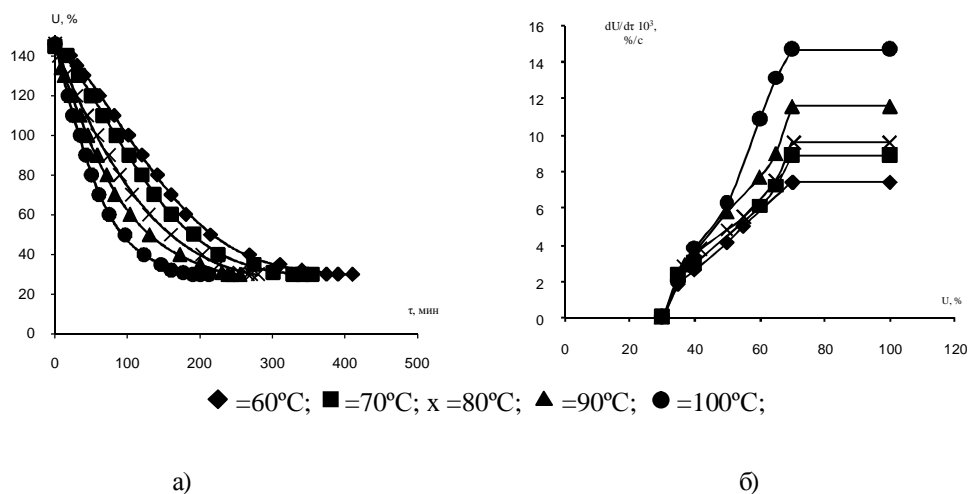


Рис. 2. Кривая сушки (а) и скорости сушки (б) ядер косточек абрикос комбинированным способом (конвекция + ТВЧ) при напряженности электромагнитного поля  $E=8750$  В/м

Как видно из данных, представленных на рис. 2, наложение электромагнитных полей высокой частоты в комбинации их с конвективным способом, значительно интенсифицирует процесс сушки.

При этом, с ростом напряжённости поля время процесса сушки для различных температур уменьшается. Так, при температуре  $60^\circ\text{C}$  и напряжённости электромагнитного поля  $8,75 \cdot 10^3$  В/м время процесса сушки до влажности 30 % составило 410 мин, а при напряжённости  $1,8 \cdot 10^4$  В/м оно составило 370 мин т.е. уменьшилось на 40 мин.

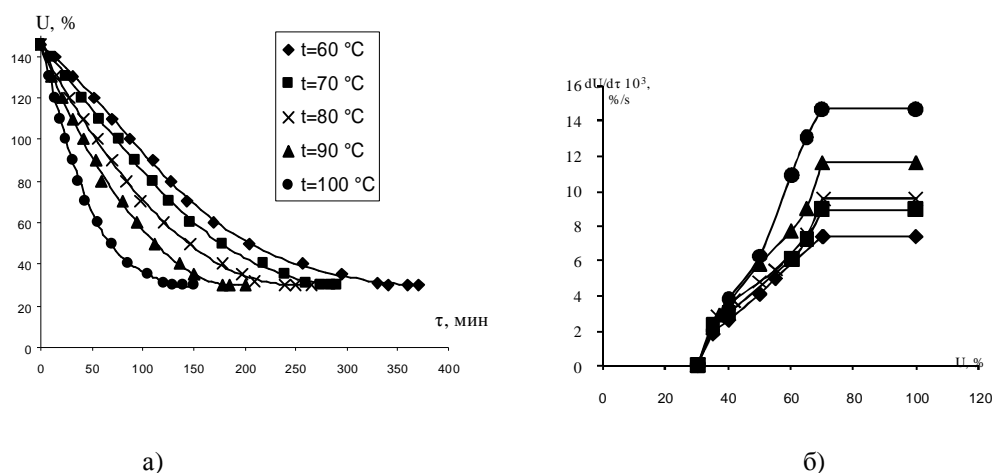


Рис. 3. Кривая сушки (а) и скорости сушки (б) ядер косточек абрикос комбинированным способом (конвекция + ТВЧ) при напряженности электромагнитного поля  $E=1,8 \cdot 10^4$  В/м

Если сравнивать процесс обезвоживания при минимальных температуре и напряжённости электромагнитного поля ( $t = 60\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $E = 8,75 \cdot 10^3\text{ В/м}$ ) с максимальными температурой и напряжённостью поля ( $t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$  и  $E = 1,8 \cdot 10^4\text{ В/м}$ ), то время обезвоживания от 146 % до 30 % сократилось в 2,8 раза.

Сокращение продолжительности процесса сушки ядер обусловлено более интенсивным выделением тепла в единице объёма ядер с ростом напряжённости, поэтому скорость процесса сушки ядер с применением ТВЧ быстро возрастает до максимального значения.

Таблица 2

Экспериментальные данные кинетики сушки ядер косточек абрикос при комбинированном методе - конвекция + ТВЧ

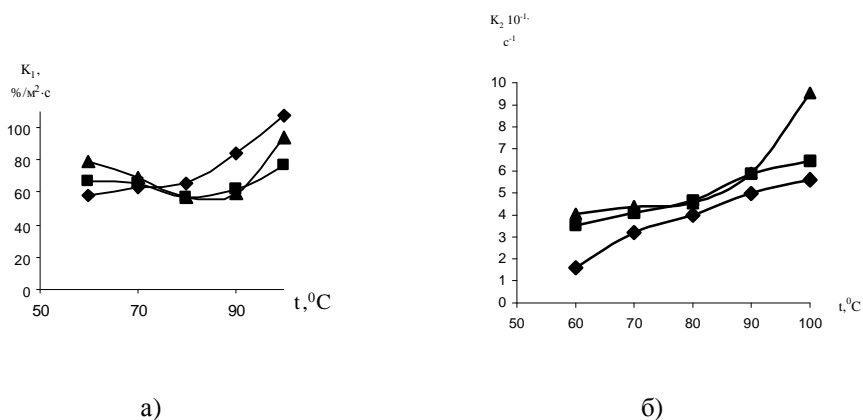
№	$t_1, ^{\circ}\text{C}$	$U_{кр}, \%$	$\left(\frac{dU}{dt}\right)_1 \cdot 10^3, \%$ %/с	$K_1, \%$ %/м <sup>2</sup> с	$K_2 \cdot 10^6, \text{C}^{-1}$	$\tau_{прогр.}, \text{мин}$	$\tau_1, \text{мин}$	$\tau_2, \text{мин}$	$\tau_{общ.}, \text{мин}$
Напряжённость электрического поля $E = 8,75 \cdot 10^3\text{ В/м}$									
1	60	70	7,41	67,2	3,53	80	235	85	410
2	70	69	8,93	65,8	4,09	56	223	61	340
3	80	69	9,59	56,6	4,65	28	193	59	280
4	90	70	11,61	62,2	5,86	25	187	48	260
5	100	70	14,72	76,8	6,45	17	165	33	215
Напряжённость электрического поля $E = 1,8 \cdot 10^4\text{ В/м}$									
1	60	68	8,73	79,2	4,04	45	273	47	365
2	70	72	9,44	69,6	4,37	33	235	31	300
3	80	69	9,61	56,5	4,56	30	185	29	245
4	90	66	11,01	59,0	5,90	17	158	23	198
5	100	72	20,63	93,6	9,55	13	112	20	145

При температуре сушильного агента  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  (рис.2, б) и напряженности электромагнитного поля  $E = 8,75 \cdot 10^3\text{ В/м}$  значение максимальной скорости возросло на 17,8 %. С ростом температуры значение максимальной скорости процесса сушки увеличивается. При изменении температуры от  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  и при той же напряженности скорость возросла в 2 раза.

Как для конвективного метода сушки, так для комбинированного метода (конвекция + ТВЧ) при разной напряжённости поля были рассчитаны кинетические характеристики процесса сушки, значения которых приводятся в таблице 2.

Для 2-го периода константа скорости сушки  $K_2$  при температуре  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  с увеличением напряженности ЭМП увеличилась на 14,4 %. Влияние температуры от  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$  при увеличении напряженности от  $E=8,75 \cdot 10^3\text{ В/м}$  до  $E=1,8 \cdot 10^4$  привело к увеличению констант скорости сушки  $K_2$  от 83 % до 136 %. Эти цифры показывают, что влияние ТВЧ на сушку значительно, особенно во 2-ом периоде, что связано с влиянием ТВЧ на структуру продукта и на разрыв связи влаги с материалом. Изменение констант скорости сушки представлены на рис. 4, 5.

