**MODELING OF VIBROCENTRIFUGICAL ELECTRIC OSMOTICAL DEHYDRATING
OF WITH HIGH HUMIDITY***Palamarchuk Igor**Zozuliak Oksana**Zozuliak Igor**Novgorodska Nadia**Vinnitsa National Agrarian University**Паламарчук Ігор Павлович д.т.н., професор**Зозуляк Оксана Володимирівна асистент**Зозуляк Ігор Анатолійович к.т.н., ст. викладач**Новгородська Надія Володимирівна к.с.г.н., доцент**Вінницький національний аграрний університет*

Summari: *it used combine process of physical– mechanical and heat mass for effective dehydrating food of seeds which action contain complex technological operations, such as centrifugation, seals and vibration loosening, displacement electric osmotis drain, filtration and convective drying. This comprehensive technological performance ensures high performance, minimize damage seed, relatively low energy consumption. The criteria for evaluation were chosen basic parameters of that action which formed the above – mentioned processes, allowing for the most effective form of studied processes similarity criteria, such as the Reynolds number, Pecle, Stanton, Euler. Using the second similarity theory and the theory of dimensions it was drawn criterion equation for mass transfer process under study and algorithm of its basic characteristics, which are necessary for designing structures for the implementation of the present machine for dehydrating in complex technological activities during processing product with variety physical and mechanical properties.*

Keywords: *electric osmotical dehydrating, humidity, vibration loosening.*

Introduction

Designing processes and equipment dehydrating seed crops, including melons, should consider not only provide high productivity processing at moderate energy consumption, but also to minimize the damage of grains that directly affect the preservation of their physical, mechanical and chemical and biological properties and proves the relevance of these reseach.

The aim of the presented research is develop in theoretical framework for designing effective machines for energy consumption, survival initial properties of

treated products by selecting criteria for evaluation and filtering processes vibrocentrifugical electric osmotical dehydrating seeds, assembly criterion mass transfer equation taking into account the features of the present complex technological activities.

It were presented following tasks for resolve this goal:

– evaluation factor space to implement investigated vibrocentrifugical electric osmotical dehydrating and selection of key benchmarks;

– formation of criterion equation for the complex physical mechanical mass transfer process using the theory of dimensions;

– graph and analytical definition of power required ratios and final assembly process of mass transfer equation is investigated.

It expected the following characteristics of the process using the numerical values of mechanical and heat and mass parameters were derived from experimental studies.

Modified vibration Reynolds number we get when using identical parameters

$$Re_B = \frac{\rho d^2 f}{\mu} = \frac{d^2 f}{\nu} \quad (1)$$

ρ_{Π} – density products;

μ, ν – under the dynamic and kinetic viscosity;

d – characteristic size or diameter of the seed;

f – frequency vibration movement.

Modified vibration hell for vibroheat number of dehydrating



$$Pe_{\epsilon} = Re_{\epsilon} \cdot St \tag{2}$$

where $St = \frac{v}{D}$ – number of Stanton;

where D – diffusion coefficient (wet – air at 220C); $D = 0,216 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$
Modified vibration Stanton number can be written as

$$St_{\beta} = \frac{\beta}{df} \tag{3}$$

where β – coefficient of diffusion.

$E = \frac{E_0}{E_1}$ – specific electric field

E_0 and E_1 – initial and ongoing voltage electric osmotical activation in conditions of moisture movement.

If $E_1 = 1$

$E = \frac{1}{E_1}$ – dimensionless intensity electric osmotical action

$$Re_B = \frac{d^2 f}{\nu} \tag{4}$$

$$E_1 = \frac{F_{oc}}{\tau} \tag{5}$$

de F_{oc} – force osmotic pressure;

τ – processing.

$$Re_B = \frac{v \cdot d_{\Pi}}{\nu} \tag{6}$$

where v – the rate of convective flows;

d_{Π} – diameter pipe for supplying coolant.

Euler criterion:

$$Eu = \frac{F_M}{\rho v^2} \tag{7}$$

where F_M – mechanical centrifugal force: $F_M = \frac{m \cdot v_u^2}{r}$

r – the radius of the centrifuge;

v_u – linear speed centrifuge.

