

**Міністерство аграрної політики та продовольства  
України**



**ПРАЦІ**  
Таврійського державного  
агротехнологічного університету

**Випуск 12 Том 4**

**Наукове фахове видання**

**Мелітополь – 2012 р.**

УДК 621.311:631

**ПЗ.8**

Праці / Таврійський державний агротехнологічний університет –  
Вип. 12. Т.4 – Мелітополь: ТДАТУ, 2012.– 278 с.

Друкується за рішенням Вченої Ради ТДАТУ,  
Протокол № 5 від 27 листопада 2012 р.

У збірнику наукових праць публікуються матеріали за результатами досліджень у галузі механізації сільського господарства, харчових виробництв, переробки та зберігання сільськогосподарської продукції, енергетики та автоматизації процесів агропромислового та харчового виробництв.

**Редакційна колегія праць ТДАТУ:**

Кюрчев В.М. – к.т.н., проф., ректор ТДАТУ (головний редактор);  
Надикто В.Т. – чл.-кор. НААН України, д.т.н., проф. (заступник  
головного редактора); Діордієв В.Т. – к.т.н., проф. (відповідальний  
секретар); Дідур В.А. – д.т.н., проф.; Кушнар'єв А.С. – чл.-кор. НААН  
України, д.т.н., проф.; Найдиш А.В. – д.т.н., проф.; Никифорова Л.Є. –  
д.т.н., проф.; Овчаров В.В. – д.т.н., проф.; Панченко А.І. – д.т.н.,  
проф.; Рогач Ю.П. – к.т.н., проф.; Скляр О.Г. – к.т.н., доц.; Тарасенко  
В.В. – д.т.н., проф.; Шацький В.В. – д.т.н., проф.; Ялпачик Ф.Ю. –  
к.т.н., проф.

Відповідальний за випуск – к.т.н., проф. Ялпачик Ф.Ю.  
Редактор – к.т.н., доц. Самойчук К.О.  
*кафедра обладнання переробних і харчових виробництв*

Адреса редакції: ТДАТУ  
Просп. Б. Хмельницького, 18  
м. Мелітополь  
Запорізька обл.  
72312 Україна

**ISSN 2078-0877**

© Таврійський державний агротехнологічний університет, 2012.

УДК 641.437.075.8

## МОДЕЛЮВАННЯ І РОЗРАХУНОК ТЕПЛОФІЗИЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ РОСЛИННОГО ПОХОДЖЕННЯ

Ялпачик В.Ф., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.(0619) 42-13-06

**Анотація** – робота присвячена методиці моделювання і розрахунків теплофізичних властивостей харчової сировини рослинного походження.

**Ключові слова** – теплофізичні властивості, питома теплоємність, ентальпія, виморожена вода, густина, теплопровідність, алгоритмічна мова Turbo Pascal.

*Постановка проблеми.* Теплофізичні властивості харчової сировини самі по собі представляють відносно малий інтерес. Концепція їх суттєвої необхідності та моделювання полягає у їх використанні в рамках крайових задач теплопровідності – розв’язування цих задач має приводити до температурних полів, які в рамках заданих значень похибок співпадають з експериментально вимірними. При цьому температурні поля також приводять до аналогічно вивіренних значень тривалості процесів охолодження чи заморожування відповідних об’єктів харчової сировини, значень теплових потоків (перша похідна температурного поля за координатою) з їх поверхні в охолоджуюче чи нагріваюче середовища, значень загальної кількості відведеної чи підведеної теплоти за заданий проміжок часу (теплове навантаження) [2,7,9,13,15,16]. Якщо при моделюванні процесів холодильної чи теплової обробки об’єктів харчової сировини взяти за основу диференційне рівняння теплопровідності, то виникає необхідність у значеннях чотирьох теплофізичних величин, що загалом залежать від температури, – ізобарної питомої теплоємності  $C(T)$ , питомої ентальпії  $I(T)$ , густини  $\rho(T)$  та теплопровідності  $\lambda(T)$ . Необхідні значення температури  $T$  для процесів холодильної та зворотної теплової обробки лежать сьогодні в діапазоні від мінус 40 °С до 40 °С, мають для деяких видів сировини тенденцію до зниження нижньої межі [1,10,14].

*Аналіз останніх досліджень.* Специфіка об'єктів харчової сировини в даній роботі полягає, перш за все, в протіканні фазового перетворення вода-лід або лід-вода, тобто вони є об'єктами з внутрішніми стоками чи джерелами теплоти, інтенсивність яких визначається динамікою фазового перетворення. У цьому плані необхідне моделювання процесів холодильної обробки та холодильного зберігання рослинної сировини, диференційне рівняння теплопровідності в загальному вигляді має бути записано як

$$C(T) \cdot \rho(T) \frac{\partial T(\vec{r}, \tau)}{\partial \tau} = \text{div}[\lambda(T) \cdot \overrightarrow{\text{grad}} T(\vec{r}, \tau)] + I(\vec{r}, \tau), \quad (1)$$

де функція  $T(\vec{r}, \tau)$  моделює температурне поле у просторі  $\vec{r}$  та у часі  $\tau$ , а функція  $I(\vec{r}, \tau)$  – відповідно, об'ємну густину (інтенсивність, Дж/м<sup>3</sup>) джерел чи стоків теплоти в об'єкті. У разі фазового перетворення вода-лід останню достатньо просто виписати у явному виді [11]:

$$\begin{aligned} I(\vec{r}, \tau) &= \lim_{\Delta V \rightarrow 0, \Delta \tau \rightarrow 0} \frac{\Delta Q}{\Delta V \cdot \Delta \tau} = \lim_{\Delta V \rightarrow 0, \Delta \tau \rightarrow 0} \frac{L(T^*) \cdot \rho(T^*) \cdot \Delta V \cdot \{\omega(\tau + \Delta \tau) - \omega(\tau)\} \cdot W_{in}}{\Delta V \cdot \Delta \tau} = \\ &= L(T) \cdot \rho(T) \cdot W_{in} \cdot \frac{\partial T}{\partial \tau} \cdot \frac{d\omega(T)}{dT}. \end{aligned}$$

При цьому  $\Delta V$  означає довільний елемент об'єму,  $\Delta \tau$  – довільний проміжок часу,  $\Delta Q$  – кількість теплоти, а  $\omega(T)$  – рівноважна при температурі  $T$  масова частка вимороженої в елементі  $\Delta V$  води, тобто льоду по відношенню до початкового вологовмісту  $W_{in}$ .

Якщо одержаний для  $I(\vec{r}, \tau)$  вираз підставити в рівняння (1), то одержимо вже однорідне диференційне рівняння теплопровідності, в якому фігуруватиме ефективне значення питомої теплоємності  $C_e(T)$

$$\begin{aligned} \left\{ C(T) - L(T) \cdot \rho(T) \cdot W_{in} \cdot \frac{d\omega(T)}{dT} \right\} \cdot \rho(T) \frac{\partial T(\vec{r}, \tau)}{\partial \tau} &= \text{div}[\lambda(T) \cdot \overrightarrow{\text{grad}} T(\vec{r}, \tau)] \\ C_e(T) &= C(T) - L(T) \cdot \rho(T) \cdot W_{in} \cdot \frac{d\omega(T)}{dT}. \end{aligned} \quad (2)$$

Питома теплоємність  $C_e(T)$  саме враховує вплив на теплоємність сировини фазового перетворення вода – лід чи лід – вода, який визначається змінами масової частки вимороженої води (льоду) зі зміною температури (похідна  $\frac{d\omega(T)}{dT}$ ). Слід тут також



відмітити, що так звана «істинна теплоємність  $C(T)$ » експериментально, на відміну від  $C_e(T)$ , не вимірюється.

З іншого боку, для оцінки значень «істинної теплоємності»  $C(T)$  можуть бути застосовані різні розрахункові співвідношення, якщо відомим є компонентний склад об'єкту досліджень та теплоємність відповідних компонент. Якщо, наприклад, виходити з того, що харчова плодоовочева сировина складається (для діапазону температур від мінус  $40^{\circ}\text{C}$  до  $40^{\circ}\text{C}$ ) з «сухої» частини, води та льоду, то з прийнятною похибкою  $C(T)$  може бути розрахована за адитивною формулою (за питомими об'ємами, масовими частками компонент  $W_i$ ) [3,11,16].

$$C(T) = C_{\text{сух}}(T)W_{\text{сух}} + C_B(T)W_B + C_L(T)W_L. \quad (3)$$

У формулі (3)  $C_{\text{сух}}(T)$ ,  $C_B(T)$ ,  $C_L(T)$  означають температурні залежності теплоємностей відповідно «сухої» частини, води та льоду, а величини  $W_{\text{сух}}$ ,  $W_B$ ,  $W_L$  - відповідні значення їх масових часток, які також залежать від температури через залежність від температури рівноважної частки вимороженої води  $\omega(T)$ .

$$W_{\text{сух}} = 1 - W_{\text{in}}, \quad W_B = W_{\text{in}}(1 - \omega(T)), \quad W_L = W_{\text{in}}\omega(T). \quad (4)$$

*Постановка завдання.* Для усіх видів харчової сировини, що досліджуються у даній роботі, загальними мають бути визначення теплофізичних властивостей води та льоду, відрізняються вони значеннями та залежностями для  $C_{\text{сух}}(T)$  і  $\omega(T)$ . Величину  $\omega(T)$  визначають експериментальним шляхом [5,6,15,16] безпосередньо вимірюючи  $\omega(T)$  або  $(1 - \omega(T))$  - масову частку «рухомої» води, наприклад, методом ядерного магнітного резонансу (ЯМР). Розраховують  $\omega(T)$  також шляхом обробки експериментальних калориметричних даних [13,14,15,16] для об'єкту досліджень.

Недавно [14,16] розроблено методику прямого розрахунку  $C_{\text{сух}}(T)$ , якщо відомий конкретний склад «сухої» частини об'єкту досліджень – плодоовочевої сировини. Таким чином, якщо скористатись даними із [16] з температурних залежностей питомих теплоємностей компонент «сухої» частини плодів, ягід, овочів, то виникає незалежна можливість розраховувати  $C_{\text{сух}}(T)$  для усіх об'єктів досліджень даної роботи.

У роботі [16] температурна залежність питомої теплоємності компонент «сухої» частини об'єктів досліджень даної роботи представлена поліномами другого порядку за температурою  $t$  (у градусах Цельсія) коефіцієнти яких наведені в таблиці 1.

$$C_i(T) = a_i + b_i t + c_i t^2, \quad t = T - 273.15, \quad [C] = \text{Джс}/(\text{кгК}). \quad (5)$$

Сумарна питома теплоємність «сухої» частини може представлятись за адитивною формулою як  $C_{\text{сух}}(T) = \sum_{i=1}^5 C_i(T)$ .

Температурні залежності теплоємності льоду та води (в тому числі і у її переохолодженному стані) можна знайти знову ж у [16]. Теплота фазового перетворення  $L(T)$  у всьому температурному діапазоні виражається через питомі теплоємності води  $C_B(T)$  та льоду  $C_L(T)$  як

$$L(T) = 333,6 \cdot 10^3 - \int_T^{273,15} C_B(x) \cdot dx + \int_T^{273,15} C_L(x) \cdot dx. \quad (6)$$

Таблиця 1 - Значення коефіцієнтів формули (5)

№ п/п	Назва речовини	$a$	$b$	$c$
1	Протеїн	2008,2	1,2089	$-1,3129 \cdot 10^{-3}$
2	Жир	1984,2	1,4733	$-4,8008 \cdot 10^{-3}$
3	Карбогідрат	1548,8	1,9625	$-5,9399 \cdot 10^{-3}$
4	Клітковина	1845,9	1,8306	$-4,6509 \cdot 10^{-3}$
5	Зола	1092,6	1,8896	$-3,6817 \cdot 10^{-3}$

На базі температурної залежності для ефективної теплоємності (2) інтегруванням можливо одержати температурну залежність для ентальпії  $I(T)$  плодоовочевої сировини. Наприклад, якщо для ентальпії за „нуль“ її відрахунку взяти температуру 233,15 К (мінус 40 °С), то

$$I(T) = \int_{233,15}^T C_B(x) \cdot dx. \quad (7)$$

При цьому, для більш простого інтегрування  $C(T)$  за формулами (2, 3) необхідно (щоб уникнути інтегрування можливої складної залежності від температури добутку  $\omega(T)$  на  $L(T)$ ) її складові послідовно представити як

$$C(T) = C_{\text{сух}}(T)(1 - W_{in}) + C_B(T) W_{in} (1 - \omega(T)) + C_L(T) W_{in} \omega(T) \quad \text{та}$$

$$C_B(T) = C_{\text{сух}}(T) \cdot (1 - W_{in}) + C_L(T) \cdot W_{in} + \frac{d}{dT} \{ W_{in} \cdot (1 - \omega(T)) \cdot L(T) \}. \quad (8)$$

Таким чином, для повного і послідовного розрахунку значень ефективної теплоємності та ентальпії за формулами (2, 3, 5, 6, 7, 8) залишається отримати співвідношення для розрахунку масової частки вимороженої води  $\omega(T)$  та її першої похідної за температурою.

На рис. 1 представлені залежності масової частки вимороженої води від температури для деяких видів плодоовочевої сировини, побудовані за експериментальними даними різних авторів.

Дані з частки вимороженої води при різних температурах одержують з експериментальних вимірювань калоричних (ентальпії, теплоємності) властивостей досліджуваних об'єктів шляхом розрахунку вкладу, викликаного фазовим перетворенням вода – лід. Майже пряме вимірювання  $\omega(T)$  здійснюється методом ядерного магнітного резонансу (ЯМР) шляхом інтегрування відгуку протонів рухомих молекул води (рідинної фази води) на магнітне поле.

У процесі розморожування (нагрівання попередньо замороженого об'єкту) перегрів льодяної фази води не спостерігається, тому в такому процесі можна більш точно визначити  $T_{кр}$  та точки на кривій  $\omega(T)$  у її околі.

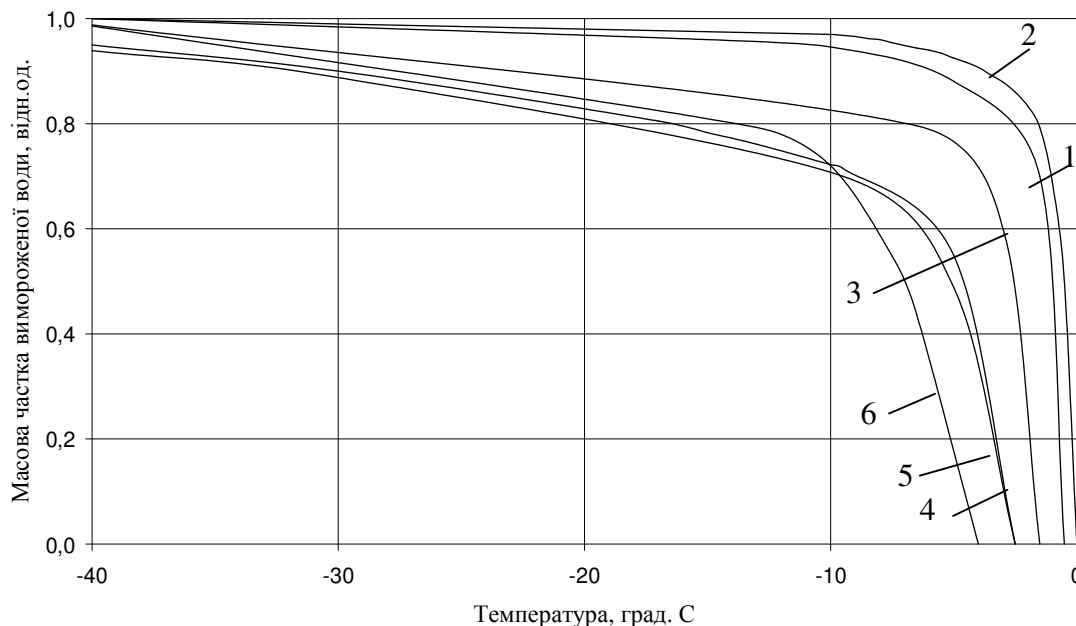


Рис. 1. Залежності масової частки вимороженої води від температури для плодоовочевої сировини:

- 1 – огірки,  $T_{кр} = - 0.5$  °С; 2 – шпинат,  $T_{кр} = - 0.4$  °С;
- 3 – морква,  $T_{кр} = - 1.4$  °С; 4 – ягоди вишні,  $T_{кр} = - 2.0$  °С;
- 5 – виноград "Молдова", нижня ягода в гронах,  $T_{кр} = - 2.2$  °С;
- 6 – виноград "Молдова", верхня ягода в гронах,  $T_{кр} = - 3.0$  °С.

Теоретичні основи формування  $\omega(T)$  базуються на аксіомі Рауля. Аксіома Рауля визначає зміщення значення температури  $T_{кр}$  початку

кристалізації (формування значень криоскопічної різниці температур) води у водних розчинах. За цією аксіомою криоскопічна різниця температур пропорційна (для слабих розчинів) концентрації розчину. По мірі вимерзання води в сировині концентрація розчинених речовин зростає і температура вимерзання наступних порцій води знижується. Ця закономірність якісно підтверджується для багатьох видів харчової сировини, відображається випуклою кривою залежності масової частки вимороженої води від температури типу кривих на рис. 1. Плодоовочева сировина демонструє, в основному, значення  $T_{кр}$  на рівні мінус  $2,0 \div 0,4$  °С, при цьому навіть для одного виду сировини ці значення змінюються у залежності від умов вирощування, клімату тощо. Наприклад, такі види як ягоди вишні, винограду, морква можуть мати  $T_{кр}$  до мінус  $5...3$  °С. Останнє стає суттєвою перепорою до стандартизації теплофізичних властивостей такої сировини в області від'ємних температур. Пояснення цих закономірностей полягає, перш за все, в тому, що плодовоовочева сировина представляє собою багатокомпонентний „розчин“, у якому, в залежності від умов вирощування, змінюється відносна концентрація розчинених компонент.

Якщо виходити з аксіоми Рауля, то уявленням про енергію зв'язку  $E(T)$  води з розчиненими і нерозчиненими у сировині речовинами (вільна, слабо зв'язана, сильно зв'язана вода) можна надати кількісну інтерпретацію [6] (безперервний спектр енергій зв'язку через відповідну температуру вимерзання  $T$ ).

Таким чином, енергію зв'язку можна виразити як

$$E(T) = L(T) \cdot \left\{ 1 - \frac{T(\omega) - 273,15}{273,15} \right\}. \quad (9)$$

Функція  $T(\omega)$  в (9) є функцією, оберненою до  $\omega(T)$ . З (9) очевидно, що коли змінюється відносна концентрація розчинених компонент в одному і тому ж виді сировини, то змінюються і функції  $E(T)$  та  $\omega(T)$ . Прикладом такого перерозподілу є представлені на рисунку 1 криві для ягід винограду, відібраних з нижньої та верхньої частин грон – для них зміщені не тільки значення  $T_{кр}$ , але має місце перетин кривих 5 та 6. В цілому ж більш вираженою (криві 1, 2, 3, 4 на рисунку 1) закономірністю є зміщення кривих  $\omega(T)$  зі зміщенням значень  $T_{кр}$ .

Оскільки для досліджуваних у даній роботі видів плодовоовочевої сировини немає літературних даних за  $\omega(T)$ , можна використати криві 1, 2, 3, 4 на рис. 1 для інтерполяційного одержання необхідних залежностей  $\omega(T)$  та їх похідних за заданими значеннями  $T_{кр}$ . З цією метою дані [16] для вишні, моркви та огірків були апроксимовані

дрібнорациональною залежністю, коефіцієнти якої наведені в таблиці 2. Детермінант апроксимації даних за формулою (10) складає від 0,985 до 0,996.

$$\omega(T) = \frac{a + cT}{1 + bT}. \quad (10)$$

Таблиця 2 - Значення коефіцієнтів формули (10)

Назва сировини, значення $T_{кр}$	$a$	$b$	$c$
Вишня, мінус 2,0 °С	1,025225025	- 0,0036369368	- 0,0037813126
Морква, мінус 1,4 °С	1,018415538	- 0,0036619208	- 0,0037476056
Огірки, мінус 0,5 °С	0,991138538	- 0,0036633242	- 0,0036351885

Густина плодоовочевої сировини має бути віднесена до теплофізичних характеристик на відміну від теплофізичних властивостей в тому сенсі, що об'єкти досліджень даної роботи (гарбуз, кабачок, солодкий перець, виноград, баклажан, кукурудза молочно-воскової стиглості) мають суттєво неоднорідну (гетерогенну) структуру та характеризуються високою пористістю – наявністю нерозчинених атмосферних газів та розчинених в розчині газів, що виділяються з розчину в процесі кристалізації води при температурах нижчих за  $T_{кр}$ .

Як відомо, загальних рецептів для розрахунку густини неоднорідних структур, починаючи з сумішей вода – пісок чи двофазних течій рідина – газ, не існує і не може бути. Тому єдина розрахункова формула для густини  $\rho$  - адитивний підсумок питомих об'ємів ( $1/\rho$ ) компонент об'єкту досліджень - рідинної, в тому числі і переохолодженої, води, льоду, „сухої“ частини, атмосферних газів [8]

$$\frac{1}{\rho} = \frac{W_{сyx}}{\rho_{сyx}} + \frac{W_B}{\rho_B} + \frac{W_L}{\rho_L} + \frac{W_g}{\rho_g}. \quad (11)$$

Ефективність формул типу (11) є достатньо високою, коли вклади в її правій частині одного порядку, чого немає у нашому випадку за рахунок суттєво малих значень густини  $\rho_g$  такого компоненту як газ. Дещо нівелюється цей недолік достатньо малими значеннями масової частки  $W_g$  атмосферних газів у плодоовочевої сировині, яка, в нашому випадку, розраховується за емпіричною формулою [11]

$$W_g = W_g^0 + 37,0 \cdot 10^{-6} \cdot \omega(T). \quad (12)$$

Величина  $W_g^0$  дорівнює масовій частці газів, що знаходяться в порах продукту,  $37,0 \cdot 10^{-6}$  – максимальна розчинність атмосферних газів у воді при температурі ( $T_{кр} + 0$ ). Пропорційність кількості газів, що виділяються при заморожуванні, значенню  $\omega(T)$  – чисто емпірична закономірність. Як і у випадку з теплоємністю, густини  $\rho_B$  води та  $\rho_L$  льоду в залежності від температури можуть бути залучені з [16] та ряду новітніх робіт.

Відносно температурної залежності густини  $\rho_{сyx}(T)$  „сухої“ частини плодоовочевої сировини, то вона може бути виділена з експериментальних даних для сировини в цілому, або розрахована знову ж таки за адитивною формулою (за питомими об'ємами) через густини та концентрації компонент „сухої“ частини.

При цьому густина  $\rho_i(T)$   $i$  – тої компоненти розраховується у залежності від температури за лінійною формулою [16], коефіцієнти якої наведено в таблиці 3.

$$\rho_i(T) = a_i + b_i t, \quad t = T - 273,15, \quad [\rho] = \text{кг/м}^3. \quad (13)$$

Таблиця 3 - Значення коефіцієнтів формули (13)

№ п/п	Назва речовини	$a$	$b$
1	Протеїн	1329,9	- 0,51840
2	Жир	925,59	- 0,41757
3	Карбогідрат	1599,1	- 0,31046
4	Клітковина	1311,5	- 0,36589
5	Зола	2423,8	- 0,28063

Теплопровідність харчової сировини, як і її густина, також не може визначатись як класична фізична величина за причини неоднорідності структури сировини. Найбільш простою формулою для прогнозування  $\lambda(T)$  є знову ж адитивна (за питомими об'ємами) через знання температурних залежностей теплопровідностей  $\lambda_i(T)$ ,  $i = 1, 2, 3, \dots$  компонент

$$\frac{\lambda(T)}{\rho(T)} = \sum_{i=1}^N \frac{\lambda_i(T) \cdot W_i}{\rho_i(T)}. \quad (14)$$

Але тут, як і в разі формули (11), знову ж виникає компонент – нерозчинені атмосферні гази, теплопровідність та густина яких є суттєво малими, що приводить до великих значень похибок прогнозування за (14). У цьому плані (14) можна залучити для розрахунку провідності теплоти через „суху“ компоненту харчової сировини і використати дані [16] для температурних залежностей теплопровідностей  $\lambda_i(T)$ ,  $i=1, 2, 3\dots$  компонент у поліноміальному виді

$$\lambda_i(T) = a_i + b_i t + c_i t^2, \quad t = T - 273,15, \quad [\lambda] = \text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К}). \quad (15)$$

Коефіцієнти цих поліномів представлені в таблиці 4.

Таблиця 4 - Значення коефіцієнтів формули (15)

№ п/п	Назва речовини	$a \cdot 10^1$	$b \cdot 10^3$	$c \cdot 10^6$
1	Протеїн	1,7881	1.1958	- 2,7178
2	Жир	1,8071	- 2.7604	- 1,7749
3	Карбогідрат	2,0141	1,3874	- 4,3312
4	Клітковина	1,8331	1,2497	- 3,1683
5	Зола	3,2962	1,4011	- 2,9069

Надалі теплопровідність плодоовочевої сировини в цілому не може бути розрахована за (14) за причини „непрацездатності“ цієї моделі, чи за неврахуванням структури об'єкту досліджень, як, наприклад, наявність капілярних утворень, вздовж яких, можливо, переноситься теплота за механізмом теплової труби (випаровування - транспорт пари - конденсація). У цілому харчову сировину часто класифікують як капілярно-пористе колоїдне тіло, що має суттєво гетерогенну структуру. Саме в такому розумінні необхідно побудувати методику розрахунку  $\lambda(T)$  не звертаючи увагу, наприклад, на те, що теплопровідність вздовж структурних волокон сировини суттєво відрізняється від теплопровідності поперек волокон.

Основою такої побудови нами вибрано теорію узагальненої провідності у викладенні різних авторів, зокрема проф. Дульнєва Г.Н.

Побудова розрахункових формул проводиться у рамках сполучення методів теорії протікання теплоти та елементарної комірки. Елементарні комірки виділяються за допомогою адіабатичних та ізотермічних перерізів, що утворюють ізопотенціальні поверхні, або поверхні, непроникні для ліній течій. З іншого боку, харчову сировину можна розглядати як суміш

ізолюваних компонент, теплопровідність, густина яких заздалегідь відома. При цьому ці ізолювані компоненти взаємопроникають одна в одну, мають кубічну, паралелепіпедну, тощо, форми. Різні методи усереднення властивостей компонент в об'ємі елементарної комірки призводять до різних моделей розрахунку цих властивостей.

П'ять різних таких моделей розрахунку теплопровідності було нами детально розглянуто, при цьому харчова сировина розглядалась як гетерогенна ізотропна система з ізолюваними та взаємопроникаючими компонентами. Загальне число компонентів у ній дорівнює чотирьом – суха частина, вода, лід, атмосферне повітря. Водяна пара, її можливе транспортування за капілярами та наступна конденсація не враховувались відповідно з даними розрахунків в [11]. Найбільш вірогідним поясненням такого результату є відносно великі значення вологовмісту об'єктів наших досліджень, заповненість капілярних каналів рідиною. Аналогічне розрахункове моделювання механізму переносу теплоти за рахунок фільтрації рідини через капілярні канали також привело до негативного результату – відповідний внесок в загальну теплопровідність складає величину на рівні похибок експериментальних даних. Тому в подальших розрахунках харчова сировина та продукти (в рамках тільки задач холодильної технології) розглядались як гетерогенні ізотропні системи з ізолюваними та взаємопроникаючими компонентами, загальною кількістю чотири компоненти – суха частина, вода, лід, атмосферне повітря.

Найбільш прийнятні результати в рамках їх співставлення з експериментальними даними для плодоовочевої сировини продемонструвала так звана модель комбінованого перерізу елементарних комірок [11]. При цьому теплопровідність води та льоду в діапазоні температур від мінус 40 °С до 40 °С розраховувалась за модифікованими нами співвідношеннями [16], а теплопровідність повітря (на ізобарі 1 атм у залежності від температури) за наступною формулою [7]

$$\lambda_r(T) = 1,2 \cdot 10^{-3} + 8,08 \cdot 10^{-5} T + 3,21 \cdot 10^{-8} T^2 - 9,42 \cdot 10^{-11} T^3 + 4,68 \cdot 10^{-14} T^4. \quad (16)$$

Залишковий алгоритм розрахунку значень перколяції теплоти в плодоовочевій сировині через значення теплопровідностей компонент (при заданій температурі) виглядає так:

1) розраховуються ефективні теплопровідності (перколяції теплоти)  $L_i$ ,  $i=1,2,3,4$  середовищ, що в об'єкті охоплюють кожну  $i$ -ту компоненту (модель переносу теплоти в шаровому середовищі з компонентами, що паралельні потокові теплоти) за формулою



$$L_i = \sum_{j \neq i} \lambda_j V_j, \quad (17)$$

де  $V_j$  – об'ємні концентрації компонент (крім  $i$ -тої), перенормовані до одиниці;

2) розраховуються ефективні теплопровідності  $K_i$  бінарних підсистем, що складаються з  $i$ -тої компоненти ( $\lambda_i, V_i$ ) та компоненти ( $L_i, m=1-V_i$ ) за формулою

$$K_i = L_i \left[ 1 - \frac{m}{(1-v)^{-1} - (1-m)(1-m^{1/3})(1+m^{1/3})^{-1}} \right], \quad (18)$$

де  $v = \lambda_i / L_i$ ;

3) ефективна теплопровідність (перколяція теплоти) всієї системи (плодоовочевої сировини) розраховується як

$$\lambda(T) = \sum_{i=1}^5 \lambda_i \frac{K_i - L_i}{\lambda_i - L_i}. \quad (19)$$

У рамках наведених вище положень, допущень та розрахункових формул нами розроблені розрахункові процедури на алгоритмічній мові Turbo Pascal, які при заданих вхідних даних щодо вологовмісту  $W_{in}$ , температури початку кристалізації води  $T_{kp}$ , масової концентрації атмосферних газів, протеїну, жиру, вуглеводнів, клітковини та золи розраховують значення густини, питомої ефективної теплоємності, питомої ентальпії, ефективної теплопровідності (перколяції теплоти), масової частки вимороженої води при кожній заданій температурі плодовоовочевого об'єкту в діапазоні від мінус 40 °С до 40 °С. Ці процедури дозволяють проводити розрахунки для всіх досліджуваних плодів та овочів на єдиній інформаційній основі щодо властивостей компонент.

Початковою для розрахунків виступає процедура

**PROCEDURE TPHYS (J: integer; TK: extended; Var Cp, RSu, LD: extended),**

у якій  $j$  – вихідне значення номеру речовини, теплофізичні властивості якої мають бути розраховані,  $TK$  – вихідне значення температури в градусах Кельвіна,  $Cp$  (Дж/кгК),  $RSu$  (кг/м<sup>3</sup>),  $LD$  (Вт/мК) – відповідно розраховані значення питомої ефективної теплоємності, фізичної густини та коефіцієнту теплопровідності. Відповідно, процедура

**PROCEDURE ENTHALPY (TK, TCR: extended;****Var****IOCR, ICrM, IOT, ITM, IOM, WOM, WTM, WCrM, WCrT: extended) ;**

для заданих значень температури  $T_K$  і температури початку кристалізації води  $T_{кр}$  розраховує значення внесків (інтеграли) в ентальпію плодоовочевого об'єкту від льоду та води. При цьому  $IOCR$ ,  $ICrM$ ,  $IOT$ ,  $ITM$ ,  $IOM$  відповідно інтеграли від температурної залежності питомої теплоємності льоду за температурою у межах від температури „нуля“ підрахунку  $T_0=233,15$  К до  $T_{кр}$ , від  $T_{кр}$  до температури плавлення льоду  $T_M=0^\circ\text{C}$ , від  $T_0$  до змінної температури плодоовочевого об'єкту  $T_K$ , від змінної температури  $T_K$  до  $T_M$ , від  $T_0$  до  $T_M$ .

Розраховані значення  $WOM$ ,  $WTM$ ,  $WCrM$ ,  $WCrT$  мають аналогічний сенс як інтеграли від температурної залежності для питомої теплоємності рідинної води, в тому числі і в переохоложеному стані.

Нарешті, процедура

**PROCEDURE ENTALbio (J: integer; Tk: extended; VAR IT: extended) ;**

розраховує внесок (при змінній температурі  $T_k$ ) в ентальпію плодоовочевого об'єкту від  $j$  – того компонента „сухої“ частини - протеїну, жиру, вуглеводню, клітковини, золи. Цей внесок, на відміну від попередніх, один, оскільки ці компоненти не терплять фазового перетворення у досліджуваному діапазоні температур.

Вхідний масив  $K_{in}$  індивідуальних характеристик (хімічний склад,  $T_{кр}$ ) несе в розрахункову процедуру.

**PROCEDURE WATEROUT (Kin: ED; T: extended; VAR WT, DWT: extended) ;**

значення температури початку кристалізації води  $T_{кр}$  та поточне значення температури  $T$  сировини. Розраховуються відповідні температурі  $T$  значення рівноважної частки вимороженої води  $WT$  та її похідної за температурою  $DWT$ .

Кінцевою процедурою розрахунку всього комплексу теплофізичних характеристик плодоовочевого об'єкту в цілому є процедура

**PROCEDURE XYZPROP (T: extended; Koef, Coef: ed; var RPH, CE, IPT, L, W, DW: extended.**

Тут вхідними виступають поточне значення температури  $T$  сировини та масиви **Koef, Coef** індивідуальних її характеристик (хімічний склад,  $T_{кр}$ , пористість). У подальшому, при апробації даної методики розрахунків виникне необхідність аналізу теплофізичних характеристик сировини з різним вологовмістом  $W_{in}$  і, відповідно, різним складом (за масовими концентраціями в сумі  $(1 - W_{in})$ ) „сухої“

її частини. Тому при змінних значеннях  $W_{in}$  відповідні значення масових концентрацій компонент „сухої“ частини перераховуються у масивах **Koef**, **Coef** пропорційно  $(1 - W_{in})$ .