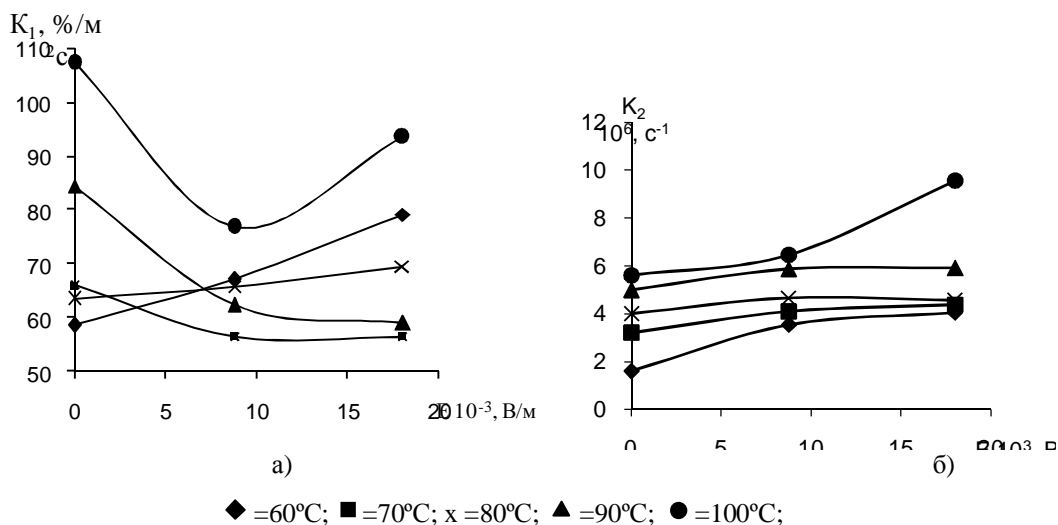




◆ – конвекция; ■ – конвекция+ТВЧ,  $E=8750$  В/м; ▲ – конвекция+ТВЧ,  $E=18000$  В/м

Рис. 4. Зависимость констант скорости сушки от температуры при различных энергоподводах: а) 1-й период; б) 2-й период

Результаты исследований позволяют заключить, что наложение ТВЧ в комплексе с конвективным способом энергоподвода изменяет кинетику процесса сушки: уменьшается время прогрева материала по сравнению с чистой конвекцией от 100 до 13 мин, т.е. более чем в 7 раз, а время 2-го периода сушки сокращается в 14 раз.



◆ =60°C; ■ =70°C; x =80°C; ▲ =90°C; ● =100°C;

Рис. 5. Зависимость констант скорости сушки от напряженности электромагнитного поля: а) 1-й период; б) 2-й период.

Анализ изменения констант скорости сушки в зависимости от температур показывает, что наложение электромагнитных полей ТВЧ больше влияет на внутренний тепло- и массообмен, при этом коэффициент сушки во 2-ом периоде возрастает в 1,83 раза при  $E = 8,75 \cdot 10^3$  В/м и в 2,4 раза при  $E = 1,8 \cdot 10^4$  В/м. Это свидетельствует о взаимном влиянии температуры и напряжённости электромагнитного поля. Кривая при  $E = 1,8 \cdot 10^4$  В/м (рис.4б) явно указывает на синергетический эффект такого влияния.

Полученные результаты исследований процесса сушки ядер косточек абрикос при конвективном подводе тепла (рис. 1) и при сочетании конвективного подвода тепла с нагревом в электрическом поле токов высокой частоты (рис. 2, 3) показали, что ядра являются сложным органическим продуктом. В процессе тепловой обработки в ядрах происходит не только убыль массы за счёт удаления влаги (что характерно для большинства влажных материалов), но и убыль массы за счёт биохимических изменений, происходящих в них при высоких температурах. Поэтому обоснование метода сушки для таких продуктов, какими являются ядра, необходимо проводить с учётом этих особенностей.

### Выводы

Из проведенных исследований видно, что высокочастотный нагрев в сочетании с конвективным способом энергоподвода по сравнению с чистой конвекцией является более перспективным для процесса обезвоживания ядер косточек абрикос. Причём, наиболее интенсивным режимом является комбинированная сушка с температурой сушильного агента  $100^\circ\text{C}$  и напряжённостью электромагнитного поля  $E = 1,8 \cdot 10^4$  В/м. Процесс сушки лучше проводить в два этапа. На первом этапе до получения критической влажности ядер 110 % следует осуществлять конвективный энергоподвод ( $100^\circ\text{C}$ ), на втором этапе до получения равновесной влажности 30 % использовать комбинированный энергоподвод (конвенкция + ТВЧ) при напряженности электромагнитного поля  $E = 1,8 \cdot 10^4$  В/м.

### Библиография

1. Лупу, О.Ф. Теоретическое и экспериментальное исследование процесса сушки абрикос с применением токов высокой частоты. Автореф. дисс. докт. техн. наук. – Кишинев. – 2005.
2. Гинзбург, А.С., Савина, И.М. Массовлагообменные характеристики пищевых продуктов. Справочник. М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982.-280с.
3. Лыков, А.В. Теория сушки. – М.: Энергия, 1968. – 470 с.

CZU: 664.854:634.21:621.3.023

## **ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ПРОЦЕССА СУШКИ ЯДЕР АБРИКОС С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТВЧ**

**Лупашко Андрей, Дикусар Галина, Боиштян Ольга,  
Гендов-Мошану Алена**  
(Технический Университет Молдовы )

Были проведены исследования по изучению процесса конвективной и комбинированной с использованием токов высокой частоты сушки ядер косточек абрикос сорта «Краснощекий». Были построены кривые сушки и скорости сушки, были рассчитаны кинетические характеристики процесса сушки в 1-ом и 2-ом периодах при различных напряженностях электромагнитного поля.

Prezentat la redacție la 07.06.09

CZU: 664.8.047:621.3.029.63:519.8:634.233

## **MODELULUL MATEMATIC AL PROCESULUI DE USCARE COMBINAT A FRUCTELOR DE VIȘINE CU UTILIZAREA MICROUNDDELOR ÎN REGIM DE OSCILAȚIE**

**Lupașco Andrei, prof.dr.hab.; Dicusar Galina, conf.dr.; Ghendov-Moșanu  
Aliona, conf.dr.; Boiștean Olga, conf.dr.**  
(Universitatea Tehnică a Moldovei)

În lucrare se prezintă modelul matematic parametric liniar al procesului de uscare ai vișinelor din soiul Șpanca prin metoda combinată: convecție și curenții de frecvență supraînaltă în regimul de oscilație. Pentru elaborarea modelului matematic parametric liniar al procesului de uscare combinat au fost folosite expresiile din toolboxul "Identificarea sistemelor" ale programului **Mathlab**. Modelul matematic a fost stabilit de dependența duratei de uscare, în funcție de temperatură, de nivelul de utilizare a puterii a magnetronului și de regimul de oscilație.

### **Introducere**

Dezvoltarea industriei de uscare a fructelor, mărirea cerințelor privind calitatea produsului și perfecționarea tehnologiei de prelucrare necesită elaborarea unei noi metode de uscare a fructelor care să asigure o calitate înaltă a produsului uscat, o reducere a consumului de resurse energetice, o automatizare, mecanizare și intensificare a procesului de uscare.

În majoritatea cazurilor intensitatea procesului de uscare este determinată de viteza de migrație a umidității din straturile centrale spre cele exterioare. Acest proces este determinat de structura materialului, de formele de legătură a umidității cu materialul etc.

De aceea pentru elaborarea procedeeelor noi de uscare s-a recurs la studiul proceselor de intensificare a deplasării umidității în interiorul materialului. Una dintre metodele moderne este cea a utilizării câmpurilor electromagnetice în procesul de uscare.

Pentru cercetări a fost ales soiul de vișine Șpanka, ca unul din cele mai răspândite în republică [1]. Uscarea fructelor de vișină de soiul Șpanka s-a efectuat prin metoda combinată (convectivă și microunde în regim de oscilație) [2].

Modelul matematic al procesului de uscare a vișinelor a fost stabilit de dependența duratei de uscare, în funcție de temperatură, de nivelul de utilizare a puterii a magnetronului și de regimul de oscilație.

### Metode și Materiale

Pentru elaborarea modelului matematic parametric liniar al procesului de uscare combinat au fost folosite expresiile din toolboxul ”**Identificarea sistemelor**” ale programului **Mathlab** [1]:

$$A(q)y(t) = \frac{B(q)}{F(q)}u(t - nk) + \frac{C(q)}{D(q)}e(t), \quad (1)$$

în care:  $y(\tau)$  - mărimea de ieșire în timp discret (deci este un vector);  $u(\tau)$  - mărimea de intrare în timp discret (un vector);  $e(\tau)$  - perturbația, care simbolizează eroarea de modelare, acțiunea exterioară necunoscută etc.;  $\tau$  - variabila timp discret (număr valori), cu valori în mulțimea numerelor întregi. În plus, în expresia (1) mai intervin cinci polinoame de argument  $q$ , ai căror coeficienți rezultă prin identificarea sistemelor.

$$A(q) = 1 + a_1q^{-1} + a_2q^{-2} + \dots + a_{na}q^{-na}, \quad (2)$$

$$B(q) = b_1 + b_2q^{-1} + b_3q^{-2} + \dots + b_{nb}q^{-nb+1}, \quad (3)$$

$$C(q) = 1 + c_1q^{-1} + c_2q^{-2} + \dots + c_{nc}q^{-nc}, \quad (4)$$

$$D(q) = 1 + d_1q^{-1} + d_2q^{-2} + \dots + d_{nd}q^{-nd}, \quad (5)$$

$$F(q) = 1 + f_1q^{-1} + f_2q^{-2} + \dots + f_{nf}q^{-nf}. \quad (6)$$

În aceste relații operatorul de întârziere (argumentul  $q$ , sau echivalentul său  $z$  dacă se utilizează transformata  $Z$  din domeniul discret) are expresia, de exemplu pentru mărimea de intrare  $u(\tau)$ :

$$q^{-i}u(t) = u(t - i), \quad (7)$$

iar  $na$ ,  $nb$ ,  $nc$ ,  $nd$ ,  $nf$  reprezintă ordinul fiecăruia din cele cinci polinoame. În plus, în relația (1) mărimea  $nk$  constituie numărul elementelor întârziatoare pe relația intrare-ieșire.

Forma particulară al modelului generalizat (1), abordată de toolboxul ”**Identificarea sistemelor**” al mediului de programare **Mathlab** este: modelul de tip **AutoRegresiv** cu **Medie Alunecătoare** controlat (cu intrări **eXogene**), deci **ARMAX**, care rezultă pentru:

$$\begin{cases} nd = nf = 0 \\ D(q) = F(q) = 1 \end{cases}, \quad (8)$$

adică are forma:

$$A(q)y(t) = B(q)u(t - nk) + C(q)e(t). \quad (9)$$

### Rezultate și Discuții

Modelul matematic parametric liniar generalizat pentru toate nivelurile de putere, temperaturile și regimurile de oscilație cu care s-au desfășurat cercetările experimentale (deci pentru toate valorile avute la dispoziție), pe noi n-e interesa timpul maxim de uscare, adică cel corespunzător umidității minime, este redat în fig.1, unde apar și coeficienții modelului matematic.