Modeling method of "analysis dimensions" conduct for the use of second– Buckingham theorem Federmena [1], allowing you to process experimental data in the form of criteria equations that make up this.

Factor space studied process up parameters are shown in Table 1.

Table 1

The main parameters of the process vibroheat electric osmotical dehydrating

№ P/P	Name		Dimension
1	The frequency of the vibrating action	f	s^{-1}
2	The density of the processed products	ρ_{Π}	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$
3	A typical size	d	m
4	Kinematic viscosity	ν	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-2}$
5	The diffusion coefficient	D	$\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}$
6	Mechanical centrifugal force	F_M	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}$
7	Tensions electric osmotical action	E_1	$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{s}$
8	Coefficient of diffusion	β	$\text{m} \text{ s}^{-1}$
9	Typical flow rate	v	$\text{m}^{-2} \text{ s}$

To compile options presented dimensional matrix of the studied power series (Table 2).



Based on the above it can be represented the required criteria for dependence the function $\beta = f(\rho_{II}, f, d, v, D, F, E, v)$ according to the principle is powers eries

$$\beta = A \cdot \rho^n \cdot f^m \cdot d^k \cdot D^q \cdot F_M^p \cdot E_1^r \cdot v^s \cdot v^l \quad (8)$$

For the present number of variables factor space 8 in three dimensions and number of dimensionless components for π - theorem is $8-3 = 5$.

Table 2

Matrix dimensions of the studied power series

Settings		f	ρ	d	v	D	F_M	E_1	v	β
m	kg		1				1	1		
L	m		-3	1	2	2	1	1	1	1
τ	s	-1			-1	-1	-2	-3	-1	-1
Degree coefficients		m	n	k	l	q	p	r	s	

It forms the following system of algebraic equations using the matrix presented in Table 4.2.

$$\begin{cases} n + p + r = 0 & (9) \\ -3n + k + 2l + 2q + p + r + s = 1 & (10) \\ -m - l - q - 2p - 3r - s = -1 & (11) \end{cases}$$

Considering equation (9) turns the equation (10) form ingas

$$-4n + k + 2l - 2q - s = 1 \quad (12)$$

As a result of the addition of (10) and (11) we obtain

$$-3n - m + k + l + q - p - 2r = 0 \quad (13)$$

Considering equation (9) turns the equation (13) to form

$$-n - m + k + l + q + p = 0 \quad (14)$$

With the resulting equations (9) ÷ (14) turns the equation (8) to the form

$$\begin{aligned} \frac{\beta}{df} &= \frac{1}{df} \cdot \left(\frac{d^2 f}{v}\right)^m \cdot \left(\frac{v}{d^2}\right)^m \cdot \left(\frac{F_m}{\rho v^2}\right)^p \cdot (\rho v^2)^p \cdot v^l \cdot \rho^n \cdot d^k \cdot D^q \cdot E_1^r \cdot v^s \Rightarrow \\ St &= Re_B^m \cdot Eu^p \cdot \left(\frac{v}{D}\right)^m \cdot \left(\frac{D}{d^2}\right)^m \cdot \frac{1}{df} \cdot v^l \cdot \rho^n \cdot d^k \cdot D^q \cdot E_1^r \cdot v^2 \Rightarrow \\ St &= Re_B^m \cdot Eu^p \cdot Sc^m \cdot \left(\frac{vd^2}{v}\right) \cdot \left(\frac{v}{d}\right)^s \cdot \left(\frac{D}{d^2}\right)^m \cdot \frac{1}{df} \cdot v^l \cdot \rho^n \cdot d^k \cdot D^q \cdot E^r \Rightarrow \\ St &= Pe_B^m \cdot Eu^p \cdot Re^s \cdot v^{(s+l)} \cdot D^{(m+q)} \cdot f^{-1} \cdot \rho^n \cdot E_1^r \cdot d^{(k-s-2m-1)} \end{aligned} \quad (15)$$

Equation (15) can be represented by the following components:

$$St = A \cdot Pe_B^m \cdot Eu^p \cdot Re^s \cdot E^r \quad (16)$$

where $A = v^{(s+l)} \cdot D^{(m+q)} \cdot f^{-1} \cdot \rho^n \cdot d^{(k-s-2m-1)}$ – DC component.