Вихідними величинами процедури **XYZPROP** є значення **RPH** фізичної густини ( $\text{кг/м}^3$ ), питомої ефективної теплоємності **CE** ( $\text{Дж/кгК}$ ), питомої ентальпії **IPH** ( $\text{Дж/кг}$ ), ефективної теплопровідності (перколяції теплоти,  $\text{Вт/мК}$ ), масової частки вимороженої води **W** та її похідної **DW** ( $\text{K}^{-1}$ ) за температурою. Результати апробації розробленої методики розрахунку температурних залежностей теплофізичних характеристик вибраних в даній роботі плодів та овочів представлені нижче.

#### Література:

1. *Антонов А.А.* Совершенствование производства быстрозамороженных продуктов с использованием низкотемпературных просистем хладоснабжения: дисс. ... доктора техн. наук: 05.18.04 / А.А. Антонов. – М., 2003. – 350 с.

2. *Венгер К.П.* Научные основы создания техники быстрого замораживания пищевых продуктов : автореф. дисс. на соискание науч. степени доктора техн. наук : 05.18.12 „Процессы и аппараты пищевых производств” / К. П. Венгер. – М., 1992. – 44 с.

3. *Гинзбург А.С.* Теплофизические свойства зерна, муки и крупы / А.С. Гинзбург, М. А. Громов. – М. : Колос, 1984. – 304 с.

4. *Латышев В. П.* Выделение воздуха при замораживании воды, водных растворов сахарозы и сухого молочного продукта / В. П. Латышев, Н. А. Цирульникова // Холодильная техника. - 1986. - № 7. - С. 39-41.

5. *Платунов Е.С.* Определение теплофизических характеристик пищевых продуктов в области кристаллизации связанной влаги / Е.С. Платунов, И. В. Баранов, С. С. Прошкин, В. А. Самолетов // Вестник Междунар. Академии Холода. – 1999. - № 1. – С.41-44.

6. *Рютов Д.Г.* Влияние связанной воды на образование льда в пищевых продуктах при их замораживании / Д.Г. Рютов // Холодильная техника. – 2001. – №5. – С. 32–37.

7. Создание систем технологического контроля процессов холодильной обработки и хранения мяса: Обзорная информация / И. Г. Чумак, В. П. Онищенко, Ю. А. Желиба, С. Е. Головский. - М.: АгроНИИТЭИММП, 1992. - 24 с.-(Холодильная промышленность).

8. *Фикиин А.* Хладилни технологични процеси и съоружения / А.Фикиин. – София: Техника, 1980. – 511 с.

9. *Фролов С.В.* Тепло-массообмен в расчетах процессов холодильной технологии пищевых продуктов / С. В. Фролов, В. Е. Куцакова, В. Л. Кипнис. – М. : Колос-Пресс, 2001. – 143 с.

10. Холодильная техника и технология : [учебник] / под ред. А. В. Ручкого. – М. : ИНФРА – М, 2000. – 286 с.

11. Холодильные установки. Проектирование : учебное пособие / [И.Г. Чумак, А.Ю. Лагутин, В.П. Чепурненко, С.Ю. Ларьяновский, Н.И. Чумак, В.П. Кочетов, В.П. Онищенко] ; под ред. докт. тех. н., проф. И.Г. Чумака. – [3-е изд.], перераб. и доп.- Одесса: Друк, 2007.- 480 с.

12. *Debenedetti P.G.* Supercooled and glassy Water / P. G. Debenedetti // J. Phys.: Condens. Matter ,2003. – Vol. 15. – P. R1669-R1726.

13. *Frolov S. V.* Freezing time for foodstuffs / S. V. Frolov, V. E. Koutsakova, O. B. Tsvetkov // Advances in the Refrigeration Systems, Food Technologies and Cold Chain, IIR Proceedings Series «Refrigeration Science and Technology», Sofia, 1998. – P. 271-275.

14. Handbook of Frozen Food Processing and Packaging, edited by Da-Wen Sun.–Taylor&Francis. – Published by CRC Press, 2006. – 737 s.

15. *Holdmen D.* Predicting the relationship between unfrozen water fraction and temperature during food freezing using freezing point depression / D. Holdmen // Trans. ASAE. – 1974. – Vol. 17, № 1. – P. 63–64.

16. 2002 ASHRAE Refrigeration Handbook (Si). 2002 Fundamentals./ Chapter 8. Thermal Properties of Foods, P. 8.1-8.30. / Chapter 9. Cooling and Freezing Times of Foods, P. 9.1-9.15. – Atlanta : ASHRAE, 2002.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПИЩЕВОГО СЫРЬЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПРОИСХОЖДЕНИЯ**

Ялпачик В.Ф.

**Аннотация - работа посвящена методике моделирования и расчетов теплофизических свойств пищевого сырья растительного происхождения.**

## **SIMULATION AND CALCULATION TEPLOFYZYCHESKYH PROPERTIES PYSHEVOHO RAW MATERIALS RASTYTELNOHO ORIGIN**

V. Yalpachik

### *Summary*

**This work is devoted to the method of simulation and calculation of thermophysical properties of food raw materials of plant origin.**

УДК.664.64.014.

## **ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ СУЧАСНИХ ТІСТОМІСИЛЬНИХ МАШИН**

Ялпачик Ф.Ю., к.т.н.,

Янаков В.П., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел/факс (06192) 421-306

Човпило А.П., інженер, головний конструктор

*ОАО "МеЗТТ"*

Тел/факс (06192) 420-451

**Анотація** — стаття присвячена аналізу можливості оперативного контролю якісних показників тіста на всіх етапах тістоприготування. Можливість оперативного контролю і корегування енергетичного впливу тістомісильних машин визначає напрямки їх вдосконалення і покращення процесу перемішування тіста.

**Ключові слова** — тістомісильна машина, контроль, енергія, прилад, технологія, тісто, хлібопекарна продукція.

*Постановка проблеми.* Ціна, асортимент, якість і рентабельність тіста, а також хлібопекарної продукції утворюються формуючими якість операціями. Однією із них у технології виробництва хлібопекарної продукції є заміс тіста. Можливість оперативного контролю, керування та коректування процесами перемішування, і визначає у підсумку ефективність виробництва тіста і хлібопекарної продукції.

На сьогоднішній час на харчовому ринку спостерігається негативна тенденція — скорочення об'ємів вживання хлібопекарної продукції. Аналіз технології виробництва тіста і хлібопекарної продукції виявив причини зниження якості:

- Стабілізація енергетичного впливу хлібопекарного і тістомісильного обладнання.
- Надмірне застосування синтетичних добавок, група Є.
- Відсутність широкого застосування інноваційних підходів при реалізації процесів перемішування тіста.

Системний аналіз тістоприготування ґрунтується на виборі варіантів енергетичного впливу тістомісильних машин і контролі

якісних показників тіста, що викликає зміни шаблону конструкції тістомісильних машин.

*Аналіз останніх досягнень.* Останні дослідження технологічного обладнання і застосованих технологій замісу тіста спрямовані на інтенсифікацію процесів перемішування і контролю якісних показників тіста та хлібопекарної продукції. Простежимо їх реалізацію.

У своїх дослідженнях Д.Ф. Фатихов і А.Н. Белехов вивчали організацію охорони праці при виробленні замісу тіста на тістомісильних машинах. Отримані дані за застосуванням норм виробничої санітарії, електробезпеки, екології, пожежної безпеки. Виявлені види і характеристики шкідливих виробничих факторів. У дослідженнях не висвітлено питання впливу інтенсифікації замісу тіста на санітарно-гігієнічні умови виробництва і фізіологічні особливості праці робітників [1].

Змішування сировини і отримання однорідних мас — один із напрямків досліджень А.І. Драгільова. У проведених дослідженнях був вивчений широкий спектр тістомісильних машин. Одержані дані щодо досягнень продуктивності тістомісильних машин безперервної дії

$$\Pi = 3600Fv\rho\varphi, \quad (1)$$

де  $F$  – площа перетину отвору, через який виходить готова маса,  $\text{м}^2$ ;

$v$  – швидкість витікання готової маси,  $\text{м/с}$ ;

$\rho$  – щільність готової маси,  $\text{кг/м}^3$ ;

$\varphi$  – коефіцієнт заповнення площі отвору витікаючою масою,  $\varphi = 0,4-0,95$ .

У дослідженнях не розглядалося питання оптимізації енергетичного впливу при замісі тіста [2].

Б.А. Хохлов, В.А. Єрмаков вивчали надійність і ремонтпридатність тістомісильних машин. Дослідження були спрямовані на організацію ремонту тістомісильних машин періодичної дії. Виявлені слабкі місця у ремонті сальникових з'єднань, черв'ячних пар і редукторів. Не розглядалися питання модернізації тістомісильних машин у ході ремонту й експлуатації [3].

Сформульовані напрямки новітніх досліджень технології виготовлення тіста і хлібопекарної продукції. Змога управління ходом процесу перемішування тіста у тістомісильних машинах визначається:

- організацією охорони праці;
- нормами виробничої санітарії;

- електробезпекою;
- екологічними нормами;
- пожежною безпекою;
- ремонтпридатністю;
- змогою модернізації;
- досягненням максимальної технологічної продуктивності.

*Формулювання мети статті.* Метою даної статті являється визначення можливості оперативного контролю і коректування енергетичного впливу тістомісильних машин. Ефективність процесів перемішування тіста визначає якість хлібопекарної продукції. Можливість визначити достатній рівень механічного впливу, максимально реалізувати якісний потенціал вихідних інгредієнтів і випустити належну хлібопекарну продукцію є важливою проблемою тістомісильних машин.

*Основна частина.* Аналіз технології виробництва тіста і хлібопекарної продукції дає змогу розкрити, що операція, яка формує якість виготовлення тіста, є визначальною ланкою, що утворює відмінні показники кінцевої продукції. Введення сучасних технологій замісу тіста залежить від радикального впливу на тісто енергопередаючого обладнання та передачі ним енергії тісту.

Контроль якісних показників тіста на всіх етапах тістоприготування дає змогу коректувати процеси перемішування. Коректування процесів перемішування, установлення досягнень необхідних технологічних показників тіста і визначає достатній рівень технічної реалізації хлібопекарного виробництва. Простежимо реалізацію рівня виробництва:

– Визначення кислотності тіста. Під час дозрівання тіста вимірювали зміни титрованої кислотності. Для встановлення величини титрованої кислотності й фізичних властивостей, визначення оптимального часу бродіння, щогодини із проміжками 0,5 год. брали проби тіста. Якість застосовуваного в дослідженнях борошна за вмістом клейковини, вологістю, кислотністю відповідає вимогам ДСТУ.

Комплекс приладів для виміру титрованої кислотності дає змогу точно визначити потрібні показники. Титровану кислотність визначали прискореним способом, титруванням 0,1н. розчину їдкою натрію за наявності фенолфталеїну за методикою, наведеною в інструкції до приладу. Готова продукція і хліб характеризуються такими показниками: питомий об'єм і пористість хліба, титрована кислотність і вологість м'якушки, органолептичні показники.

– Визначення вологості тіста після замішування та бродіння. Під час бродіння тіста вимірювали температуру й вологість. Паралельно для експериментального випікання відбирали тісто, що вистоювалося

у формовому зразку в термостаті при температурі 32 – 36 °С, до готовності у вистоювальному просторі, де підтримувалася необхідна температура й вологість. З використанням приладу ВНІХП–4 (сушильної електрошафи з терморегулятором Чижової) визначалася вологість, рис. 1,б.

Після замісу тісто помістили в термостат на період бродіння при температурі 32 °С, при цьому тісто обминали щогодини. Використовувався розрахунок і аналіз показників тістоприготування. Відповідно до вимог стандартів визначали основні фізико-хімічні показники хлібобулочної продукції: пористість, вологість, кислотність, органолептичні показники й питомий об'єм. Стандартним методом визначали вологість хліба відповідно до ДСТУ. При цьому використовували наважки по 5 г. Зважували на аналітичних вагах ВЛА–200г–М з точністю до 0,001 кг. Висушували наважки у ВНІХП–4 (сушильній електрошафі з терморегулятором Чижової). Застосовувалися засоби зважування, представлені на рис. 1.

Приведені засоби зважування дають змогу повноцінно провести метрологічне забезпечення технологічного процесу. Визначення вологості тіста дає змогу приблизитися до визначення якості сировини та напівфабрикатів.

– Визначення якості сировини та напівфабрикатів. Методи контролю якості готових виробів для оцінки якості виробів, що випускаються підприємством, використовують стандартні методи. Для більш повної і об'єктивної оцінки виробів, зокрема при проведенні науково-дослідних робіт, застосовують додаткові методи. Якість виробів встановлювалася у кожній партії на підставі лабораторного аналізу [5]. Співвідношення якісних і кількісних показників вихідних компонентів багато в чому визначає технологію замісу тіста, варіювання параметрів тіста під час обробки.

Застосовувана сировина й напівфабрикати відповідали вимогам ДСТУ:

- борошно пшеничне хлібопекарське першого гатунку;
- дріжджі сухі імпортного виробництва, дріжджі хлібопекарські пресовані;
- сіль кухонна харчова;
- вода питна;
- олія рослинна (для змащення форм).

Якість застосовуваного в дослідженнях борошна за вмістом клейковини, вологістю, кислотністю відповідає вимогам [6]. Якість борошна визначали за такими показниками: вологість, клейковина (якість і кількість), автолітична активність і газоутворення.

– Експериментальна перевірка якості дріжджів пресованих. Проводили у відповідності з вимогами ДСТУ щодо тривалості



підймання тіста й методом “кульки” щодо підйомної сили. Температуру напівфабрикатів вимірювали технічним термометром ТН-3 ДСТУ4–2001 зі шкалою 60 °С і точністю відліку до 1 °С [7]. Однорідність тіста оцінювали позиційним профілактометром УРЛ-Модуль1 за методикою, наведеною в інструкції до приладу, рис. 1.

Дріжджі й сіль зважували на аналітичних вагах ВЛА–200т–М з точністю до 0,001 кг., борошно й воду — на технічних вагах РН–10Ц13У з точністю до 0,01 кг. Розтяжність сирової клейковини тіста оцінювали лінійкою за ДСТУ 427–05. Температуру тіста під час замісу контролювали технічним термометром ТН-3 ДСТУ 4–2001 зі шкалою 60 °С і точністю відліку до 1 °С [6]. Якість тіста контролювали за такими показниками: технологічні показники (прилад ІДК–1), газоутворювальна здатність (прилад АГ–1 або прилад Яго-Островського).

З використанням приладу ВПХП-4 (сушильна електрошафа з терморегулятором Чижової) визначалася вологість, підйомна сила за методом “кульки”, титрована кислотність — прискореним методом титруванням 0,1 н. розчину їдкого натрію за наявності фенолфталеїну. Визначені показники якості сировини та напівфабрикатів дають змогу наблизитися до визначення якості готових виробів.

– Основні фізико-хімічні показники хлібобулочної продукції. Відповідно до вимог стандартів визначали основні фізико-хімічні показники хлібобулочної продукції: пористість, вологість, кислотність, органолептичні показники й питомий об'єм [7]. Виміри проводилися через 15–18 год. після виробництва хліба згідно із загальноприйнятою методикою за ДСТУ.

Стандартним методом визначали вологість хліба відповідно до ДСТУ. При цьому використовували наважки по 5 г. Зважували на технічних вагах РН–10Ц13У з точністю до 0,01 кг. Висушували наважки в ВПХП–4 (сушильна електрошафа з терморегулятором Чижової). Визначення якісних показників готової продукції не дає змоги комплексно оцінити переваги нововведень. Для досягнення цієї мети необхідна оцінка енергетичних характеристик замісу тіста.

Підаючи аналізу структуру приладів (рис. 1), можливо дійти до висновків — маємо імовірність достовірно встановити значення показників процесів тістоприготування. Розуміння економічної ефективності та якості процесів перемішування тіста за новітніми технологічними процесами має виразні утруднення, вони полягають у щільній взаємозалежності між якістю і економічною ефективністю замісу тіста.

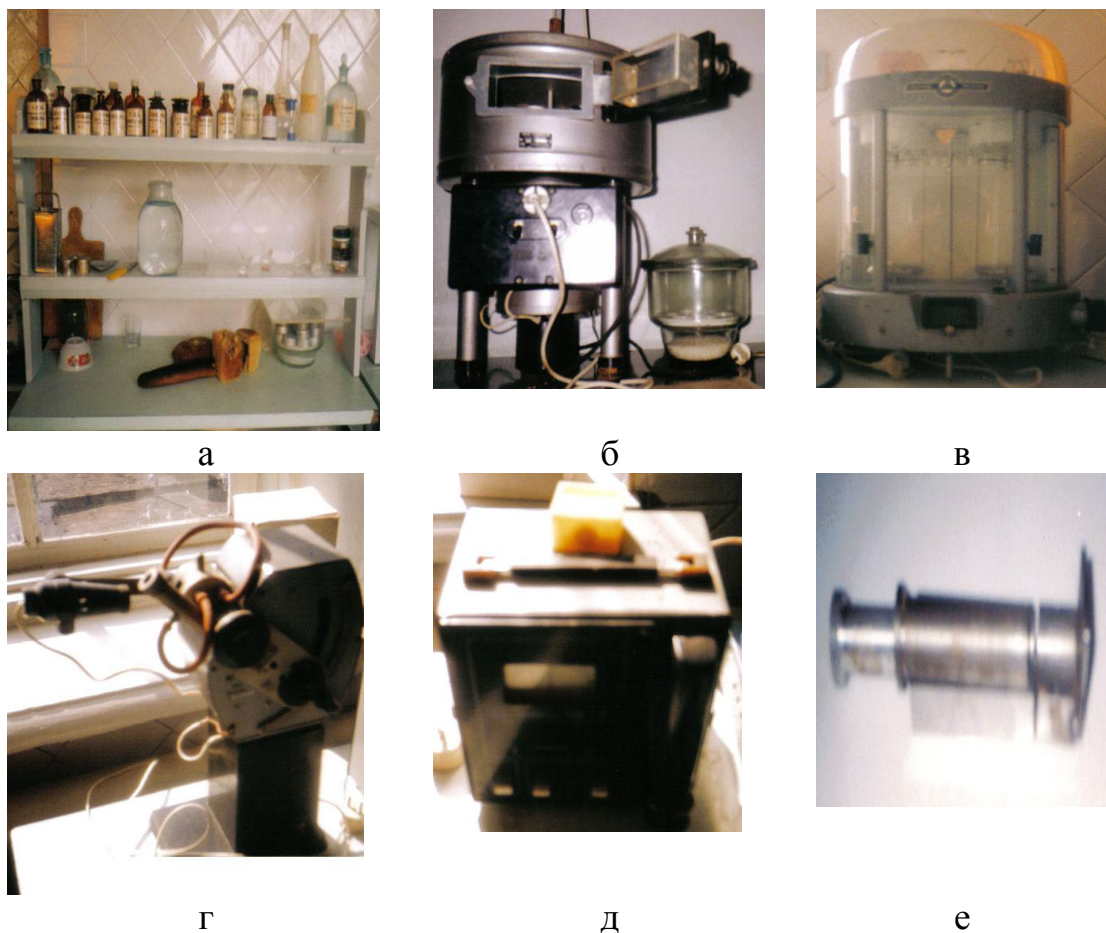


Рис. 1. Прилади для контролю процесів тістоприготування:  
а – прилади для виміру титрованої кислотності; б – ВПШП-4 (сушильна електрошафа з терморегулятором Чижової); в – аналітичні ваги ВЛА-200г-М з точністю до 0,001 кг.; г – позиційний профілактометр УРЛ-Модуль1; д – прилад ІДК-1; е – прилад Журавльова.

Вирішення питання контролю якісних показників тіста здійснюється при розробленні та запровадженні нових технологічних процесів перемішування тіста, які за особливостями не поступаються звичайним, але значно дешевші. Корегування перемішування тіста, визначення досягнень потрібних технологічних показників тіста і установлює достатній рівень. Цей підхід можливо реалізувати при об'єднанні в один ланцюг: прилад → методика → формула → розрахунок → тісто → технічна реалізація.

Розрахунок якісних показників тіста проводили за формулами:

- Кислотність кожного навішування муки ( $K_M$ ) в градусах кислотності визначали об'ємом 1 моль/дм<sup>3</sup> розчину гідроокису натрію для нейтралізації кислоти в 100 г муки за формулою 1.
- Вологість муки ( $W_M$ ) у відсотках обчислювали за формулою 2.

- Кількість сирої клейковини ( $K_K$ ), у відсотках обчислювали за формулою 3.
- Вміст сирої клейковини, виражений у відсотках до маси початкового продукту ( $B_K$ ), визначали за формулою 4.
- Кількість водорозчинних речовин в муці ( $BP_K$ ) в перерахунку на суху речовину у відсотках обчислювали за формулою 5.
- Пористість ( $\Pi$ ) обчислювали у відсотках за формулою 6.

$$K_M = \frac{V \cdot 100}{m_1 \cdot 10} \text{ або } K_M = V \cdot 2, \quad (1)$$

$$W_M = \frac{100(m_3 - m_2)}{m_3}, \quad (2)$$

$$K_K = \frac{m_K \cdot 100}{m_H}, \quad (3)$$

$$B_K = \frac{m_K \cdot 100}{10} = 10m_K, \quad (4)$$

$$BP_K = \frac{K_C \cdot 100}{(100 - W_m)}, \quad (5)$$

$$\Pi = \frac{V_X - m_B / \rho_M}{V_X} 100, \quad (6)$$

де  $1/10$  – коефіцієнт перерахунку 0,1 моль/дм<sup>3</sup> розчину луку на 1 моль/дм<sup>3</sup>;

$V$  – об'єм розчину гідроокису натрію концентрацією 0,1 моль/дм<sup>3</sup> (з урахуванням поправочного коефіцієнту до титру гідроокису натрію), використаний на титрування, см<sup>3</sup>;

$m_1$  – маса навішування продукту, г;

$m_2$  – маса навішування після висушування, г;

$m_3$  – маса навішування муки до висушування, г;

$m_K$  – маса сирої клейковини, г;

$m_H$  – маса навішування муки, г;

$K_C$  – кількість сухих речовин, %;

$W_m$  – вогкість муки, %;

$V_X$  – загальний об'єм виїмок хліба, см<sup>3</sup>;

$m_B$  – маса виїмок, г;

$\rho_M$  – щільність безпористої маси м'якуша, г/см<sup>3</sup>.

Аналіз приведеної системи формул дає змогу дійти до висновку — вживання контролю якісних показників тіста у рішенні задач технологічного процесу перемішування тіста дасть змогу підвищити результативність і економічну ефективність хлібопекарної продукції, що випускається.

*Висновки.* Отримані дані досліджень вдосконалення технології хлібопекарної продукції, замісу тіста й теорії тістомісильних машин зумовлюють спроможність дійти до висновків:

Сформульовані сучасні напрямки досліджень процесів перемішування: організація охорони праці; норми виробничої санітарії; електробезпека; екологічні норми; пожежна безпека; ремонтпридатність; змога модернізації; досягнення максимальної технологічної продуктивності.

Визначені положення взаємозв'язку вживання контролю і корегування якісних показників тіста у рішенні задач технологічного процесу замісу тіста.

Визначені положення взаємозв'язку принципів результативності технологічного процесу замісу тіста, вони формуються технологічним ланцюжком: обладнання → процес, → технологія → товарознавство.

Дана оцінка технологічного ефекту від впровадження у процесі перемішування прогресивних методів контролю і корегування енергетичного впливу тістомісильних машин.

#### Література:

1. *Янаков В.П.* Обґрунтування параметрів і режимів роботи тістомісильної машини періодичної дії: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.18.12. — “Процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв” / В.П. Янаков. — ДонНУЕТ., — 2011. — 20 с.

2. *Фатыхов Д.Ф.* Охрана труда в торговле, общественном питании, пищевых производствах в малом бизнесе и быту / Д.Ф. Фатыхов, А.Н. Бедехов. — М.: Изд. центр "Академия". 2000. — 224 с.

3. *Драгилёв А.И.* Технологическое оборудование предприятий кондитерского производства / А.И. Драгилёв — М.: Колос. 1997. — 432 с.

4. *Хохлов Б.А.* Ремонт и основы монтажа оборудования предприятий общественного питания и торговли / Б.А. Хохлов, В.А. Ермаков. — М.: Машиностроение. 1983. — 205 с.

5. *Пучкова Л.И.* Лабораторный практикум по технологии хлебопекарного производства / Л.И. Пучкова — М.: Лёг. и пищ. пром-сть, 1982. — 232 с.

6. Писаренко В.В. Основы технического анализа / В.В. Писаренко, Л.С. Захаров – М.: Выс. шк. 1972. – 280 с.

7. Процеси і апарати харчових виробництв. Лабораторний практикум: Навч. посіб / під ред. І.Ф. Манежика – К.: НУХТ, 2006. – 224 с.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ТЕСТОМЕСИЛЬНЫХ МАШИН**

Ялпачик Ф.Ю., Янаков В.П., Човпило А.П.

*Аннотация* — статья посвящена анализу возможности оперативного контроля качественных показателей теста на всех этапах тестоприготовления. Возможность оперативного контроля и корректировки энергетического воздействия тестомесильных машин определяет направления их совершенствования и улучшения процесса перемешивания теста.

## **DEFYING TECHNICAL EFFICIENCY OF MODERN DOUGH MIXING EQUIPMENT.**

F.Yalpachik, V.Yanakov, A.Chovpilo

### **Summary**

The article analysis indicators that define quality of dough at all phases of dough preparation. The article goes into depth on monitoring and control procedure during the dough mixing. Ways of improvement for dough mixing process in mixing equipment are identified and new ways for improvement are suggested.

УДК 621.928:661.188

## ДОСЛІДЖЕННЯ ОСНОВНИХ ФАКТОРІВ, ЩО ВИЗНАЧАЮТЬ ПРОЦЕС ВІБРОВІДЦЕНТРОВОГО РОЗДІЛЕННЯ СИРОГО ГЛІЦЕРИНУ

Паламарчук І.П., д.т.н.,

Полева Ю.А., аспірант \*

Вінницький національний аграрний університет

Тел. : (0432) 66-19-55

**Анотація** – ефективність процесу вібровідцентрового очищення сирого гліцерину оцінювали за такими параметрами як віброприскорення, кутова швидкість ротора, температура гліцерину, час обробки. Використовуючи отримане рівняння множинної регресії 2-го порядку були визначені рекомендації стосовно основних параметрів робочого режиму досліджуваного процесу.

**Ключові слова** – гліцерин, вібровідцентрова дія, розділення, багатофакторний експеримент.

*Постановка проблеми.* З розвитком альтернативних джерел енергії, зокрема біодизельного палива, постає проблема переробки та очищення гліцерину як побічного продукту даного виробництва [1]. Зазвичай, дану проблему вирішували за допомогою традиційних методів розділення: відстоювання, фільтрування, циклонування, під дією відцентрових сил тощо. Комбінований вплив означених факторів становить потенціал для підвищення продуктивності машини, поліпшення якісних параметрів операції та опосередково створює резерв для енергозаощадження. Тому є актуальним впровадження прогресивних технологій переробки та використання вторинних сировинних ресурсів за допомогою комбінованого застосування фізико-механічних способів обробки сировини, а саме, поєднання дії вібрації та відцентрової сили.

*Формулювання цілей статті.* Для створення методики розрахунку та конструювання вібровідцентрового обладнання, а також для визначення оптимальних параметрів обробки сировини при вібровідцентровій обробці використовуємо активний багатофакторний експеримент. При цьому необхідно встановити можливість підвищення масової долі чистого гліцерину в залежності від основних показників, що характеризують ефективність роботи досліджуваної

машини (віброприскорення  $a_g$ , кутової швидкості ротора  $\omega_{рот}$ , температури гліцерину  $t_{гл}$ , та часу обробки  $\tau$ ).

*Аналіз останніх досліджень.* Серед основних факторів, що впливають на процес розділення неоднорідних рідких речовин, можна відзначити: температуру, густину, в'язкість середовища, час проведення експерименту. Плинність означених факторів може призвести до якісної зміни вихідних фізико-механічних властивостей сировини [2].

Для визначення якісних характеристик досліджуваного середовища необхідно враховувати деякі фізико-механічні властивості продукту, які мають вплив на якість процесу обробки. У роботі [2] представлено, що використання перфорацій ротора із певним розміром впливає на підвищення продуктивності процесу розділення соєвої суспензії. Збільшення частоти обертання ротора має нелінійний характер, тобто при певній межі продуктивність центрифуги різко зменшується. При дослідженнях [3] максимальне значення чистоти і виходу важкої фракції спостерігалось при оптимальних значеннях параметрів процесу та установки: частоти коливань робочої поверхні, питомого навантаження на робочу поверхню та коефіцієнта анізотропії тертя.

*Основна частина.* Вібраційні машини для розділення неоднорідних систем характеризуються незначним впливом маси технологічного завантаження на динаміку руху виконавчих органів коливальної системи. Для даних машин ефективним є комбінована дія вібрації з усіма механічними та електромагнітними видами розділення. Використання фільтрування через перфоровані поверхні при певній вібрації не є винятком [4]. При протіканні таких складних процесів, де задіяно багато факторів (частота обертання ротора, частота обертання вала вібробудувача, амплітуда коливань, час обробки, температура гліцерину тощо) неможливо побудувати просту модель. Для вивчення якісних показників та їх кількісної оцінки означених процесів слід застосовувати математичне планування багатофакторного експерименту [5, 6].

За результатами попередніх експериментальних даних досліджуваного процесу розділення неоднорідного рідкого середовища за допомогою розробленої вібровідцентрової машини був проведений статистичний аналіз енергетичних та якісних параметрів.

Якісними параметрами оцінки досліджуваного процесу було визначено масову частку чистого гліцерину в сирому  $X_{ч.гл}$ , % як функцію від основних факторів впливу

$$X_{ч.гл.} = f(A\omega_{пр.в.}^2, \omega_{рот}, \tau, t_{гл.}), \quad (1)$$

де  $A\omega_{пр.в.}$  – віброприскорення,  $м/с^2$ ;

$\omega_{рот}$  – кутова швидкість ротора,  $рад/с$ ;

$t_{сл.}$  – температура робочого середовища,  $^{\circ}C$  ;

$\tau$  – час проведення експериментального дослідження,  $с$ .

$$N = f(A\omega_{пр.в.}^2, \omega_{рот}, \tau, t_{сл.}) \quad (2)$$

Всі фактори, що входять до досліджуваного процесу, мають свою розмірність, а значення їх мають різні порядки. Щоб отримати адекватну поверхню відгуку виконуємо кодування функцій, що є лінійним перетворенням факторного простору [5, 6].

Розподіляємо значення рівнів факторів наступним чином: верхній +1; середній 0; нижній – 1; зірковий верхній +  $\alpha$ ; зірковий нижній –  $\alpha$ . У якості впливових факторів процесу вібровідцентрового розділення, виходячи із результатів теоретичного та практичного аналізу, були вибрані наступні величини (табл. 1).

Таблиця 1 – Значення рівнів факторів та інтервали варіювання процесу вібровідцентрового розділення

Фактори			Рівні варіювання					
№	Назва	Позначення	Інтервал варіювання	– $\alpha$	–1	0	+1	+ $\alpha$
1	Віброприскорення	$A\omega^2, м/с^2$	5	15,3	18	19,3	20,1	26,2
2	Кутова швидкість ротора	$\omega_{рот}, с^{-1}$	50	115	126	136	146	157
3	Час обробки	$\tau, с$	60	240	360	480	600	720
4	Температура гліцерину	$t_{слиз}, ^{\circ}C$	10	60	70	80	90	100

Дослідження впливу перерахованих вище факторів на технологічні та енергетичні параметри досліджуваних процесів при проведенні багатофакторного експериментів пов'язані зі значними труднощами та об'ємами робіт. Тому доцільно провести статистичний аналіз для отримання функціональної залежності у вигляді множинної регресії другого порядку за допомогою рототабельного центрально-композиційного планування (РЦКП) багатофакторного експерименту [5, 6].

Метод РЦКП дозволяє більш точно отримати математичний опис розподілу даних за рахунок збільшення кількості експериментів в центральних точках матриці плану і спеціальному виборі величини "зіркового значення".



Планувалось отримати рівняння множинної регресії 2-го порядку

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i=1}^n b_{ij} x_i^2 + \sum_{i=1}^n b_{ij} x_{ij} x_{ij}, \quad (3)$$

де  $y$  – функція відгуків  $X_{ч.зл.}$ ,  $N_{заг}$ ;

$b_0, b_i, b_{ij}$  – коефіцієнти регресії отримані методом найменших квадратів.

Адекватність регресійних моделей перевірялася за критерієм Фішера [5, 6]

$$F = \frac{S_{ад}^2}{S_{відт}^2} \leq [F(f_1, f_2)], \quad (4)$$

де  $S_{ад}$  – дисперсія адекватності;

$S_{відт}$  – дисперсія відтворюваності.

$[F(f_1, f_2)]$  – критичне значення критерію Фішера, яке рівне значенню розподілу Фішера;  $f_1 = N - d$  – кількість ступенів вільності дисперсії адекватності;  $f_2 = n - 1$  – кількість ступенів вільності дисперсії відтворюваності;  $d$  – кількість значимих коефіцієнтів регресії (2);

$n$  – кількість попередніх повторних дослідів, які проведено для середнього (нульового) рівня факторів.

