

MECANISMUL ȘI PARTICULARITĂȚILE PROCESULUI CONTINUU DE VIBROEXTRACTARE A MATERIEI PRIME VEGETALE

V. Zavyalov, dr.conf., V. Bodrov, dr.conf., Iu. Zaporozecz, dr.conf., T. Misyura, dr.conf., N. Popova, dr.conf., V. Decanschii, drd

Universitatea Națională a Tehnologiilor Alimentare, Kiev

INTRODUCERE

Dezvoltarea industriei în condiții economice noi este caracterizată prin crearea sistemelor complexe pentru utilizarea rațională și prelucrarea profundă a materiei prime vegetale, implementarea tehnologiilor fără deșeuri.

Sporirea producției, eficienței sale în toate ramurile industriei prelucrătoare în mare măsură depind nu doar de materia primă vegetală și calitatea ei, dar și de gradul de extragere a componentelor valoroase din aceasta.

În majoritatea ramurilor industriei alimentare, cum ar fi: vinicolă, de conservare, de zahăr, ulei, farmaceutică, de producere a amidonului, în care anual se procesează milioane de tone de legume și fructe – aceste obiective sunt deosebit de relevante.

De regulă materia primă vegetală pregătită pentru extractare, nu are porozitatea naturală suficientă pentru extragerea contracurentă, greu se transportă și se poate comprima. Din acest motiv asigurarea condițiilor optime de lucru pentru asigurarea procesului de extragere prin metode tradiționale se complică pe de o parte de către proprietățile menționate ale materiei prime, pe de alta – posibilitățile procesual tehnologice și constructive ale aparatelor existente.

În legătură cu cele expuse, una dintre cele mai eficiente modalități de intensificare a procesului de extracție este utilizarea regimurilor intensive hidrodinamice. Printre dispozitivele cunoscute care utilizează astfel de regimuri de perspectivă sunt extractoarele vibratoare. Acestea se manifestă prin viteza relativă înaltă a interacțiunii fazelor, executarea tehnologică și simplitatea în exploatare. Aparatele de acest tip sunt capabile să funcționeze în regim de intensă turbulență a curentului – amestecuri a fazelor de interacțiune. Astfel de activizare a suprafeței conduce la majorarea instantanee a forței motrice și la reducerea rezistenței difuzive a procesului. Ea este asigurată de către jeturile turbulente a amestecului și a mecanismelor vibratoare de amestecare montate în camera de lucru a aparatului.

1. Materiale și metode

Metodele cercetării includ modelarea analitică, experimente multifactoriale, cercetare la nivel

industrial, metode tipice de determinare a parametrilor de calitate ale extractelor materiei prime. Raza de distribuție a jeturilor turbulente pulsante, generate de către elementele vibrante a organelor de amestecare sa determinat cu ajutorul țevilor Pitot-Prandtl conform indicațiilor manometrelor diferențiale. Prelucrarea datelor experimentale și calculele au fost efectuate cu utilizarea sistemelor moderne de integrare MathCAD 15 KOMPIAC – 3D V13, AutoCAD 2012, CorellDraw X5 și altele.

2. REZULTATE ȘI ANALIZE

2.1. Particularitățile constructive ale vibroextractorului cu funcționare continuă

Extragerea prin vibrație este un proces tehnologic nou, teoria extragerii prin vibrație este complexă și se află la începutul dezvoltării. În ultimii ani la catedra Procese și Aparare în Industria Alimentară a Universității Naționale de Tehnologii Alimentare au fost obținute rezultate deosebite referitoare la cinetica și mecanismul de extracție vibratoare în contracurent și ca rezultat – elaborarea și implementarea a noi construcții de extractoare din sistema de transportare vibratoare (fig.1) [1].

Aparatul constă dintr-o coloană cilindrică 1 cu un dispozitiv în formă de U 2, dotat cu raclete transversale 3 (fig.2), care sunt fixate în mod consecutiv pe niște axe verticale 4 și 5 și realizează o deviere de o jumătate de perioadă a undelor armonioase. Mecanismul de acționare cu vibrații 9, dotat cu mecanism bielă manivelă asigură fixarea amplitudinii și a frecvenței de mișcare a tije. Pentru descărcarea aparatului de materia primă extrasă se prevede racleta 6 cu jgheabul 7. pentru introducerea agentului de extracție în aparat pe talerul superior este amplasat un dispozitiv de stropire 10. Principiul de funcționare al aparatului și al mecanismului de realizare în contracurent pe vibrotransportor este clar reprezentat și descris în [2].