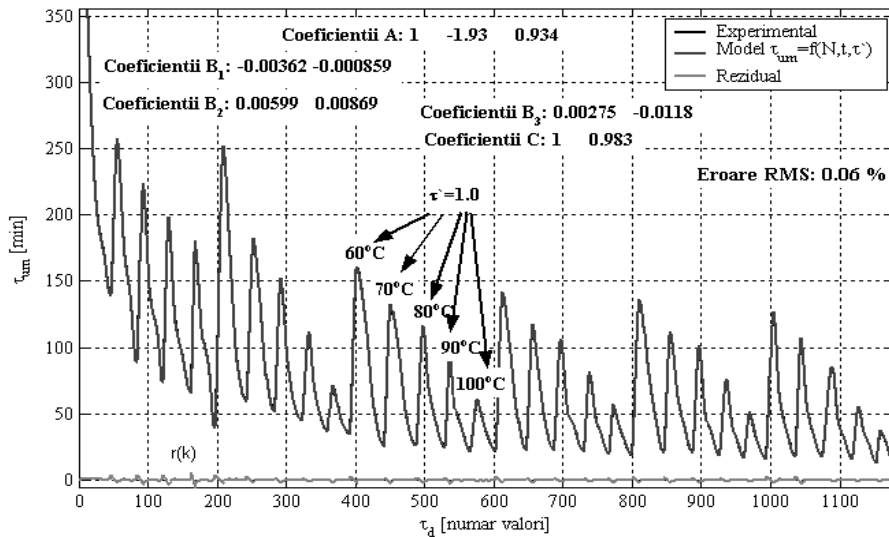


Fig. 1. Timpul de uscare maxim în funcție de nivelul de utilizare a puterii nominale, de temperatură și de regimul oscilație – model generalizat

Pe baza fig.1 rezultă ecuația cu diferențe:

$$t_{um}(k) - 1,93t_{um}(k-1) + 0,934t_{um}(k-2) = -0,0036N(k) - 0,00086N(k-1) + 0,006t(k) + 0,0087t(k-1) + 0,00275t'(k) - 0,0118t'(k-1) + r(k) + 0,983r(k-1) \quad (10)$$

din care se obțin cele patru funcții de transfer.

Funcția de transfer aferentă nivelului de putere, exprimată în domeniul discret (de argument  $z$ ) este:

$$H_{\tau_u N}(z) = \frac{B_1(z)}{A(z)} = \frac{\tau_u^N(z)}{N(z)} = \frac{-0,0036z - 0,00086}{z^2 - 1,93z + 0,934}. \quad (11)$$

Funcția de transfer corespunzătoare temperaturii este:

$$H_{\tau_u t}(z) = \frac{B_2(z)}{A(z)} = \frac{\tau_u^t}{t(z)} = \frac{0,006z + 0,0087}{z^2 - 1,93z + 0,934}. \quad (12)$$

Funcția de transfer corespunzătoare regimului de oscilație:

$$H_{\tau_u} \tau'(z) = \frac{B_3(z)}{A(z)} = \frac{\tau_u^r(z)}{\tau'(z)} = \frac{0,0027z - 0,0118}{z^2 - 1,93z + 0,934}. \quad (13)$$

Funcția de transfer ce aparține rezidualului are expresia:

$$H_{\tau_u} r(z) = \frac{C(z)}{A(z)} = \frac{\tau_u^r(z)}{t(z)} = \frac{z + 0,983}{z^2 - 1,93z + 0,934}. \quad (14)$$

### Concluzii

Din fig.1 se constată, că practic anvelopa experimentală și cea modelată coincid, rezidualul  $r$  are valori mici, iar eroarea de modelare la RMS este de 0,06 %. De asemenea, graficul din fig.1. arată că este suficient un model matematic printr-o ecuație cu diferențe de ordin mic, respectiv de ordinul doi. Modelul matematic al procesului de uscare combinat, în dependența de durata procesului de uscare în funcție de temperatură, de nivelul de utilizare a puterii nominale a magnetronului, de regimul de oscilație dă posibilitatea de a se realiza procesul de uscare în instalații industriale, în regim automat.

### Bibliografie

1. Dicusar, G., Lupașco, A., Moșanu, A. Caracteristica vișinei cultivate în Moldova ca obiect al procesului de uscare. Alimentele și sănătatea la începutul mileniului III. Editura Academică, Galați, 2001, p.252-253.
2. Moșanu, A. Contribuții teoretice și experimentale privind procesul de uscare a vișinelor cu folosirea microundelor. Rezumatul tezei de doctor în științe tehnice, Chișinău. 2005.-p. 12.
3. \*\*\* *Statistic Toolbox for Use with Matlab, 2002*, <http://mathworks.com>.

CZU: 664.8.047:621.3.029.63:519.8:634.233

## MODELULUL MATEMATIC AL PROCESULUI DE USCARE COMBINAT A FRUCTELOR DE VIȘINE CU UTILIZAREA MICROUNDELOR ÎN REGIM DE OSCILAȚIE

**Lupașco Andrei**, Professor, Doctor Habilitat; **Dicusar Galina**, Associate Professor, PhD; **Ghendov-Moșanu Aliona**, Associate Professor, PhD;  
**Boiștean Olga**, Associate Professor, PhD  
(Universitatea Tehnică a Moldovei)

This work represents the linear parametric mathematical model of the cherries drying process from the "Șpanka" sort, using the combined methods: convection and high-frequency currents in oscillatory mode of operation. To elaborate the linear parametric mathematical model of the combined drying process were used expressions from the toolbox. "Systems identification" of the Matlab program. The mathematical model was established according to drying period, temperature, level of magnetron power usage and oscillatory mode of operation

Prezentat la redacție la 17.08.09

УДК 664.844:635.64

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА СУШКИ ТОМАТОВ

**Андрей Лупашко**, проф., докт.хаб.; **Василе Тарлев**, докт.хаб.;  
**Оксана Ротарь**, аспирант  
(Технический Университет Молдовы, Республика Молдова)

В данной работе представлен литературный обзор сушки томатов, их преимущества и недостатки, улучшение возможностей переработки томатов, а так же расширение ассортимента тоματοпродуктов. Предложен процесс сушки томатов с применением микроволновой энергии, что позволит сократить продолжительность сушки. Представлен сравнительный анализ кинетики сушки томатов конвективным методом и с применением микроволновой энергии.

Известно, что овощи быстро подвергаются порче, их необходимо консервировать при помощи разных методов. Одним из методов консервирования овощей является их сушка: выпаривание влаги из продукта, что ведет к предотвращению развития микроорганизмов, которые повреждают продукт.

Томаты нашли широкое применение как диетический, так и продукт медикаментозного назначения. Этот продукт содержит вещества с высокой пищевой ценностью: витамины А, С, В<sub>6</sub>, В<sub>9</sub>, пантотеновую и фолиевую кислоту, каротин и другие пигменты, органические кислоты (лимонная, яблочная, щавелевая, виннокаменная и др). А также, минеральные соли К, Fe, Mg, Zn, Cu, I, пектины, целлюлозу, аминокислоты и масло, которые вместе с витаминами и сахарами образуют особенный вкус и приятный аромат [1]. Относительно недавно было установлено, что томаты содержат ликопин – пигмент, придающий томатам красный цвет. Ликопин обладает всеми возможностями, чтобы произвести революцию в фармакологической промышленности, т.к. является более сильным антиоксидантом, чем витамин С, эффективно защищая организм от рака, сердечно-сосудистых заболеваний, от различных отравлений (в том числе и от табака).

В процессе переработки томатов появляется много потерь продукта. Для их уменьшения и увеличения ассортимента тоματοпродуктов предлагается сушка томатов. Сушеные томаты успешно используются для производства хлебобулочных изделий, пиццы, суповых наборов, приправ, а также для производства колбасных изделий. Использование сушеных томатов способствуют улучшению вкуса и ароматических свойств готовых изделий.

В настоящее время сушка томатов, происходит в основном при помощи конвекции: небольшие красные томаты, очищенные от плодоножек и промытые водой, разрезают пополам, укладывают на сито срезом вверх, чтобы не вытекал сок. Сушат при температуре сушильного агента 50-60°C, через 5-6 ч температуру повышают до 65-70°C. Общее время процесса сушки

составляет 10-11 ч с возможным перерывом на 4-5 ч. В южных районах можно сушить томаты на солнце, на ночь убирая сита под навес. Срок сушки – 7-10 дней [2].

Сушеные на солнце томаты – продукт, типичный для итальянского юга. Они готовятся из половинок зрелых плодов, которые выкладывают на противни, слегка посыпают солью и в течение 2–4 дней сушат на солнце, прикрыв марлей – для защиты от насекомых [3].

Во Франции был предложен метод сушки томатов в камерной сушилке при температуре сушильного агента 120<sup>0</sup>С в течение одного часа, затем температура снижалась до 95<sup>0</sup>С и сушка продолжалась еще два часа [4].

У перечисленных методов много недостатков таких как: большая продолжительность процесса сушки, необходимость в больших производственных площадях, низкое качество продукта и др. Для уменьшения этих недостатков, по нашему мнению следует сушить томаты комбинированным методом: конвекция с применением микроволновой энергией. Как показывают исследования, этот метод позволяет интенсифицировать процесс сушки примерно в 1,5-2,0 раза в зависимости от температуры сушильного агента, уменьшить потребление электроэнергии, создать стерилизующий эффект, улучшить качество готового продукта.