Розрахункове значення критерію  $F$  порівнювалося з критичним і при  $F \leq [F(f_1, f_2)]$  регресійна модель вважалася адекватною.

Дисперсія відтворюваності визначалася за формулою [5,6]

$$S_{відт}^2 = \frac{1}{f_2} \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2, \quad (5)$$

де  $y_i$  – результат  $i$ -го повторного дослідів;

$\bar{y}$  – середнє арифметичне значення результатів  $n$  повторних дослідів.

Дисперсія адекватності визначалася за формулою [5]

$$S_{ад}^2 = \frac{1}{f_1} \sum_{i=1}^N (y_i - \tilde{y}_i)^2, \quad (6)$$

де  $y_i$  – результат  $i$ -го дослідів, проведеною за матрицею планування;  $\tilde{y}_i$  – результат  $i$ -го значення дослідів, передбаченого за допомогою регресійної моделі (2).

Значимість коефіцієнтів регресії проводилася за t-критерієм Стьюдента [5]

$$t_i = \frac{b_i}{S_{\text{відт}} \sqrt{c_{i,i}}} > [t(f_2)], \quad (7)$$

де  $[t(f_2)]$  – критичне значення t-критерію Стьюдента, яке рівне значенню розподілу Стьюдента;

$c_{i,i}$  – відповідний елемент матриці  $\Phi^{-1}$ .

Розрахункове значення критерію  $t_i$  порівнювалося з критичним і при  $t \leq [t(f_2)]$  i-й коефіцієнт регресії вважався незначним.

У результаті обробки експериментальних даних у статистичному середовищі STATISTICA 6.0 для функцій відгуку  $X_{\text{ч.зл}} = f(a, \omega, \tau, t)$  та  $N = f(a, \omega, \tau, t)$  було отримано коефіцієнти комплексних рівнянь множинної регресії 2-го порядку

$$\begin{aligned} X_{\text{ч.зл.}} = & -78,65 - 3,2 \cdot a + 0,15 \cdot \omega_{\text{ром}} + 0,051 \cdot t + 1,76 \cdot \tau - 0,08 \cdot a^2 - 0,0001 \times \\ & \times \omega_{\text{ром}}^2 - 0,0135 \cdot \tau^2 + 0,0038 \cdot a \cdot \omega_{\text{ром}} + 0,0005 \cdot a \cdot t + 0,0229 \cdot a \cdot \tau + 0,0001 \times \\ & \times \omega_{\text{ром}} \cdot \tau - 0,0003 \cdot t \cdot \tau. \end{aligned} \quad (8)$$

$$\begin{aligned} N_{\text{заг}} = & 13980 - 212,14 \cdot a - 11,88 \cdot \omega_{\text{ром}} - 3,11 \cdot t - 74,58 \cdot \tau + 3,41 \cdot a^2 + \\ & + 0,47 \cdot \tau^2 + 0,08 \cdot a \cdot \omega_{\text{ром}} \end{aligned} \quad (9)$$

Розрахункові значення критеріальної оцінки відображені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Значення розрахованих критеріїв до отриманих регресійних моделей

Критерій оцінки	Позначення критерію	Функція відгуку	
		X, %	$N_{\text{заг}}$
Коефіцієнт детермінації;	$R^2$	0,48	0,49
Дисперсія адекватності	$S_{\text{ад}}$	81,83	118703
Дисперсія відтворюваності	$S_{\text{відт}}$	88,31	122757
Критерій Фішера	$F$	0,92	0,96
Критичне значення критерію Фішера, яке рівне значенню розподілу Фішера	$F_{\alpha, f_1, f_2}$	2,84 <sub>0,05;4;21</sub>	2,84 <sub>0,05;4;21</sub>

Як видно із таблиці 2 всі рівняння регресії виявились адекватними.

На рис. 1, 2 показано поверхні відгуків критеріїв оптимізації та залежності масової долі чистого гліцерину  $X_{ч.глі} = f(a, \omega, \tau, t)$  та витрати енергії  $N = f(a, \omega, \tau, t)$  від окремих дійсних значень параметрів оптимізації:  $a_e$ ,  $\omega_{ром}$ ,  $t_{глі}$ ,  $\tau$ .

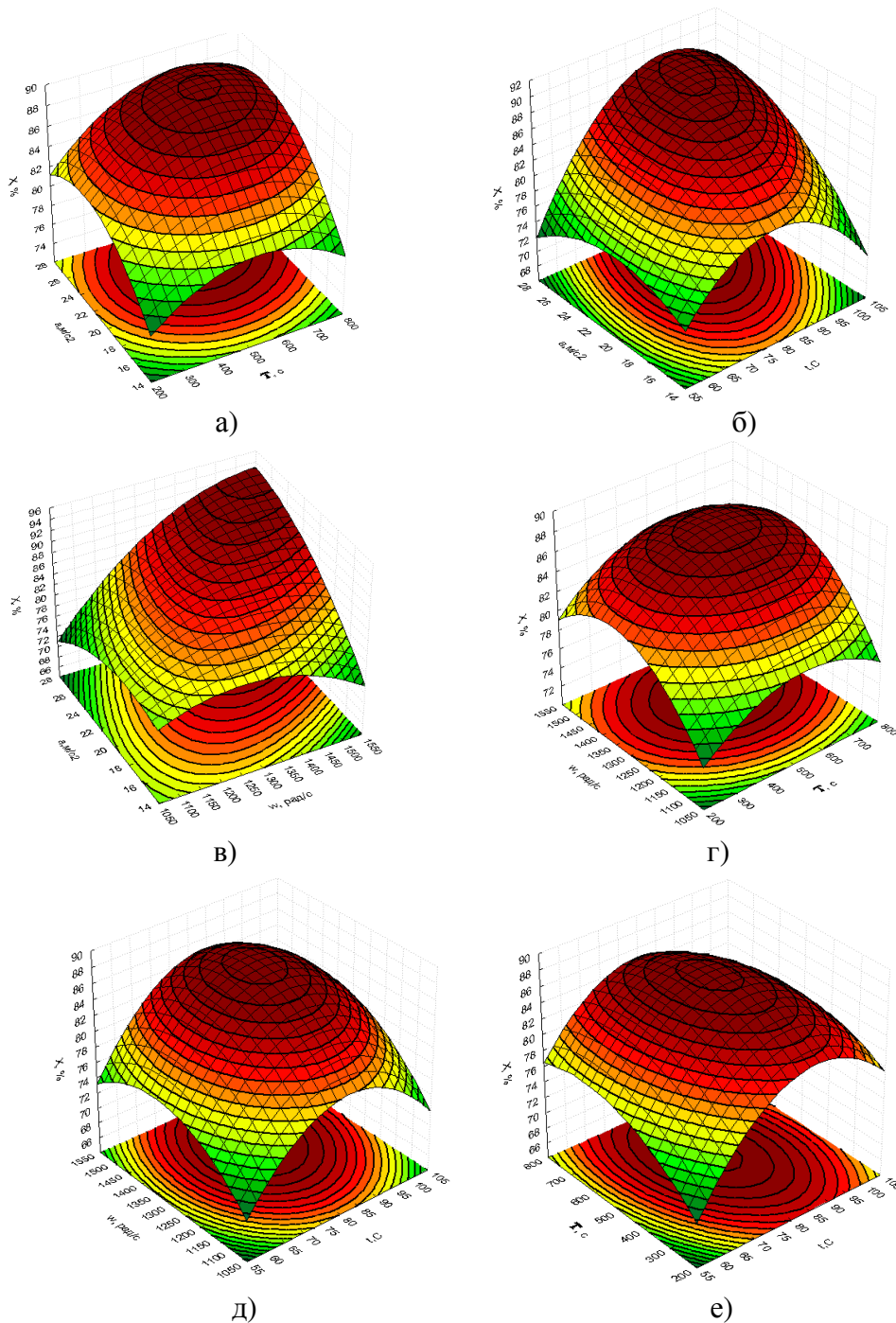


Рис. 1. Поверхні відгуків, що характеризують масову частку чистого гліцерину від: а)  $X_{ч.глі} = f(a, \tau)$ ; б)  $X_{ч.глі} = f(a, t)$ ; в)  $X_{ч.глі} = f(a, \omega)$ ; г)  $X_{ч.глі} = f(\omega, \tau)$ ; д)  $X_{ч.глі} = f(\omega, t)$ ; е)  $X_{ч.глі} = f(\tau, t)$ .

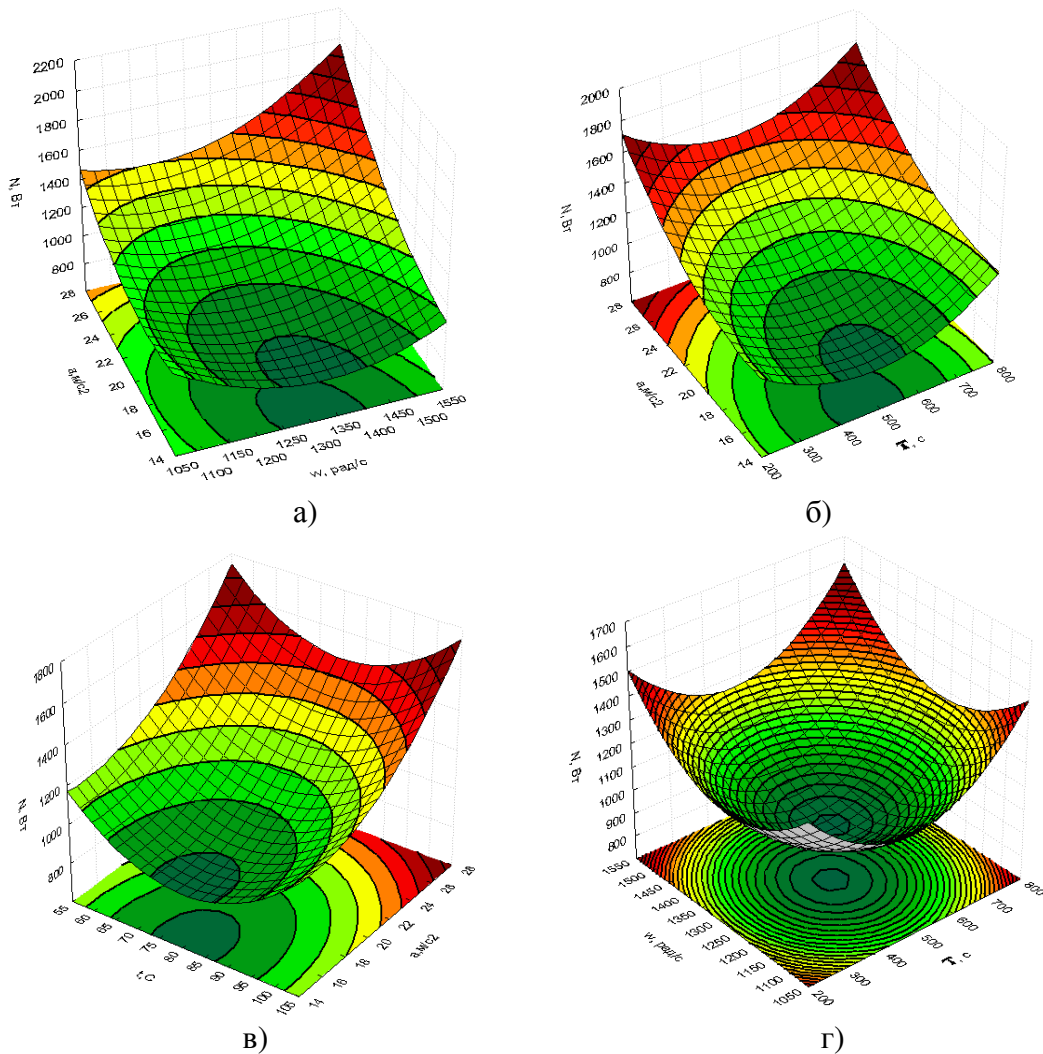


Рис. 2. Поверхні відгуків, що характеризують енергетичні витрати від: а)  $N = f(a, \omega)$ ; б)  $N = f(a, \tau)$ ; в)  $N = f(a, t)$ ; г)  $N = f(\omega, \tau)$ .

### Висновки.

1. Побудовані поверхні відгуків критеріїв оптимізації дозволяють наглядно ілюструвати залежності значень масової долі чистого гліцерину  $X_{\text{ч.глі}}$  та спожитої енергії  $N$  від окремих параметрів оптимізації та місцезнаходження оптимумів.

2. Масова частка чистого гліцерину набуває максимального значення при наступних значеннях: температурі гліцерину 60–80°C, тривалості обробки 6–8 хв., кутовій швидкості ротора 140–150 рад/с та віброшвидкості контейнера 22–24 м/с<sup>2</sup>.

### Література:

1. Калетнік Г.М. Біопаливо. Продовольча, енергетична та екологічна безпека України : Монографія. – К. : „Хай-Тек Прес”, 2010. – 516 с. – ISBN 978-966-2143-44-7.

2. Шарипов А.Г. Повышение эффективности процесса разделения соевой суспензии путем обоснования параметров и режимов работы фильтрующей центрифуги : дис. кандидата техн. наук : 05.20.01 / Шарипов Азат Гибатович. – Курган, 2005. – 177 с.

3. Бредихин В.В. Обоснование параметров процесса вибропневмоцентробежного разделения семенных смесей по плотности семян : дис. кандидата техн. наук : 05.05.11 / Бредихин Вадим Викторович. – Харьков, 2003. – 243 с.

4. Паламарчук І.П. Науково-технічні основи розроблення енергозберігаючих вібротриболомеханічних дії харчових і переробних виробництв : дис. доктора техн. наук : 05.18.12 / Паламарчук Ігор Павлович. – Київ, 2008. – 461 с.

5. Бойко Н.Г. Теория и методы инженерного эксперимента / Н.Г. Бойко, Т. А. Устименко. – Донецк, ДонНТУ, 2009 г – 158 с.

6. Грачев Ю.П. Математические методы планирования экспериментов / Ю. П. Грачев. – М. :Пищевая промышленность, 1979. – 200 с.

## ПЛАНІРОВАНИЕ МНОГОФАКТОРНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ВИБРОЦЕНТРОБЕЖНОГО РАЗДЕЛЕНИЯ СЫРОГО ГЛИЦЕРИНА

Паламарчук І.П., Полева Ю.А.

**Аннотация** – эффективность процесса виброцентробежной очистки сырого глицерина оценивали по таким параметрами как виброускорение, угловая скорость ротора, температура глицерина, время обработки. Используя полученное уравнение множественной регрессии 2-го порядка были найдены рекомендации относительно основных параметров рабочего режима исследуемого процесса.

## PLANNING OF MULTIVARIABLE EXPERIMENT FOR RESEARCH OF VIBROCENTRIFUGAL РАСДЕЛЕНИЯ OF RAW GLYCERIN

I. Palamarchuk, Y. Polyevoda

**Summary** – efficiency of process of the vibrocentrifugal cleaning of raw glycerin was estimated on such parameters as a vibroacceleration, angular of rotor, temperature of glycerin, time of treatment. Using the got equalization of multiple regression of 2th order there were certain recommendations in relation to the basic parameters of operating.

УДК 664.788+631.171

## ЕНЕРГОЄМНІСТЬ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ЗЕРНА В ДРОБАРЦІ З ВЕРТИКАЛЬНИМ РОТОРОМ

Гвоздєв О.В., к.т.н.,

Ялпачик О.В., аспірант\*

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-13-06

**Анотація** – к роботі наведено результати експериментальних досліджень енергоємності процесу подрібнення зерна при різних подачах матеріалу та різних обертах вала ротора дробарки.

**Ключові слова** – дробарка, енергоємність процесу, модуль помелу, якість подрібнення.

*Постановка проблеми.* Відповідно до наукових концепцій розвитку кормовиробництва в Україні потужність підприємств комбікормової промисловості необхідно збільшити до 30 млн. т. на рік, і це, на думку вчених, потрібно здійснити, в основному, за рахунок введення в експлуатацію сучасних малогабаритних комбікормових агрегатів безпосередньо в господарствах, особливо віддалених від комбікормових заводів [1].

Однієї з важливих і самих енергоємних операцій у технології кормовиробництва є подрібнення. Приготування кормів складає 45- 50 відсотків у собівартості готової продукції тваринництва. Витрати енергії за операціями розподіляються таким чином: транспортування – 20%, дозування – 15%, на подрібнення припадає близько 65 % загальних витрат, що складає приблизно 33% собівартості готової продукції [2].

Нами розроблені спосіб і пристрій для подрібнення зерна прямим ударом робочих органів у вигляді металевих пальців [3,4]. Така дробарка прямого удару досить компактна, не вимагає використання потужного приводного устаткування і може ефективно використовуватися на малих тваринницьких фермах [4].

*Аналіз останніх досліджень.* Технологічні схеми подрібнення зерна сьогодні розвиваються у напрямку зниження енерговитрат, поліпшення якості, рівномірності подрібнення, розширення технологічних можливостей, повної механізації завантаження й вивантаження, а також раціональної організації процесу подрібнення [5,6,7].

---

© Гвоздєв О.В., к.т.н., Ялпачик О.В., аспірант

\*Науковий керівник – к.т.н., доцент Гвоздєв О.В.

Удосконалення процесу подрібнення зерна повинне полягати в підвищенні ефективності передачі частці енергії при активному ударі матеріалу робочим органом. Тому необхідно проведення досліджень визначення енергоємності процесу подрібнення зерна при різних подачах матеріалу та різних обертах вала ротора.

*Мета роботи* - визначення енергоємності процесу подрібнення зерна в дробарці з вертикальним ротором.

*Основна частина.* Досліди проводили на експериментальній установці, що докладно описана в роботі [8].

Для здійснення експериментальних досліджень даного способу подрібнення зерна була розроблена експериментальна дробарка (рис. 1). Новизна технічного рішення дробарки прямого удару з вдосконаленою системою подрібнення захищена трьома патентами України на винахід [3,9,10].

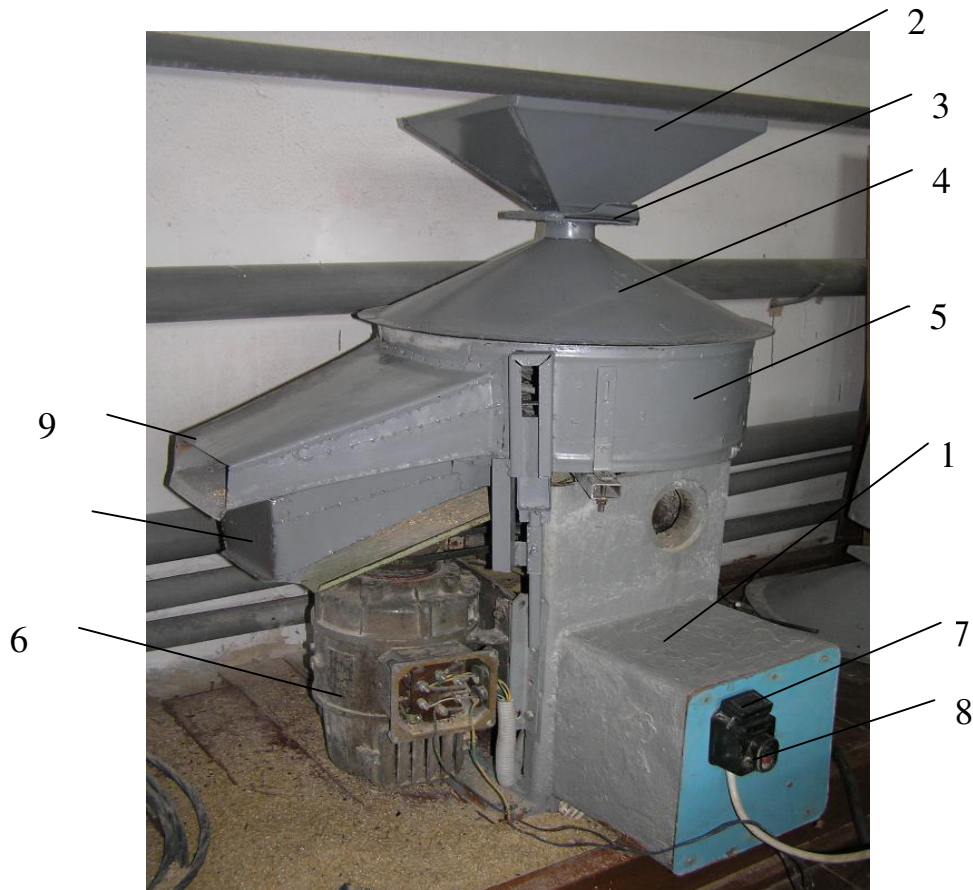


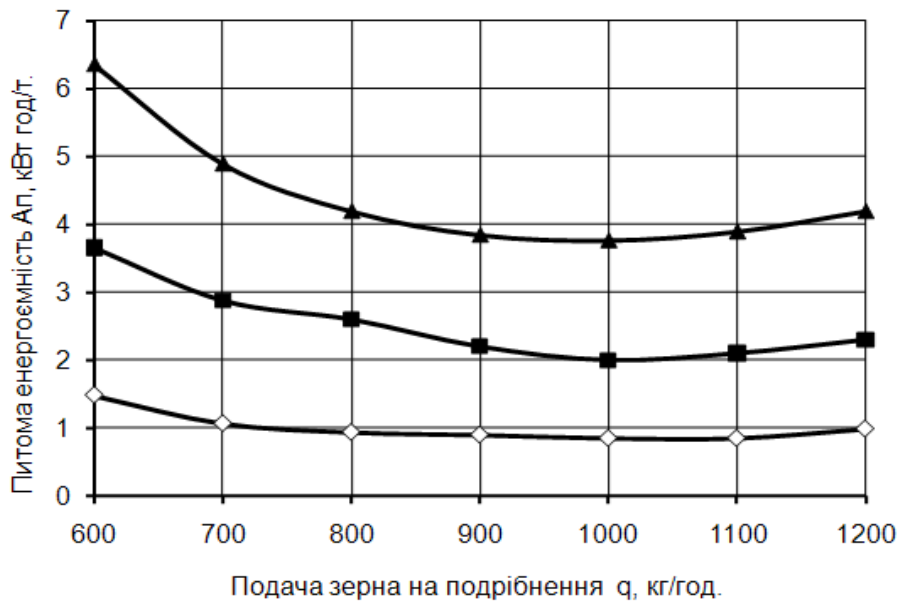
Рис. 1. Загальний вигляд експериментальної дробарки прямого удару:

1 – рама; 2 – бункер; 3 – регулююча заслінка; 4 – кожух; 5 – камера подрібнення; 6 – привод; 7 – тахометр; 8 – пульт керування; 9, 10 – патрубки відводу продуктів подрібнення, відповідно, з камери подрібнення та жалюзійних сепараторів.



З метою визначення енергоємності процесу подрібнення зерна були проведені досліди подрібнення зерна пшениці ( $r_e = 2,6$  мм;  $W = 14\%$ ) при різних подачах матеріалу в камеру дроблення та різних обертах вала ротора дробарки. Результати представлені на рис. 2.

Результати експериментальних досліджень дробарки прямого удару свідчать про те, що найменша питома енергоємність досягається при подачі зерна 800...1100 кг/год на всіх режимах і становить від 0,89 кВт· год/т при обертах вала роторау дробарки 1000 об/хв до 3,85 кВт· год/т при 2000 об/хв.



—■— 2000 об/хв.; —▲— 1500 об/хв.; —◇— 1000 об/хв.

Рис. 2. Залежність питомої енергоємності експериментальної дробарки прямого удару від подачі зерна на подрібнення при різних обертах вала ротора.

Аналіз залежностей питомої енергоємності від обертів вала ротора дробарки показав, що при раціональному режимі подрібнення (частота обертання вала ротора  $n = 2000$  об/хв., кутова швидкість ротора  $\omega = 210$  с<sup>-1</sup>, окружна швидкість (точок робочого органу стрижня),  $v = 42...68$  м/с, подача зерна на подрібнення 800...1100 кг/год) модуль помелу склав  $M = 1,6...1,8$  мм, питома енергоємність -  $A_n = 3,80...4,20$  кВт·год/т. При частоті обертання вала ротору  $n = 1500$  об/хв модуль помелу збільшується до 2,6 мм з одночасним зменшенням питомої енергоємності до 2,0...2,6 кВт·год/т, але збільшується пилоподібна фракція (до 12%). При частоті обертання вала ротора  $n = 1000$  об/хв відбувається подальше зменшення питомої енергоємності до 0,84...0,93 кВт·год/т, модуль помелу практично не змінюється, але збільшується пилоподібна фракція (до 20%).



Тому рекомендується наступний режим роботи дробарки прямого удару: подача зерна на подрібнення - 800...1100 кг/год, при частоті обертання вала ротора  $n = 2000$  об/хв.

На рис. 3 надано результати отриманих залежностей питомої енергоємності експериментальної дробарки на різних режимах роботи від подачі зерна на подрібнення при частоті обертання ротору  $n = 2000$  об/хв.

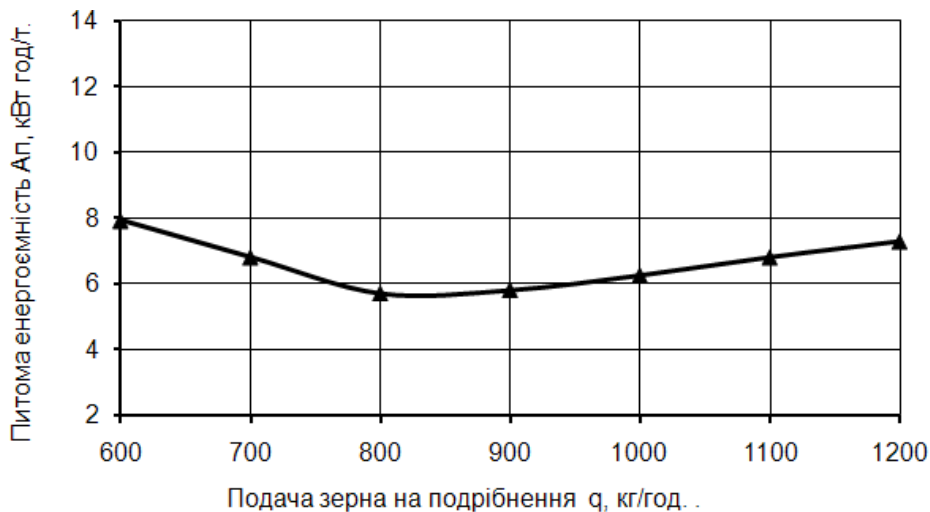


Рис. 3. Залежність питомої енергоємності експериментальної дробарки прямого удару з попередньою сепарацією зерна від подачі зерна на подрібнення при частоті обертання вала ротора  $n = 2000$  об/хв.

Аналіз залежностей питомої енергоємності експериментальної дробарки прямого удару від подачі зерна на подрібнення показав, що дробарку слід використовувати при продуктивності 800...1000 кг/год.

Також проведено порівняння якості роботи дробарок за модулем помелу. Так як модуль помелу для ВРХ та свиней приймає середні значення 1,4...1,8 мм, а для птиці 1,8...2,0 мм, то питому енергоємність у порівнянні дробарок прийняли для  $M = 1,4...2,0$  мм.

На рисунку 4 наведено залежності питомої енергоємності порівняльних дробарок від модуля помелу. З рисунка видно, що використання дробарки прямого удару дозволяє знизити питому енергоємність більш ніж у 1,5 рази (6,62...8,35 - у молотковій дробарці і 3,9...5,82 кВт·год/т - у пропонуемій дробарці прямого удару).

На підставі отриманих даних робимо висновок, що одержання готового продукту заданого гранулометричного складу залежно від обраного режиму роботи дробарки прямого удару з попередньою сепарацією зерна можливо. Це відповідає меті досліджень. За даними частотного розподілу за фракціями при кінематичному режимі подрібнення з параметрами дробарки прямого удару зерна  $Q = 800...1100$  кг/год і  $n = 2000$  об/хв вміст пилоподібної фракції

(діаметр менше 0,25 мм) у готовому продукті при вологості зерна 14-15% становить: для пшениці – 2,77 %; ячменя – 2,86 % і їхньої суміші не більше 2,81%. Це в 3...5 разів менше, ніж при подрібненні на молоткових дробарках.

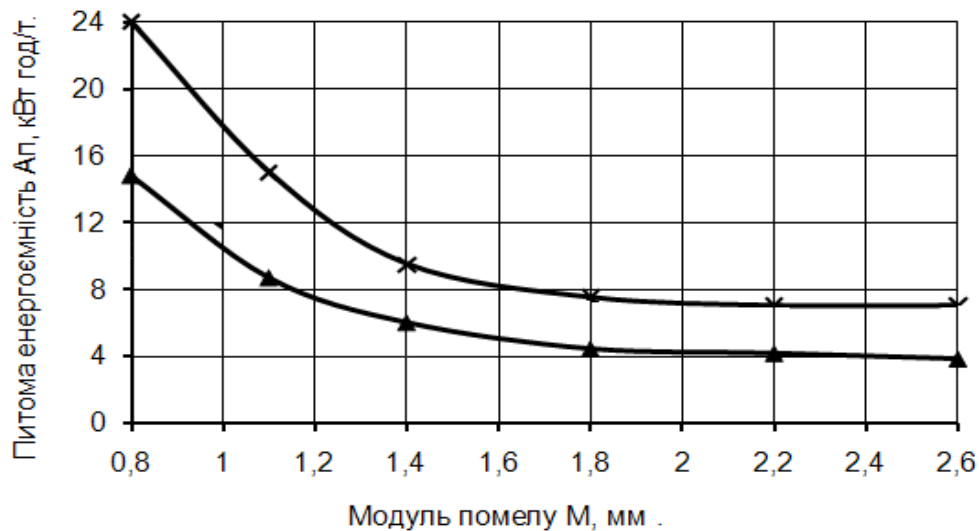


Рис. 4. Залежність питомої енергоємності дробарок від модуля помелу: —▲— — експериментальна дробарка без системи сепарування; —x— молоткова дробарка [5].

Якісна оцінка одержуваного продукту відповідає встановленим ДСТУ зоотехнічним вимогам. Питома енергоємність процесу подрібнення у дробарки прямого удару зерна в 1,8...2 рази менше, ніж у молоткових і інших дробарок.

*Висновки.* За даними частотного розподілу за фракціями при кінематичному режимі подрібнення з параметрами дробарки прямого удару зерна  $Q = 800...1100$  кг/год і  $n = 2000$  об/хв вміст пилоподібної фракції (діаметр менше 0,25 мм) у готовому продукті при вологості зерна 14-15% становить: для пшениці – 2,77 %; ячменя – 2,86 % і їхньої суміші не більше 2,81%. Це в 3...5 разів менше, ніж при подрібненні на молоткових дробарках.

Використання дробарки прямого удару дозволяє знизити питому енергоємність більш ніж у 1,5 рази з 6,62...8,35 у молотковій дробарці і до 3,9...5,82 кВт·год/т в пропонуємі дробарці прямого удару.

#### Література:

1. *Погорілий Л.А.* Малогабаритні комбикормові агрегати за кордоном / Л.А. Погорілий, В.Х. Ясенецький // Техніка АПК. - 1997. - №4. - С. 6-7.
2. *Ревенко И.И.* Эффективность одно- и двухстадийного измельчения кормов // Техника в сельском хозяйстве.— «Агропромиздат».— 1988.— №5. - С. 28-30.

3. Патент на винахід № 50426. Україна, А23N5/00. Пристрій для лушення та подрібнення зерна / Т.О. Шпиганович, О.В. Ялпачик, О.В. Гвоздєв, Ф.Ю. Ялпачик. Бюл.№11 від 10.06.2010.

4. *Шпиганович Т.О.* Дробарка прямого удару з системою сепарування зерна та продуктів подрібнення / Т.О. Шпиганович, О.В. Ялпачик // Техніка і технологія АПК. - №12. – С. 7-10

5. *Акименко А.В.* Совершенствование процесса измельчения фуражного зерна// А.В. Акименко, А.А. Сундеев, В.В. Воронин. Хранение и переработка зерна. 2011. №2. С. 45 – 47.

6. *Денисов В.А.* Повышение эффективности процесса измельчения зерновых компонентов комбикормов: Автореф. дис. ...д-ра. техн. наук / В.А. Денисов. - Москва – 1992. -32 с.

7. *Чирков С.Е.* Совершенствование процесса измельчения зерна в молотковой дробилке. Дис. ... кандидата техн. наук : 05.18.12 / С.Е. Чирков. – Москва, 1983. – 202 с.

8. *Гвоздєв О.В.* Вдосконалення процесу подрібнення зерна / О.В. Гвоздєв, Т.О. Шпиганович, О.В. Ялпачик // 35 наук. Праць Вінницького НАУ. Серія «Технічні науки». – 2011. – С.210-217.

9. Патент на винахід № 93312. Україна, А23N5/00, В02С 13/00/ Пристрій для лушення та подрібнення зерна./ Т.О. Шпиганович, Ф.Ю. Ялпачик, О.В. Гвоздєв, О.В. Ялпачик. Бюл.№2 від 25.01.2011.

10. Патент на винахід № 95435. Україна, А23N5/00, В02С 13/00/ Пристрій для лушення та подрібнення зерна./ Т.О. Шпиганович, О.В. Ялпачик. Бюл.№14 від 25.07.2011.

## **ЭНЕРГОЕМКОСТЬ ПРОЦЕССА ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЕРНА В ДРОБИЛКЕ С ВЕРТИКАЛЬНЫМ РОТОРОМ**

Гвоздев А.В., Ялпачик Е.В.