It use the database to the research process dehydrating to find a power coefficient.

The experiments were conducted at the change:

– the volume of product in the container: $\Pi=0,75$ та $\Pi=0,5$;

– frequency vibrations: $f=60, 70$ та 80 с– 1;

The surface area of grains F_{sep} , determined by the expression [1]

$$F_{sep} = 4\pi R(l + 3R), \quad (17)$$

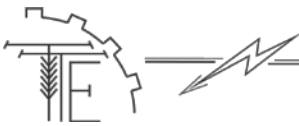
where R – radius given seed

$$R = \frac{5a + 6b}{60}, \quad (18)$$

de a – the thickness of the seed, $a = 3$ mm;

b – width seed, $b = 7$ mm;

l – length of grain, $l = 18$ mm;



$$R = \frac{5 \cdot 3 + 6 \cdot 7}{60} = 0,95 \text{ mm} \quad (19)$$

$$F_{sep} = 4 \cdot 3,14 \cdot 0,95(18 + 3 \cdot 0,95) = 248,8 \text{ mm}^2 \approx 2,48 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \quad (20)$$

Total weight of the grain in the container at P = 0,75% – 1,6 kg;

P = 0,5% – 1,3 kg;

Weight of 1000 pcs. grains – 195 grams. 1,65

The total number of grains in the container at P = 0,75% – 8205sht;

P = 0,5% – 6666sht;

The total surface area of grains at P = 0,75%

$$F = 8205 \cdot 2,48 \cdot 10^{-4} = 2,03 \text{ m}^2 \quad (21)$$

The total surface area of the grains in the P = 0,5%

$$F = 6666 \cdot 2,48 \cdot 10^{-4} = 1,65 \text{ m}^2 \quad (22)$$

All estimates are summarized in Table 4.

Definition of modified vibration numbers Pecle carry the formula $Pe_B = \frac{\rho d^2}{D}$

Modified vibration number Pecle at $f=60c^{-1}$;

$$Pe_B = \frac{60 \cdot (7 \cdot 10^{-3})^2}{0,216 \cdot 10^{-4}} = 1,36 \quad (23)$$

Modified vibration number Pecle at $f=70c^{-1}$;

$$Pe_B = \frac{70 \cdot (10^{-3})^2}{0,216 \cdot 10^{-4}} = 1,58 \quad (24)$$

Modified vibration number Pecle at $f=80c^{-1}$;

$$Pe_B = \frac{80 \cdot (0,6 \cdot 10^{-3})^2}{0,216 \cdot 10^{-4}} = 1,81 \quad (25)$$

$$M = \beta F (C_H - C_\tau) \quad (26)$$

where F – square of surface seed m^2 ;

C_H – concentration of humidity in air the saturated minds, kg / m^3 ;

C_τ – flow values of concentration the humidity in air $C_\tau = 13,764 \cdot 10^{-3} kg / m^3$.

Coefficient of mass diffusion:

$$\beta = \frac{M}{F(C_H - C_\tau)} \quad (27)$$

M – quantity of humidity which send off, $\left[\frac{m^3}{s} \right]$

Using i– d chart determines the value C_H set in tabulates 3. Also in the table puts calculated values M and β .

Indicators r , s , p , m and A find the results of graphic– analytical analysis using the following methods [2].

For generalized to Table 4 we plot the function $St = f(E)$, which in Figure 1.

Using the graph function $St = f(E)$ find the exponent r (Fig. 1).