С целью получения сушеных томатов была использована лабораторная установка для исследования кинетики сушки томатов при комбинированном энергоподводе (конвекция с микроволнами) представленная в [5].

Таблица 1

Сравнительная характеристика сушки томатов конвективным методом (КМ) и с применением микроволновой энергии (ММ)

Температура	Продолжительность сушки ( $\tau_{\text{общ}}$ ), мин		Скорость сушки в первом периоде $\frac{\partial U}{(\partial \tau)}$ , %/с		$Q_{\text{комб}}/Q_{\text{конв}}$
	КМ	ММ	КМ	ММ	
60	275	155	10,7	15,6	1,21
70	250	145	13,6	13,2	0,91
80	195	130	15,2	17,6	0,88
90	160	110	19,8	20,5	0,69
100	135	100	20,6	26,2	0,63

Из Таб. 1 видно, что процесс сушки томатов во многом зависит от температуры сушильного агента. Так, при температуре сушильного агента



60<sup>0</sup>С и применении микроволновой энергии время обезвоживания томатов составило 155 мин, а при температурах 70, 80, 90 и 100<sup>0</sup>С - соответственно уменьшалось 145, 130, 110, и 100 мин. Из этого следует, что с ростом температуры сушильного агента от 60 до 100<sup>0</sup>С продолжительность сушки томатов сократилась в 1,6 раза. Использование микроволн позволяет направить векторы градиентов влажности, температуры и давления в одном направлении, при этом уменьшая продолжительность сушки.

Значение максимальной скорости сушки также увеличивается по мере роста температур сушильного агента. Так, при температуре сушильного агента 60<sup>0</sup>С она равна 15,6 %/мин, а при 100<sup>0</sup>С – 26,2 %/мин, т.е. увеличилась в 1,7 раза.

Выбор оптимального режима сушки зависит в большей степени от качества высушенного продукта. Таким образом, выбор метода сушки томатов играет главную роль. Необходимо соблюдать следующие условия: высокий выход высушенной продукции, минимальные расходы для влагоудаления, сохранность биологической ценности продукта.

Тот факт, что конвекционный метод хорошо применим в диапазоне высоких влажностей (предварительная сушка), а микроволновый метод, наоборот, целесообразнее использовать в диапазоне низких влажностей (досушивание) делает целесообразным комбинацию этих методов.

Помимо преимуществ, которые дает предложенный метод сушки томатов предприятиям, занимающимся переработкой продукции, важно и то, что она позволит сохранять довольно значительную часть урожая томатов, которая в нынешних условиях погибает, так и не успев дойти до потребителя.

### Список литературы

1. Химический состав пищевых продуктов/ Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергической ценности пищевых продуктов//Под ред. акад. АМН СССР А.А. Покровского. –М.: Пищевая промышленность, 1979. -228с.

2. Бурич, О.; Берки, Ф. Сушка плодов и овощей. - М.: Пищевая промышленность, 1978. – 218 с.

3. <http://www.gastromag.ru>

4. Способ полуобезвоживания круглых томатов. Procédé de semi – déshydratation de la tomate ronde: Заявка 2757020 Франция, МПК<sup>6</sup> А 23 В 7/02, А 23 В 7/005, А 23 L 1/212; Maglione Vingetta Chantal.- № 9615613; Заявл. 13.12.1996, Опубл. 19.06.1998

5. Lupaşco A., Stoicev P., Bernic M. și al. Instalația de laborator pentru cercetarea caracteristicilor cinetice în procesul de uscare a produselor vegetale. Fizică și Tehnică: Procese, modele, experimente. – Bălți: Universitatea de Stat „Alec Russo”, Nr.1, 2007 p. 78-82.

CZU: 664.844:635.64

## THE IMPROVEMENT OF DRYING TOMATOES PROCESS

**Andrei Lupasco**, Professor, Doctor Habilitat; **Vasile Tarlev**, Doctor Habilitat;  
**Oxana Rotari**, post-graduate student  
(Technical University of Moldova, Republica of Moldova)

In this work the literary review of tomato drying, their advantages and disadvantages, improvement of possibilities of tomato processing, and similarly expansion of tomato products assortment are presented. The process of tomato drying with the use of microwave energy, that will allow to reduce duration of drying is offered. The comparative analysis of the kinetics of convective tomato drying and the method of using microwave energy is presented.

Prezentat la redacție la 07.06.09

CZU: 664. 8. 047

## INSTALAȚIE PENTRU PRELUCRAREA HIDROTERMICĂ A CRUPELOR CEREALIERE

**Dodon Adelina**, doctorandă; **Lupașco Andrei**, prof.dr.hab.  
(Universitatea Tehnică a Moldovei, Republica Moldova)

Lucrarea relatează rezultatele cercetărilor experimentale în vederea proiectării și construirii instalației de laborator pentru cercetarea cineticii procesului de tratare hidrotermică a crupelor sub presiune excesivă. Se mai prezintă formulele de calcul a productivității instalației și a duratei ciclului tehnologic.

### Introducere

Sectorul agroindustrial al Republicii Moldova, ramura de prelucrare a cerealelor, importantă pentru economia țării, necesită investiții pentru fabricarea produselor alimentare, aplicându-se procedee și tehnologii noi, care vor revoluționa varietatea sortimentală, vor micșora cantitatea de produse importate ce invadează actualmente piața autohtonă.

Tratarea hidrotermică este necesară ca etapă primară în tehnologia de fabricare a concentratelor alimentare din cereale, ale căreia regim și durată determină în mare măsură calitatea și costul produsului finit. Prelucrarea hidrotermică include operațiile tehnologice preventive: gonflarea crupei până la valoarea umidității maxime și fierberea [1].

În principiu, ce este prelucrare hidrotermică? Răspuns: este interacțiunea produsului cu apa în diferite condiții și la diferite regimuri de temperaturi, adică schimbarea structural-mecanică și fizico-chimică a produsului. Într-un cuvânt are loc afinarea produsului. Conform [2], structura constituenților bobului de cereale care afectează textura acestuia sunt proteinile și amidonul.

Hidratarea unui produs proteic cum este de exemplu sorizul, orezul, grâul va fi influențată de:

- Ø puterea ionică de absorbție a produsului;
- Ø temperatura soluției și durata de contact cu apa;
- Ø acțiunea presiunilor asupra sistemului alimentar (apă și produs);
- Ø capacitatea de reținere a apei de constituenții structurali;

Absorbția de apă crește o dată cu mărirea concentrației proteinei în soluție și scade o dată cu creșterea temperaturii datorită denaturării și agregării proteinilor. De aceea, în scopul păstrării stabilității și valorii biologice a proteinilor, se propune folosirea tratamentului termic evitând temperaturile înalte. În prelucrarea culinară a produselor amidonoase, cum sunt cerealele se observă că amidonul are proprietăți de absorbție a umidității, gonflare și gelatinizare [3].

Gelatinizarea amidonului și hidroliza parțială a lui la acțiunea temperaturii și apei majorează asimilarea substanțelor concentrate în crupă. Pentru păstrarea structurii celulare și preîntâmpinarea lipiciozității boabelor cerealiere fierte, este necesar ca particulele de amidon să se gonfleze până la un grad stabilit, adică până la prima etapă a gelificării.

Este important de menționat, că la fierberea crupelor care au fost supuse prelucrării primare, este mai redus procentul de absorbție a apei (de umflare) și mai mic coeficientul de răsfierbere. Asest moment se explică prin aceea că, în timpul gonflării, amidonul din bob parțial gelatinizează, de aceea la fierbere nu absoarbe acea cantitate de apă ca cel din crupa negonflată. Totodată, substanțele proteice se află în stare denaturată după gonflare și tot absob mai puțină apă.

Asfel, concluzionăm că procesul de tratare hidrotermică preventivă este binevenit pentru crupe, deoarece sunt păstrați mulți indici de calitate la nivel înalt.

În rezultatul tratamentului hidrotermic îndelungat, în compoziția chimică a crupelor au loc reacții de formare a melanoidinilor, care conferă crupelor, în timpul fierberii culoare închisă. Dacă reacțiile de formare a melanoidinelor înaintează adânc, atunci calitatea produsului finit suferă. Aceste reacții sunt nedorite pentru organismul omului, deoarece astfel de crupe sunt mai greu de asimilat.

Una din căile eficiente de păstrare a valorii nutritive a produsului finit este reducerea duratei proceselor termice. Analizând aceste metode, unul din scopurile evidente în lucrare, a fost de a prepara crupă fiartă uscată din cereale, mizând pe intensificarea proceselor de prelucrare hidrotermică.

### **Materiale și metode**

Principalii factori care influențează asupra proceselor hidrotermice de tratare a crupelor sunt: umiditatea crupelor; temperatura solventului; durata procesului; caracteristica și proprietățile substanțelor din complexul proteic.

În funcție de modul cum sunt dirijați acești factori, în lucrare au fost propuse cercetarea următoarelor metode de gonflare a crupelor de soriz:

- o în apă la diferite temperaturi;

- în apă la diferite temperaturi și presiuni.

Experiențele de gonflare la presiune atmosferică s-au efectuat în termostatul pentru menținerea temperaturii mediului.

Pentru elaborarea regimurilor tehnologice ale procesului de tratare hidrotermică sub presiune excesivă a crupelor cerealiere a fost necesar de studiat cinetica procesului de gonflare.

Cu acest scop a fost proiectată și elaborată o instalație de laborator, care este prezentată în figura 1.