*Аннотация* - в работе приведены результаты экспериментальных исследований энергоемкости процесса измельчения зерна при различных подачах материала и разных оборотах вала ротора дробилки.

## **POWER-HUNGRYNESS OF PROCESS OF GROWING OF GRAIN SHALLOW IN CRUSHER WITH VERTICAL ROTOR**

A. Gvozdev, E. Yalpachik

### *Summary*

The results of experimental researches of energy-intensive of process of growing of grain shallow are in-process brought at the different serves of material and different turns of billow to the rotor of crusher.

УДК 631.361.43: 664.788

## СПОСІБ ГРАВІТАЦІЙНОЇ СЕПАРАЦІЇ ЗЕРНА

Шпиганович Т.О., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-13-06

**Анотація** - робота присвячена вдосконаленню процесу гравітаційної сепарації зерна за рахунок створення спрямованих потоків однорідних за розмірами зерен з попередньої сепарації.

**Ключові слова** – зерно, попередня сепарація, якість.

*Постановка проблеми.* Застосовувані в різних галузях сепаратори для поділу сипучих матеріалів відрізняються конструктивним різноманіттям, але більшу групу серед них становлять сепаратори, що розділяють сипучі матеріали за крупністю складових їхніх часток.

Недоліком відомих способів поділу зернової суміші є зниження продуктивності за рахунок можливого зависання зернових часток на перфорованих поверхнях попередньої сепарації, виконаних, наприклад, у вигляді ґрат. Це також веде до зниження швидкості подачі часток на сито і зниження ефективності остаточного просівання [1].

Тому вдосконалення процесу гравітаційної сепарації зерна з метою зниження енергоспоживання й поліпшення якості готового продукту є актуальним і важливим завданням.

*Аналіз останніх досліджень.* Відомі способи сепарації зернової суміші, що включають подачу часток суміші з попереднім їх разгоном та сепарацією на сито і їхнє остаточне просівання [1, 2, 3].

Недоліком відомих способів сепарації зернової суміші є зниження продуктивності за рахунок можливого зависання зернових часток на перфорованих поверхнях попередньої сепарації, виконаних, наприклад, у вигляді ґрат. Це також веде до зниження швидкості подачі часток на сито і зниження ефективності остаточного просівання. Для попереднього розгону, сепарації її остаточного просівання потрібне підведення додаткової енергії, наприклад, від енергозбуджувача. Також відомі способи враховують тільки швидкість витання зернівок й не враховують такі параметри сепарації, як розміри зернівок та розміри отворів ґрат (решіт), від яких суттєво залежить ефективність сепарації.

В умовах гравітаційного поля й стосовно до поділяючої поверхні із клиноподібними отворами, що просівають, цим двом вимогам повинна задовольняти криволінійна поділяюча поверхня. Але недоліком нерухомих криволінійних поділяючих поверхонь також є забивання отворів, що просівають [1, 4].

Запобігти забиванню клиноподібних отворів, що просівають, частками й підвищити пропускну спроможність сепаратора в умовах гравітаційного поля можна виконанням профілю поділяючої поверхні у формі кривої, що забезпечує максимально можливу швидкість продукту або, що теж саме, мінімальний час руху від початку до кінця робочого органу. Цією властивістю володіє крива, що називається брахистохроною (від грецького «брахистос» - найкоротший, «хронос» - час) [1, 4, 5].

Таким чином, пошук реальних технічних рішень, що задовольняють «ідеальному» рішенню, дозволив обґрунтувати новий принцип сепарування зернистих сумішей, що відрізняється від звичного уявлення про необхідність використання решіт з фіксованими розмірами отворів як неодмінна умова розділення зернистих матеріалів по розмірах складових часток.

*Постановка завдання.* Метою даної роботи є вдосконалення способу гравітаційної сепарації зерна для забезпечення збільшення пропускну здатності сепаратора та підвищення якості процесу за рахунок узгодження швидкості фракцій з ефективністю процесу остаточного просівання шляхом попереднього розгону та сепарації зерна перед остаточним просіванням за допомогою поверхонь брахистохронної властивості з регульованими щілинними отворами в залежності від розмірів зерна (еквівалентного діаметра).

*Основна частина.* Відомо, що при русі шарів суміші по поверхні розподільних решіт у результаті сегрегації в отвори решіт попадають спочатку більші частки, що приводить до забивання отворів й зниженню ефективності сепарації. Тому необхідно вихідний матеріал (суміш зерна) розділити попередньо на фракції по фізико-механічних властивостях. Поділене на фракції зерно подавати ізольовано кожну фракцію у відповідну зону сита на остаточне просівання.

Доведено, що напрямком інтенсифікації процесу гравітаційного сепарування за допомогою щілинного сепаруючого отвору, є виконання поділяючої поверхні з поздовжнім перетином у формі кривої брахистохронної властивості, що забезпечує збільшення пропускну здатності сепаратора [1].

Така сепарація зерна за допомогою поверхонь брахистохронної властивості з щілинними отворами забезпечує виділення зерна починаючи з великих до дрібних та подачу окремо кожну фракцію на окрему частку сита для остаточного просівання, що збільшує

продуктивність та знижує енергоємність процесу, за рахунок гравітаційного сепарування й не потребує додаткових витрат енергії [1, 6, 7].

Також необхідно враховувати, що кожна фракція зерна потребує певної швидкості руху по поділяючій поверхні та заданих розмірів отворів, які повинні бути погоджені з розмірами зерна (еквівалентний діаметр).

Нами запропоновано спосіб поділу зернової суміші, що включає подачу часток суміші з попереднім їхнім розгоном і сепарацією на сито і їхнє остаточне просівання, причому, частки суміші розгоняють по брахистохронним поверхням, а попередню сепарацію здійснюють через щілини, що утворені між брахистохронними поверхнями, ширина яких як мінімум в 3...4 рази перевищує еквівалентний діаметр частки [8, 9].

Вихідну суміш 1 (рис. 1) з бункера 2 рівномірним потоком гравітаційно подають до початку розгінної поверхні 3, виконану у вигляді ділянок брахистохронних поверхонь, які утворюють між собою щілинні отвори 4 і 5 із шириною щілини  $L$ , різницею по висоті між сусідніми крайками  $H$ .

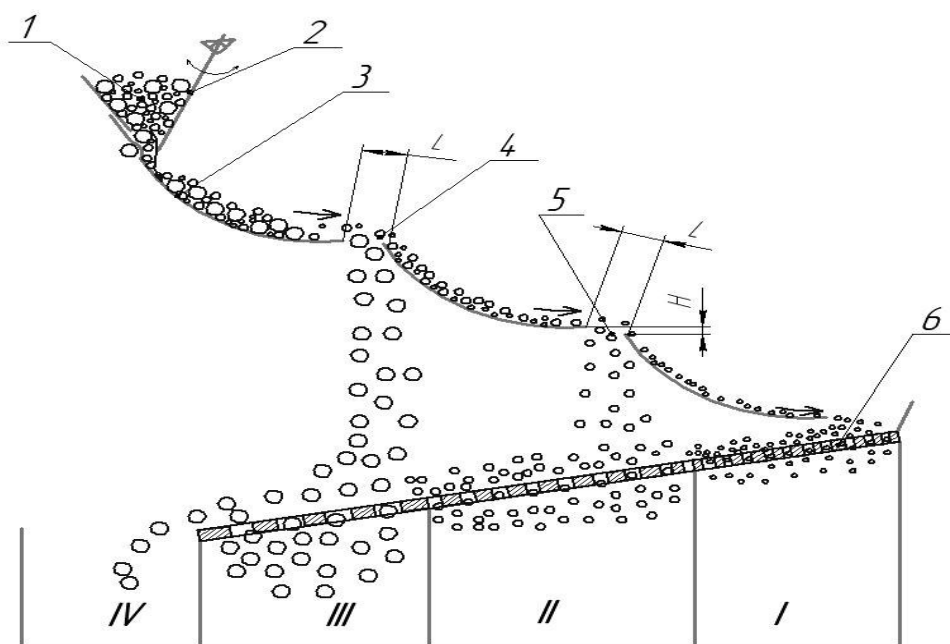


Рис. 1. Схема сепарація зерна за допомогою поверхонь брахистохронної властивості з щілинними отворами (позначення у тексті).

За допомогою поверхонь брахистохронної властивості з щілинними отворами здійснюється попередня сепарація зерна на фракції по розмірах. Сепарація зерна за допомогою поверхонь

брахистохронної властивості з щілинними отворами забезпечує виділення спочатку фракції зерна великих розмірів крізь отвір 4, потім середніх, крізь отвір 5 та дрібних. Це забезпечує раціональний режим завантаження сита 6 та підвищити ефективність процесу остаточного просівання. Далі кожна фракція зерна просівається окремо на окремих ділянках сита й потрапляє в бункера I, II, III та IV.

Для підтвердження ефективності даного способу проведені дослідження імовірності виділення різних за розміром часток зерна у щілинний отвір при різній їх швидкості попередньої сепарації (виділення у щілину).

На рис.2 надано залежність імовірності  $P$  виділення часток зерна у щілинний отвір, що просіває від швидкості  $v$  та еквівалентного діаметра  $d$  для умов:  $L = 20$  мм;  $H = 1$  мм;  $f = 0,36$  и  $\alpha = 30^\circ$ .

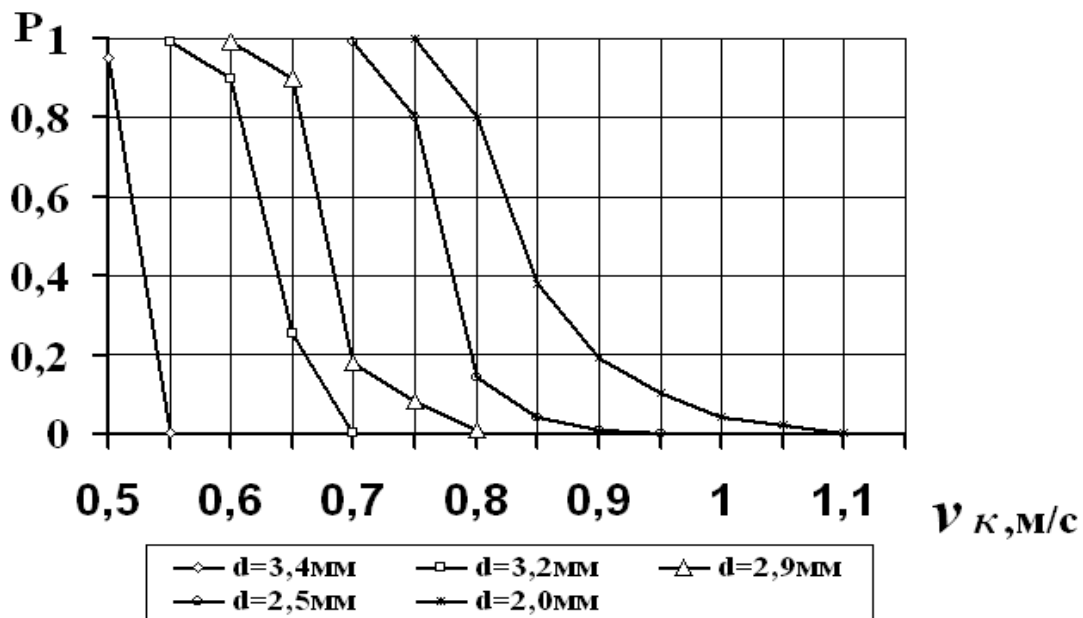


Рис. 2. Залежність імовірності виділення часток зерна у щілинний отвір, що просіває від швидкості та еквівалентного діаметра.

З рис. 2. видно, що швидкість є важливим параметром процесу сепарації зерна, що робить істотний вплив на його схід і, чим більше розмір часток, тим цей вплив більше. Але більш дрібні частки вимагають більшої швидкості для їхнього виділення в щілинний отвір. Тому, спочатку виділяються в щілинний отвір великі частки, а потім дрібні.

Ширину щілини  $L$  для виділення зерна з заданим еквівалентним діаметром  $d$  визначаємо по формулі

$$L = 1,21d^2 - 7,98d + 23,27, \quad (1)$$

або по графіку рис. 3.



Рис. 3. Графік залежності ширини щілини  $L$  від еквівалентного діаметру зернівки  $d$ .

Далі визначаємо швидкість  $v_k$ , до якою розгоняться частки зерна заданого еквівалентного діаметру  $d$  по брахистохронним поверхням, згідно формули

$$v_k \geq \frac{v_0 (L + 0,5fd)}{5(H + 0,5d)}, \quad (2)$$

або по залежностям рис. 4 для визначеної ширини щілини  $L$ .

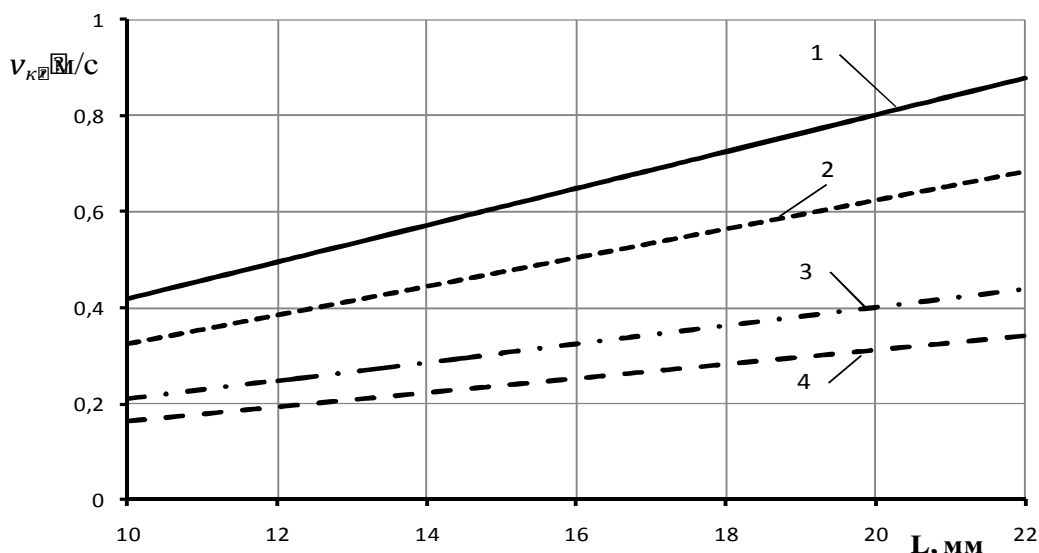


Рис. 4. Залежність критичної швидкості зернівки  $v_k$  від ширини щілини  $L$  між протилежними кромками поверхонь при  $d_e = 5$  мм:

1 -  $v_0 = 0,8$  м/с,  $H = 1$  мм; 2 -  $v_0 = 0,8$  м/с,  $H = 2$  мм; 3 -  $v_0 = 0,4$  м/с,  $H = 1$  мм; 4 -  $v_0 = 0,4$  м/с,  $H = 2$  мм.



Потім, знаючи ширину щілини  $L$  та швидкість  $v_k$  по залежностям рис. 5 визначаємо різницю по висоті між сусідніми крайками  $H$ .

Таким чином визначено тісний взаємозв'язок конструктивно – кінематичних параметрів процесу сепарації зерна з розмірами зерна та їх швидкості руху по сепаруючим поверхням. Проведені експерименти й аналіз залежностей імовірності виділення часток у щілинний отвір, що просіває від швидкості дає можливість оцінити технологічні можливості гравітаційного сепарування у щілинні отвори, що утворені між поверхнями брахистохронної властивості.

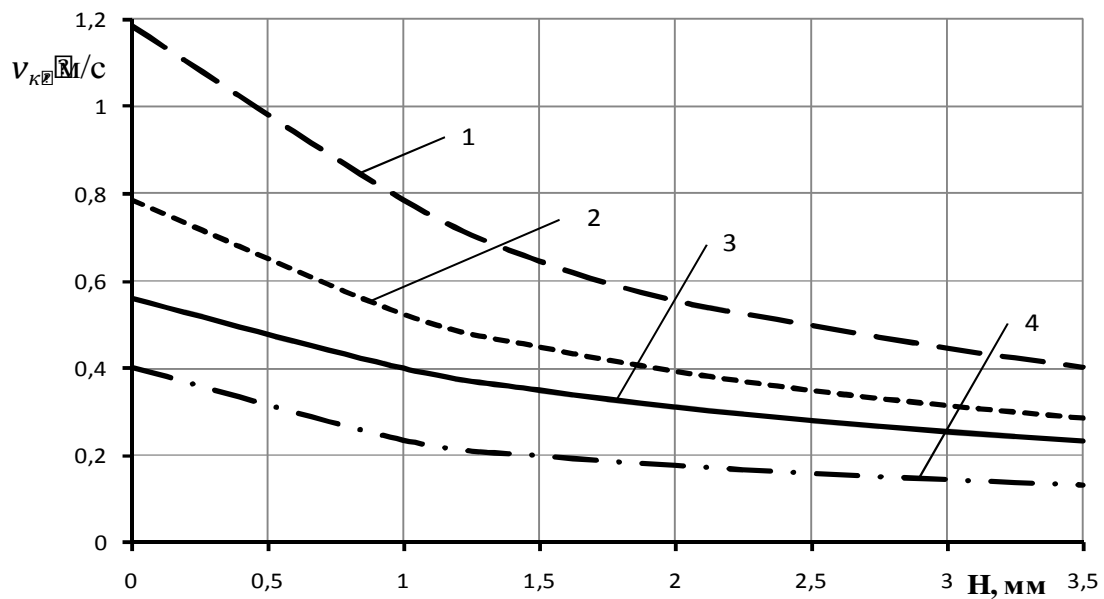


Рис. 5. Залежність критичної швидкості зернівки  $v_k$  від різниці по висоті  $H$  між кромками поверхонь при  $d_e = 5$  мм: 1 -  $v_0 = 0,8$  м/с,  $L = 20$  мм; 2 -  $v_0 = 0,8$  м/с,  $L = 10$  мм; 3 -  $v_0 = 0,4$  м/с,  $L = 20$  мм; 4 -  $v_0 = 0,4$  м/с,  $L = 10$  мм.

*Висновки.* На основі аналізу отриманих даних маємо, що створення спрямованих потоків однорідних по розмірах зерен з попередньою сепарацією за допомогою поверхонь брахистохронної властивості з щілинними отворами на остаточне просівання крізь сито дозволяє раціонально організувати робочий процес поділу зернової суміші, знизити навантаження та підвищити якість процесу.

#### Література:

1. Некрасов А.В. Совершенствование процесса гравитационной классификации зернистых смесей и расширение области применения гравитационных сепараторов. / А.В. Некрасов. - Дис. на соиск. уч. степ. к.т.н. Воронеж. – 2001. 241 с.

2. А.с. СССР № 845875 МПК В07В 1/40, бюл №26. 1981.

3. А.с. СССР № 1371717 МПК В07В 1/00, бюл. №5. 1988.
4. *Авдеев Н.Е.* Проблемы энергосбережения и тенденции развития техники сепарирования. / Н.Е. Авдеев, Ю.В. Чернухин // Вестник РАСХН. - 1997. - № 5. - С. 76-78.
5. *Василенко П.М.* Теория движения частиц по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. / П.М. Василенко: К. Изд-во Украинской академии сельскохозяйственных наук. – 1960. С. 163 – 168.
6. *Ялпачик Ф.Ю.* Підвищення ефективності попередньої сепарації при подрібненні зерна прямим ударом / Ф.Ю. Ялпачик, Т.О. Шпиганович // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь : ТДАТУ. Вип. 8, - Т.7. – 2008. – С. 201 – 206.
7. Пат. на корисну модель 66485 Україна, МПК(2011.01), В02В 3/02, А23N 5/00. Спосіб луцення та подрібнення / Шпиганович Т.О.; ТДАТУ.Опубл. 10.01.2012;Бюл.№1.
8. Пат. на корисну модель 70770 Україна, МПК (2009), В 07В 1/00. Спосіб поділу зернової суміші./ Шпиганович Т.О., Гвоздев О.В., Ялпачик Ф.Ю.,Хомутіна Н.М.; ТДАТУ.Опубл. 26.06.2012;Бюл.№12.
9. Пат. на корисну модель 72583 Україна, МПК (2009), В 07В 1/00. Спосіб поділу зернової суміші./ Шпиганович Т.О., Гвоздев О.В., Ялпачик Ф.Ю.,Хомутіна Н.М.; ТДАТУ.Опубл. 27.08.2012;Бюл.№16.

## **СПОСОБ ГРАВИТАЦИОННОЙ СЕПЕРАЦИИ ЗЕРНА**

Шпиганович Т.А.

**Аннотация** - работа посвящена усовершенствованию процесса гравитационной сепарации зерна за счет создания направленных потоков однородных по размерам зерен из предварительной сепарации.

## **WAY OF GRAVITATIONAL SEPERATSIYA OF GRAIN**

T. Shpiganovich

### **Summary**

**Work is devoted to improvement of process of gravitational separation of grain at the expense of creation of the directed streams of grains homogeneous for the sizes from preliminary separation.**

УДК 663.91.05

## **ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ МАТРИЦІ ШНЕКОВОЇ МАШИНИ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ЦУКЕРКОВИХ ВИРОБІВ**

Самойчук К.О., к.т.н.,

Котенко В.І., к.т.н.,

Іванова В.В., магістрант

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел.(0619) 42-13-06

**Анотація** – у статті проаналізовані типові конструкції машин для формування цукерок, представлені аналітичні вирази для розрахунку енерговитрат машини, розроблена конструкція формуючої матриці, яка дозволяє покращити якість готових виробів, проведені експериментальні дослідження на лабораторній установці вдосконаленої машини.

**Ключові слова** – формуюча матриця, цукерки, випресовування, дослідження, кондитерські вироби, шнек.

*Постановка проблеми.* Кондитерське виробництво є сьогодні одним з найважливіших складових харчової промисловості, так як частка валового доходу кондитерських підприємств за оцінками деяких експертів становить близько 10 % усього прибутку. Незважаючи на те, що останнім часом збільшення обсягів виробництва кондитерської продукції відбувалося швидкими темпами, основною проблемою у кондитерській галузі залишається зниження собівартості продукції [1]. Причому за останні роки відчувається зниження темпів зростання виробництва даної продукції і погіршення її якості. Тому будь-яке підприємство прагне до можливості зменшення собівартості, підвищення прибутковості, яке можливо досягти зменшенням відсотку бракованих виробів. А вдосконалення машин для формування цукеркових виробів, яке дозволяє покращити якість готових виробів – є важливою задачею кондитерської промисловості України [2].

*Аналіз останніх досліджень.* Якість цукеркових виробів найбільшим чином визначають машини для формування цукеркової маси. Основними характеристиками, що впливають на вибір методу формування, є тиксотропні властивості формованих мас і в'язкість маси. Залежно від виду цукерок, їх консистенції і рецептурного складу в даний час на кондитерських підприємствах цукеркові маси

формується вилівкою, розмазуванням у вигляді пласта з наступною різкою, прокаткою і різкою, відсадкою і випресовуванням.

Найбільш продуктивним способом формування є вилівка цукеркових мас у відштаповані в крохмалі форми. Формування вилівкою відрізняється тривалістю технологічного процесу, великою тепло- і енергоємністю, вимагає великих виробничих площ і виконання спеціальних вимог для підтримки високого санітарного стану виробництва. Цей спосіб має ряд недоліків, серед яких можна відзначити наступні: подорожчання продукції із-за застосування як формувального матеріалу крохмалю і рослинної олії, погіршення якості цукерок внаслідок прилипання крохмалю до корпусів, збільшення браку продукції через осипання крохмальних осередків.

Формування розмазуванням у пласт з подальшим різанням є найбільш старим методом і включає у себе наступні операції [3]: формування цукеркових пластів на розмазувальному конвеєрі з салазками або валковими живильниками, вистоювання пластів після розмазки і їх різання. Недоліком цього методу є те, що цукерки можна отримувати тільки прямокутної форми, а також цей спосіб виробництва супроводжується значними відходами при різанні пласта і вимагає великих площ для вистоювання заготовок цукерок.

Метод формування випресовуванням порівняно з іншими методами володіє рядом переваг: можливістю проведення неперервного формування, отримання різних за формою і розмірами цукерок, зменшення до мінімуму зворотних відходів; можливість формування при температурах цукеркових мас 24-30° С, що дозволяє не застосовувати громіздких охолоджуючих камер і скорочує технологічний цикл; більша порівняно з іншими способами формування продуктивність; гігієнічність; виключення крохмалю як формувального матеріалу; ліквідація низки операцій з орієнтування корпусів цукерок при надходженні їх на наступні стадії; стабільність розмірів виробів; підвищення техніко-економічних показників виробництва. Але і цей спосіб має недолік: внаслідок різних тисків у отворів матриці швидкість виходу джгутів з отворів неоднакова, внаслідок чого знижується якість готових виробів.

Таким чином, розглянута в науково-дослідній роботі проблема вдосконалення випресовуючої машини для формування цукеркових виробів є досить актуальною.

Однією з найрозповсюдженіших в Україні є формуюча машина МБФ-1, в якій цукеркова маса відповідної консистенції завантажується у конічну завантажувальну воронку, з якої направляється у нагнітаючий пристрій. Цей пристрій переміщає і випресовує масу через насадки матриць у вигляді нескінченних

джгутів, але погіршення якості готових виробів у цій машині передусім пов'язане з нерівномірністю тиску за перерізом отворів.

Виходячи з поля розподілу швидкості за поперечним перетином на виході формуючої матриці, ефективним шляхом зниження нерівномірності швидкості є розташування по колу торцевої частини матриці отворів з трубками для виходу сформованої цукеркової маси, що і приведе до покращення якості виробів [4].

*Формулювання мети та задач дослідження.* Мета досліджень полягає в удосконаленні формуючої машини шляхом зміни конструкції її формуючої матриці.

Для здійснення поставленої задачі вирішуємо такі завдання :

- обґрунтувати конструкцію формуючої матриці, яка дозволяє знизити нерівномірність тиску за перерізом отворів;

- аналітично дослідити енерговитрати машини з розробленою матрицею;

- виготовити лабораторну установку та провести експериментальні дослідження процесу формування.

*Основна частина.* Текучість цукеркових мас каналами формуючих матриць супроводжується на початковій ділянці каналу трансформацією епюри швидкостей від прямокутної форми до форми, що відповідає встановленому режиму течії. Причому процес формування потоку матеріалу, що проходить через канал, залежить від умов входу в нього, тобто від форми вхідного перетину (рис. 1). Великі деформації, що виникають у матеріалі поблизу вхідного перерізу каналу, призводять до нестійкого закінчення потоку матеріалу, який супроводжується дефектами на поверхні матеріалу (рис. 2), а в ряді випадків і руйнуванням структури матеріалу (в наслідок великих деформацій), для відновлення якої потрібно створення спеціальних умов (вистійці в охолоджуючих камерах при певній температурі).

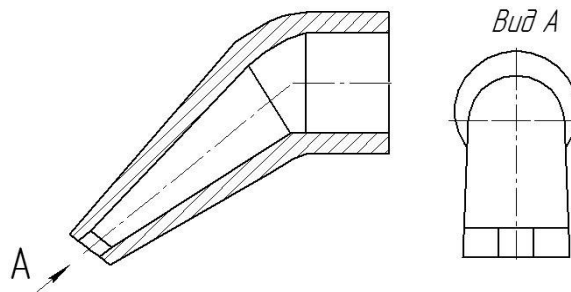


Рис. 1. Схема формуючої матриці-прототипа.

Одним із критеріїв ефективності вдосконалення є енерговитрати, тому розрахуємо енерговитрати з вдосконаленою матрицею і порівняємо з прототипом.

Для визначення енерговитрат проаналізуємо залежності для визначення потужності формуючої машини [5,6].



Рис. 2. Нерівномірність виходу джгутів та неякісна поверхня виробів.

Розрахункова потужність, яка необхідна для виконання роботи, визначається за формулою

$$N_p = M \cdot \omega \cdot 10^{-3}, \quad (1)$$

де  $M$  – момент опору сировини, Н·м;

$$M = \frac{2}{3} \cdot P \cdot \pi \cdot f \cdot (R_u^3 \cdot R_g^3), \quad (2)$$

де  $P$  – тиск на виході з матриці, Па;

$P = 3,1 \cdot 10^5$  - для прототипу;

$P = 3,5 \cdot 10^5$  - для вдосконаленої

де  $f$  – коефіцієнт тертя,  $f = 0,4$ ;

$\omega$  - кутова швидкість обертання шнека, об/хв.

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}; \quad (3)$$

де  $n$  – частота обертання шнека.

Таким чином, на енерговитрати формуючої машини впливають такі параметри: частота обертання шнека, коефіцієнт тертя, діаметр шнека та вала шнека.

Розглянемо можливість зменшення кожного з цих параметрів і їх вплив на питомі енерговитрати машини [7].

Діаметр шнека та вала шнека, крім енерговитрат, впливає на ємність корпусу, і, як наслідок на продуктивність. Таким чином, при зменшенні діаметра шнека зменшуються енерговитрати та продуктивність, а питомі енерговитрати не будуть зменшуватись.

Призменшенні частоти обертання шнека зменшується продуктивність – що ми не маємо на меті.

Коефіцієнт тертя – показник, що залежить від виду наповнювача. Змінити його неможливо, тому що, наприклад, шоколадні цукерки завжди мають шоколадну основу.

Єдиний параметр, за рахунок якого ми можемо покращити якість готових виробів – це тиск на виході з матриці. Для того, щоб вплинути на значення цього параметра формуючої насадки, не змінюючи конструкцію всієї машини, пропонується змінити конструкцію матриці.

Для зменшення нерівномірності швидкостей випресування пропонуємо по колу торцевої частини матриці розташувати отвори з трубками для виходу сформованої цукеркової маси. Вдосконалена матриця дозволяє отримати постійну швидкість за перерізом вихідних трубок, що підвищує якість готових виробів.

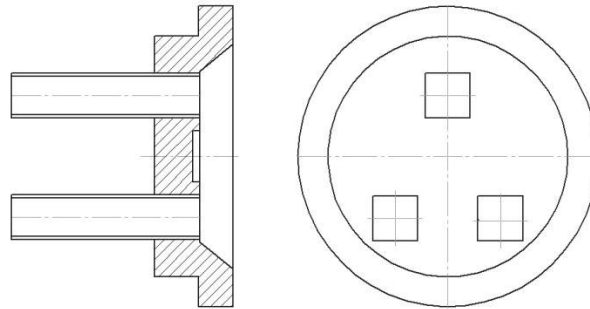


Рис.3. Схема вдосконаленої формуючої матриці.

На рис. 3 показано, що формуюча матриця має три отвори з трубками для виходу цукеркової маси. Цукеркова маса випресовується через трубки, внаслідок чого отримуємо постійну швидкість при виході маси та якісну поверхню виробів, що підвищить вихід більш якісного продукту та дозволить збільшити попит на продукцію.



Рис. 4. Виріб, виконаний вдосконаленою матрицею.

Розрахуємо енерговитрати на формування виробів у машині з вдосконаленою матрицею.

Визначаємо момент опору сировини за формулою (2)

$$M_n = \frac{2}{3} \cdot 3,5 \cdot 10^5 \cdot 3,14 \cdot 0,4 \cdot (0,0215^3 \cdot 0,01^3) = 2,9 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Знаходимо кутову швидкість обертання шнека за формулою (3)

$$\omega_n = \frac{3,14 \cdot 100}{30} = 10,5 \text{ об/хв};$$

і визначаємо потужність, яка потрібна для виконання роботи за формулою (1)

$$N_n = 2,9 \cdot 10,5 \cdot 10^{-3} = 0,032 \text{ кВт}.$$

Здійснивши аналогічний розрахунок для прототипу та вдосконаленої машини, отримані значення заносимо в таблицю 1.

Таблиця 1 – Розрахункова потужність, яка необхідна для виконання роботи

Показники потужності	Насадка-прототип N, кВт	Вдосконалена матриця N, кВт
при n = 100 об/хв	0,024	0,027
при n = 120 об/хв	0,029	0,032

За даними з таблиці ми бачимо, що при використанні вдосконаленої матриці витрати потужності підвищуються на 10-12%. Для поточно-технологічної лінії виробництва цукерок така величина не є істотною і, можливо, буде окупатися за рахунок підвищення якості.

На базі кафедри ОПХВ ТДАТУ розроблена формуюча матриця, що використовується для виробництва кондитерських виробів у лінії виробництва цукерок (рис. 5).

Робоча частина машини складається з механізмів подачі цукеркової маси та формуючої матриці. На початку роботи в ручному режимі за допомогою оператора маса подається у вузол подачі сировини 1, за допомогою шнека вона транспортується до виходу. Через формуючу матрицю 2 і трубки 3 джгути випресовуються на транспортер.

У процесі експериментальних досліджень було визначено якість готових виробів, тому будуюмо гістограму залежності якості продукції від частоти обертання шнека (рис. 6). За ГОСТ Р 53041-2008 «Изделия кондитерские и полуфабрикаты кондитерского производства» якість кондитерських виробів визначається у балах, тому для порівняння продукції, виготовленої насадкою-прототипом і вдосконаленою насадкою, використовуємо бальну оцінку (мінімальна кількість балів 1, максимальна 5).