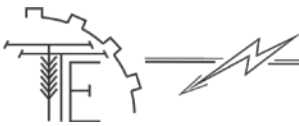
$$r = \text{tg} 31^{\circ} 51' = 0,61 \quad (28)$$

Then it find another exponent s of graphics functions $St / E^{0,61} = f(Re)$, as shown in Figure 2 according to Table 4.

$$s = \text{tg} 60^{\circ} 59' = 1,77 \quad (29)$$

Using the graph function $St / Re^{1,77} \cdot E^{0,61} = f(Eu)$ as shown in Figure 3 and Table 4 data find the following exponent p .

$$p = \text{tg} 53^{\circ} 49' = 1,35 \quad (30)$$



According to Table 4 and the graph function $St/Eu^{1,35} \cdot Re^{1,77} \cdot E^{0,61} = f(Pe)$ it find the following exponent m and the value of the parameter A (Fig. 4).

$$m = \text{tg} 65^{\circ} 13' = 2,15 \tag{31}$$

$$A = 0,1 \tag{32}$$

Table 3

The main parameters of dehydrating the food melon seeds

	D	$W, \%$	M	C_H	β	f	St	Pe
1	0,216	48	0,7	$111,53 \cdot 10^{-3}$	$3,1 \cdot 10^{-7}$	60	$5,55 \cdot 10^{-6}$	1,36
2	0,216	31	1,7	$184,8 \cdot 10^{-3}$	$4,3 \cdot 10^{-7}$	60	$7,71 \cdot 10^{-6}$	1,36
3	0,216	21	1	$228,65 \cdot 10^{-3}$	$2,0 \cdot 10^{-7}$	60	$3,61 \cdot 10^{-6}$	1,36
4	0,216	10	1,1	$363,4 \cdot 10^{-3}$	$1,3 \cdot 10^{-7}$	60	$2,44 \cdot 10^{-6}$	1,36
1	0,216	49	0,6	$111,53 \cdot 10^{-3}$	$2,6 \cdot 10^{-7}$	70	$3,81 \cdot 10^{-6}$	1,58
2	0,216	38	1,1	$184,8 \cdot 10^{-3}$	$2,7 \cdot 10^{-7}$	70	$3,99 \cdot 10^{-6}$	1,58
3	0,216	30	0,8	$228,65 \cdot 10^{-3}$	$1,6 \cdot 10^{-7}$	70	$2,31 \cdot 10^{-6}$	1,58
4	0,216	21	0,9	$363,4 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-7}$	70	$1,59 \cdot 10^{-6}$	1,58
1	0,216	51	0,4	$111,53 \cdot 10^{-3}$	$1,7 \cdot 10^{-7}$	80	$2,11 \cdot 10^{-6}$	1,81
2	0,216	45	0,6	$184,8 \cdot 10^{-3}$	$1,5 \cdot 10^{-7}$	80	$1,81 \cdot 10^{-6}$	1,81
3	0,216	38	0,7	$228,65 \cdot 10^{-3}$	$1,4 \cdot 10^{-7}$	80	$1,68 \cdot 10^{-6}$	1,81
4	0,216	29	0,9	$363,4 \cdot 10^{-3}$	$1,1 \cdot 10^{-7}$	80	$1,33 \cdot 10^{-6}$	1,81

Table 4

Parameters studied process of similarity

E_1	E	St_s	Pe_s	Eu	$St/E^{0,61}$	$St/Re^{1,77} \cdot E^{0,61}$	$St/Eu^{1,35} \cdot Re^{1,77} \cdot E^{0,61}$
40	0,025	$4,83 \cdot 10^{-6}$	1,36	$2,86 \cdot 10^4$	$4,58 \cdot 10^{-2}$	$0,45 \cdot 10^{-2}$	$2,58 \cdot 10^{-2}$
60	0,016	$2,92 \cdot 10^{-6}$	1,58	$1,98 \cdot 10^4$	$3,56 \cdot 10^{-2}$	$0,25 \cdot 10^{-2}$	$4,52 \cdot 10^{-2}$
80	0,012	$1,73 \cdot 10^{-6}$	1,81	$1,46 \cdot 10^4$	$2,51 \cdot 10^{-2}$	$0,16 \cdot 10^{-2}$	$6,37 \cdot 10^{-2}$

Using the resulting database we find the equation studied process of mass transfer in a criterion.

$$St = 0,1 \cdot Pe_B^{2,15} \cdot Eu^{1,35} \cdot Re^{1,77} \cdot E^{0,61} \tag{33}$$

Using equation 3.3 compiled and developed by the [2], we find a number of recommended options for the mode dehydrating food melon seeds.