Jeturile turbulente pulsatoare care sunt generate de elementele vibratoare (duze) creează condiții optime hidrodinamice pentru schimbul de masă în contracurent grație microdeplasării

intensive în secțiunea transversală a camerei de lucru a aparatului și cu un schimb de masă minimal în direcție longitudinală. Suprafața dintre faze creată în timpul procedurii în prezența unei turbulențe foarte intensive în locul amplasării talerului creează condiții pentru un schimb de masă intensiv. În același timp durata aflării tuturor particulelor în camera de lucru a aparatului este una și aceeași. Ultimul factor se adevărește de rezultatele experimentale de determinare a nivelului deplasării longitudinale care se poate urmări pe curbele reprezentate pe traseul lor. (c – curbe, în baza modelului de difuzie) [3].

Așadar, coeficienții deplasării longitudinale calculați cu utilizarea datelor obținute $D_L = (1,32 \cdot 10^{-4} \dots 2,02 \cdot 10^{-4}) \text{ m/s}^2$ se află la un nivel admisibil pentru aparatele de extracție.

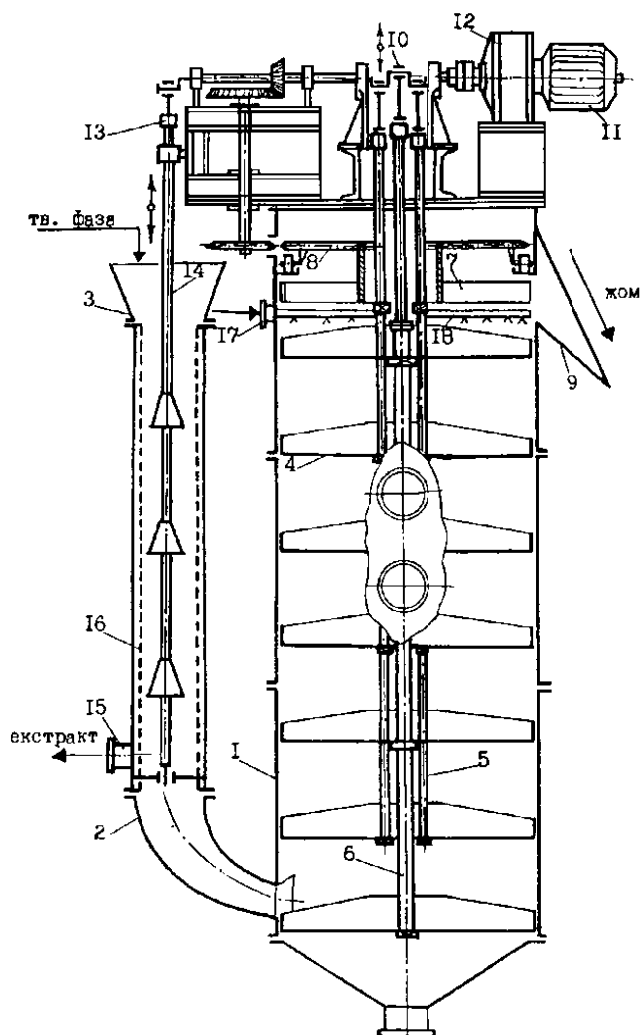


Figura 1. Schema vibroextractorului: 1 – corpul aparatului; 2 – dispozitiv de încărcare; 3 – taler vibrotransportator; 4, 5 – tije; 6 – jgheab; 7 – tavă; 8 – mecanism de descărcare; 9 – mecanism de acționare cu vibrații; 10 – stropitor.