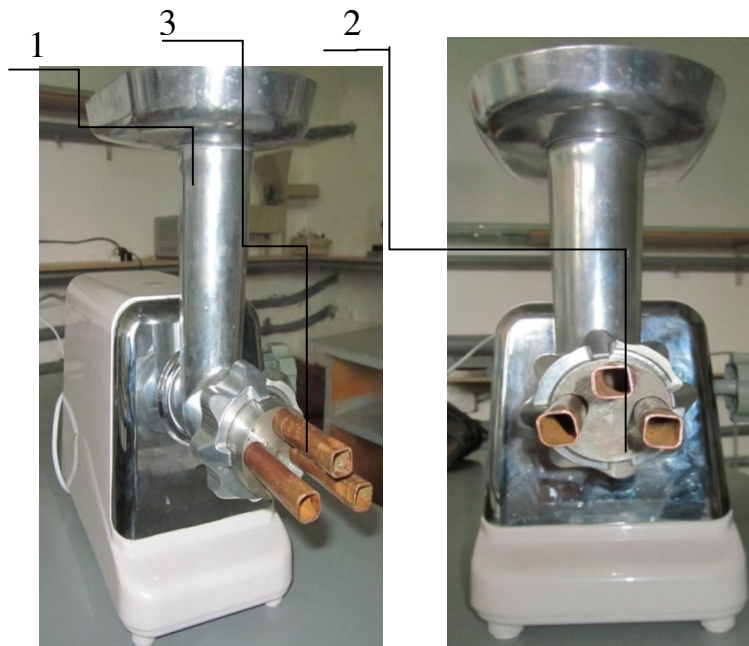


Рис. 5. Модель шнекової машини для формування цукерок:  
1 – вузол подачі цукеркової маси; 2 – формуюча матриця; 3-  
трубки для виходу джгутів.

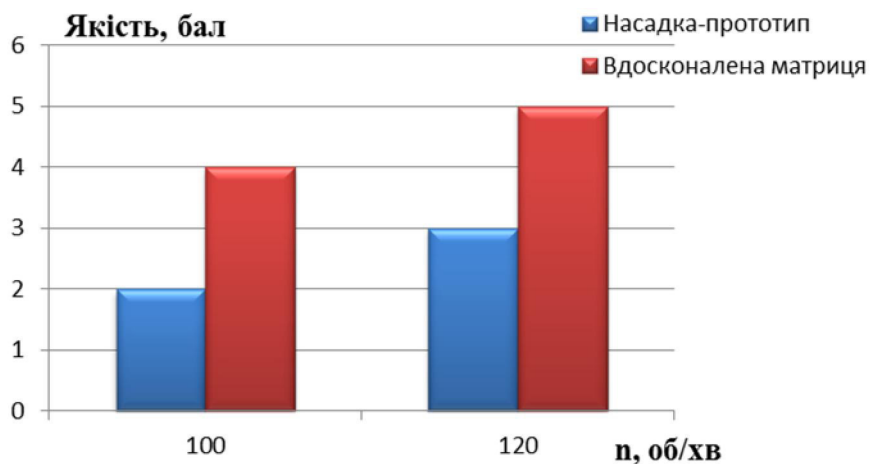


Рис. 6. Гістограма залежності якості продукції від частоти обертання шнека.

Якість готових виробів краща у вдосконаленій матриці, яка дорівнює при  $n_v = 100$  об/хв – 5 балів, а при  $n_v = 120$  об/хв – 4,5 балів. Достатня якість поверхні цукерок знаходиться у межах 4,5-5,0 балів. З одержаних даних бачимо, що при частоті обертання 120 об/хв вдосконалена насадка забезпечує якість на рівні насадки-прототипа при частоті обертання 100 об/хв. Оскільки продуктивність машин шнекового типу прямо пропорційна частоті обертання шнеку, продуктивність машини з вдосконаленою насадкою можна підвищити на 20% без зниження якості готових виробів.

У процесі експериментальних досліджень була визначена потужність, необхідна для виготовлення цукеркових виробів з насадкою-прототипом і вдосконаленою матрицею.

За результатами розрахунків будемо графік залежності витраченої потужності ( $N$ , кВт) від режиму роботи (рис. 7).

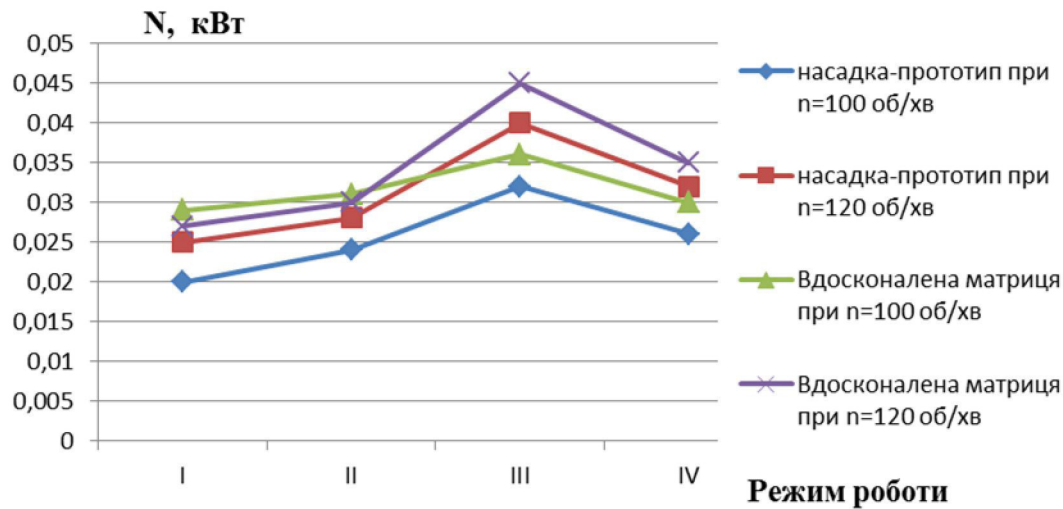


Рис. 7. Графік залежності витраченої потужності від режиму роботи.

У результаті проведених експериментальних досліджень отримані значення витрат потужності, необхідної для формування цукерок. Їх значення у робочому режимі склали: для насадки-прототипа при  $n = 100$  об/хв  $N_n = 0,026$  кВт, при  $n = 120$  об/хв  $N_n = 0,032$  кВт, а для вдосконаленої матриці при  $n = 100$  об/хв  $N_e = 0,030$  кВт, при  $n = 120$  об/хв  $N_e = 0,035$  кВт, що незначно відрізняються від розрахованих теоретично значень потужності.

У результаті проведених експериментальних досліджень отримані значення витрат потужності, необхідної для виготовлення цукерок. Їх значення у робочому режимі склали: для насадки-прототипа  $N_n = 1,1$  кВт, для вдосконаленої матриці  $N_e = 0,8$  кВт, а теоретична  $N_T = 0,032$  кВт, тобто незначно відрізняється від значень, які одержали теоретичним шляхом.

*Висновки.* Розроблена матриця дає можливість при незначному підвищенні енерговитрат підвищити продуктивність і якість готових виробів. Таке вдосконалення потребує невеликих коштів і може бути впроваджене на будь-якому переробному підприємстві або підприємстві громадського харчування і дозволить підвищити продуктивність праці та знизити собівартість виготовленої продукції.

## Література:

1. *Драгилев А.И.* Технологическое оборудование предприятий кондитерского производства / А.И. Драгилев, Я.М.Сезанаев. – М.: Колос, 2000. – 496с.
2. *Ауэрман Л.Я.* Технология хлебопекарного производства / Л. Я. Ауэрман - М.: Лег и пищ. пром-сть, 1984. - 416 с.
3. *Маршалкин Г.А.* Технология кондитерских изделий / Г. А. Маршалкин и др.-М.:Пищ пром-сть, 1979. - 446 с.
4. *Зайцев И.В.* Технологическое оборудование кондитерских фабрик / И.В. Зайцев. - М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1984. - 448 с.
5. *Маршалкин Г.А.* Технологическое оборудование кондитерских фабрик / Г.А. Маршалкин -М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1984. - 448 с.
6. *Лунин О.Г.* Технологическое оборудование предприятий кондитерской промышленности / О. Г. Лунин, А. Я.Черноиванник - М. : Пищ. пром-сть, 1975 – 343 с.
7. *Сигал М.Н.* Оборудование предприятий пищевой промышленности / Сигал М. Н. - М.: пищ. пром-сть; 1978. - 442 с.

### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ МАТРИЦЫ ШНЕКОВОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОНФЕТНЫХ ИЗДЕЛИЙ**

Самойчук К.О., Котенко В.И., Иванова В.В.

**Аннотация** - в статье проанализированы типовые конструкции машин для формирования конфет, представлены аналитические выражения для расчета энергозатрат машины, разработана конструкция формующей матрицы, которая позволяет улучшить качество готовых изделий, проведены экспериментальные исследования на лабораторной установке усовершенствованной машины.

### **IMPROVE THE DESIGN OF THE MATRIX SCREW MACHINE FOR FORMING OF CANDY PRODUCTS**

K. Samoichuk, V. Kotenko, V. Ivanova

#### *Summary*

**In the article analyses the typical construction of machines for the formation of sweets, presents analytical expressions for calculation of energy consumption of the machine, developed by the design of the moulding matrix, which allows to improve quality of finished products, carried out experimental research in the laboratory installation of advanced machines.**

УДК 637.134.001.57

## **ВИЗНАЧЕННЯ ГРАДІЄНТУ ШВИДКОСТІ ПОТОКУ МОЛОКА ПРИ ІМПУЛЬСНІЙ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ**

Паляничка Н.О., інженер

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел.(0619) 42-13-06

***Анотація*** – робота присвячена визначенню градієнту швидкості потоку молока за допомогою програми **Ansys Workbench**.

***Ключові слова*** - гомогенізація, градієнт швидкості потоку, **Ansys Workbench**, робоча камера, молоко.

*Постановка проблеми.* Гомогенізація – це один із важливих технологічних процесів у молочній промисловості. У зв'язку з розвитком технологій до гомогенізованих компонентів, що застосовують, висуваються підвищені вимоги щодо дисперсності кінцевого продукту. Основною технічною проблемою одержання тонкодисперсних емульсій є обмеженість можливостей гомогенізаторів. Тому створення пристроїв і способів одержання тонкодисперсних емульсій з можливістю варіювання дисперсності й високою продуктивністю має підвищену актуальність [1].

Проведений аналіз досліджень показав, що ефективність гомогенізації залежить від багатьох факторів, але одними з визначальних є тиск, що утворюється у ході процесу гомогенізації у робочій камері та градієнт швидкості потоку молока [2,3,4].

*Постановка завдання.* Метою даної роботи є визначення градієнту швидкості потоку молока при імпульсній гомогенізації за допомогою комп'ютерного моделювання з застосуванням універсальної програмної системи кінцево-елементного аналізу **Ansys Workbench**.

*Основна частина.* Руйнування жирових кульок в імпульсному гомогенізаторі відбувається за рахунок градієнту швидкості.

Оскільки цей параметр досить важко розрахувати, було вирішено розрахувати швидкість потоку молока, а також тиск, який утворюється під час імпульсної гомогенізації за допомогою комп'ютерного моделювання з застосуванням універсальної програмної системи кінцево-елементного аналізу **Ansys Workbench** [5, 6, 7, 8]. Дана програма має модуль CFX, який дозволяє ефективно і надійно проводити розрахунки, зв'язані з динамікою рідин та газів.

У імпульсному гомогенізаторі швидкість потоку молока головним чином залежить від амплітуди коливання поршня-ударника і частоти коливання. Тільки визначення залежності швидкості від параметрів імпульсного гомогенізатора дасть можливість перейти до визначення ефективності гомогенізації.

Маючи необхідне уявлення про модель робочої камери і попередньо розраховані геометричні параметри гомогенізатора, за допомогою системи автоматизації проектних робіт у трьох вимірах Solidworks була спроектована робоча модель камери імпульсного гомогенізатора (рис. 1).

Далі дана модель була інтегрована безпосередньо в модуль CFX на базі платформи Ansys Workbench. Для отримання більш точних результатів розрахунку динаміки рідини і газів використовується остання версія системи створення сітки Ansys Meshing.

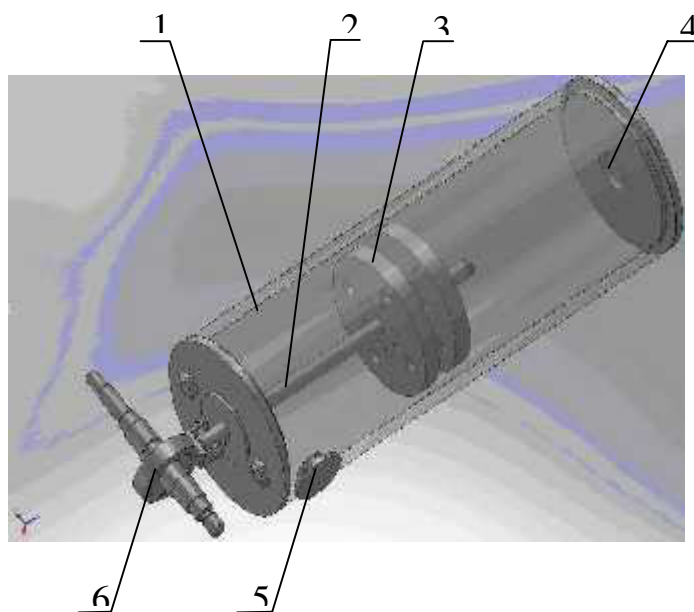


Рис. 1. Модель робочої камери імпульсного гомогенізатора виконаної в Solidworks:

1 – циліндр; 2 – шток; 3 – поршні-ударники; 4 – патрубок підведення; 5 – патрубок відведення; 6 – кривошипний механізм.

У якості вихідних даних для розрахунку в програмі Ansys Workbench були внесені геометричні параметри імпульсного гомогенізатора та фізико-хімічні властивості молока. Діаметр робочої камери було обрано з умови забезпечення продуктивності гомогенізатора 1500...2000 кг/год рівним  $D = 0,3$  м; довжина робочої камери визначалася згідно діаметру камери:

$$L = 4 \frac{Q}{\pi \cdot D^2 \cdot f} = 4 \frac{1,8}{3,14 \cdot 0,3^2 \cdot 59} = 0,5; \quad \text{діаметри отворів у поршні-}$$

ударнику були прийняті  $d_{\text{вихд}} = 0,008$  м;  $d_{\text{вих}} = 0,002$  м, кількість отворів у поршні-ударнику  $n = 16$ ; товщина поршнів-ударників  $S_{\text{пор}} = 12$  мм; амплітуда коливань  $h = 2 \dots 12$  мм; частота коливань поршня-ударника  $f = 45 \dots 55$  Гц; густина молока  $\rho_m = 1029$  кг/м<sup>3</sup>; густина плазми  $\rho_n = 1035$  кг/м<sup>3</sup>; в'язкість молока  $\mu = 0,00179$  Па·с; поверхневий натяг на межі фаз повітря-плазма  $\sigma_n = 0,054$  Н/м; поверхневий натяг на межі фаз повітря-жир  $\sigma_{жс} = 0,030$  Н/м.

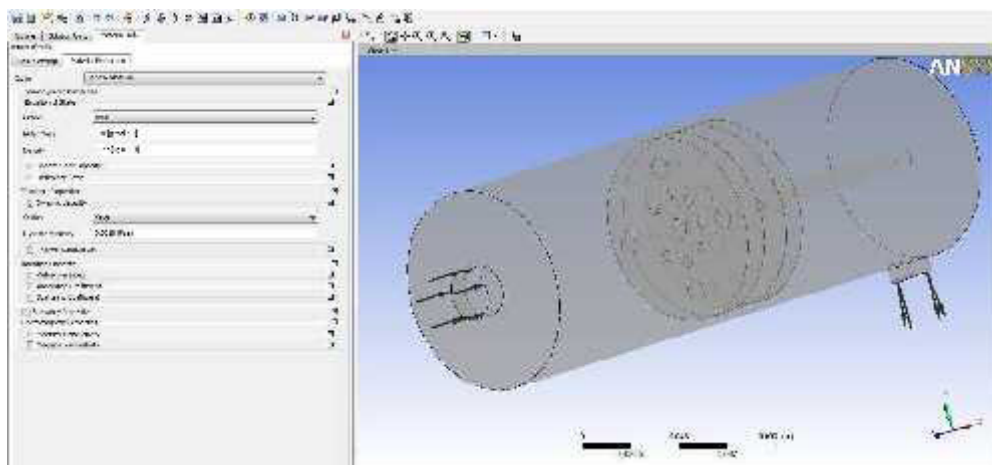


Рис. 2. Вікно вихідних даних в Ansys Workbench.

На початку вирішення поставленої задачі для зручності розрахункову область було розділено на дві частини: область проходження молока через отвори в поршні-ударнику та область проходження молока в зазорі між поршнем-ударником і циліндром.

На першому етапі розрахунку було виконано стаціонарне вирішення методом фіксованого ротору (Frozen rotor). Це дозволило провести попередню оцінку розподілу тиску і швидкостей за об'ємом робочого циліндру. Крім того, отримані дані показали, що найбільш доцільно було б використовувати частоту коливання поршня-ударника 55 Гц. Оскільки при меншій амплітуді швидкість потоку молока дуже мала, тобто можна припустити, що процес гомогенізації при такій частоті відбуватися не буде. А при збільшенні частоти коливання поршня-ударника швидкість потоку збільшується незначно, а потужність при цьому, навпаки, дуже сильно зростає (у 1,5 рази). Отже в подальшому було вирішено проводити розрахунки саме при частоті коливання поршня-ударника 55 Гц.

Для розрахунку нестационарного потоку молока було розглянуто амплітудний діапазон у 12 мм. Даний інтервал був розділений на 6 кроків. У результаті нев'язка по більшості рівнянь не перевищувала  $10^{-5}$ . Така точність сповна прийнятна для якісної оцінки динаміки течії [7].



В імпульсному гомогенізаторі подрібнення жирових кульок відбувається завдяки утворенню градієнту швидкості потоку молока  $\frac{dv}{dx}$ . Тому для того, щоб визначити ступінь гомогенізації, необхідно

спочатку розрахувати градієнт швидкості  $\frac{dv}{dx}$  під час гомогенізації.

Для вирішення даної задачі спочатку розраховуємо швидкість потоку молока на виході з першого і другого поршнів-ударників, між поршнями і поза поршнями в залежності від відстані  $x$  по довжині робочої камери завдяки програмі Ansys Workbench [6, 7, 8].

Лінії токів розподілу швидкості потоку молока в залежності від відстані  $x$  за довжиною робочої камери представлені на рис. 3.

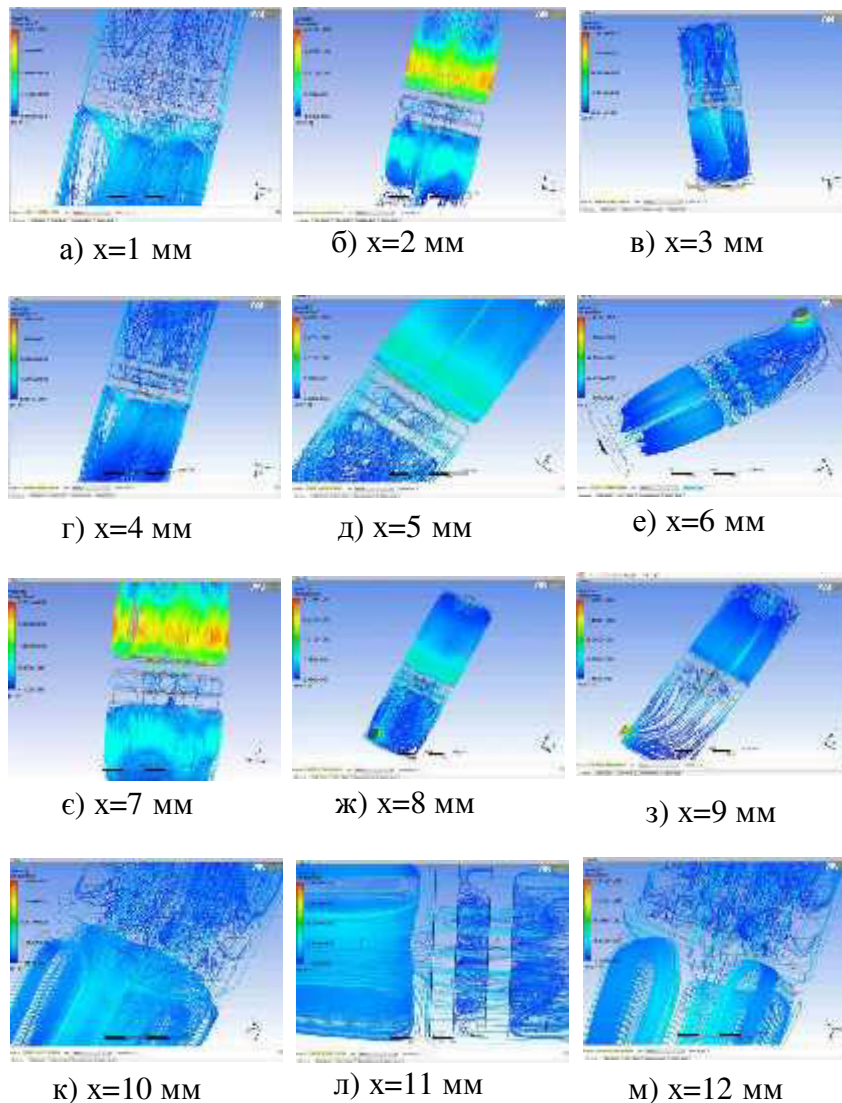


Рис. 3. Тривимірні графіки ліній току розподілу швидкості потоку молока на виході з другого поршня-ударника в залежності від відстані  $x$  за довжиною робочої камери імпульсного гомогенізатора виконані в Ansys Workbench.

Згідно отриманих даних відповідно побудовано графік (рис. 4) залежності швидкості потоку молока від відстані за довжиною робочої камери при  $f = 55$  Гц і  $h = 10$  мм.

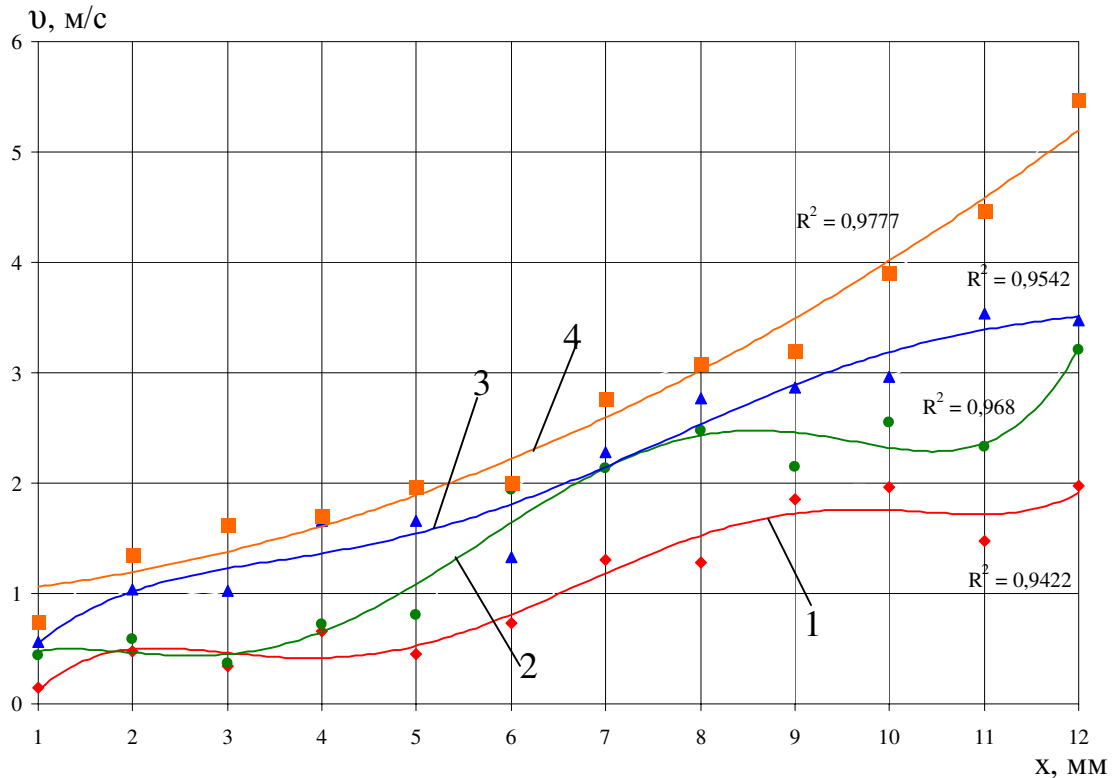


Рис. 4. Графік залежності швидкості потоку молока від довжини робочої камери:

- 1 – на виході з першого поршня-ударника; 2 – між поршнями;  
3 – на виході з другого поршня; 4 – поза поршнями.

Рівняння апроксимації залежності швидкості потоку молока на виході з першого  $v_1$  і другого  $v_2$  поршнів-ударників, між поршнями  $v_3$  і поза поршнями  $v_4$  від відстані за довжиною камери  $x$  мають наступний вигляд:

$$v_1 = 0,0005x^5 - 0,0162x^4 + 0,1953x^3 - 1,0104x^2 + 2,2607x - 1,3023, \quad (1)$$

$$v_2 = 0,0002x^5 - 0,0059x^4 + 0,0818x^3 - 0,4905x^2 + 1,4537x - 0,49, \quad (2)$$

$$v_3 = 0,0006x^5 - 0,0175x^4 + 0,1711x^3 - 0,642x^2 + 0,9575x + 0,01, \quad (3)$$

$$v_4 = 0,0241x^2 + 0,0631x - 0,9732. \quad (4)$$

Продиференціюємо рівняння (1), (2), (3), (4) і отримаємо відповідно вирази градієнтів швидкості потоку на виході з першого  $\frac{dv_1}{dx}$ , з другого  $\frac{dv_2}{dx}$  поршнів-ударників, між поршнями  $\frac{dv_3}{dx}$  і поза поршнями  $\frac{dv_4}{dx}$ :



$$\frac{dv_1}{dx} = 0,0025x^4 - 0,0648x^3 + 0,5859x^2 - 2,0208x + 2,2607, \quad (5)$$

$$\frac{dv_2}{dx} = 0,001x^4 - 0,0236x^3 + 0,245x^2 - 0,981x + 1,4537, \quad (6)$$

$$\frac{dv_3}{dx} = 0,003x^4 - 0,07x^3 + 0,5133x^2 - 1,2852x + 0,9575, \quad (7)$$

$$\frac{dv_4}{dx} = 0,0482x + 0,0631. \quad (8)$$

Залежності (5), (6), (7) та (8) представлені графічно на рис. 5 при  $f = 55$  Гц і  $h = 10$  мм.

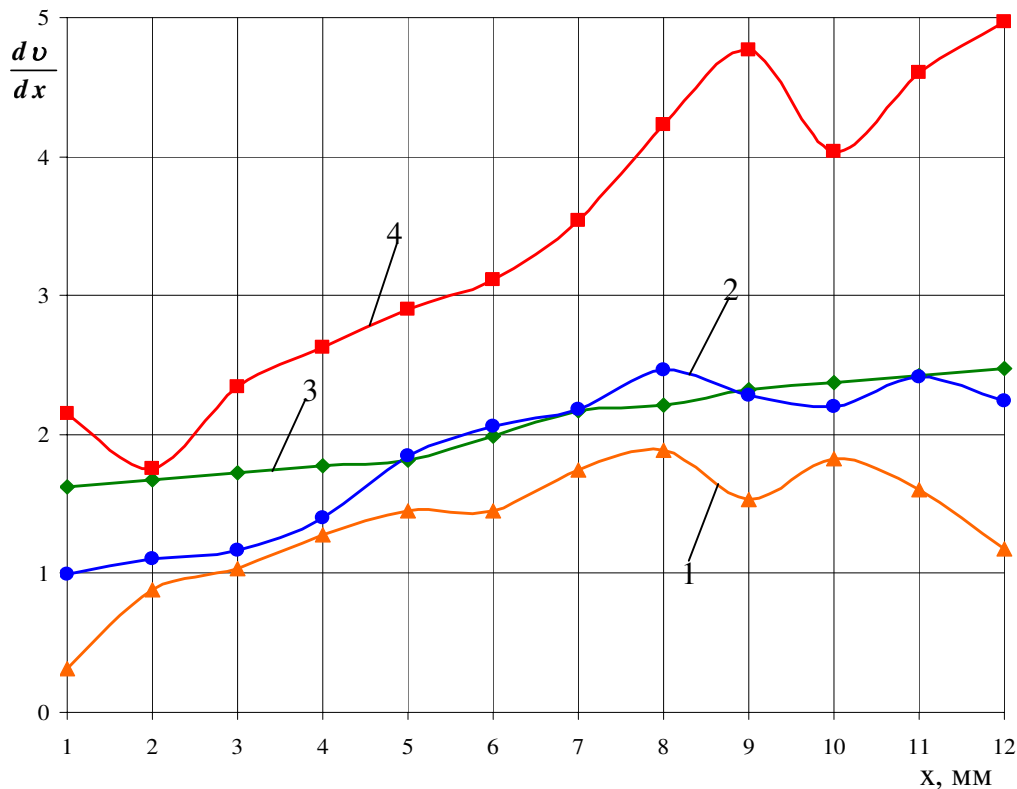


Рис. 5. Графік залежності градієнтів швидкості від довжини робочої камери імпульсного гомогенізатора:

1 – на виході з першого поршня-ударника; 2 – між поршнями; 3 – поза поршнями; 4 – на виході з другого поршня-ударника.

Отже, як видно з графіка, найбільший градієнт швидкості (2,2...5 м/с) буде виникати на виході з кінцевих отворів другого поршня-ударника. Логічно припустити, що і ступінь гомогенізації у цьому випадку буде найвищий.

*Висновки.* Отже, за допомогою комп'ютерного моделювання з застосуванням універсальної програмної системи кінцево-елементного аналізу Ansys Workbench було визначено градієнт

швидкості потоку молока при імпульсній гомогенізації. Проведений розрахунок показав, що найбільший градієнт швидкості потоку молока виникає на виході з конічних отворів другого поршня-ударника. Це, в свою чергу, сприяє створенню умов для найбільш якісної гомогенізації у порівнянні з існуючими гомогенізаторами.

Література:

1. *Вайткус В.В.* Гомогенизация молока / В.В Вайткус ; – М. : Пищевая промышленность, 1967. – 215с.
2. *Нужин Е. В.* Гомогенизация и гомогенизаторы. Монография / Е. В. Нужин, А. К. Гладушняк ; – Одесса: Печатный дом, 2007. – 264с.
3. *Грановский В. Я.* Новый гомогенизатор / В. Я. Грановский ; – М. : Пищевая промышленность, 1998. – №12. – С. 30–31.
4. *Самойчук К.О.* Обґрунтування параметрів та режимів роботи протитечійно-струменевого гомогенізатора молока: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / К.О. Самойчук – Донецьк, 2008. – 155 с.
5. *Басов К. А.* Ansys: справочник пользователя / К. А. Басов. – ДМК Пресс, 2005. – 640с.
6. *Бруйка В.* Инженерный анализ в Ansys Workbench. Учебное пособие. Часть 1 / В. Бруйка. – Самар. гос. техн. ун-т, 2008. – 271с.
7. *Гвоздєв О.В.* Комп'ютерне моделювання імпульсного гомогенізатора молока з використанням програмного забезпечення Ansys Workbench / О.В. Гвоздєв, К.О. Самойчук, Н.О. Паляничка // Обладнання та технології харчових виробництв: тематичний збірник наукових праць. – Донецьк. – 2012. Вип. 28. С. 294–300.
8. *Конюхов А.В.* Основы анализа конструкций в Ansys / А.В. Конюхов. – Казань, 2001. – 102с.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАДИЕНТА СКОРОСТИ ПОТОКА МОЛОКА ПРИ ИМПУЛЬСНОЙ ГОМОГЕНИЗАЦИИ

Паляничка Н.А.

**Аннотация - работа посвящена определению градиента скорости потока молока с помощью программы Ansys Workbench.**

## DETERMINATION GRADIENT OF FLOWRATE MILK IS DURING IMPULSIVE HOMOGENIZATION

N. Palyanichka

### *Summary*

**Work is devoted determination the gradient of flowrate milk by the program Ansys Workbench.**

УДК 637.5.037

## АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ЗАСТОСУВАННЯ ДОБАВОК КРІОПРОТЕКТОРНОЇ ДІЇ У ТЕХНОЛОГІЯХ ЗАМОРОЖЕНОЇ М'ЯСНОЇ ПРОДУКЦІЇ

Янчева М.О., к.т.н.,

Дроменко О.Б., ст. викладач,

Рудніченко Л.Л., магістрант

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

Тел. (057) 349-45-90

**Анотація** – в роботі висвітлено результати аналітичних досліджень щодо систематизації відомих на теперішній час речовин, що володіють кріопротекторними властивостями та можуть бути ефективно використані при виробництві замороженої, зокрема, м'ясної продукції.

**Ключові слова** – заморожування, м'ясопродукти, кріопротектори, кріозахисні середовища(композиції).

*Постановка проблеми.* Сучасні технології заморожування і холодильного зберігання замороженого м'яса мають у своєму розпорядженні широкий арсенал технічних засобів і великі можливості реалізації різних технологічних режимів [1].

Проте, не дивлячись на величезні техніко-технологічні можливості холодильної обробки, в процесі заморожування незворотно відбувається ряд небажаних змін, викликаних кристалоутворюванням. Виникнення у міжклітинному просторі кристалів льоду в результаті заморожування призводить до розриву м'язових волокон, що згодом негативно впливає на технологічні властивості розмороженого м'яса і, в першу чергу, виражається у значних втратах м'ясного соку і в зниженні споживчих характеристик готових продуктів – зовнішнього вигляду, кольору, консистенції, соковитості і інших характеристик [2].