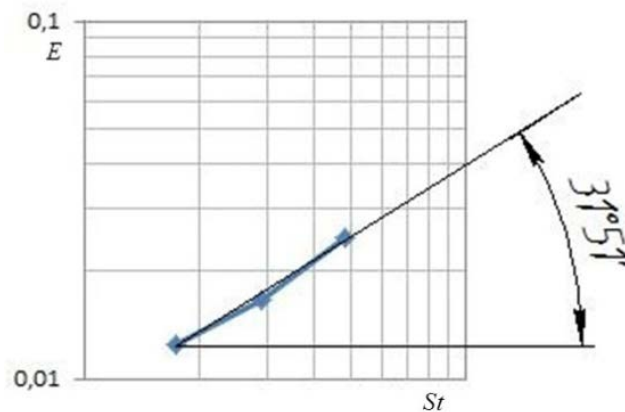


Fig. 1. Graph of vibration Stanton number of specific electricfield E

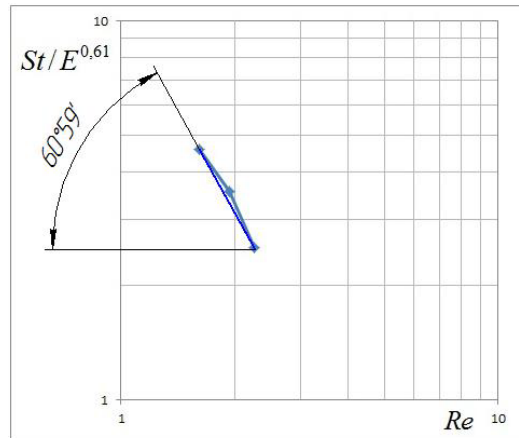
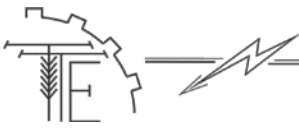


Fig. 2. Graph of $St / E^{0.61}$ by Reynolds

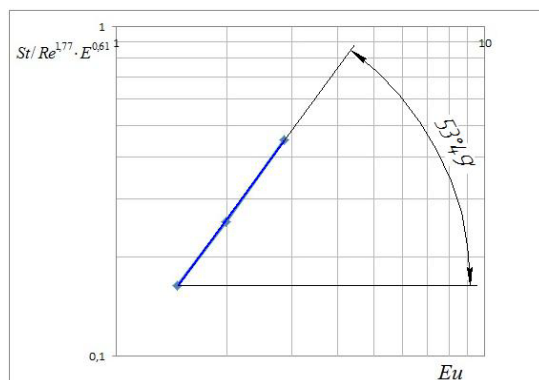


Fig. 3. Graph of $St / Re^{1.77} \cdot E^{0.61}$ diffusion of Euler numbers

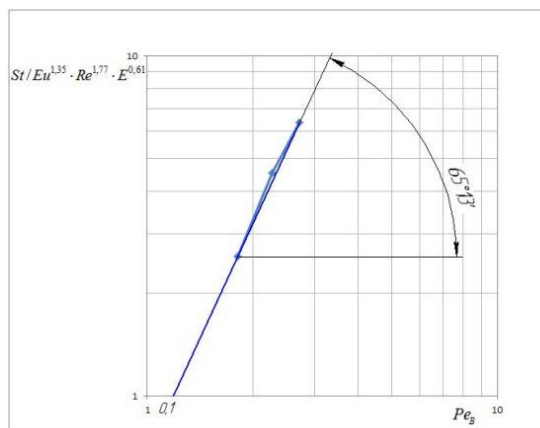


Fig. 4. Graph of $St / Eu^{1.35} \cdot Re^{1.77} \cdot E^{0.61}$ number of vibration Pecle

Conclusions

It composited criterion mass diffusion equations using Reynolds numbers, Pecle, Stanton, Euler which adequately assess the study process vibrocentrifugal electric osmotical dehydrating food melon seeds. Theoretical calculations based on experimental research base and allow to create efficient algorithm for the design of physical and mechanical dehydrating that enable high technical and economic performance while minimizing damage processed products.