### Descrierea instalației de gonflare sup presiune

Aparatul de gonflare funcționează după principiul cilindru – piston, el reprezintă un cilindru cu pereți groși al cărui corp este executat din oțel inoxidabil. În interiorul cilindrului este fixat pistonul 5 cu etanșarea 2. Exteriorul cilindrului pe înălțimea de lucru este dotat cu mantaua pentru debitarea apei calde prin ștuțul 11. Ștuțul prea-plin 6 ne permite a regla surplusul de apă fierbinte. Partea posterioară a cilindrului este construită în formă de șubăr 9, care reprezintă o placă executată de asemenea din oțel inoxidabil. Ea se deplasează manual de-a lungul axei cilindrului 8 deschizând și închizând fundul cilindrului. Suprafața șubărului 9 este dotată cu canale obținute prin deformare plastică, care majorează duritatea la îndoiere.

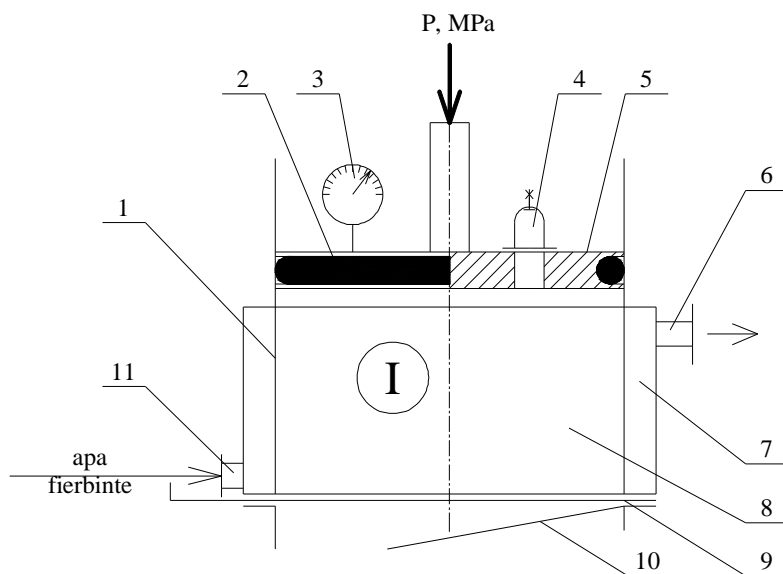


Fig. 1 Instalație pentru gonflarea crupelor de cereale

- 1 – cilindru; 2 – manșetă de etanșare ; 3 – manometru; 4 – supapă de siguranță; 5 – piston;  
6 – gură de evacuare; 7 – manta; 8 – camera de gonflare; 9 – clapetă-fund; 10 – ghidaj;  
11 – gură de alimentare

În momentul inițial în cilindru se toarnă apa fierbinte în cantitate de 1/3 din volumul de lucru. Această operație se înfăptuiește în lipsa pistonului 5, care se demontează manual. Apoi camera cilindrului se umple cu crupe, după ce se montează pistonul 5. Sub fundul cilindrului este amplasată placa 10 fixată rigid sub un unghi în raport cu corpul cilindrului. Aparatul de gonflare descris a cărui organ de lucru funcționează sub presiunea de circa 2,0 MPa, este dotat cu manometrul 3 pentru măsurarea presiunii excendentare și clapeta de siguranță 4.

Această instalație este una din componentele agregatului pentru fabricarea crupelor fierte-uscate numite în continuare concentrate alimentare.

Instalația funcționează periodic și productivitatea ei se poate calcula conform formulei:

$$Pg = V / T_p \cdot r \cdot K \quad (1)$$

unde:  $V$  – volumul de încărcare a camerei cilindrului,  $m^3$ ;

$T_p$  – durata ciclului tehnologic de gonflare, min.;

$P$  – masa volumică a crupelor,  $kg / m^3$ ;

$K$  – coeficientul de încărcare a cilindrului.

Durata ciclului tehnologic de gonflare se determină din egalitatea:

$$T_p = \tau_1 + \tau_2 + \tau_3, \quad (2)$$

unde:  $\tau_1$ ,  $\tau_2$ ,  $\tau_3$  – respectiv timpul de încărcare a aparatului, timpul desfășurării procesului și timpul de descărcare.

Durata executării operațiunii tehnologice se determină conform rezultatelor experimentale, s-au determinat parametrii optimi ai procesului de gonflare, care sunt: presiunea în camera de gonflare 2.0 MPa, temperatura solventului 60 °C și durata de gonflare 20 min.

## Concluzii

Calitatea concentratelor alimentare din cereale în mare măsură depinde de desfășurarea corectă a etapelor tehnologice de fabricare. Una din ele fiind cea mai importantă – tratarea primară a crupelor.

Sistematizarea cercetărilor efectuate privind utilizarea presiunii excesive în procesul de tratare hidrotermică a crupelor fierte de cereale demonstrează, că această tehnologie are câteva avantaje esențiale: reducerea duratei procesului, gonflarea uniformă a produsului în tot volumul cu păstrarea compoziției chimice de bază.

Prelucrarea primară în concentrate alimentare a crupelor a redus procesul de la 2h până la 1,2 h și a îmbunătățit calitatea produsului finit. După tratarea hidrotermică crupele aveau consistență freabilă, s-a observat o ameliorare bruscă a proprietăților organoleptice cu aspect culinar pronunțat.

### Bibliografie

1. Гуляев, В. Н. Новая техника и технологии производства пищекокнцентратов, не требующих варки // Пищевая и перерабатывающая промышленность, 1995. № 4.

2. Lupașco, A, Dicusar, G., Moraru, G., Dodon, A., Bognibov, E. Capacitățile fizico–chimice ale crupelor de soriz în funcție de tratamentul hidrotermic. Buletin informativ pentru industria de morărit și panificație . Vol. 14, nr. 2.– 2003. – p. 86.

3. Егоров, Г. А. Влияние тепла и влаги на процессы переработки и хранения зерна. – М.: Колос, 1973.

CZU: 664. 8. 047

### INSTALLATION FOR HIDROTERMICAL PROCESSING OF CEREAL GROATS

**Dodon Adelina**, post-graduate student; **Lupașco Andrei**, Professor, Dr. Hab. (Universitatea Tehnică a Moldovei, Republica Moldova)

The paper presents the investigation result in organization to make the new product of vegetable matter with increase content of proteins. In this purpose to serve the utilization with nourishment. The results of hydrothermal processing of cereal crops an operation in food concentrates processing technology are presented. Using of overpressure for the purposes of intensification of the process is proposed.

Prezentat la redacție la 05.06.09

УДК 664.8.047:634.864;621.3.029.63

### ТЕХНИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА КОМБИНИРОВАННОЙ СУШКИ ВИНОГРАДА БЕССЕМЯННЫХ СОРТОВ

**Андрей Лупашко**, проф., докт. хаб.; **Галина Дикусар**, доц., докт.;  
**Наталья Нетреба**, аспирант  
(Технический Университет Молдовы, Республика Молдова)

В данной работе представлена и описана схема сушильной установки непрерывного действия для сушки винограда бессемянных сортов комбинированным способом (конвекция плюс токи сверхвысокой частоты в импульсном режиме). Данная установка представляет собой трехуровневую ленточную сушилку, особенностью которой является разделение ее на уровни в соответствии с периодами сушки. Так же представлена технологическая линия по производству сушеного винограда бессемянных сортов комбинированным способом. Используемая технология позволяет в большей степени механизировать процесс, получить продукт высокого качества, а так же уменьшить потери и затраты при его производстве.

Сушеный виноград пользуется большим спросом у населения благодаря своим высоким вкусовым и пищевым качествам.

Обеспечение конкурентоспособности сушеного винограда на мировом рынке возможно за счет совершенствования технологии и способа сушки.

Рациональными могут быть признаны такие способы и режимы процесса сушки, которые наряду с хорошим экономическим эффектом обеспечивают также высокое качество готового продукта.

Применение полей сверхвысоких частот предоставляет возможность в несколько раз интенсифицировать процесс сушки сельскохозяйственной продукции [1,2].

В результате проведенных нами исследований, было определено, что применение токов СВЧ в несколько раз интенсифицирует процесс сушки винограда бессемянных сортов, а так же исключает целый ряд технологических операций связанных с применением химических методов обработки винограда перед сушкой, что создает предпосылки для получения экологически чистого продукта [3].

В связи с расширением производства сушеных фруктов, повышением требований к их качеству и совершенствованием технологий производства, возникает необходимость в разработке новых способов сушки, обеспечивающих повышение качества и пищевой ценности плодов, снижение энергоемкости процесса, интенсификацию процесса сушки.

Определенные перспективы, по нашему мнению, для интенсификации процесса сушки фруктов открывает метод сушки токами сверхвысокой частоты (СВЧ). Применение полей СВЧ имеет целый ряд преимуществ: возможность высокой концентрации энергии в единице объема, способность СВЧ энергии проникать на значительную глубину продукта, отсутствие контакта с обрабатываемым продуктом, большой КПД.

Тот факт, что конвективный метод хорошо применим в диапазоне высоких влажностей (предварительная сушка), а микроволновый метод, наоборот, целесообразнее использовать в диапазоне низких влажностей (досушивание) делает целесообразным комбинацию этих методов.

В ходе проведенных нами исследований был получен ряд результатов, который позволил спроектировать сушильную установку с комбинированным способом сушки [4]. Сушильная установка непрерывного действия представляет собой трехуровневую ленточную сушилку, особенностью которой является разделение ее на уровни в соответствии с периодами сушки (рис. 1).