Останнім часом у світовій практиці все частіше обговорюється можливість використання фізико-хімічного способу нівелювання негативних наслідків заморожування органічних тканин шляхом застосування кріопротекторів чи захисних речовин, здатних впливати на структуру розчинника та характер кристалізації, властивості яких залежать від цілого ряду факторів, серед яких важливе місце займають їх фізико-хімічні властивості. Для підвищення ефективності

доцільним є їх застосування у вигляді комплексних сумішей. Оцінка ефективності таких речовин на різних біологічних системах а також практичне їх використання до цих пір є складним методичним завданням, і воно практично не вирішено.

У зв'язку з цим, актуальною проблемою є виявлення і вивчення впливу харчових добавок кріопротекторної дії на якість м'яса в процесі заморожування і холодильного зберігання.

*Аналіз останніх досліджень.* За останні часи вітчизняними та зарубіжними вченими напрацьовано великий за обсягом досвід щодо розуміння ролі основних харчових речовин та інгредієнтів у технології харчової продукції, закономірностей зміни їх властивостей під впливом технологічних факторів [3]. Разом з тим даний напрям наукових та технологічних досліджень потребує подальшого розвитку в межах конкретних технологій з урахуванням фізико-хімічних та технологічних властивостей харчових систем. Специфіка заморожених продуктів вимагає ретельного вибору харчових інгредієнтів та їх композицій, здатних стабілізувати структуру і властивості в широкому діапазоні температур.

Результатами попередніх досліджень доведено, що цілеспрямоване регулювання властивостей м'ясної сировини шляхом застосування сучасних харчових інгредієнтів потребує ретельного обґрунтування та дослідження з урахуванням особливостей харчових систем. Реалізація та подальший розвиток даного напрямку дозволить отримати харчову продукцію з новими споживними властивостями.

Останні дослідження багатьох науковців Японії, США, Західної Європи [4-6] свідчать про виникнення нового функціонального класу харчових добавок – кріопротекторів, які дозволяють керувати на молекулярному та клітинному рівнях процесами кристалоутворення у харчових продуктах під дією низьких температур. Дослідженню властивостей кріопротекторів у різних біологічних об'єктах і харчових системах присвячено праці Л.А. Сарафанової, Д.Л. Хаффмана, Ж. Лафона, Ж. Лебеля, Малдрю, А. Суттона, Б.Е. Харрисона, П. Капела та ін.

*Формулювання цілей статті.* Метою даної роботи було проведення аналітичних досліджень щодо систематизації відомих на теперішній час речовин, що володіють кріопротекторними властивостями та можуть бути ефективно використані при виробництві замороженої, зокрема, м'ясної продукції.

*Основна частина.* Кріопротектори – речовини, що запобігають або уповільнюють зростання кристалів льоду і нівелюють дію при заморожуванні двох ушкоджувальних чинників: формування внутріклітинного льоду і зневоднення тканин [7, 8]. Кріопротектори здатні до створення водневих зв'язків з молекулами води, що

перешкоджає їх організації у лід. Вони здатні послаблювати ефект кристалізації, змінюючи її характер, перешкоджають агрегації і денатурації макромолекул, сприяють збереженню цілісності мембран клітин.

Існує велика кількість речовин, що володіють кріопротекторними властивостями. У кріобіологічних дослідженнях розрізняють кріопротектори двох типів: проникаючі і непроникаючі.

До проникаючих відносять кріопротектори, здатні проникати всередину клітини. Проникаючі кріопротектори перешкоджають формуванню кристалів льоду за рахунок утворення водневих зв'язків з молекулами води, що містяться у клітинних структурах (найбільш вивчені властивості гліцерину, пропіленгліколю, етилгліколю, диметилсульфоксиду).

До непроникаючих відносять кріопротектори, не здатні проникати всередину клітин. Принцип дії непроникаючих кріопротекторів полягає у зниженні швидкості росту кристалів і захисту клітин від осмотичних перепадів. До непроникаючих кріопротекторів відносять дві групи речовин: олігосахариди (найбільш відомі сахароза і трегалоза) і високомолекулярні сполуки (альбумін, плазма крові, полівінілпирролідон).

Дані фізико-хімічної біології дозволяють розділити кріопротектори на два класи (з більш широким діапазоном речовин) в залежності від термодинамічних параметрів гідрофобних груп [9].

Перший клас – добавки типу спиртів. До цього класу відносяться аліфатичні спирти, гліцеринполіполи (етиленгліколь, пропіленгліколь) та інші відносно неполярні органічні сполуки, які вірогідніше, утворюють водневі зв'язки гірше, ніж вода.

Другий клас – добавки типу сечовини. До цієї групи відносяться сечовина, ацетамід та його похідні, та інші високомолекулярні сполуки, які легко утворюють водневі зв'язки.

Узагальнення відомостей з кріобіології, фізико-хімічної біології та харчової хімії про речовини, що володіють кріопротекторними властивостями, дозволило нам запропонувати класифікацію кріопротекторів за хімічними класами, яка наведена на рис. 1.

Найбільш відомі успіхи в дослідженнях за збереженням біологічних об'єктів у незмінному стані під дією різних факторів належать кріобіології. Перелік кріопротекторів, які знайшли своє застосування при низькотемпературному консервуванні, лейкоцитів, тромбоцитів, еритроцитів людини, кісткового мозку мишей, сперми тварин, культур ниркових клітин людини включає представників практично всіх наведених на рис. 1 хімічних класів.

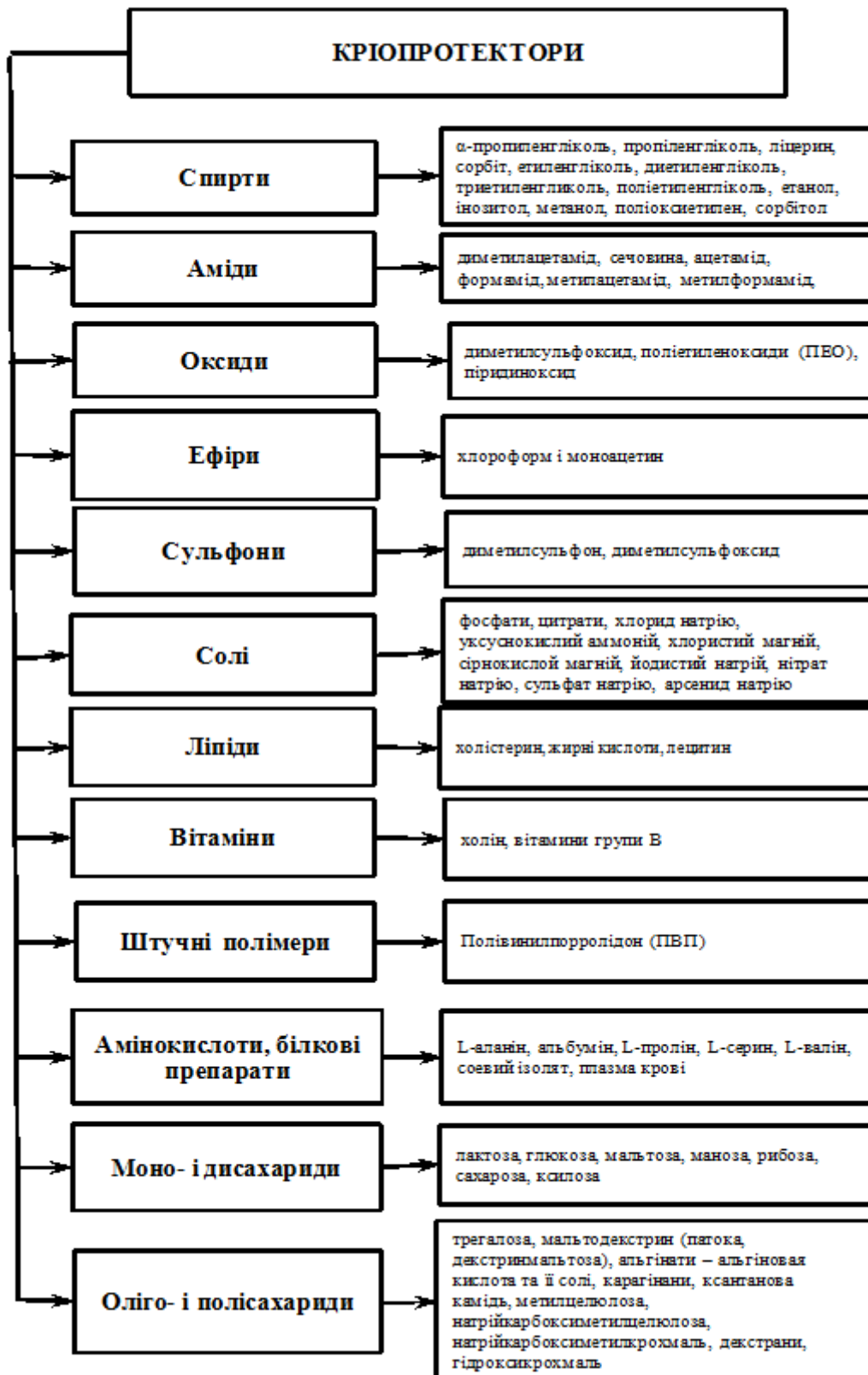


Рис. 1. Класифікація кріопротекторів за хімічними класами.

Досвід застосування кріопротекторів у харчових технологіях тільки набуває розвитку в межах конкретних технологій. При виробництві сурімі, кондитерських виробів застосовуються кріопротектори класу спиртів. Моно-, ди-, оліго- і полісахариди застосовуються при виробництві швидкозаморожених м'ясних напівфабрикатів, у складі розчинів для шприцювання, емульсіях, при виробництві морозива, сурімі. Білкові препарати – при виробництві заморожених м'ясних напівфабрикатів. У різних технологіях харчової промисловості застосовуються кріопротектори класу солей. Ліпіди використовуються у технологіях виробництва заморожених хлібобулочних виробів.

Наведені вище кріопротектори використовуються також у складі кріозахисних середовищ (композицій), у яких можуть бути присутніми різні органічні та неорганічні речовини. Використання кріозахисних середовищ є ефективним як при заморожуванні окремих клітин у кріобіології, так і при виробництві замороженої харчової продукції [4–6]. У таблиці 1 наведена характеристика складу комплексних кріозахисних середовищ (композицій), які знайшли своє застосування у кріобіології і харчових технологіях.

Таблиця 1 – Характеристика кріозахисних середовищ (композицій)

Галузь застосування	Склад кріозахисного середовища (композиції)
1	2
Кріобіологія	Лактозо-фруктозо-раффинозо-магнієво-гліцеріно-жовточне середовище
	Лактозо-сорбіто-гліцеріно-жовточне середовище
	Цитратно-жовточно-гліцерінове середовище
	Цитратно-жовточно-фруктозо-гліцерінове середовище
	Лактозо-жовточно-гліцерінове середовище
	Лактозо-жовточно-комплексонатно-бікарботане середовище + амінокислоти (лізин, метіонін, бетаїн)+ вітамін В <sub>4</sub>
	Гліцерин-лактозо-лимоннокисле-желатинове середовище
Виробництво м'ясопродуктів	Камідь рожкового дерева-ксантанова камідь-карагенан-декстроза-хлорид натрію
	Камідь рожкового дерева-гуарова камідь-карагенан-декстроза-хлорид натрію
	Натрійкарбоксиметилцелюлоза-лактоза

Продовження таблиці 1

1	2
	Лактоза-лактозула-хлорид натрію
	Натрійкарбоксиметилцелюлоза-натрійкарбоксиметилкрохмаль
Виробництво заморожених хлібобулочних виробів	Сахароза-крохмальна патока-рослинна олія-лецитин
	Лецитин-сухе молоко
	Лецитин-мальтодекстрин-фосфатиділхолін

*Висновки.* Результати проведених аналітичних досліджень свідчать, що добавки кріопротекторної дії належать до різних класів хімічних сполук та їх перелік постійно зростає. На підставі проведеного аналізу літературних даних нами проведена систематизація найбільш відомих на теперішній час кріопротекторів, в залежності від класу хімічних сполук. Ефективним є застосування кріопротекторів у вигляді функціональних комплексних систем (композицій) кріопротекторної дії.

У технологіях виробництва м'ясної продукції використання функціональних систем кріопротекторної дії дозволить максимально використовувати сировину зі знизеними технологічними властивостями, зменшити витрати м'ясної сировини під час холодильної обробки і зберіганні, знизити інтенсивність перебігу фізико-хімічних та біохімічних процесів, отримати широкий асортимент продукції з високими органолептичними властивостями, збільшити терміни та знизити температуру зберігання.

#### Література:

1. *Эванс Дж.А.* Замороженные пищевые продукты: производство и реализация [пер. с англ.] / Дж. А. Эванс. – СПб. : Профессия, 2010. – 440 с.
2. *Данилова Н.С.* Физико-химические и биохимические основы производства мяса и мясных продуктов: учебное пособие / Н.С. Данилова. – М. : КолоС, 2008. – 28 с.
3. *Сарафанова Л.А.* Применение пищевых добавок. Технические рекомендации / Л.А. Сарафанова. – 5-е изд. – СПб : ГИОРД, 2003. – 160 с.
4. *Холодов Ф.В.* Разработка композиции пищевых добавок кріопротекторного действия для сохранения качества мясных полуфабрикатов: дис. .... канд. техн. наук : 05.18.04 : защищена 12.02.11 : утв 24.06.11 / Холодов Федор Васильевич. – М., 2011. – 135 с.



5. *Паньшин С.С.* Усовершенствование метода глубокого замораживания семени быка с использованием комплексонов, аминокислот и витаминов : дис. .... канд. биол. наук : 03.00.13 : защищена 10.04.03 : утв 28.09.03 / Паньшин Сергей Сергеевич. – Дубровцы, 2003. – 120 с.

6. *Пелевина К.А.* Влияние фосфолипидов на качество булочных изделий из замороженного дрожжевого слоеного теста : дис. .... канд. техн. наук : 05.18.15 : защищена 07.05.07 : утв 12.11.07 / Пелевина Кира Александровна. – СПб., 2007. – 180 с.

7. *Пушкар Н.С.* Введение в криобиологию / Н. Пушкар, А. Белоус. – К.: Наукова думка, 1975. – 342 с.

8. Биохимия мембран : учебное пособие для биол. и мед. спец. вузов / А.А. Болдырев [и др.]. – М. : Высш. шк., 1987. – 80 с.

9. *Белоус А.М.* Криоконсерванты / А. Белоус, М. Шраго, Н. Пушкар. – К.: Наукова думка, 1979. – 197 с.

## **АНАЛИЗ СОВРЕМЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ДОБАВОК КРИОПРОТЕКТОРНОГО ДЕЙСТВИЯ В ТЕХНОЛОГИЯХ ЗАМОРОЖЕННОЙ МЯСНОЙ ПРОДУКЦИИ**

Янчева М.А., Дроменко Е.Б., Рудниченко Л.Л.

**Аннотация** – в данной работе представлены результаты аналитических исследований по систематизации известных на сегодняшний день веществ, обладающих криопротекторными свойствами, которые могут быть эффективно использованы при производстве замороженной, в частности, мясной продукции.

## **ANALYSIS OF CURRENT STATE OF APPLYING CRYOPROTECTIVE ACTION IN FROZEN MEAT PRODUCTS TECHNOLOGIES**

M.O. Yancheva, O.B. Dromenko, L.L. Rudnichenko

### **Summary**

**This work is devoted to carrying out of analysis and systematization of substances that is known at this time, has the cryoprotective properties, and can be effectively used in production of frozen, particular meat production.**

УДК 631.53.027.3

## МОЖЛИВОСТІ ПРОЛОНГОВАНОГО ВИКОРИСТАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ДРАЖУВАЛЬНОЇ ОБОЛОНКИ НАСІННЯ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР

Сербій Є.К., к.т.н.,  
Новохацький М.Л., к.с.-г.н.  
УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого  
Тел. (04571) 724-35

**Анотація** - у статті розглянуто властивості природних компонентів для формування дражувальної оболонки насіння овочевих культур та обґрунтовано вибір компонентів, які забезпечать драже властивості, наближені до природного середовища розвитку рослин – ґрунту – у вологому стані та необхідну міцність у сухому стані.

**Ключові слова** - насінина, дражування, компоненти, глина, гумус, мікроелементи, ґрунт, ємність катіонного обміну.

*Постановка проблеми.* Вирощування овочів є стратегічно важливим завданням сільськогосподарського виробництва України. Важливість овочівництва, як пріоритетного напрямку розвитку агропромислового комплексу, полягає у тому, що овочі забезпечують людину майже всіма необхідними для життя мікроелементами і вітамінами [1], а також у тому, що виробництвом овочів зайнято приблизно 95% населення не лише сільського приватного, але й міського сектору, для більшості з яких це незамінна частина їхнього прибутку [2, 18].

Необхідними складовими ефективного високоприбуткового та екологічного овочівництва є передові високоавтоматизовані технології з сучасними високоврожайними сортами культур, засобами живлення та захисту рослин і, звичайно, родючий ґрунт. Кожна культура висуває свої вимоги до властивостей ґрунту: його гранулометричного, хімічного складу, вологості, щільності, кислотності та ін. Найбільш вибагливі до навколишнього середовища рослини на перших етапах свого розвитку, коли коренева система ще не досить достатньо розвинена і всі необхідні елементи живлення (макро-, мікроелементи, стимулятори росту, захисні препарати тощо) та воду паросток всмоктує через оболонку насінини, яка межує з ґрунтом. Для вирощування овочів оптимальним є пухкий ґрунт, легко проникний для води й повітря, і в той же час досить вологоємний -

тобто здатний надійно утримувати воду. Кращими для овочівництва є гумусні суглинисті й супіщані ґрунти з вмістом вологи 70...80% від повної вологоємності та 3-5 % гумусу.

Перспективним способом захисту і підживлення рослин на першому етапі їх розвитку є дражування [17]. Оскільки в природних умовах рослини ростуть у ґрунті, то структура, фізико-механічні, хімічні та інші властивості оболонки драже в ідеальному випадку повинні бути наближені до властивостей ґрунту. Обґрунтоване використання природних матеріалів у складі оболонки дражованого насіння надасть насінині не тільки необхідні елементи живлення у період її проростання, але й дозволить пролонговано використовувати деякі з них протягом усього періоду вегетації.

Отже створення найкращих умов для проростання насінини і подальшого розвитку рослини є першочерговою необхідною умовою ведення ефективного овочівництва.

*Мета роботи.* Обґрунтувати вибір складових компонентів оболонки для дражування насіння овочевих культур та вимоги до її властивостей.

*Основна частина.* Ґрунт часто називають головним багатством будь-якої держави світу, оскільки на ньому виробляють біля 90% продуктів харчування людства. За складом, ґрунтом є поверхневий шар літосфери Землі, який являє собою багатофункціональну гетерогенну відкриту чотирьохфазну структурну систему: тверда (орґано-мінеральна), рідка (ґрунтовий розчин), газоподібна (ґрунтове повітря) фази та живі організми.

Ґрунт є полідисперсною системою та має великий розкид сумарної поверхні твердих часток: від 3...5 м<sup>2</sup>/г у піщаних ґрунтів до 300...400 м<sup>2</sup>/г - у глинистих. Завдяки цьому ґрунт має значну пористість: об'єм пор може досягати до 30 % від загального об'єму у заболочених мінеральних ґрунтів і до 90 % у орґаногенних торф'яних. У середньому цей показник складає 40...60 %.

Щільність твердої фази  $\rho_s$  мінеральних ґрунтів коливається від 2,4 до 2,8 г/см<sup>3</sup>, орґаногенних - 1,35...1,45 г/см<sup>3</sup>. Щільність ґрунту  $\rho_b$  нижче - 0,8...1,8 г/см<sup>3</sup> і 0,1...0,3 г/см<sup>3</sup> відповідно. Пористість  $\varepsilon$  зв'язана зі щільністю залежністю:  $\varepsilon = 1 - \rho_b/\rho_s$ .

Тверда фаза (таблиця 1) ґрунту складається з мінеральної та орґанічної частин, які є основними джерелами поживних речовин для рослин. Мінеральні компоненти займають приблизно 50...60 % від об'єму ґрунту й 90...97 % від його маси та мають складний мінеральний та хімічний склад. Найбільш розповсюдженим матеріалом у ґрунті є кварц (SiO<sub>2</sub>, двоокис кремнію), вміст його у ґрунтах перевищує 60%, а в легких піщаних доходить до 90%. Важливий показник якості й родючості ґрунту - гранулометричний

склад його мінеральної частини. Умовно фракційні складові частки ґрунту у відповідності зі всесвітньо визнаною класифікацією Ферре (схвалена Першим Міжнародним конгресом ґрунтознавців у 1927 році) діляться на пісок – частки діаметром 0,05...2 мм, пил – 0,002...0,05 мм, глину - 0,002...0,0002 і колоїди < 0,0002 мм [19]. Найкращим вважається механічний склад ґрунту в наступних співвідношеннях: 40% піску, 40% пилу й 20% глини.

Таблиця 1 - Середній хімічний (елементарний) склад твердої фази ґрунту (за Л. П. Виноградовим)

Елемент	%	Елемент	%	Елемент	%
Кисень	49,0	Барій	0,05	Галій	$10^{-3}$
Кремній	33,0	Стронцій	0,03	Олово	$10^{-3}$
Алюміній	7,1	Цирконій	0,03	Кобальт	$8 \cdot 10^{-4}$
Залізо	3,7	Фтор	0,02	Торій	$6 \cdot 10^{-4}$
Куті рід	2,0	Хром	0,02	Миш'як	$5 \cdot 10^{-4}$
Кальцій	1,3	Хлор	0,01	Йод	$5 \cdot 10^{-4}$
Калій	1,3	Ванадій	0,01	Цезій	$5 \cdot 10^{-4}$
Натрій	0,6	Рубідій	$6 \cdot 10^{-3}$	Молібден	$3 \cdot 10^{-4}$
Магній	0,6	Цинк	$5 \cdot 10^{-3}$	Уран	$1 \cdot 10^{-4}$
Водень	(0,50)	Церій	$5 \cdot 10^{-3}$	Берилій	( $10^{-4}$ )
Титан	0,46	Нікель	$4 \cdot 10^{-3}$	Германій	$10^{-4}$
Азот	0,10	Літій	$3 \cdot 10^{-3}$	Кадмій	$5 \cdot 10^{-5}$
Фосфор	0,08	Мідь	$2 \cdot 10^{-3}$	Селен	$1 \cdot 10^{-6}$
Сірка	0,08	Бор	$1 \cdot 10^{-3}$	Ртуть	( $10^{-6}$ )
Марганець	0,08	Свинець	$1 \cdot 10^{-3}$	Радій	$8 \cdot 10^{-11}$

За хімічним складом найбільш цінними є частки розміром менш 1 мкм, оскільки в них зосереджені основні запаси зольних елементів. Вони характеризуються підвищеним вмістом оксидів заліза й алюмінію, калію, фосфору, сірки й інших макро- і мікроелементів у доступній для живлення рослин формі. Крім того, до складу глинистої фракції входять органічні колоїди - гумус, тому вона є самою родючою частиною ґрунту з високою поглинальною здатністю [3]. У зв'язку із цим більш важкі глинисті й суглинкові ґрунти містять більше елементів живлення, ніж піщані й супіщані. Дрібнодисперсні мінеральні частки ґрунту (глинисті мінерали) разом з органічною речовиною обумовлюють її поглинальну здатність, що відіграє важливу роль при взаємодії макро- і мікроелементів у складі добрив із ґрунтом.

Мікроелементи виступають у ролі "вітамінів" для рослин. На початку ХХ століття було встановлено, що, крім основних елементів живлення рослин, їм потрібні ще й з'єднання бору, марганцю, міді, цинку, причому в дуже невеликій кількості. Ці з'єднання назвали

додатковими елементами живлення рослин, або мікродобривами, а самі елементи бор, марганець, мідь і цинк - мікроелементами [4].

Мікроелементи за рахунок своєї каталітичної дії дозволяють рослинам більш ефективно використовувати основні елементи живлення - енергію сонця, воду й макроелементи - азот, фосфор і калій, що, у свою чергу, позитивно впливає на продуктивність рослин і якість урожаю. Вони входять до складу ферментів і ферментних систем, без яких неможливе протікання біохімічних процесів у організмі рослини. Мікроелементи здатні підсилювати властивість тканин рослини до відновлення, що значно зменшує ушкодження рослин хворобами [15, 16].

Більшість мікроелементів є активними каталізаторами біохімічних процесів у рослинах. Крім того, мікроелементи впливають на напрямок біохімічних реакцій у рослинах за рахунок впливу на біоколюди рослин.

Недостатнє забезпечення овочів мікроелементами найчастіше виникає не через відсутність їх у ґрунті, а через те, що вони не можуть бути засвоєні кореневою системою рослин. Дефіцит мікроелементів і проблеми з їхнім споживанням найчастіше виникають на ґрунтах:

- легких, що містять мало гумусу й з низьким сорбційним комплексом;
- дуже вологих і неструктурованих або залитих, з дефіцитом кисню;
- з високим вмістом органіки, особливо торф'яних, з високою сорбцією;
- з низьким або високим рН.

Дослідженнями вчених-аграріїв і вчених-хіміків встановлено, що для підживлення рослин найбільш ефективні біологічно активні мікроелементи у легкодоступній формі - хелати металів. Відмінною їх особливістю є те, що мікроелементи знаходяться у хімічному зв'язку з органічними кислотами [6] та їх засвоєння рослинами сягає до 90%. Внаслідок цього при сумарній концентрації мікроелементів до 15% на діючу речовину витрати хелатних добрив складають 1...2 л/га при позакореновому живленні та 3..4 кг на 1 т насіння при передпосівній обробці. Таким чином одна насінина, наприклад, моркви при її вазі  $1,2 \cdot 10^{-3}$  г внаслідок передпосівної обробки отримає  $10^{-6}$  г мікроелементів у доступній формі.

У процесі передпосівної обробки, при змішуванні невеликої кількості мікродобрив з насінням, елементи живлення перебувають у безпосередній близькості з насінням, що сприяє кращому його проростанню й засвоєнню поживних речовин кореневою системою молодшої рослини [5].

За обробки мікроелементами підвищується енергія проростання й польова схожість насіння сільськогосподарських культур. У дослідженнях Інституту фізіології рослин АН УРСР [7]

встановлено, що під впливом мікродобрив значно підвищується проникнення води через оболонку насінин. В обробленого мікроелементами насіння підвищується життєздатність, польова схожість, ріст надземної маси й кореневої системи.

Найкращим і найбільш економічним шляхом використання мікроелементів у технології вирощування буряка вважається обробка насінин композиціями захисно-стимулюючих речовин із включенням мікродобрив у хелатній формі у період передпосівної підготовки [8]. Дослідження показали, що енергія проростання насінин, оброблених мікродобривами, була вище на 2...4%, а винос елементів живлення із ґрунту був максимальним [8]. Комплексні мікродобрива поряд із функцією живлення володіють також і стимулюючим ефектом. Так, на 10-й день після сівби кількість сходів буряка виявилось більше на 40...65%, ніж за цей же період у контрольному варіанті (без використання живильних сумішей).

Окремі мікроелементи (Zn, Cu, Mn і ін.) володіють фунгіцидними властивостями. Ф.Є. Маленев [9], узагальнюючи великий матеріал за фунгіцидною дією мікроелементів, доходить до висновку про широкий спектр хвороб сільськогосподарських культур, негативний вплив яких значно знижується при внесенні мікроелементів.

Крім здатності утримувати мікроелементи, особливо важлива роль глинистих мінералів у формуванні структури ґрунтів. Глини за будовою кристалічної ґратки, ступенем дисперсності об'єднано у три групи - каолініти, монтморилоніти та гідрослюди. Вони мають високі сорбційні властивості, велику ємність катіонного й аніонного обміну, здатність до набрякання й утримання води, липкість й т.д. Цими властивостями багато в чому обумовлена поглинальна здатність ґрунтів, їх структура й, в остаточному підсумку, родючість.

Факторами утворення агрегатів ґрунту є: набрякання, стиск у ході циклів зволоження-підсихання, коагуляція ґрунтових колоїдів (найбільш важлива в цьому роль органічних колоїдів - гумусу), цементація часток малорозчинними сполуками, утворення водневих зв'язків, зв'язків між зарядами кристалічної ґратки мінералів, адсорбція.

У ґрунтах можуть бути частки діаметром як менш 1 мкм, так і більше декількох сантиметрів. Менший діаметр часток означає більшу питому поверхню та меншу кількість простору між частками, а це, у свою чергу, викликає більші величини ємності катіонного обміну, здатності затримувати воду, кращу зв'язність, але меншу пористість. Краще всього поглинають вологу піщані ґрунти, де простір між частками найбільший, але вони внаслідок цього не здатні її утримувати. Важкі глинисті ґрунти можуть мати проблеми з утриманням повітря, легкі піщані - з водним режимом (таблиця 2).

Отже, глина впливає на всі властивості ґрунту. Глиниста фракція має високу фізико-хімічну поглинальну здатність, містить багато гумусу й елементів живлення. Ця фракція, завдяки своїй здатності коагулювати, склеює механічні елементи в агрегати, створюючи цілісну структуру ґрунту. Структурний ґрунт навіть при високому вмісті глини має сприятливі фізичні властивості. Однак глиниста фракція, перебуваючи в дисперсному розпорошеному стані, характеризується негативними фізичними властивостями.

Таблиця 2 - Фізичні властивості ґрунтових фракцій

Розмір часток, мм	Молекулярна вологостійкість, %	Висота капілярного стовпа, см	Коефіцієнт фільтрації, см/с	Набрякання, %
2,0...0,5	0,7...0,9	1,5...8,7	0,072...0,2	—
0,5...0,05	1,0...2,2	20...91	0,005...0,056	—
0,05...0,005	3,1...15,9	200	0,0004	26...105
0,005...0,001	31,0	—	—	160
Менш 0,001	—	—	—	405

Ідеальним варіантом є гумусні ґрунти, які мають збалансовану структуру з оптимальним співвідношенням твердих часток і простору між ними, вони добре вбирають вологу, утримують її усередині й через систему капілярів постачають кореням рослин. Гумус зв'язує тверді частки ґрунту, перетворюючи їх у розсипчасті грудочки з порами, створює оптимальну пухку структуру ґрунту, що значно підвищує її здатність до поглинання й затримки вологи, а також впливає на повітропроникність ґрунту. Також гумус називають імунною системою ґрунту, тому що завдяки його дії зберігається й поліпшується структура ґрунту, підтримуються її основні функції й забезпечується здоров'я ґрунтового середовища. Гумус активізує природну стійкість рослин до хвороб і шкідників, запобігає масовому розвитку хвороботворних організмів [16].

Органічна речовина ґрунту становить невелику частину твердої фази, але має важливе значення для його родючості й живлення рослин. Вміст органічних речовин у ґрунтах коливається від 1...3% у підзолистих ґрунтах і сіроземах до 8...10% і більше в потужних чорноземах. Органічна речовина ґрунту представлена в основному (на 85...90%) гуміновими речовинами: гуміновими й фульвокислотами.

Молекулярні маси для гумінових кислот становлять 20...80 кДа (мінімальна 5 кДа, максимальна 650 кДа), для фульвокислот 4...15 кДа. Структура протяжних ланцюгів молекул гумінових кислот, які несуть різноманітні функціональні групи (гідроксильні, карбонільні,

карбокисильні, аміногрупи й т. п.) є причиною високої ємності поглинання – 180...500 мг-екв/100 г.

Найбільша відносна кількість гумусу або окремих гумінових речовин у органогенних ґрунтах, торф'яних, бурому вугіллі, кам'яному вугіллі, сапропелі і досягає до 80% від загального об'єму. Цією властивістю користуються для вилучення гумінових речовин за допомогою водних розчинів лугів [10].

Препарати, виготовлені на основі гуматів (Гувитан-С, Вітапдин, Гермивіт, Гумивіт, Гумифілд, Гумат, Рост-концентрат), містять амінокислоти, полісахариди, вуглеводи, вітаміни, макро- й мікроелементи тощо. Вони належать до високомолекулярних з'єднань, характеризуються стійкістю, полідисперсністю. Гумати характеризуються високими сорбційними, іонообмінними й біологічно активними властивостями. У літературі нагромадився експериментальний матеріал, який доводить, що використання гуматів забезпечує екологічну чистоту продукції на фоні іонізуючої радіації й забруднення навколишнього середовища пестицидами, з'єднаннями важких металів і інших токсичних речовин.

У продажі часто можна зустріти гумат натрію й гумат калію. Використання цих препаратів у низьких концентраціях стимулює розвиток кореневої системи, поліпшує умови живлення й, як наслідок, прискорюється ріст надземної частини. Вони так само сприятливо впливають на активізацію процесів фотосинтезу, дихання, збільшення фосфорорганічних з'єднань. Особливо ефективні на початкових фазах розвитку рослин, сприяючи підвищенню концентрації хлорофілу й аскорбінової кислоти [11]. Варто згадати, що ці препарати володіють, крім перелічених властивостей, ще й фунгіцидною активністю.

Зокрема, за рахунок гумінових речовин підсилюється коренеутворення рослин; змінюється фосфорний обмін й підсилюється синтез нуклеїнових кислот; прискорюється білковий обмін і збільшується кількість амінокислот; підвищується інтенсивність процесів дихання, фотосинтезу й водообміну, зростає концентрація хлорофілу й аскорбінової кислоти, особливо в початковій фазі розвитку рослини. Як наслідок - врожайність сільськогосподарських культур підвищується на 30 - 90 % [12].

В умовах інтенсивної хімізації сільського господарства ріст урожаїв супроводжується збільшенням вносу всіх елементів живлення, гумусу, у тому числі мікроелементів. Це підвищує потребу в застосуванні окремих мікродобрих на ґрунтах не тільки з недостатнім, але й помірним вмістом відповідних мікроелементів у доступній рослинам формі [13].