2.2. Rezultatele cercetării în domeniul răspândirii jeturilor pulsatoare

Rezultatele cercetării experimentale distanței de acționare a jeturilor pulsatoare care determină deplasarea longitudinală sunt generalizate prin expresia:

$$\text{Str} = c \left[d_c \varepsilon / 2A(1 - \varepsilon) \right]^{0,85} \cdot \text{Re}_n^m, \quad (1)$$

unde $\text{Str} = L_0 \varepsilon / 2A(1 - \varepsilon)$ – numărul Struhal (raportul duratei de deplasare a frontului de jeturi la distanța L_0 cu o viteză oarecare la perioada vibrațiilor talerului);

L_0 – distanța de la talerul vibrator corespunde reducerii vitezei jetului la o ordine;

$\text{Re}_n = 4A^2 f(1 - \varepsilon) / \varepsilon \nu$ – criteriul lui Reynolds a jetului pulsator;

ν – viscozitatea cinematică a apei;

m – indicele puterii, 1,05 în regim laminar ($\text{Re}_n < 2,3 \cdot 10^3$) și 1,76 în regim turbulent ($2,3 \cdot 10^3 < \text{Re}_n < 5 \cdot 10^3$);

A și f – respectiv amplitudinea și frecvența undelor sistemului de vibrotransportare;

ε – secțiune vie a talerului ($\varepsilon = 0,055 \dots 0,142$);

d_c – diametrul duzei

În baza expresiilor obținute se poate calcula valoarea lui L_0 care este determinantă pentru calculul și optimizarea funcționării vibrotransportorului [4].

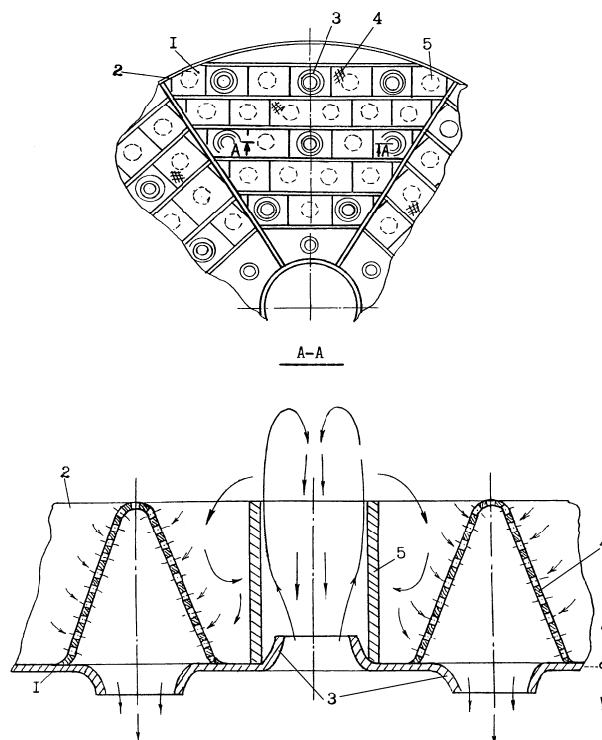


Figura 2. Taler vibrotransportator: 1 – disc cu duze; 2 – bord; 3 – duză; 4 – element filtrant; 5 – conductă.

Au fost cercetate și recomandate pentru industrie construcțiile dispozitivelor vibrotransportoare bazate pe cunoștințele fundamentale despre hidrodinamica jeturilor turbulente pulsatoare [5,17].

S-a stabilit că jetul pulsator generat de duzele transportatoare (4, fig. 2) este compus din inele circulare nestaționare în spațiu și timp și care urmează unul după altul.

Rezultatele cercetărilor fluxurilor pulsatoare în regim de mișcare turbulentă sunt generalizate în formă de funcție a vitezei relative (w_L / w_0) de caracteristica spațială funcțională $\eta_f = l/l_f$ (fig.3), în care w_L este viteza integrală medie a jetului pulsator pe secțiune timp de o perioadă a vibrației;

$$w_0 = \frac{2fA(1-\varepsilon)}{\varepsilon} \text{ - viteza inițială a jetului pulsator;}$$

$l = L / r$ - distanța relativă; L - distanța dată de la șicană; r_c - raza duzei; l - o așa valoare e $w_L / w_0 = e^{-1}$ la care e - baza logaritmului natural..