References

1. *Mekhaniko-tehnologichni vlastyvoli silskohospodarskykh materialiv: pidruchnyk* / [O.M. Tsarenko, D.H. Voytyuk, V.M. Shvayko ta in.]; za red. S.S. Yatsuna. - Kyiv: Meta, 2003. - 448 s.
2. Burdo O.G. *Prikladnoye modelirovaniye protsesov perenosa v tekhnologicheskikh sistemakh* / A.G. Burdo, L. Kalinin. - Uchebnik. - Odessa: Pechat', 2008. - 348s.
3. Kuvatov D.M. *Proektirovaniye tekhnologicheskikh protsessov sushki zerna* / D.M. Kuvatov, T.M. Zubkova,



V.L. Kasporovich. - Ufa, 2000. - 186 s.

4. Malinin N.I. *Energosberegayushchaya sushka zerna* / N.I. Malin. - M.: Kolos, 2004. - 238 s.

Список літератури

1. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів : підручник / [О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк, В.М. Швайко та ін.]; за ред. С.С. Яцуна. – Київ: Мета, 2003. – 448 с.
2. Бурдо О.Г. *Прикладное моделирование процессов переноса в технологических системах* / О.Г. Бурдо, Л.Г. Калинин. – Учебник. – Одесса: Друк, 2008. – 348с.
3. Куватов Д.М. *Проектирование технологических процессов сушки зерна* / Д.М. Куватов, Т.М. Зубкова, В.Л. Каспорович. – Уфа, 2000. – 186 с.
4. Малинин Н.И. *Энергосберегающая сушка зерна* / Н.И. Малин. – М.: Колос, 2004. – 238 с.

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВІБРОВІДЦЕНТРОВОГО ЕЛЕКТРООСМОТИЧНОГО ЗНЕВОЛОЖЕННЯ

Анотація: для ефективного зневоложення харчового насіння, зокрема багаторічних культур, використовували комбінований процес фізико-механічної та тепломасообмінної обробки, що містить послідовне використання комплексу технологічних дій, а саме центрифугування, вібраційне ущільнення та розпушування, електроосмотичне відтискування, фільтрування та конвективне сушіння. Така комплексна технологічна дія дозволяє забезпечити високу швидкість, мінімізацію пошкодження насіння, порівняно невисокі енерговитрати. В якості критеріїв оцінки були обрані основні параметри, що визначають відзначені вище процеси, що дозволило сформулювати найбільш дієві для досліджуваних процесів критерії подібності, такі як число Рейнольдса, Пекле, Стантона, Ейлера. Використовуючи II теорію подібності та теорію розмірностей, було складено критеріальне рівняння масообміну для досліджуваного процесу та алгоритм розрахунку його основних характеристик, що є необхідним для проектування конструкції зневоложувачів для реалізації представленого комплексу технологічних дій при обробці продукції з різними фізико-механічними властивостями.

Ключові слова: електроосмотичне зневоложення, вологість, вібраційне розпушування.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВИБРОЦЕНТРОБЕЖНОГО ЭЛЕКТРООСМОТИЧЕСКОГО ОБЕЗВОЖИВАНИЯ

Аннотация: для эффективного обезвоживания пищевых семян, в частности багаторічних культур, использовали комбинированный процесс физико-механической и теплообменной обработки, которая содержит последовательное использование комплекса технологических действий, а именно центрифугирование, вибрационное уплотнение и рыхление, электроосмотическое оттеснение, фильтрацию и конвективную сушку. Такое комплексное технологическое действие позволяет обеспечить высокое быстродействие, минимизацию повреждения семян и сравнительно невысокие энергозатраты. В качестве критериев оценки были выбраны основные параметры, определяющие отмеченные выше процессы, что позволило сформировать наиболее действенные для исследуемых процессов критерии подобия, такие как число Рейнольдса, Пекле, Стантона, Эйлера. Используя II теорию сходства и теорию размерностей, было составлено критеріальное уравнение массообмена для исследуемого процесса и алгоритм расчета его основных характеристик, необходимое для проектирования конструкции обезвоживателей для реализации представленного комплекса технологических действий при обработке продукции с различными физико-механическими свойствами.

Ключевые слова: электроосмотическое обезвоживание, влажность, вибрационное рыхление.