Ґрунт може утримувати речовини за допомогою різноманітних механізмів (механічна фільтрація, адсорбція дрібних часток, утворення нерозчинних сполук, біологічне поглинання),



найважливішим з яких є іонний обмін між ґрунтовим розчином і поверхнею твердої фази ґрунту. Тверда фаза за рахунок сколів кристалічної гратки мінералів, ізоморфних заміщень, наявності карбоксильних і ряду інших функціональних груп у складі органічної речовини заряджена переважно негативно, тому найбільш яскраво виражена катіонообмінна здатність ґрунту. Проте, позитивні заряди, що спричиняють аніонний обмін, у ґрунті також присутні.

Безпосереднім джерелом води й поживних речовин для рослин є ґрунтовий розчин. Він - найбільш рухлива й активна частина ґрунту [13]. У складі ґрунтового розчину можуть перебувати різні аніони й катіони. Найбільш важливе значення для живлення рослин має присутність у ґрунтовому розчині іонів мікроелементів  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$ ,  $NH_4^+$ ,  $NO_3^-$ ,  $SO_4^{2-}$  і  $H_2PO_4^-$  та постійне їхнє поповнення.

Отже, виходячи з цього, можна зробити висновки, що механічний склад ґрунту значно визначає багато важливих його властивостей - вміст елементів живлення, поглинальну здатність, а також фізичні властивості (вологоемність, водопроникність, повітряний і тепловий режим). Гумусові речовини поряд з дрібнодисперсними мінеральними частками ґрунту беруть участь в адсорбційних процесах, визначають поглинальну здатність ґрунту і її буферність. Органічна речовина служить джерелом живлення й енергетичним матеріалом для більшості ґрунтових мікроорганізмів. Для живлення рослин доступні лише ті поживні речовини, які перебувають у ґрунті у формі з'єднань, розчинних у воді й слабких кислотах, а також в обмінно-поглиненому стані.

Використання компонентів ґрунту, які мають іонообмінну здатність, при дражуванні насіння дозволить наситити оболонку драже необхідними мікроелементами та стимуляторами росту, які рослина зможе пролонговано використовувати протягом періоду вегетації.

Розглянемо дражування насіння моркви, яка, за визначеннями В.І. Едельштейна та А.С. Болотських, займає одне з перших місць серед коренеплодів та овочів за виносом мікроелементів з ґрунту (таблиця 3). При еквівалентному діаметрі її насінини 1,4 мм у кулеподібній гранулі-драже діаметром 4,5 мм маса дражувального матеріалу буде приблизно 0,1 г при його щільності  $2 \text{ г/см}^3$ , в тому числі 0,01 г гумусу при 10-відсотковій його відносній кількості. При ємності катіонного обміну 250 мг-екв/100 г це дозволить лише гуміновим компонентам драже поглинути 0,025 мг мікроелементів та стимуляторів за рахунок катіонного обміну. Якщо порівнювати з передпосівною обробкою насіння, то дражування дозволяє поміщати у безпосередній близькості з насінням приблизно у 25 разів більше мікроелементів та стимуляторів росту. За умови сівби дражованого насіння на глибину до 3 см вертикальна міграція надасть можливість

корінню рослини пролонговано споживати поживні елементи оболонки драже.

Таблиця 3 - Винос мікроелементів овочевими культурами (FAO), г/т

Культура	B	Cu	Fe	Mn	Mo	Zn	Co	Se	Σ
Горох	7,5	9,3	86	21	1,8	46	0,1	6,4	178,15
Бруква	44	8	195	113	0,9	53	0,5	28	441,61
Буряк	18	7,7	71	113	0,1	52	0,3	5	266,96
Морква	19	4,6	54	28	0	20	0,1	7,8	133,86
Цибуля	12	4,7	29	24	0,2	25	0,1	6,9	101,96
Капуста кочанна	2,1	1	9,8	3	0,2	3	0,1	-	19,3
Огірок	1,4	1,7	94	9,6	0,1	3	0	-	109,99
Томат	1,1	2,2	63	12	0,1	4	0	-	82,65

Таким чином, життєво необхідними складовими твердої фази ґрунту для живлення рослин є мінеральна частина та гумінові кислоти. Отже, для створення оболонки драже їх необхідно взяти за основу, яка не інертна, як в більшості композицій для дражування, а вже містить у доступній формі мікроелементи і стимулюючі елементи в глинистих фракціях та гумінових кислотах. Таким чином для створення штучного драже, максимально подібного за властивостями до природного середовища, оболонку драже доцільно формувати з наступних природних компонентів:

- мінеральна частина, яка буде складатись з піщаної, пилової та глинистої фракцій;

- органічна частина, яка буде складатись з гумінових речовин.

Вдале об'єднання цих компонентів за рахунок використання сучасних технологій, у тому числі враховуючи розміри складових компонентів та використовуючи властивості їх взаємодії у наномасштабах, дозволить:

- створити достатньо міцне драже у сухому стані, яке буде активно адсорбувати вологу у ґрунтовому середовищі та набувати нормальних фізико-механічних властивостей ґрунту за рахунок значної адсорбції та ємності катіонного обміну глинистих та гумінових матеріалів;

- використовуючи велику ємність катіонного обміну наситити гумінові та глинисті компоненти драже необхідною кількістю мікроелементів та стимуляторів росту рослин;

- наявність піщаної фракції у мінеральній частині оболонки драже створить умови для існування необхідної кількості пор, що забезпечить насінину повітряним та водним обміном з навколишнім середовищем.

*Висновки:*

1. Визначено, що основними складовими оболонки для дражування насіння овочевих культур мають бути: мінеральна частина  $\approx 88\%$  від маси (пісок, пил, глина) та органічна частина  $\approx 10\%$  від маси гранули (гумінові, фульвокислоти).
2. Встановлено, що гумінові речовини оболонки драже вміщують мікроелементів у хеталній формі в 25 разів більше, ніж одна насінина при передпосівній обробці.
3. Намічено основні напрямки подальшого наукового дослідження з визначення кількісного складу компонентів оболонки для дражування та обладнання для його виконання.

*Література:*

1. *Тараканов Г.И.* Овощеводство / Г.И.Тараканов, В.Д.Мухин, К.А.Шуин. - М: КолосС, 2003. – 472 с.
2. Державний комітет статистики України. Статистичний щорічник України за 2010 рік / За ред. Осауленка О. Г. – Київ, 2010. – 567 с.
3. Гранулометрический состав почв: [Электронный ресурс]. - Режим доступа к журн.: - <http://www.zoodrug.ru/topic3558.html>
4. В саду: [Электронный ресурс]. -. Витамины для зеленого друга. - Режим доступа к журн.: - <http://www.alhimik.ru/sad/sad16.html>
5. Микроэлементы в удобрении овощей 2009 / 5: [Электронный ресурс]. - Режим доступа к журн.: - <http://www.ovoshevodstvo.com/journal/browse/200905/article/263/>
6. *Булигін С.Ю.* Мікроелементи в сільському господарстві / С.Ю.Булигін: 3-є вид. доповнене, - Д., Січ; 2007. - 100 с.
7. *Оствовська Л.К.* Карбонатний хлороз і хелатные добрива / Л.К. Оствовська, Г.М. Макарова, Г.М. Яковенко. К.: Урожай, -1973, -104с.
8. Звіт про науково-дослідну роботу “Ефективність комплексного мікродобрива “Реаком- С- бурякове” при використанні його в процесі заводської обробки насіння цукрових буряків” Інститут цукрових буряків УААН, Київ, 2001.
9. *Маленев Ф.Е.* Мікроелементи у фітопатології / Ф.Е. Маленев. Л.-М.:Сельхозиздат, 1961. -120с.
10. : [Электронный ресурс]. - Режим доступа к журн.: - <http://ru.wikipedia.org/wiki/>
11. РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА Режим доступа к журн.: - <http://mybonsai.narod.ru/stimul2.htm>
12. Гуминовые препараты – стимуляторы роста: [Электронный ресурс]. Режим доступа к журн.: - [http://www.eco-soil.ru/htmls/gumin\\_prepar.htm](http://www.eco-soil.ru/htmls/gumin_prepar.htm)
13. Агрохимия. - 2-е изд., перераб. и доп. под ред. Смирнов П.М., Муравин Э.А.

14. Putting Pellets around Seed - A Science and an Art: [Электронный ресурс]. - Seed Technology newsletter, volume 6. - Режим доступа к журн.: - <http://www.harrismoran.com/technology/newsletters/6.htm>

15. Особенности питания и удобрения томата // Овощеводство. – 2010, №6. – с. 38-41

16. *Петричкович И.* Дуэт овощей и гуматов / И. Петричкович // Овощеводство. – 2012, №4. – с. 26-27

17. *Арсеньева М.В.* В борьбе за семена / М.В. Арсеньева // Агротехника и технологии. – 2012, №2. – с. 32-37

18. *Кучеренко Т.* Ценовая ситуация на рынке овощей / Т.Кучеренко // Овощеводство. – 2012, №5. – с. 70-76

19. *Примак І.Д.* Наукові основи землеробства / І.Д. Примак, В.А. Вергунов, В.Г. Рошко та ін. – Біла Церква, 2005. – 408 с.

### **ВОЗМОЖНОСТИ ПРОЛОНГИРОВАННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ДРОЖЖЕВОЙ ОБОЛОЧКИ СЕМЯН ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР**

Сербий Е.К., Новохацкий М. Л.

**Аннотация** - в статье рассмотрены свойства естественных компонентов для формирования дрожжевой оболочки семян овощных культур и обоснован выбор компонентов, которые обеспечат даже свойства, приближенные к естественной среде развития растений - почве, - во влажном состоянии и необходимую прочность в сухом состоянии.

### **PROLONGED USE POSSIBILITY OF ELEMENTS FROM VEGETABLE SEEDS PELLET SHELL**

E.K. Serbii, M.L. Novohatskiy

#### *Summary*

**There are natural components properties for pellet shell forming are considered in this article and selected components which provide pellet properties like natural cultivation environment – soil.**

УДК 641.55:634.51.002.62

## **ВСТАНОВЛЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ СТАБІЛІЗАЦІЇ ПІНОЕМУЛЬСІЙНИХ СИСТЕМ**

Товма Л.Ю., здобувач

*Академія внутрішніх військ МВС України*

Горальчук А.Б., к.т.н.

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

Тел. (057) 349-45-55

**Анотація** – в роботі розглянуто вплив ПАР на піноутворюючу здатність та стійкість піни, міцність міжфазних адсорбційних шарів на основі яєчного альбуміну, показано шляхи регулювання стійкості піноподібних систем з введенням у них жиру.

**Ключові слова** – пінна структура, міжфазні адсорбційні шари, стабілізація, піноемульсійна система, поверхнево-активні речовини, яєчний альбумін.

*Постановка проблеми.* Стрімкий розвиток харчової промисловості України спонукає виробників до масштабування виробництва. Перехід до індустріальних об'ємів виробництва кулінарних та кондитерських виробів потребує нових технологічних рішень. Виробництво індустріальними методами випечених напівфабрикатів з пінною структурою потребує значного коректування технологічного процесу та рецептурного складу з метою забезпечення заданих органолептичних властивостей.

Зазначені недоліки випечених борошняних напівфабрикатів з пінною структурою обумовлені впливом технологічних чинників на стійкість складної дисперсної системи. Вирішення цього завдання можливе шляхом науково обґрунтованого використання поверхнево-активних речовин, здатних стабілізувати дисперсну систему, зменшити негативний вплив технологічних чинників, що дозволить здійснити виробництво випечених борошняних напівфабрикатів з пінною структурою індустріальними методами, зменшивши:

- багатостадійність технологічного процесу;
- негативний вплив технологічних чинників на стійкість дисперсної системи;
- вплив коливань показників якості основної сировини на якість готової продукції.

Вищевикладене у повній мірі стосується повітряно-горіхових напівфабрикатів та кулінарних і кондитерських виробів на їх основі.

Виробництво повітряного горіхового напівфабрикату традиційним методом у значних об'ємах не дозволяє отримати вироби з необхідними органолептичними властивостями, зокрема, рівномірною пористістю, висотою напівфабрикатів, наявністю блиску на поверхні виробів.

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* Одним із важливих процесів у виробництві кондитерської продукції з піноподібною структурою є одержання стійкої кондитерської піни у процесі її випікання. Кондитерська піна утворюється у тому випадку, коли швидкість формування пухирців газу виявляється швидшою, ніж швидкість їх руйнування. Закономірності, за якими відбувається процес пеніноутворення, залежать від умов проведення технологічного процесу. Наявність жиру в системі різко скорочує час життя піни через десорбцію білків з міжфазної поверхні рідина-повітря та утворення міжфазного шару (МАШ) рідина-жир [1-4]. Тому необхідно створити умови для стабілізації гетерогенних систем, які одночасно є і піною і емульсією. Одним з шляхів вирішення даного завдання є використання поряд з білками низькомолекулярних ПАР, що забезпечують утворення високодисперсної піни [2], підвищенню міцності МАШ [3], сприяють збільшенню піноутворення [2, 4].

*Формування цілей статті.* Метою дослідження є вивчення впливу ПАР на піноутворюючу здатність, стійкість піни на основі яєчного альбуміну у присутності жирової фази та міцність міжфазних адсорбційних шарів білків у присутності низькомолекулярних ПАР, що дозволить визначити раціональне співвідношення білків та ПАР, що забезпечують стійкість гетерогенних систем.

*Основна частина.* Стабілізація піноемульсійних систем зводиться до утворення на поверхні крапель структурних гелеподібних шарів, що володіють високою структурною в'язкістю, пружністю і міцністю при одночасній сольватації поверхні таких оболонок дисперсійним середовищем. Для їх стабілізації поряд з високою в'язкістю і міцністю адсорбційна плівка повинна бути легкокоруклива і швидко відновлюватися при випадкових розривах. Для одержання стійких піноемульсійних систем поверхнево-активні речовини повинні мати одночасно поверхневу активність і здатність утворювати структуровані колоїдно-адсорбційні шари. Низькомолекулярні ПАР тільки знижують поверхневий натяг на межі розділу фаз, але не створюють колоїдно-адсорбційних шарів гелеподібної структури, не забезпечують стабілізацію гетерогенних систем. Стабілізація досягається шляхом введення колоїдних ПАР, зокрема, білків. Вивчення спільного впливу речовин, що володіють

різною поверхневою активністю, дозволили стабілізувати гетерогенні системи комбінованими емульгаторами. Сутність такої стабілізації зводиться до того, що за визначеного співвідношення двох або більше ПАР, основний стабілізатор хоча частково і витісняється з міжфазної поверхні речовиною, поверхнево більш активною, але не в такому ступені, щоб порушити механічну міцність оболонки. Такі абсорбційні оболонки легко рухливі і мають високу здатність до самовідновлення, що забезпечує стабілізацію піноемультсійних систем.

Для вивчення впливу на піноутворюючу здатність яєчного альбуміну та стійкість піни нами використано 3 ПАР: неіоногенний E471 (моно- та дигліцериди), іоногенний E472e (ефір гліцерину діацетилвинної та жирних кислот) та амфолітний E322 (лецитин).

Предметами дослідження були сухий яєчний альбумін ТОВ «Васильків-продукт». Виробництво повітряно-горіхового напівфабрикату передбачає збивання яєчних білків з цукром та введення у кінці збивання горіхового борошна, в результаті подрібнення якого виділяється жир. Для моделювання процесу та вивчення впливу ПАР на піноутворюючі властивості яєчного альбуміну проводили дослідження впливу 5% жиру на піноутворюючі властивості 2,5% розчину яєчного альбуміну. Такі концентрації жиру обрано виходячи з того, що кількість горіхового борошна в рецептурному складі повітряно-горіхового напівфабрикату складає 10...20%, вміст жиру в горіхах коливається у межах 50...70% та виділення жиру під час подрібнення горіхів складає близько 50% від загальної кількості. Дослідження піноутворюючої здатності білків вивчали на низьких концентраціях, щоб виключити стабілізуючий ефект від високої концентрації білка. Дослідження стійкості піни визначали після вистоявання зразків протягом 24 год.

Аналіз отриманих даних показав (рис. 1), що введення E471 з 0,2 до 1,0% призводить до зменшення піноутворюючої здатності білка з  $500 \pm 2$  до  $424 \pm 2\%$ , при цьому стійкість піни збільшується з  $35 \pm 1$  до  $84 \pm 1\%$ . Встановлено, що піна на основі яєчного альбуміну з уведенням 5% жиру через 24 год повністю руйнується. Отже, можна констатувати, що в ході технологічного процесу виробництва продукції на основі збитих білків з уведенням сировини, що є носієм жиру, призведе до руйнування піни, тому що в технологічному процесі піноподібна рецептурна маса перемішується, формується, випікається, що негативно позначається на її стійкості.

На відміну від неіоногенної ПАР, E472e іоногенний (аніонний), введення його призводить до більш інтенсивного зниження піноутворюючої здатності білка (рис. 2) піноутворююча здатність зменшується з  $500 \pm 2$  до  $325 \pm 2\%$ , окрім цього, залежність стійкості

піни носить екстремальний характер з максимумом, що відповідає вмісту ПАР 0,2...0,4% та становить  $79\pm 1\%$ .

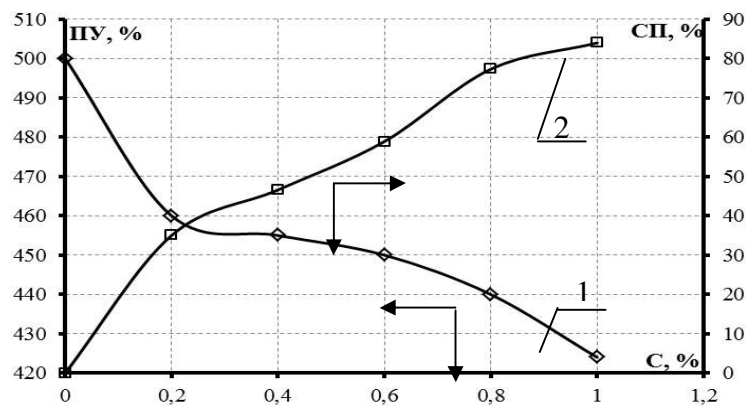


Рис. 1. Залежність піноутворюючої здатності (1) та стійкості піни(2) від концентрації E471.

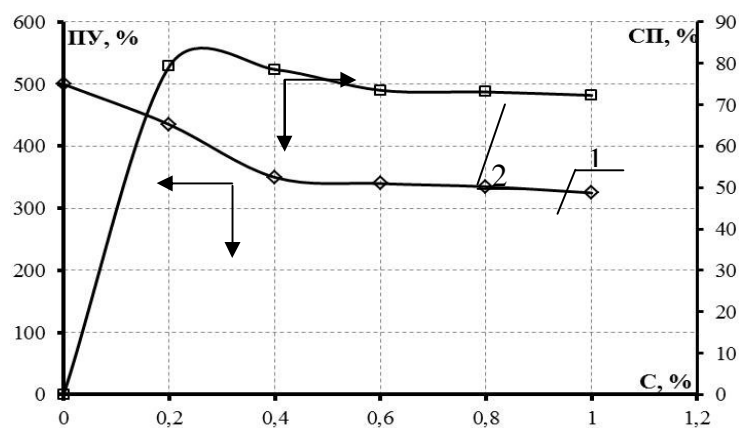


Рис. 2. Залежність піноутворюючої здатності (1) та стійкості піни(2) від концентрації E472e.

На основі отриманих даних видно, що стійкість піноподібних систем, що містять суміш ПАР, зокрема, білків та низькомолекулярних ПАР визначається певними співвідношеннями, що відповідають, ймовірно, утворенню комплексів білок-ПАР.

На відміну від неіоногенних та іоногенних (аніонних) ПАР, амфолітна ПАР, зокрема, лецитин E322 не чинить негативного впливу на піноутворюючу здатність білків (рис. 3). Встановлено екстремальну залежність стійкості піни від концентрації E322, з максимумом, що відповідає вмісту E322 0,2% та становить  $84\pm 1\%$ .

Слід відмітити, що розмірні характеристики бульбашок піни відрізняються залежно від використання різних ПАР, що, в свою чергу, визначає стійкість піни під дією різних технологічних чинників, в системах, що містять E322, бульбашки піни порівняно з іншими ПАР характеризувались значним розміром, що негативно



відобразиться на стійкості систем під дією механічних навантажень, що має місце у технологічному процесі виробництва.

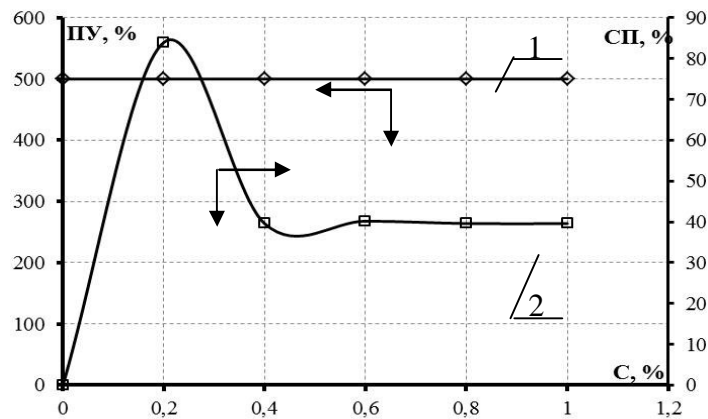


Рис. 3. Залежність піноутворюючої здатності (1) та стійкості піни(2) від концентрації E322.

Більш детальну інформацію стосовно стійкості гетерогенних систем на основі колоїдних ПАР дають методи визначення граничної напруги зсуву (ГНЗ) МАШ [3, 5] (рис. 4).

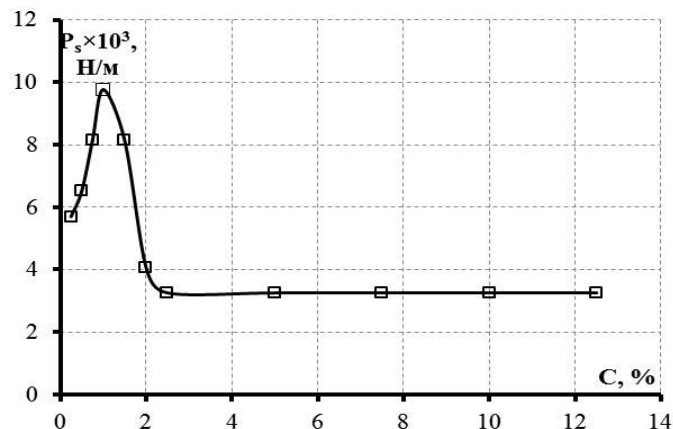


Рис. 4. Залежність граничної напруги зсуву МАШ від концентрації яєчного альбуміну на межі з олією.

Встановлено, що міцність МАШ носить екстремальний характер з максимумом, що відповідає вмісту білка 1% та становить  $(9,8 \pm 0,2) \cdot 10^{-3}$ , ймовірно така концентрація відповідає утворенню мономолекулярного шару з максимальною міцністю.

З метою вивчення впливу ПАР на міцність МАШ здійснено дослідження ГНЗ МАШ, з метою забезпечення умов досліду, а саме дослідження міцності на рідких розділах фаз концентрації білка та ПАР зменшені в 10 разів для попередження кристалізації жиру за умови введення E471. Вивчення впливу ПАР на міцність МАШ проводили з введенням E471 як найбільш раціонального з точки зору стійкості піни.

ПАР вводили в жирову фазу. Аналіз отриманих результатів показав (рис. 5) екстремальну залежність ГНЗ МАШ від концентрації E471 з максимумом, що відповідає вмісту E471 0,125%, однак абсолютні значення нижчі, ніж у білка. Ймовірно, таку поведінку можна пояснити тим, що низькомолекулярна ПАР, володіючи вищою поверхневою активністю витісняє з поверхні розділу фаз білок, утворюючи легко рухливі міжфазні шари, тобто відбувається конкурентна адсорбція. Тому необхідно забезпечити умови не конкурентної адсорбції, а утворення комплексів білок-ПАР, що володіють високою міжфазною міцністю.

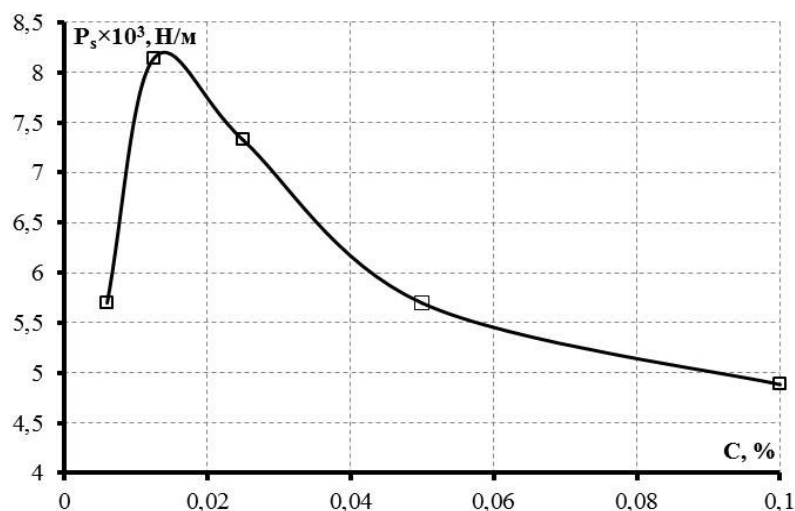


Рис. 5. Залежність граничної напруги зсуву МАШ від 1% розчину яєчного альбуміну концентрації E471 на межі з олією.

За концентрації білка 10% та E471 0,125%, що відповідає співвідношенню ПАР: білок – 1:80. ГНЗ МАШ збільшується до  $(17,1 \pm 0,2) \pm 10^{-3}$  Н/м тобто відбувається збільшення міцності МАШ у 4,3 рази, що підтверджує позитивний вплив низькомолекулярних ПАР на формування гелеподібних змішаних МАШ. Такий підхід дозволяє одержати стійкі піноподібні системи у тому випадку, коли білок виконує свою функціональну роль, а також є наповнювачем, зокрема, у технології виробництва бісквітів, білково-повітряних, порітряно-горіхових напівфабрикатів.

*Висновки.* Визначено вплив ПАР на піноутворюючі властивості яєчного альбуміну, стійкість піни у присутності жирової фази та міцність міжфазних адсорбційних шарів, що утворені білками у присутності низькомолекулярних ПАР. Визначено раціональні співвідношення білок:ПАР, що забезпечують максимальні значення міцності міжфазних адсорбційних шарів.

Для забезпечення стійкості повітряно-горіхового напівфабрикату необхідно проведення дослідження з визначення впливу ПАР на розмірні характеристики повітряних бульбашок, впливу горіхового борошна як

стабілізатора піни твердими частинками та інших технологічних чинників, що дозволять визначити раціональні технологічні параметри виробництва повітряно-горіхового напівфабрикату індустріальними методами.

Література:

1. *Иоргачева Е.Г.* Структурно-механические свойства бисквитных полуфабрикатов/ Е.Г. Иоргачева, Л.В. Гордиенко, С.М. Капетула // Харчова наука і технологія, 2009. – №1(6). – С. 84-88.
2. *Иоргачева Е.Г.* Влияние технологических параметров на качество бисквитных полуфабрикатов с альбумином / Е.Г. Иоргачева, О.В.Макарова, С.М. Капетула // Зб. наук. пр. ОНАХТ. – Вип. 29. – Т.2. – О. – 2006. – С.194-196.
3. *Рибиндер П.А.* Поверхностные явления в дисперсионных системах. Коллоидная химия. – М.: Наука, 1988. – 320 с.
4. *Тихомиров В.К.* Пены. Теория и практика их получения и разрушения. – М.: Химия, 1983. – 263с.
5. *Горальчук А.Б.* Дослідження реологічних властивостей міжфазних адсорбційних шарів для обґрунтування параметрів виробництва гарячих емульсійних соусів / А.Б. Горальчук, Д.Ю.Прасол, П.П. Пивоваров // Обладнання та технології харчових виробництв : Зб. наук. праць. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2008. – Вип. 18. – С. 234-240.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ СТАБИЛИЗАЦИИ ПЕНОЭМУЛЬСИОННЫХ СИСТЕМ

Товма Л.Ф., Горальчук А.Б.

**Аннотация** – в работе рассмотрено влияние ПАВ на пенообразующую способность и стойкость пены, прочность межфазных адсорбционных слоев на основе яичного альбумина, показаны пути регулирования стойкости пенообразных систем с введением в них жира.

## DETERMINATION OF REGULARITIES OF STABILIZATION FOAM-EMULSIONS OF SYSTEMS

L. Tovma, A. Goralchuk

### *Summary*

**The summary** – in work influence of emulsifier on foam ability and firmness of foam, durability of interphase layers on the basis of egg albumin is considered, ways of regulation of firmness of foam systems with fat introduction in them are shown.

УДК 637.52: 544.022.822.004.12

## РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ М'ЯСНИХ БІФШТЕКСІВ З ВИКОРИСТАННЯМ ПОЛІСАХАРИДІВ

Большакова В.А., к.т.н.,

Камсуліна Н.В., к.т.н.

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

Тел. 8(057)3494590

**Анотація** - встановлено, що одним із шляхів поширення асортименту м'ясних напівфабрикатів є залучення до їх складу полісахаридів. Розроблено рецептурний склад та технологічний процес виробництва посічених напівфабрикатів з використанням композиційної суміші гідроколоїдів. Проведено комплекс експериментальних робіт за визначенням показників якості нової продукції, розроблено проект нормативної документації.

**Ключові слова** – м'ясо, м'ясні посічені напівфабрикати, полісахариди, гідроколлоїди, біфштекси, показники якості.

*Постановка проблеми.* Проведений аналіз літературних джерел дає змогу зробити висновки про перспективність залучення стабілізаторів полісахаридної природи до технології м'ясопродуктів, обумовлює необхідність вивчення їх основних функціонально-технологічних властивостей. Використання нових видів стабілізаторів дозволить впливати необхідним чином на технологічний процес виробництва продукції та отримувати продукти стабільно високої якості та функціонального призначення. Відповідно до цього були поставлені мета та задачі дослідження.

*Аналіз останніх досліджень.* М'ясні продукти є одним з найважливіших елементів харчування людини. Вони містять повноцінні білки, тваринні жири, біологічно активні речовини, мікроелементи і вітаміни. До щоденного раціону харчування людини необхідно вводити не менш 50% білків тваринного походження як носіїв незамінних амінокислот.

На якість готових м'ясних продуктів впливають різні фактори: морфологічний та хімічний склад сировини, її стан за способом холодильної обробки, ступінь, умови приготування м'ясних емульсій та їх стабільність, параметри термообробки.

Під час виробництва м'ясних посічених виробів основним етапом є приготування фаршу. Фарш являє собою складну полідисперсну систему, що складається з білків, жирів та води. У

системі роль дисперсійного середовища виконує водний розчин білків та інших розчинних речовин, дисперсною фазою є часточки м'язової, сполучної та жирової тканин, а також інших компонентів. Структура м'ясного фаршу і характер взаємодії окремих частин визначаються хімічним складом, біохімічними показниками, температурою, дисперсністю, агрегатним станом та впливом технологічних факторів. Для отримання стабільної структури фаршу необхідно, щоб у ньому була присутня достатня кількість речовин, що доповнюють дію м'ясних білків, особливо у випадку недостатньої кількості або зниженої якості м'ясної сировини (морожена після тривалого зберігання, з високим вмістом сполучної тканини, жиру та ін.). Тому для стабілізації м'ясного фаршу часто додають нем'ясні інгредієнти, які називають зв'язуючими речовинами, стабілізаторами та наповнювачами. Відомо, що стійкі емульсії можуть утворювати гідроколоїди, які мають поверхневу активність та здатні утворювати на межі розподілу фаз колоїдно-адсорбційні шари драгледоподібної структури, та інші.

Питанням вивчення функціонально-технологічних властивостей полісахаридів та залучення їх до технології м'ясних виробів у останній час приділяють увагу вчені багатьох країн, про це свідчать численні публікації у наукових виданнях та проведений патентний пошук [1-5]. Аналіз літературних джерел стосовно питання використання різних драгледутворюючих полісахаридів дозволив визначити карагінан як перспективний, котрий має широкий спектр функціонально-технологічних властивостей.

Залучення до складу м'ясних продуктів гідроколоїдів дає змогу створювати функціональні продукти з високою харчовою та біологічною цінністю та новими споживчими характеристиками.

*Формулювання цілей статті.* Метою дослідження є поширення асортименту м'ясних виробів шляхом розробки технології посічених м'ясних напівфабрикатів з використанням композиційної суміші карагінану та камеді тари, та визначення показників якості нової продукції.

*Основна частина.* Об'єктами дослідження були модельні розчини і гелі карагінанів фірми «Едвайс», які відповідно до фірмового класифікатора мають маркування AQUAGEL GU-805, розчини камеді тари фірми UNIPEKTIN марки VIDO GAM SP. Під час проведення експериментальних робіт як об'єкти та матеріали дослідження використовували: сіль кухонну згідно з ДСТУ 3583; воду питну згідно з ДСТУ 2874-82. Об'єктами дослідження були також розчини камедей, модельні фарші та готова продукція з їх використанням.

Динамічну в'язкість визначали за допомогою віскозиметра постійних напруг ВПН-02М. Вологоутримуючу здатність (ВУЗ) м'ясних фаршів визначали методом пресування.

Визначення органолептичних, фізико-хімічних, мікробіологічних показників модельних систем, напівфабрикатів та готової продукції проводили за стандартними методиками з використанням відповідного устаткування.