În aceste funcții spațiale în coordonatele de timp (fig.3) tot lotul de date este generalizat la η_f valoarea luți critică mai mică se determină cu expresia cunoscută a lui Șlichting

$$(\eta)_{fK} = \frac{0,1 \cdot e \cdot \ln 10}{(1 - e^{0,5})^{\frac{2}{3}}} = 1.1656538 \text{ pentru un profil}$$

universal de viteze în urmele turbulente îndepărtate

$$\frac{w_L}{w_0} = \left[1 - \left(\frac{\eta_f \cdot l_f}{l_0} \right)^{\frac{3}{2}} \right]^2, \quad (2)$$

iar pentru $\eta_f > (\eta)_{fK}$ cu expresia:

$$(\eta_f)^3 \left(\frac{w_L}{w_0} \right)^2 = C_T, \quad (3)$$

unde:

$$C_T = (\eta)_{fK}^3 \left[1 - (\eta_f)_{fK}^{\frac{3}{2}} (1 - e^{-0,5}) \right]^4 = 0.10286 \quad (4)$$

reprezintă o constantă funcțională [5];

$l_0 = L_0 / r_c$ - prezentarea relativă a distanței de răspândire a jetului pulsator turbulent;

L_0 - valoarea lui absolută.

Valoarea teoretică $(l_f / l_0)_T = (1 - e^{-0,5})^{\frac{2}{3}} = 53695838$.

Determinând în baza funcției (w_L / w_0) de l - valoarea experimentală l_f , devine posibil de determinat L_k și w_L - necesare la construirea vibroextractorului. Așadar, în corespundere cu cele menționate anterior, s-a stabilit posibilitatea utilizării legilor fundamentale pentru calculul jeturilor pulsatoare turbulente și turbulente hidrodinamice.

2.3. Studiul privind transferul de masă la extragerea vibratoare

S-a cercetat acțiunea parametrilor constructivi și de regim care determină valoarea interacțiunii interfazice asupra coeficienților cinematici la extragerea rumegușului din sfecla de zahăr [6]. În condiții de laborator frecvența vibrațiilor sistemului vibrotransportor varia în limitele (2...4) Hz, amplitudinea - (5...15) * 10⁻³ m ; raportul masei solide și lichide - (0,25...0,85); temperatura amestecului suc + tescovină se menținea în limitele (340...350) K.

Pentru aprecierea caracteristicilor schimbului de masă ale vibroextractorului s-a determinat coeficientul suprafeței active f_n , care este proporțional raportului dintre suprafața activă a particulelor implicate în procesul de extracție și suprafața lor totală: $D = f_n D_T$,

unde D - coeficientul difuziei țesuturilor materiei prime, obținut prin metoda V.M. Lyseanskij [1] în lipsa ecranizării suprafeței de către alte particule; D_T - coeficientul difuziei, determinat de parametrii de regim de lucru al aparatului.

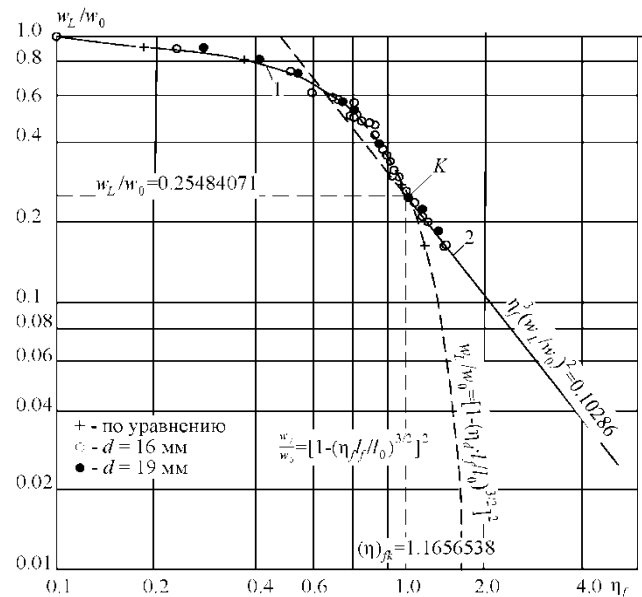


Figura 3. Generalizarea datelor experimentale privind cercetarea jeturilor turbulente hidrodinamice pulsatoare în profil adimensional în raport cu:

1 - conform ecuației Schlichting; 2 - conform ecuației (2)

Dependența coeficienților de transfer de masă β și activitatea suprafeței f_n de viteza inițială medie de întregare în perioada vibrațiilor cum e arătat în fig.4 , nu este legat de crearea vitezei.