Особенностью данной установки является разделение ее на уровни в соответствии с периодами сушки. В первом уровне имеет место конвективная обработка продукта. На втором и третьем уровне происходит комбинированная обработка винограда (конвекция плюс СВЧ излучение), где имеет место второй период сушки. Данное разделение позволяет

интенсифицировать процесс обезвоживания в необходимом промежутке времени.

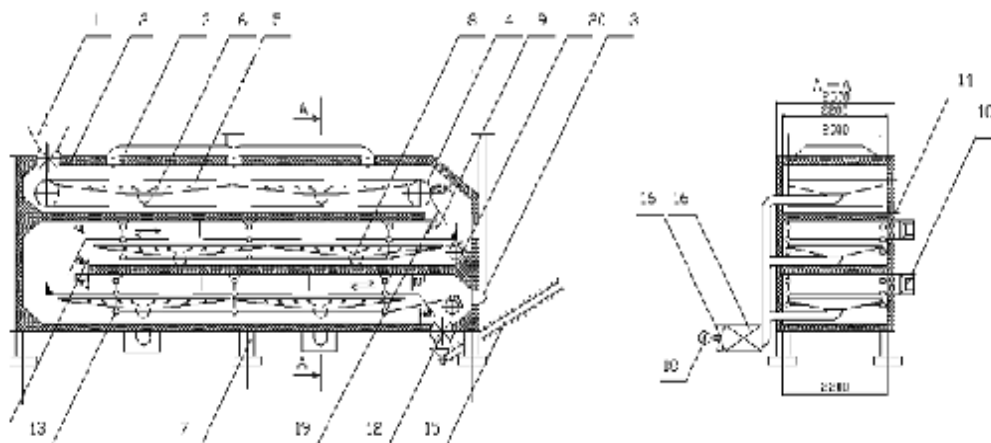


Рис.1. Установка для сушки винограда бессемянных сортов комбинированным способом  
 1 – роторный питатель, 2 – изоляционный слой, 3 – система каналов,  
 4 – зубчатое колесо, 5 – лента, 6 – короб, 7 – опорная стойка,  
 8 – трубопровод, 9 – ловушки для волн, 10 – магнетроны, 11 – перемешиватель фаз, 12 – роторный разгрузитель, 13 – кулиснокривошипный механизм, 15 – скребковый транспортер, 16 – электрический калорифер,  
 17 – осевой вентилятор, 19, 21 – спуски, 20 – перфорированное полотно

Во избежание тепловпотерь и высвобождения СВЧ излучения в атмосферу установка предусматривает герметизацию и снабжена изоляционным слоем, внутренняя поверхность камеры выполнена из отражающего СВЧ излучения материала.

Источником нагретого воздуха является электрический калорифер. Осевой вентилятор нагнетает воздух в калорифер, где он нагревается, после чего попадает в трубопровод. Как было сказано выше, время первого периода сушки совпадает с общим временем пребывания высушиваемого винограда на первой ленте, по его окончании продукт попадает во второй уровень, где начинается второй период сушки. Это более длительный процесс, в котором происходит удаление из высушиваемого материала связанной влаги.

Время первого периода сушки совпадает с общим временем пребывания высушиваемого винограда на первой ленте, по его окончании продукт попадает во второй уровень, где начинается второй период сушки. Здесь, помимо конвективной обработки применяется обработка сверхвысокочастотными электромагнитными волнами, источниками которых являются магнетроны. По результатам, полученным в ходе исследований, был подобран оптимальный импульсный режим работы магнетрона, при котором излучатель микроволн после 3 секунд работы 55 секунд находится в режиме ожидания.



Была предложена новая технология сушки винограда. Она предусматривает интенсификацию процесса сушки во-первых, за счет увеличения температуры сушильного агента до  $100^{\circ}\text{C}$ , во-вторых, в период падающей скорости сушки (во II периоде сушки) за счет подвода токов СВЧ в дискретно-импульсном режиме. Таким образом, при введении данной технологии значительно сокращается процесс сушки винограда бессемянных сортов.

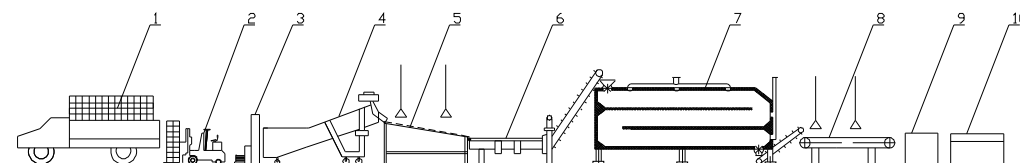


Рис.2. Аппаратурно-технологическая схема непрерывного действия производства сушеного винограда комбинированным способом с использованием токов СВЧ

- 1 - автомашина с сырьем; 2 - электропогрузчик; 3 - ящикоопрокидыватель;  
4 - моечная машина; 5 - вибрационное сито; 6 – транспортер; 7 - ленточная сушилка; 8-  
транспортер; 9 - весы; 10 - стол для расфасовки.

Технологический процесс сушки комбинированным способом с применением токов СВЧ осуществляется следующим образом: по аппаратурно-технологической схеме производства сушеного винограда (рис. 2) ящики с сырьем из автомашины с помощью электропогрузчика загружают в ящикоопрокидыватель, затем сырье поступает в моечную машину. Для мойки ягод предусмотрена подача воздуха в моечную ванну. Второе вибрационное сито предусмотрено для интенсификации процесса осыпания виноградных ягод с лозы. Затем виноград поступает на доочистку ягод от гребней и отделение некондиционных ягод (поврежденных, гнилых) на инспекционный транспортер. После инспекции виноградные ягоды поступает непосредственно на ленту сушильной установки.

После, высушенный виноград поступает на транспортер, где обдувается холодным воздухом. Далее продукт взвешивают и упаковывают в тару.

Предлагаемая технология обладает следующими преимуществами: сокращение длительности процесса сушки винограда; сокращение производственных площадей; сокращение выбросов  $\text{CO}_2$  в атмосферу; уменьшение применения тяжелого физического труда, механизация производства; получение более качественного продукта; снижение себестоимости сушеного винограда; получение экологически чистого и безопасного продукта питания.

### Список литературы

1. Лыков, А. В. Теория сушки.- М., 1968.
2. Першанов, К. Л. Конвективно-высокочастотная сушка древесины. М., 1963.
3. Лупашко, А. С., Дикусар, Г. К., Лупу, О. Ф., Нетреба, Н. Н., Казаку, О. «О перспективах применения микроволновой энергии для сушки бессемянных сортов винограда в условиях Республики Молдова» Машиностроение и техносфера XXI века, Сборник трудов XIII Международной научно-технической конференции, Том 2, Донецк-2006.
4. Гинзбург, А.С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности -М.: Агропромиздат, 1985.

CZU: 664.8.047:634.864;621.3.029.63

## TECHNICAL REALIZATION OF THE COMBINED DRYING PROCESS OF SEEDLESS GRAPES

**Andrei Lupasco**, Professor, Doctor Habilitat; **Galina Dicusar**, Associate Professor, PhD; **Natalia Netreba**, post-graduate student  
(Technical University of Moldova, Republic of Moldova)

In the given work the scheme of installation of continuous action for drying of seedless grapes by the combined way (convection and currents of ultrahigh frequency in a pulse mode) is presented and described. Installation represents the three-level tape dryer which feature is its division into levels according to the drying periods. As the technological line on manufacture of dried seedless grapes by the combined way is presented. The used technology allows to mechanise in a greater degree process, to receive a quality product, and as to reduce losses and expenses by its manufacture.

Prezentat la redacție la 07.06.09

УДК 664.834:635.162

## АНАЛИЗ ОБОБЩЕННЫХ КРИВЫХ СУШКИ КОРНЕЙ ХРЕНА

**Андрей Лупашко**, проф. докт. хаб.; **Алёна Гендов-Мошану**, доц. докт.;  
**Олеся Андроник**, аспирант  
(Технический Университет Молдовы, Молдова)

В данной работе представлены кривые сушки корней хрена при конвективном и комбинированном энергоподводе. Представлены возможность использования метода обобщения кривых сушки, полученных при различных режимах, но при одинаковом начальном влагосодержании в единую кривую, т.е. возможности построения по имеющейся обобщенной кривой сушки семейства кривых, соответствующих различным режимам сушки, не проводя при этом дополнительных опытов.

Особое значение в последнее время приобретают вопросы, связанные с использованием сырья как пищевой, так и медико-биологической направленности. Таким продуктом является и корень хрена. Известно, что корень хрена содержит воды 77-89 %, жиров 0,3-0,4 %, экстракционных азотистых веществ 18 %, целлюлозы 2,5-3 %, золы 1,5 %, витамина С-100 мг % и значительное количество минералов, в особенности Na, Ca, K, Mg и др. [4]. Это растение обладает горьким вкусом и специфическим запахом благодаря содержанию синигрина (глюкозид – фитонцидный продукт), который под действием фермента мирозина разлагается и образует аллиловое горчичное масло. В процессе сушки происходит концентрация веществ в продукте.

В своей технологической переработке корень хрена подвергается процессу сушки. Обычно сушка корней хрена происходит в домашних условиях традиционными методами, а именно: сушкой в духовках или сушкой на открытом воздухе. Эти методы имеют свои недостатки, как длительность процесса сушки, неравномерное нагревание слоев, перегрев слоев продукта соприкасающихся с нагревающей поверхностью.

Для устранения вышеперечисленных недостатков предлагается использовать метод сушки с применением сверхвысокочастотных волн (микроволн) в комбинации с конвекцией.