Pentru cazul când valorile $w_0 > 0,3$ m/s, apare o majorarea bruscă a coeficienților β și f_n , ce corespunde modificărilor regimului hidrodinamic al aparatului, adică cu majorarea intensității vibrațiilor

se mărește viteza mișcării relative a fazei și apar condiții, când brusc se micșorează diferența difuză externă și corespunzător se mărește coeficientul de transfer de masă.

Rezultatele cercetării generalizate a caracteristicilor schimbului de masă a vibroextractorului sunt prezentate în fig. 5, unde $Nu_n = \beta_{\text{ексн}} \cdot d_e / f_n \cdot D_n$ - criteriul difuziei Nuselt; $Re = \overline{w}_L d_e / \nu_n$ - criteriul efectiv Renolds, care ia în considerație condițiile de ecranizare a suprafeței particulelor; $d_e = 2R_e$ - diametrul echivalent al particulei solide; ν_n - viscozitatea cinematică, difuziei soluției, $Pr_n = \nu_n / D_n$ - criteriul difuziei Prandtl.

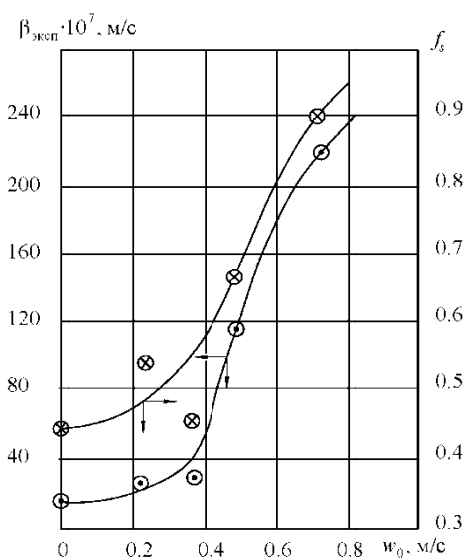


Figura 4. Dependenta coeficienților de schimb de masă și de activitatea a suprafeței de viteza medie integrală a curenților pulsați pentru perioada oscilațiilor.

Conform dependenței grafice se poate confirma că cel mai efectiv regim de lucru al vibroextractorului (trecerea sistemului în starea stratului pseudo fluidizat) are loc când $Re_e > 2300$ și anume parametrii acestui regim sunt considerați prioritari.

2.4. Cercetarea capacității de transportare a vibroextractorului

Cercetarea capacității elementelor de lucru a aparatului de a transporta materia primă cu diverse forme geometrice și proprietăți se efectua în așa sisteme: Tescovina – apă, hamei – apă, pulpă de sfeclă mărunțită – apă, rumeguș de stejar – apă [7].

Sunt cercetate două mecanisme de distribuire contracurent a fazelor ce interacționează. Primul – datorită diferenței forței motrice de filtrare, ce apare la schimbarea direcțiilor de mișcare a mediului prin duze cu rezistență hidraulică diferită și al doilea

sedimentar caracterizat de prezența conturilor circulare organizate, care se generează în orificiile duzelor: închis, localizat la o distanță anumită de la peretele despărțitor în direcția transportării fazei solide și deschisă din partea viceversa a talerului (fig. 2). Acțiunea acestor mecanisme este asigurată de raportul caracteristicilor geometrice optime ale elementelor de transport ale acestora și anume: înălțimea conductei către diametrul acesteia $H / D = 1,5 \dots 3$, diametrul conductei către diametrul duzei $D / d_c = 1,5 \dots 2,5$.

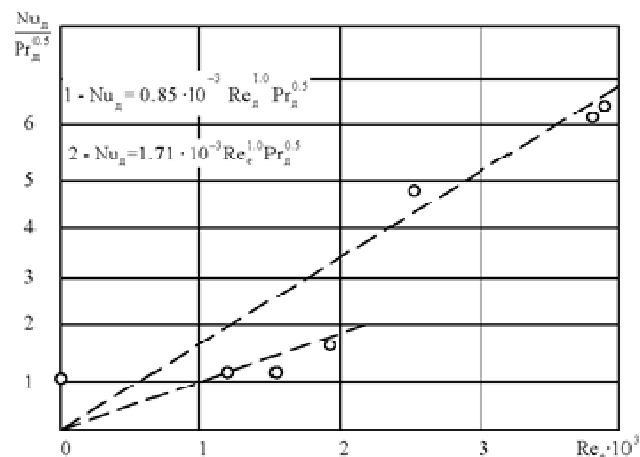


Figura 5. Generalizarea datelor experimentale asupra cercetărilor caracteristicilor de transfer de masă a vibroextractorului.

Construcția propusă a vibroextractorului poate fi utilizată în diferite ramuri a industriei alimentare: în cea de zahăr – pentru utilizarea rațională a șrotului de sfeclă, în vinificație și conservare – pentru extragerea coloranților alimentari și a substanțelor aromatice din fructele și pomușoarele respective, în producerea berii – pentru obținerea extractului de hamei, în farmaceutică – pentru extracția substanțelor medicamentoase.

Sunt elaborate și recomandate scheme tehnologice de utilizare a vibroextractorului cercetat și experimentat pentru fiecare caz în parte.

CONCLUZII

Suprapunerea vibrațiilor mecanice de frecvență redusă asupra mediilor de interacțiune prin dispozitivele vibrotransportoare reprezintă o metodă eficace de intensificare a procesului de extracție duce la micșorarea rezistenței exterioară de difuziune și tinde de a aduce suprafața activă de transfer de masă la 100%.

S-a constatat că activizarea suprafeței interfaze a extragerii prin vibrații din materia primă vegetală este asigurată de generarea jeturilor turbulente pulsatoare de către elementele dispozi-

tivelor vibrotransportoare, care creează totodată procese de amestecare și distribuirea contracurent a fazelor. Vibrațiile mecanice de frecvență redusă cu frecvența până la 4 Hz nu creează amestecarea semnificativă longitudinală. Elaborarea modelelor matematice ale fluxurilor și schimbului de masă pot fi considerate drept bază pentru rezolvarea problemelor de optimizare.

Parametrii optimali constructivi și de lucru ai vibrotransportorului sunt stabiliți pentru un schimb de masă în condițiile extragerii componentelor din hamei cu apă și posedă o capacitate sporită de transportare cu amestecare longitudinală redusă. Ei sunt: amplitudinea vibrațiilor $A = (10 \dots 15) \cdot 10^3 \text{ m}$, frecvența vibrațiilor $f = 2 \dots 4 \text{ Hz}$.

Utilizarea vibroextractoarelor este cea mai promițătoare, atunci când metodele tradiționale de extragere sunt ineficiente și anume – pentru sistem de materie primă vegetală dură – lichid.