Исследование кинетики процесса сушки проводилось при помощи лабораторной установки, которая сконструирована на основе микроволновой печи Bosch с номинальной мощностью магнетрона 1,5 кВт и частотой электромагнитного поля 2450 МГц [1]. Была проведена сушка корней хрена с различными видами энергоподвода: конвекция, при температуре сушильного агента от 60 °С до 100 °С с интервалом в 10 °С, и конвекция с микроволнами, при тех же температурах сушильного агента и мощности магнетрона 90 Вт, 180 Вт и 360 Вт. Корни хрена сушились от влажности 72,8% до влажности 5%.

Данные, полученные экспериментально, были обработаны графическими и математическими методами.

На рис. 1 (а) представлены, кривые сушки грибов при конвективном подводе тепла. Кривые сушки получают непосредственно из опыта путем фиксирования убыли влагосодержания материала во времени при сушке.

Из кривых сушки корней хрена (рис. 1. (а)) конвективным методом видно, что с увеличением температуры сушильного агента длительность процесса сушки уменьшается. Например, при температуре сушильного агента 60 °С процесс сушки от начальной влажности 72,8 % до влажности в 5 % составил 140 минут, а при температуре 100 °С сушка длилась 80 минут. Таким образом, длительность процесса сушки корней хрена уменьшается одновременно с увеличением температуры сушильного агента в 1,7 раз.

На рис. 1 (б) представлены кривые сушки корней хрена с применением комбинированного подвода тепла: конвекции при температуре сушильного агента от 60 °С до 100 °С и микроволн при мощности магнетрона 180 Вт. Как при конвекций видно что время процесса сушки уменьшается с ростом температуры сушильного агента. Так при 60 °С время процесса сушки составляет 75 минут, а для температуре 100 °С 42 минут. При этом характер кривых не отходит от общепринятых литературных данных.

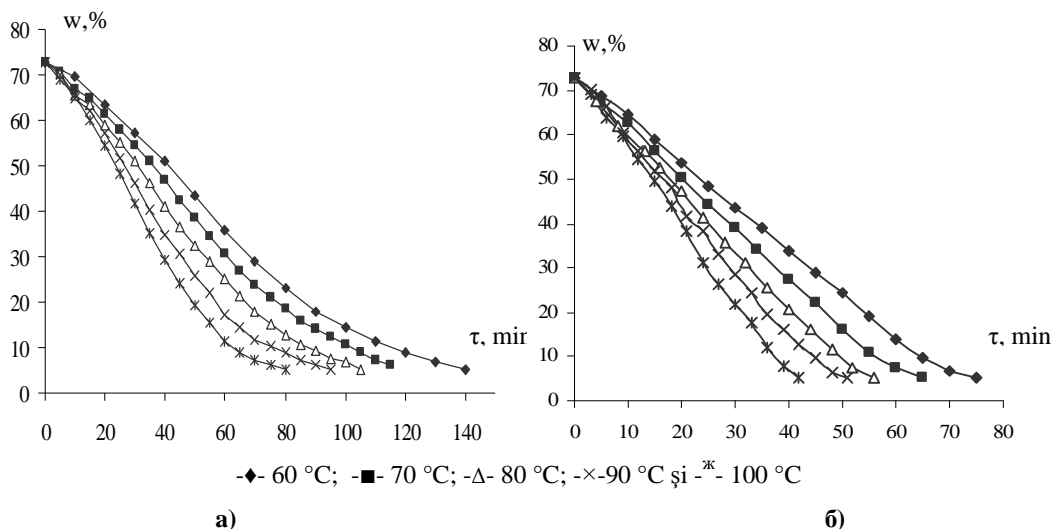


Рис. 1. Кривые сушки корней хрена при конвективном. (а) и при комбинированном (б) энергоподводе, при мощности магнетрона 180 Вт

Сравнивая конвективный и комбинированный метод сушки корней хрена, заметна интенсификация процесса сушки. Так, время процесса сушки при температуре сушильного агента 100 °С с использованием микроволн, уменьшается в два раза, а максимальная скорость сушки увеличивается в 1,5 раза в сравнении с конвективным методом. Интенсификация этого процесса объясняется тем, что при комбинированном энергоподводе с использованием микроволн нагрев продукта происходит изнутри, так как градиенты температуры и влажности имеют одинаковое направление, а при конвективной сушке противоположенное.

Чтобы получить влияние параметров режима сушки на интенсивность испарения влаги необходимо большое количество опытов.

В работах [2, 3] предложено по единственной кривой сушки конкретного материала, полученной при любом режиме, строить обобщенную кривую сушки. Она позволяет перейти от данного конкретного опыта к количественным результатам множества случаев, отвечающих различным режимам сушки, но определенному начальному влагосодержанию без проведения дополнительных опытов.

Рассмотрим возможность использования метода обобщения кривых сушки, полученных при различных режимах, но при одинаковом начальном влагосодержании в единую кривую, т.е. возможности построения по имеющейся обобщенной кривой сушки семейства кривых, соответствующих различным режимам сушки, не проводя при этом дополнительных опытов.

Полученные кривые сушки, согласно [2, 3] сведены в одну обобщенную кривую, которая показана на рис 2 (а) для конвективном энергоподводе и на рис 2 (б) для комбинированном энергоподводе: конвекция и микроволны, при мощности магнетрона 180 Вт.

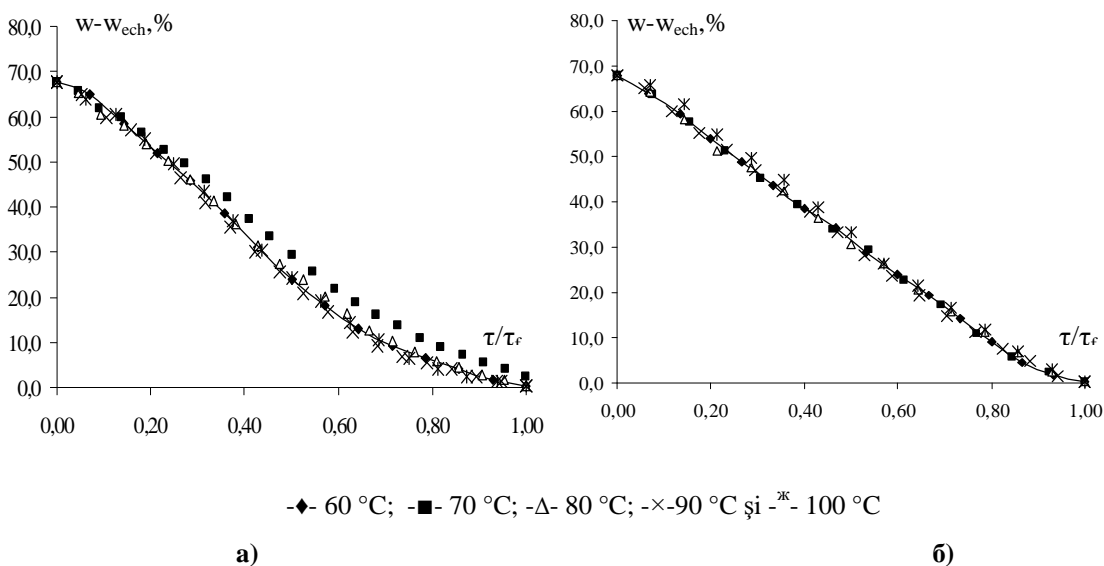


Рис.2. Обобщенные кривые сушки корней хрена, при конвективном (а) и при комбинированном (б) энергоподводе, при мощности магнетрона 180 Вт

Как видно из рис. 2 (а) практически все кривые сушки, построенные для случая конвективного энергоподвода в данных координатах и для исследуемых температурах сушильного агента 60, 70, 80, 90 и 100°C ложатся на одну обобщенную кривую. Таким образом, исходя из обобщенной кривой (рис. 2 (а)) для случая конвективной сушки корней хрена, можно построить кривую сушки для любой температуры входящей в пределы 60 – 100 °C.

Такая же картина наблюдается и на обобщенной кривой сушки для комбинированного энергоподвода (рис. 2 (б)). Сравнивая обобщенные кривые, отмеченные на рис. 2 (а) и на рис. 2 (б) можно заметить отличие в характере кривых. По всей вероятности, связано это с разнонаправленностью градиентов влагосодержания. При конвективном энергоподводе градиент влагосодержания направлен от поверхности корней хрена к его центру, а при комбинированном энергоподводе наоборот, от центра к поверхности продукта.

### Список литературы

1. Lupașco, A., Stoicev, P., Bernic, M. și al. Instalația de laborator pentru cercetarea caracteristicilor cinetice în procesul de uscare a produselor vegetale. Fizică și Tehnică: Procese, modele, experimente. – Bălți: Universitatea de Stat „Alec Russo”, Nr.1, 2007 p. 78-82.
2. Красников, В. В. Инж. – физ. ж, 19 № 1, 1970.
3. Красников, В. В., Данилов, В.А. Инж. – физ. ж, 11 № 4, 1966.
4. Химический состав пищевых продуктов/ Справочные таблицы содержания основных пищевых веществ и энергической ценности пищевых продуктов//Под ред. акад. АМН СССР А.А. Покровского. –М.: Пищевая промышленность, 1979. -228с.

CZU: 664.834:635.162

## THE ANALYSIS OF THE GENERALIZED CURVES OF DRYING OF ROOTS OF A HORSE-RADISH

**Andrei Lupașco**, Professor, Doctor Habilitat; **Aliona Ghendov-Mosanu**, Associate Professor, PhD; **Olesea Andronic**, post-graduate student  
(Technical University of Moldova, Republic of Moldova)

In this work is presented curves of drying of horse-radish at of the convection heat supply and the combined power supply: convection and microwaves. Presented the possibility of using a method of generalization of curves of the drying received at various modes, but at identical initial moisture in a uniform curve, i.e. construction possibilities on the available generalized curve of drying of family of the curves corresponding to various modes of drying, without spending thus additional experiences.

Prezentat la redacție la 07.06.09



---

## Exigențe privind prezentarea lucrărilor științifice pentru revista „Fizică și tehnică: Procese, modele, experimente”

### I. Destinația revistei

Materialele prezentate vor reflecta realizările obținute în ultimii ani în cadrul catedrelor, laboratoarelor de cercetări științifice ale USB, instituțiilor de învățământ și de cercetare din Republica Moldova și de peste hotarele ei.

### II. Cerințe față de articolele prezentate

#### 1. Dispoziții generale

Nu se vor admite pentru publicare materiale care au fost publicate în alte ediții. Articolele vor fi însoțite de extrasul din procesul verbal al ședinței de catedră, al laboratorului sau seminarului științific la care au fost discutate și propuse pentru publicare. Lucrările primite la redacție vor fi recenzate de specialiști calificați în domeniul respectiv, numiți de colegiul de redacție.

#### 2. Structura lucrărilor și regulile de prezentare

O persoană poate fi autor sau/și coautor la maximum două articole. Volumul unui articol nu va depăși, ca regulă, 7 pagini.

Fiecare articol va cuprinde:

- CZU;
- titlul în limbile română /rusă și engleză;
- date despre autor/autori în limbile română/rusă și engleză;
- rezumatul în limbile română/rusă și engleză;
- articolul propriu-zis;
- bibliografie.

#### 2.1. Întrebuințarea suportului electronic

Materialele vor fi redactate în **Microsoft Word**, fontul **Times New Roman** și vor fi prezentate pe foi în formatul B5 (257X182mm). Parametrii paginii: 25 - stînga (Left), 20 - sus (Top), 20 - jos (Bottom), 15 - dreapta (Right), 17,5 - antet (Header), 0 - subantet (Footer), orientarea portret. Dimensiunile fontului de imprimare - 12 points. Aliniatale – 1 cm. Spațiul dintre liniile (Line Spacing) aceluiași paragraf, inclusiv titlul lucrării și informațiile despre autori - un interval. Se va accepta cu trecerea cuvintelor dintr-un rînd în altul. Ultima pagină, în limita posibilităților, va fi completă.



## 2.2. Structura articolului

*CZU* se va situa în partea stîngă a paginii.

*Titlul* se va da complet, maximum 3 rînduri, pe toată lățimea paginii (14 points, BOLD, CENTER, ALL CAPS).

*Informațiile despre autori* se vor da cu aldine, în limba în care este scrisă lucrarea, în următoarea consecutivitate: Prenumele și Numele autorului (complet), afilierea. Dacă coautorii lucrării sînt angajații aceleiași instituții, denumirea ei se va da o singură dată.

*Rezumatul* va cuprinde descrierea succintă a obiectului, metodelor și rezultatelor cercetării și nu va depăși 10 rînduri. Mărimea caracterilor – 10 points. Cuvîntul „Rezumat” nu se va indica.

*Introducerea* va reflecta stadiul actual al cercetărilor în domeniu. În caz de necesitate, va cuprinde o scurtă analiză istorică. Introducerea se va încheia cu expunerea scopului lucrării.

*Conținutul lucrării* va include expunerea metodicii cercetării (experimentală sau teoretică), obiectul cercetării, echipamentul, metodele de măsurare și de observare, precizia și erorile metodicii experimentului. Se vor indica rezultatele obținute și analiza lor. Nu se va admite repetarea datelor în tabele, desene și texte.

*În concluzii* se va expune succint esența cercetării efectuate, relievăndu-se importanța și gradul de noutate a rezultatelor obținute.

Titlul fiecărui paragraf se va evidenția cu aldine. Titlurile de capitol vor fi separate de textul curent printr-un spațiu.

În fața textului fiecare titlu de subcapitol cu doi indici se lasă un spațiu liber de un rînd. Aliniatele se vor marca prin introducerea unui „<Tab>”. Pentru scoaterea în relief a unor concepte se vor folosi aldinele (**fără subliniere**).

*Tabele* se vor numerota cu cifre arabe în partea dreaptă, la sfîrșitul rîndului (de ex.: „Tabelul 1”), după care, în următorul rînd, va urma denumirea și tabelul propriu-zis. Tabelele vor fi separate de textul curent printr-un spațiu. Toate liniile ce formează coroiajul tabelului vor avea aceeași grosime (1 points). În tabela textuală cifrele se vor scrie cu fontul 10 points, normal. Dacă textul va conține un singur tabel, acesta nu se va numerota.

*Ilustrațiile* (figurile, schemele, diagramele, fotografiile etc.) se vor prezintă în alb-negru, inserate în textul de bază sau pe foi aparte. Toate figurile se vor numerota cu cifre arabe (în ordinea apariției lor în lucrare), după care se va da legenda lor. Toate semnele sau marcările ilustrate se vor defini în legendă. În cazul mărimilor fizice, se vor indica unitățile de măsură. Dacă lucrarea va conține o singură figură, ea nu se va numerota. Figurile vor fi separate de textul curent printr-un spațiu. Fotografiile introduse în text se vor scana cu o rezoluție de minim 300 dpi (preferabil 600 dpi) și se vor prelucra pentru un contrast bun.

**Nu se admite lipirea fotografiilor sau desenelor pe foi separate.** Adnotările de pe figuri se vor face în cifre sau litere cu înălțimea caracterelor echivalentă fontului 10 points. Legenda se va culege cu 10 points.

*Formule matematice.* Toate formulele matematice se vor scrie, **ÎN MOD OBLIGATORIU**, cu editorul de ecuații din procesorul de texte Microsoft Word for Windows'95/, 97/, 98/, 2000, (Version 6.0/, Version 7.0, 2000) italice, centrat, prin culegerea fiecăreia din rând nou. Exigențele corespunzătoare vor urma imediat după formulă și se vor introduce prin „unde”, respectându-se ordinea semnelor din ecuație sau relație. Dacă textul va conține mai multe ecuații sau relații, acestea se vor numerota cu cifre arabe la sfârșitul rândului, în partea dreaptă a foii. După descifrarea simbolului-literă, se va pune virgula, apoi se va indica unitatea de măsură.

Unitățile de măsură ale mărimilor fizice se vor prezenta în sistemul internațional de unități (SI).

*Bibliografia* Termenul „Bibliografie” va fi separat de textul curent prin spațiu. În text, referințele se vor insera prin cifre încadrate între croșete, de exemplu: [2],[5-7], și se vor prezenta la sfârșitul articolului într-o listă aparte, în ordinea apariției lor în text. Referințele bibliografice se vor da în limba originalului. Nu se vor accepta referințe la surse nepublicate.

Referințele vor fi prezenta în modul următor:

- a) revistele și culegerile de articole: numele autorilor, titlul articolului, denumirea revistei (culegerii) cu paginile de început și sfârșit (ex.: Castro P. R- curve behavior of a struct ural steel //Engl. Fract. Mech.-1984.-V.19.-N2.-P341-357);
- b) cărțile: numele autorilor, denumirea completă a cărții, locul editării, anul editării, numărul total de pagini (de ex.: Матвеев А.Н Молекулярная физика: Учеб. для физ. Спец. вузов.-2-е изд., перераб. и доп.-М.:Высш. шк.,1987.-360с.);
- c) referințe la brevete (adeverințe de autor): în afară de autori, denumire și număr, se indică și denumirea, anul și numărul Buletinului de invenții în care a fost publicat brevetul (ex.: Nicolescu A. Robot indrustial// Brevet de invenție nr. 1344 MD. Publ- BOPI, nr.7,1996);
- d) în cazul tezelor de doctorat, referințele se dau la autoreferat, nu la teză (ex.: Bologa A. Generarea și utilizarea electroaerosolilor apoși/ Autoreferat al tezei de doctor habilitat în științe tehnice.- Chișinău,1998.-16p.).

### 3. Observații finale

Informația despre autori și rezumatele în alte limbi decît originalul se vor plasa după bibliografie. Conținutul rezumatului expus în trei limbi va fi identic.

Materialul cules se va prezenta pe dischetă, precum și într-un exemplar printat (cu contrastul bun) semnat de toți autorii (după bibliografie).

Pentru relații suplimentare se va indica adresa, numărul de telefon și E-mailul unuia dintre autori.

Articolele care nu vor corespunde cerințelor expuse, normelor limbii și stilului vor fi respinse.

Materialele prezentate la redacție nu se vor restitui autorului.

---

În revistă se publică articole științifice ce țin de următoarele domenii de cercetare:

- propagarea undelor de radio în diverse medii;
  - elaborarea dispozitivelor electronice analogico-numerice;
  - elaborarea laserilor și aplicarea lor în tehnologiile de prelucrare a materialelor;
  - studierea influenței factorilor exteriori asupra proprietăților fizice ale substanței;
  - tehnologii clasice și neconvenționale de prelucrare a materialelor.
- 

*The journal publishes scientific articles that cover the following research fields:*

- *radio-wave propagation in various media;*
  - *elaboration of analogo-numeric electronic devices;*
  - *elaboration of lasers and their application in materials processing technologies;*
  - *study of the influence of exterior factors on physical properties of substances;*
  - *classical and unconventional technologies of materials processing.*
- 

Журнал принимает к публикации работы, связанные со следующими областями научных исследований:

- распространение радиоволн в различных средах;
- разработка аналого-цифровых электронных устройств;
- разработка лазеров и их применение в технологии обработки материалов;
- изучение влияния внешних факторов на физические свойства веществ;
- классические и нетрадиционные технологии обработки материалов.



# **FIZICĂ ȘI TEHNICĂ:** **Procese, modele, experimente**

**Revistă științifică a profilului de cercetare  
“Proprietățile fizice ale substanțelor în diverse stări”**