Bibliografie

1. Zavyalov V.L., Zaporojeczi Iu.V., Ardinskij O.V. Pat. 92560 України, МПК В 01 D 11/02. - / № а 2009 06928; zayavl. 02.07.09; opubl. 26.10.09, Byul. №20.
2. Loboda P.P., Zavyalov V.L. Vibracijnij extractor. Patent Ukrainy № 3730. Opubl. 27.12.94 r. B. № 6-1.
3. Zavyalov V.L., Bodrov V.S., Misyura T.G., Popova N.V., Zaporojeczi Iu.V. Matematichnyj opis procesu protiteciynogo transportuvaniya tverdoj fazi pri neperervnomu vibroextraguvani / Vseukrainskij naukovu-tehnichniy jurnal „Vibracii v tehniczi ta tehnologiyah”. BHAY. – Vinniczya, 2011. – №3 (63) – s. 102-107.
4. Zavyalov B.L., Bodrov V.S., Misyura T.G., Popova N.V., Zaporojeczi Iu.V. Doslidjeniya efectivnosti zavnisniogo masoobminu pri vibroekstraguvaniya s roslinoj sirovini / Vseukrainskij naukovu-tehnichniy jurnal „Vibracii v tehniczi ta tehnologiyah”. Viniczkiy nacional'nyj agrarniy universitet. – Viniczia, 2010. – №4(60) – s. 101-105.
5. Zavyalov V.L., Bodrov V.S., Misyura T.G., Popova N.V. Rozrobleniya algoritmu viznacheniya tipu modeli gidrodinamichnoj structuri dvofaznogo potocu v robochomu obemi kolonogo vibroekstraktora bezperervnoi dii / Naukovi prați HYXT. – 2010. – №33. – s. 63-67.
6. Zavyalov V.L., Popova N.V., Nemirovich P.M., Misyura T.G. Rozroblenia tehnologii vibrobnictva natural'nogo harchovogo barvnika k vinogradnyh vichavok pri vikoristanni vibroekstragubanni / Harchova promislolisti. - 2010. – №9. – s. 102-104.
7. Zavyalov V.L., Zaporojeczi Iu.V., Bobrov V.C., Loboc O.P. Doslidjenniya structuri real'nyh potokiv v ekstraktori kolonogo tipu k vibruyuchoiu sistemoyu rozdilenniya faz / Vibracii v tehniczi ta tehnologiyah : Vseukrainskij naukovu-tehnichniy zhurnal / Viniczkiy derjavnyj agrarniy universitet. – Viniczya, 2008. - №1 (50). – s. 59-63.
8. Zavyalov V.L., Loboc O.P., Popova N.V., Bodrov V.S. Matematichna model' zovnisnyogo masoobminu periodichnogo vibroextraguvaniya k roslinoj sirovini / Naukovi prați Odeskoj nacional'noj academii harchovix tehnologij: zb. nauk praczi / Odeska nac. acad. harch. tehnologij. – Odessa, 2008. Vip. 32. – s. 88-93.
9. Zavyalov V.L., Popova N.V., Nemirovici P.M., Balian A.B., Cormos A.M. Doslidjennia ekstraguvannia flavonoidnih spoluk k lofantu i gisopu u vibroekstraktori / Vibracii v tehniczi ta tehnologiyah: Vseukrainskij naukovotexnichnyy zhurnal / Viniczkiy derjavnyj agrarniy universitet. – Viniczya, 2007. - №4 (49). – s. 13-17.
10. Zavyalov V.L., Popova N.V. Doslidjenniya ekstraguvannia flavonoidnih spoluk k lofantu i gisonu u vibroekstraktori / Vibracii v tehniczita tehnologiyah: Vseukrainskij naukovu-tehnichniy zhurnal / Viniczkiy derzhavnyj agrarniy universitet. Viniczya, 2007. - №4 (49). – s. 13-17.
11. Akseiltrud G.A., Lysyanskij B.M. Ekstragirovanie. Sistema tverdoe telo zhidkosti. – M.:Ximiya, 1974. – 256 s.
12. Zavyalov V.L. Tveordofaznyj extractor s protitechnym vibrotransportuvanniam faz. / Zb. Praczi III miyhnarodnoj nauk. texn. konf. Vibracii v texn. ta tehnologiyah, Evpatoriya 1998 r.
13. Loboda P.P., Zavyalov V.L. Primenenie vibroekstraktorov dlya pererabotki pishhevogo syr'ya i ego otxodov. / Pishh. prom-t': resp. mezhved. nauk. – texn. sb. - . – 1986. – s. 13-16.
14. Loboda P.P., Zavyalov V.L. Issledovanie gidrodinamiki vibroekstraktorov. // Pishh. Prom-t': Resp. mejved. naucin.-tehn. sb. -1987. – Vyp.33. – s.28-31
15. Loboda P.P., Zavyalov V.L. Zaconomernost' gidrodinamiki pul'siruyushhih struj v vibroekstraktorah. // Pihhs. Prom-t': Resp. mezhved. nauchn.-texn. sb. – 1992. – Vyp.38. – s.88-91.
16. Zavyalov V.L., Loboda P.P. Issledovanie massoobmenyx xarakteristik vibroekstraktora pri pererabotke rastitel'nogo syr'ya i ego otxodov. // Sb. Nauchn.trudov. Teplovyje massoobmennye processy v pishhevoj promyshlenosti – 1990. – Kiev, VMK BO. – s. 138-146.
17. Teoriya turbulentnyh struj / pod. red. Abramovicha G.N.// – M.: Nauka, –1984. –720 s.

Recmandat spre publicare: 26.12.2013.