З метою конкретизації функціонально-технологічних властивостей карагінану фірми «Едвайс» AQUAGEL GU-805 та камеді тари VIDOGAM SP було визначено їх ролі у створенні емульсій, обґрунтовано технологічні параметри підготовки, вивчено температуру плавлення драглів на їх основі.

На першому етапі досліджень було вивчено температуру плавлення драглів залежно від концентрації карагінану. Результати досліджень показали, що температура драглів карагінану підвищується зі збільшенням концентрації карагінану в системі. Так, якщо температура плавлення драглів, що містить 0,3 % карагінану, складає 43° С, то за концентрації карагінану 1,0% вона зростає до 59° С, тобто, в середньому, збільшується на 16%. Підвищення температури плавлення драглів зумовлено збільшенням концентрації карагінану в системі та наростанням пружних властивостей з ущільненням сітки драглю, що, в свою чергу, потребує додаткової енергії для її руйнування.

Наступним етапом досліджень стало визначення температури плавлення драглів карагінану залежно від концентрації добавок, що проявляють синергетичний ефект з карагінаном.

Нами було вивчено вплив на температуру плавлення драглів карагінану камеді тари в інтервалі концентрацій 0,05...0,3 % (рис. 1).

З рис. 1 видно, що введення камеді призводить до підвищення температури плавлення драглів карагінану. Так, температура плавлення драглів, що містять 0,3 % карагінану при введенні камеді тари в концентрації до 0,3 % підвищується у 1,3 рази з 43° С до 55° С. Встановлено, що зі збільшенням концентрації камеді в системі з одночасним підвищенням концентрації карагінану спостерігається закономірне наростання значень температури плавлення драглів.

Для утворення стійкої емульсії можливо застосовувати окремі методи або їх комплекс:

- підвищення в'язкості дисперсної фази;
- підвищення вмісту дисперсної фази;
- підвищення рівня дисперсності;
- використання стабілізаторів, що затримують агрегування фази.

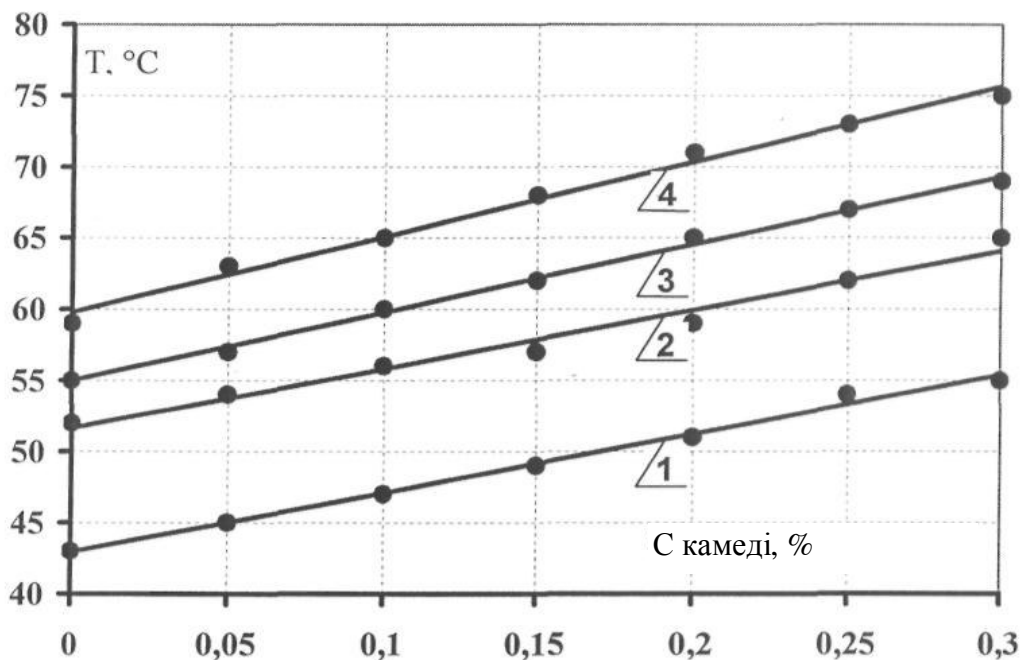


Рис. 1. Залежність температури плавлення драглів від вмісту камеді тари за концентрації карагінану: 1, 2, 3, 4 – 0,3, 0,5, 0,7, 1,0 % відповідно.

Об'єктом досліджень був фарш на основі м'яса яловичини (рН=5,7), до складу якого вводили композиційну суміш розчину карагінану та камеді тари у кількості від 0,5 до 2,5% (у співвідношенні 1:0,5). М'ясну сировину для експериментальних зразків попередньо подрібнювали на м'ясорубці з діаметрами отворів 2...3 мм, потім додавали сіль (2% до маси сировини) та перемішували з розчином гідроколоїдів.

Результати дослідження функціонально-технологічних властивостей модельних фаршів свідчать, що введення розчину камедей до фаршу збільшує його вологозв'язуючу здатність (ВЗЗ) та зменшує втрати при термообробці (рис. 2). Як спосіб теплової обробки застосовували варіння на пару. Як видно з графіків, на рисунку 2 максимальні показники ВЗЗ у зразків з вмістом камедей 2...2,5%, що у 1,03 рази більше, ніж у контрольних. Проведені експерименти послужили основою для розробки рецептур та технології нових м'ясних посічених напівфабрикатів з додаванням полісахаридів.

Технологічний процес виробництва посічених напівфабрикатів складається з наступних етапів:

- підготовка та подрібнення м'ясної сировини;
- приготування овочевого наповнювача;

- приготування м'ясного фаршу;
- формування напівфабрикатів;
- теплова обробка;
- реалізація.

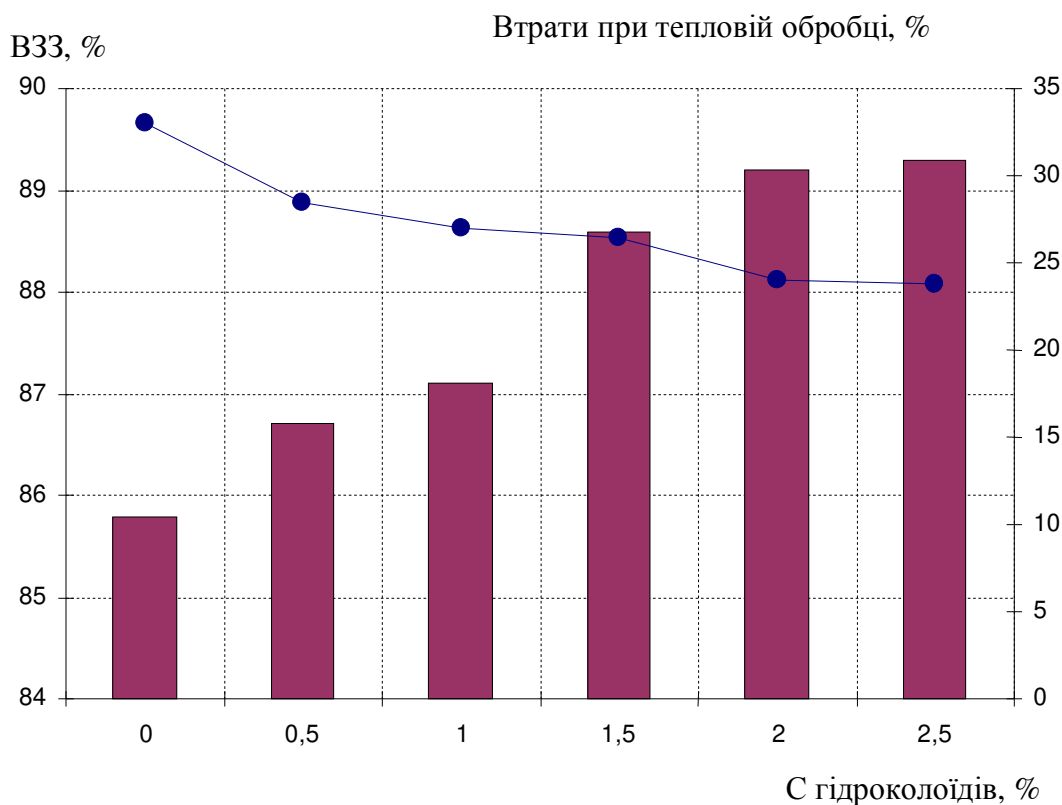


Рис. 2. Характеристика показників модельних фаршів за різних концентрацій гідроколоїдів.

Напівфабрикати можна охолоджувати при температурі 0...6° С до температури в товщі не вище 8° С або заморожувати при температурі не нижче -18° С протягом 3 годин, -25...-35° С протягом 1 години до температури в товщі не нижче -10° С.

Проведені дослідження підтвердили позитивний вплив композиційної суміші карагінану та камеді тари на підвищення виходу готових виробів з січеного м'яса. У запропоновані рецептури рекомендується вводити 2,0% композиційної суміші з попередньою гідратацією.

З урахуванням проведених експериментальних досліджень і технологічних відпрацювань розроблено рецептури посічених м'ясних напівфабрикатів, що наведені в таблиці 1.



Таблиця 1 – Рецептури біфштексів

Назва сировини та матеріалів	Витрати сировини, кг на 100 кг готової продукції		
	Біфштекс «Молодість»	Біфштекс «Паровий»	Біфштекс «Пікантний»
М'ясо котлетне яловиче	50,0	65	75
Шпик ковбасний несолений	-	-	10
Жир-сирець яловичий	8,0	-	-
Хліб з пшеничного борошна	14,0	-	-
Сухарі панірувальні	4,00	-	-
Цибуля ріпчаста свіжа очищена	2,0	-	-
Сіль кухонна	1,2	1,2	1,2
Карагінан	1,0	1,5	1,0
Камедь тари	0,2	0,5	0,5
Перець чорний або білий мелений	0,1	0,1	0,1
Вода питна	18,7	31,7	12,2
Разом	100,0	100	100

Загальну схему виробництва м'ясних посічених виробів з використанням полісахаридів наведено на рис. 3.

Основними показниками якості м'ясних напівфабрикатів є органолептичні, фізико-хімічні, мікробіологічні, харчової, біологічної та енергетичної цінностей, безпеки. Методи відбору проб і проведення досліджень якості напівфабрикатів регламентуються ГОСТ 4288-76.

Характеристику органолептичних та фізико-хімічних показників розробленої продукції та методи їх контролю наведено в таблицях 2-3.

Таблиця 2 – Характеристика органолептичних показників біфштексів

Показник	Характеристика і норма
Зовнішній вигляд	Не злиплі, не деформовані. Форма округло-приплюснута. Поверхня рівномірно вкрита паніровкою, без розірваних ломаних країв
Консистенція	Щільна, у смаженому вигляді – соковита, не крихка
Вигляд на розрізі	Фарш рівномірно перемішаний, від темно-червоного до світло-рожевого кольору
Запах і смак	У сирому вигляді – властиві доброякісній сировині і спеціям, у смаженому – властиві даному продукту

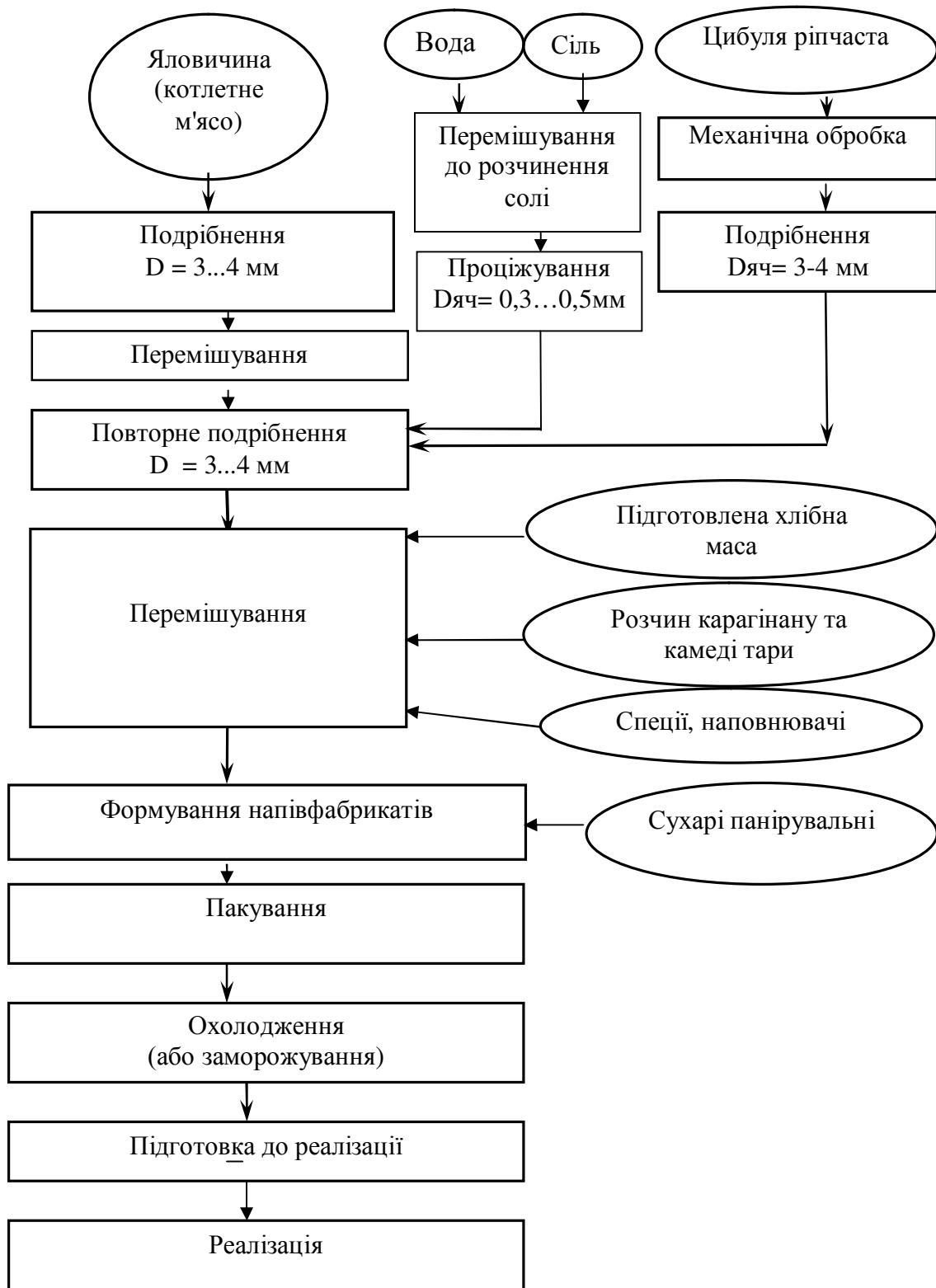


Рис. 3. Принципова технологічна схема виробництва м'ясних посічених виробів з використанням полісахаридів.

Таблиця 3 – Фізико-хімічні показники посічених напівфабрикатів

Показник	Норма			Метод контролю
	Біфштекс «Молодість»	Біфштекс «Паровий»	Біфштекс «Пікантний»	
Масова частка вологи, %	61±0,1	68±0,1	67±0,1	ГОСТ 9793
Масова частка жиру, %	25±0,2	12±0,2	18±0,2	ГОСТ 23042
Масова частка кухонної солі, %	1,2±0,1	1,2±0,1	1,2±0,1	ГОСТ 9957
Масова частка хліба з урахуванням паніровки, %	17±0,1	-	-	ГОСТ 4288
Маса однієї штуки, г	100±5	250±5	250±5	ГОСТ 4288

З урахуванням рецептурного складу можна прогнозувати, що розроблена продукція є джерелом життєво важливих нутрієнтів, таких як:

- білки, збалансовані за амінокислотним складом (основним джерелом є яловичина);
- харчові волокна (карагінан та камідь тари);
- вітаміни та мінеральні речовини (основним джерелом є яловичина та овочеві наповнювачі).

Проведений комплекс досліджень може бути покладений в основу розробки нормативно-технічної документації.

*Висновки.* На основі системного підходу, аналізу та узагальненню теоретичного та експериментального матеріалу дослідження обґрунтовано та розроблено рецептурний склад та технологічний процес виробництва м'ясних напівфабрикатів із залученням до технології композиційної суміші гідроколоїдів – карагінану та камеді тари. Досліджено показники якості нової розробленої продукції.

#### Література:

1. *Іванова В.А.* Гидроколлоиды и пищевые волокна – новые возможности в питании / В. А. Иванова, Г. А. Хайров // Мясные технологии. – 2010. – № 11. – С. 23–24.

2. *Кирьянова А.А.* Использование гидроколлоидов в пищевом производстве / А. А. Кирьянова, И. Л. Корецкая // Мясное дело. – 2006. – № 1. – С. 58–59.

3. Разработка методологии создания рецептур мясных продуктов с учетом взаимодействия компонентов // Мясные технологии. – 2009. – № 4. – С. 52–54.

4. *Большакова В.А.* Вивчення функціонально-технологічних властивостей рослинних добавок з метою залучення їх до технології м'ясних емульсій / В. А. Большакова, М. О. Янчева, М. Б. Колеснікова // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. праць. – Випуск 1 (5). – Харків, 2007.– С. 145–151.

5. *Ribieiro K.O.* Механические свойства подкисленных казеинат-к-карагинановых гелей : влияние добавок растворимых веществ / К. О. Ribieiro, М. I. Rodrgues, E. Sabadini, R. Cunha // Food Hydrocolloids. – 2010. – 13 – №1. – С. 71–74.

## **РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ МЯСНЫХ БИФСТЕКСОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОЛИСАХАРИДОВ**

Большакова В.А., Камсуліна Н.В.

**Аннотация - Установлено, что одним из путей расширения ассортимента мясных полуфабрикатов является вовлечение в их состав гидроколлоидов. Разработан рецептурный состав и технологический процесс производства рубленых полуфабрикатов с использованием композиционной смеси гидроколлоидов. Проведен комплекс экспериментальных работ по определению показателей качества новой продукции, разработан проект нормативной документации.**

## **DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF MEATS BEEFSTEAKS WITH THE USE OF POLYSACCHARIDES**

V.Bolshakova, N. Kamsulina

### **Summary**

**It is set that one of ways of expansion of assortment of meats ready-to-cook foods is involving in their composition of hydrocolloids. Compounding composition is developed that technological process of production of ready-to-cook foods with the use of composition mixture of hydrocolloids. Series of experiments were carried out to define the merit rate of this new product, and accordingly release specifications were worked out.**

УДК 664.8

## НОВЫЙ ВИД КОНСЕРВИРОВАННЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ ЗЕРНОВОГО СЫРЬЯ

Зенькова М.Л., к.т.н.

*Белорусский государственный аграрный технический университет*

Назарова О.О., инженер-технолог

*Борисовский консервный завод*

Тел. +375 296765944

**Аннотация** – изложены результаты маркетинговых исследований спроса на консервированную продукцию из пророщенного зерна. Исследованы физические показатели качества зерна и химический состав пророщенного и непророщенного зерна пшеницы и тритикале.

**Ключевые слова** – пророщенное зерно, консервированные продукты, пшеница мягкая сорта "Рассвет", тритикале сорта "Антось", физические показатели, химический состав.

*Постановка проблемы.* Одной из самых важных задач, стоящих перед пищевой промышленностью, является обеспечение населения безопасными продуктами питания повышенной биологической ценности. Ухудшение экологической обстановки (вредные выбросы промышленных предприятий, появление радиационных зон, применение ядохимикатов и др.) приводит к загрязнению пищевого сырья. Сложившаяся ситуация требует создания нового поколения пищевых продуктов, отвечающих возможностям и реалиям сегодняшнего дня. В настоящее время большое внимание уделяется продуктам со сбалансированным составом, низкой калорийностью, с пониженным содержанием сахара и жира и повышенным содержанием полезных для здоровья человека ингредиентов, с длительным сроком хранения, быстрого приготовления и безопасных для человека. Продукты питания, поступающие в организм человека, должны не только удовлетворять его потребности в основных питательных веществах и энергии, но и выполнять профилактические и лечебные функции. Одним из таких продуктов является пророщенное зерно [1].

Если правильно организовать процесс прорастания зерна, то содержащиеся в нем белки, жиры и углеводы под действием ферментов будут расщепляться до простых веществ: полипептиды,

аминокислоты, декстрины, глюкоза, мальтоза и др., и организм человека получает уже обработанные ферментами вещества [2]. Многие специалисты по правильному питанию считают, например, проростки пшеницы полноценной белковой пищей, особенно необходимой тем, кто хочет сократить потребление животных белков [3].

Прорастание зерна – процесс, не имеющий аналогов в природе по энергетической силе, скорости и разнообразию биохимических превращений. На процесс прорастания наиболее существенно влияют три фактора: влажность, температура и наличие кислорода [2]. При проращивании зерна протекает целый ряд сложных процессов:

- физиологические – развитие и прорастание зародыша;
- биофизические – передвижение ферментов из алейронового слоя к эндосперму и простым веществам от эндосперма к зародышу;
- биохимические – дыхание зерна, гидролиз запасных веществ эндосперма, синтез новых веществ, образование тканей, ароматических и вкусовых веществ [4].

*Анализ предыдущих исследований.* Переработка злаковых культур в консервной отрасли не осуществляется, поэтому при разработке технологии консервирования пророщенного зерна необходимо учитывать особенности строения и химического состава злаковых культур. Однако ученые из Беларуси и России в своих работах описывают технологию проращивания злаков и использования пророщенного зерна при производстве хлебобулочных изделий [1-3].

*Формулирование цели.* Целью исследований на данном этапе работы является изучение физических показателей качества зерна и химического состава непророщенного и пророщенного зерна пшеницы и тритикале.

*Основная часть.* При выполнении работы применялись такие методы исследования как анализ научной литературы, наблюдение, сравнение, счет, измерение, эксперимент, аналогия и обобщение. Исследования физических показателей качества зерна проводили по стандартным методикам: масса 1000 зерен по ГОСТ 10842-89, натура зерна по ГОСТ 10840-64, стекловидность по ГОСТ 10987-76, энергия прорастания и способность прорастания зерна по ГОСТ 10968-88. Физико-химические показатели определяли по следующим стандартным методикам: влажность зерна по ГОСТ 13586.5-93, массовая доля золы по ГОСТ 28418-89, содержание белка по ГОСТ 26889-86 на приборе Kjelttek, массовая доля крахмала поляриметрическим методом по ГОСТ 10845-98, массовая доля клетчатки по ГОСТ 13496.2-91, содержание жира по ГОСТ 29033-91, общее количество сахаров (в расчете на инвертный) и массовая доля

редуцируючих сахаров определялись перманганатным методом по ГОСТ 8756.13-87, содержание витамина С титриметрическим методом по ГОСТ 24556-89. Опыты проводили в 5-6 кратном повторении. Обсуждались только те результаты, которые не расходились более чем на 0,02 % при параллельном измерении.

Для проведения исследований использовались образцы зерна мягкой пшеницы сорта "Рассвет" и тритикале сорта "Антось", выращенные в Беларуси.

На предварительном этапе разработки новой консервированной продукции было проведено маркетинговое исследование, целью которого являлось определение отношения потенциальных покупателей к консервированной продукции из пророщенного зерна. Объем выборки составил 170 человек, из них 71 % женщин и 29 % мужчин. Распределение респондентов по возрасту представлено на рис. 1.

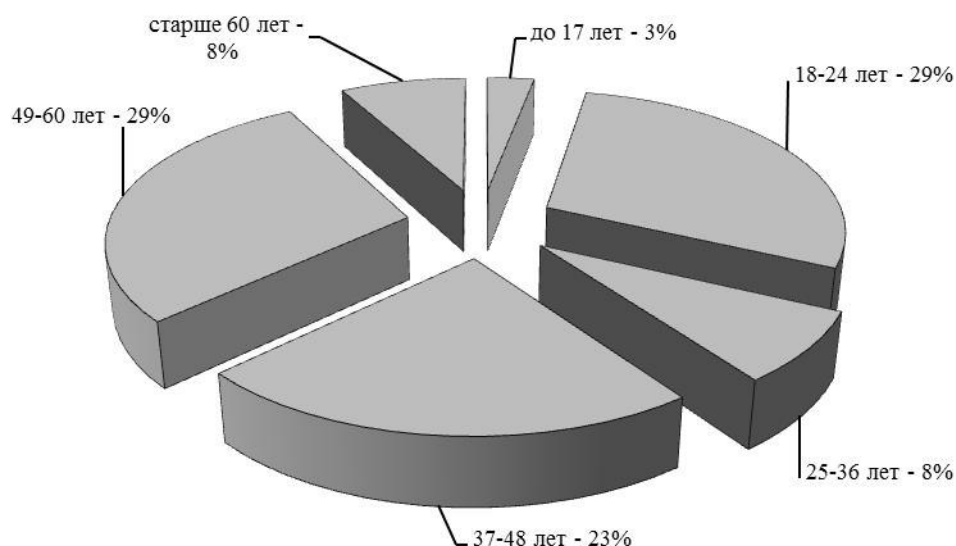


Рис. 1. Распределение респондентов по возрасту.

Из опрошенных 30 % являются инженерно-техническими работниками, 26 % – рабочими, 23 % – студентами или учащимися, 12 % – военнослужащими или работниками правоохранительных органов, 9 % – пенсионерами. Потребители достаточно много знают о пророщенном зерне и о его полезных свойствах, о чем свидетельствуют следующие данные: 89% опрошенных знают или что-либо слышали о пророщенном зерне и только 11% ничего о нем не знают. Респондентам был задан вопрос, считают ли они целесообразным выпуск консервированной продукции на основе пророщенного зерна. 54% опрошенных считают выпуск такой продукции целесообразным, а 46% – затрудняются ответить. При ответе на вопрос, какая группа людей могла бы покупать продукцию

из пророщенного зерна, 58 % респондентов ответили - те, кто следит за своим здоровьем.

Анализ данных, полученных в результате опроса, свидетельствует о том, что у людей вызывают интерес пророщенные злаки, а это дает возможность полагать, что разрабатываемая консервированная продукция на основе зерна найдет своего покупателя.

Одним из главных условий производства высококачественных консервированных продуктов является высокое качество зернового сырья. Химический состав исходного сырья определяет его пищевую ценность и органолептические свойства – цвет, запах, вкус, консистенция. Содержание тех или иных химических веществ в сырье во многом зависит от сорта и условий выращивания. Исследовались физические показатели качества зерна, которые характеризуют его состояние, что в значительной степени определяет технологические режимы его переработки. Результаты исследований физических показателей качества зерна представлены в таблице 1.

Таблица 1. Физические показатели качества зерна

Наименование зерна	Масса 1000 зерен, г	Натура, г/л	Стекло-видность, %	Энергия прорастания, %	Способность к прорастанию, %
Пшеница (бессортовая)	27,2	768	74	96,2	96,0
Пшеница "Рассвет"	31,0	740	69	92,0	92,4
Тритикале "Антось"	59,5	712	35	95,2	94,6

По комплексу физических показателей качества все исследуемые образцы зерна можно охарактеризовать как зерно с высокой массой 1000 зерен, достаточно высокой натурой (выше 700 г/л), высокой стекловидностью для пшеницы (более 60 %). В литературных данных масса 1000 зерен пшеницы в среднем составляет 15-88 г, натура пшеницы колеблется в пределах от 700 до 785 г/л, стекловидность пшеницы – 40-70 % [4]. А также исследуемое зерно пригодно для проращивания из-за его высокой энергии прорастания и способности к прорастанию. Показатель энергии прорастания следует учитывать в консервном производстве. Если его значение не превышает 90 %, то это приведет к потерям при производстве консервированной продукции, следовательно, необходимо будет увеличивать норму расхода сырья. Зерно с энергией прорастания ниже 90 % не следует использовать для проращивания в производстве консервированной продукции.



Подготовка зерна к проращиванию предусматривает удаление примесей из зерновой массы, обеззараживание и очистку поверхности зерна. Далее зерно подвергается мойке. Промытую зерновую массу замачивают, заливая её водой так, чтобы над поверхностью зерна слой воды был не более 2-3 см. Замачивание производится при температуре 15-20<sup>0</sup>С в течение 18-24 часов. В ходе замачивания воду 3-6 раз меняют на свежую, а зерно перемешивают. Росток при этом достигает длины 1-1,5 мм. Средние данные по химическому составу пророщенного и непророщенного зерна пшеницы и тритикале представлены в таблице 2.

Таблица 2. Химический состав пророщенного и непророщенного зерна

Наименование показателей	Наименование и сорт зерна	Непророщенное зерно	Пророщенное зерно
Содержание влаги, %	Пшеница бессортовая	8,50	43,80
	Пшеница "Рассвет"	8,70	44,40
	Тритикале "Антось"	8,20	44,80
Зольность, %	Пшеница бессортовая	1,47	1,99
	Пшеница "Рассвет"	1,44	1,96
	Тритикале "Антось"	1,26	1,87
Содержание азота, %	Пшеница бессортовая	3,09	6,60
	Пшеница "Рассвет"	3,58	6,67
	Тритикале "Антось"	2,55	6,55
Содержание белка, %	Пшеница бессортовая	17,60	37,64
	Пшеница "Рассвет"	20,42	38,00
	Тритикале "Антось"	15,92	40,96
Массовая доля крахмала, %	Пшеница бессортовая	51,86	29,04
	Пшеница "Рассвет"	50,41	32,43
	Тритикале "Антось"	57,17	27,51
Массовая доля клетчатки, %	Пшеница бессортовая	10,50	3,70
	Пшеница "Рассвет"	10,06	3,30
	Тритикале "Антось"	11,37	3,40
Массовая доля жира, %	Пшеница бессортовая	1,56	0,40
	Пшеница "Рассвет"	1,93	0,21
	Тритикале "Антось"	1,50	0,73
Массовая доля сахаров, % общих/ редуцирующих	Пшеница бессортовая	1,11/0,47	0,43/0,21
	Пшеница "Рассвет"	1,99/0,99	0,57/0,22
	Тритикале "Антось"	1,93/0,54	0,32/0,28
Содержание витамина С, мг/100 г	Пшеница бессортовая	не обн.	2,89
	Пшеница "Рассвет"	не обн.	3,70
	Тритикале "Антось"	не обн.	3,74

Как видно из таблицы 2, практически все показатели химического состава пшеницы бессортовой и пшеницы "Рассвет"

близки между собой, что говорит о принадлежности зерна к одному виду. Данные же химического состава пшеницы и тритикале отличаются между собой, причиной этого является то, что тритикале – это гибрид пшеницы и ржи, который собрал в себе достоинства двух злаков. Содержание крахмала и клетчатки в зерне тритикале выше, чем у зерна пшеницы, однако содержание белка в среднем на 3 % ниже, чем у пшеницы. Пророщенное зерно характеризуется увеличением количества питательных веществ. Так, зольность зерна при проращивании увеличивается в среднем на 0,6 %, очевидно, за счет синтеза минеральных элементов, синтезируется витамин С, увеличивается и содержание белка на 10-12 %. При этом происходит уменьшение содержания жира, сахаров и крахмала. Уменьшение количества жира связано с расщеплением его под действием фермента липазы на глицерин и свободные жирные кислоты. Уменьшение количества сахаров происходит в результате расходования их на дыхание зерна. Уменьшение крахмала происходит за счет расщепления его под действием амилаз. При пересчете на сухое вещество содержание клетчатки увеличивается до 17,9 % у пшеницы, и до 18,5 % у тритикале. Попадая в организм человека, такая клетчатка набухает в воде и активно стимулирует опорожнение кишечника, предотвращая развитие в нем нежелательных застойных явлений. Кроме того, проходя по пищеварительному тракту, клетчатка зерен злаков «всасывает» в себя всевозможные шлаки, токсины, канцерогены, радионуклиды, которые быстро и эффективно выводятся из организма. Полученные результаты были сопоставлены со справочными значениями показателей химического состава зерна [5, 6]. Т. к. значения данных показателей являются усредненными, то полученные результаты входят в пределы справочных величин.

*Заключение.* В результате исследований установлено, что физические показатели пшеницы и тритикале, а также химический состав пророщенного зерна подтверждают его ценность как возможного сырья для производства консервированных продуктов. Зерно пригодно для проращивания из-за его высокой энергии прорастания и способности к прорастанию, что необходимо учитывать при разработке норм расхода сырья. Проведена сравнительная характеристика химического состава непророщенного и пророщенного зерна. Установлено, что пророщенное зерно характеризуется увеличением количества полезных веществ, что делает такое сырье перспективным в производстве консервированных продуктов. Новый вид консервов может стать недорогим и доступным натуральным продуктом, который поможет оздоровить организм человека. Внедрение его в производство позволит сгладить сезонность, характерную для предприятий консервной отрасли Беларуси и получить принципиально новый вид продукции для

массового питания, превосходящий по биологической ценности уже известные традиционные консервированные продукты, такие как зеленый горошек, сахарная кукуруза, фасоль натуральная.

Литература:

1. *Санина, Т.В.* Повышение качества хлеба из биоактивированного зерна пшеницы / Т.В. Санина, И.В.Черемушкина, Н.Н. Алехина. - Хлебопечение России. – 2004. - №2. С. 20-21.
2. Перспективы производства, переработки и использования пророщенного зерна / Урбанчик Е.Н. // Техника и технология пищевых производств: тезисы докладов 7 международной научно-технической конференции, 21-22 мая. - Могилев: УО «МГУП», 2009. – 159 с.
3. *Лобачев, Е.М.* Как приготовить хлеб из пророщенной пшеницы. - Зерновое хозяйство. – 2003. - №7. - С. 28-33.
4. Зерноведение с основами биохимии растений / Н.П. Козьмина, В.А. Гунькин, Г.М. Сусянок. – Москва: Колос, 2006. – 462 с.
5. *Скурихин, И.М.* Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания. Справочник / И.М. Скурихин, В.А. Тутельян. – Москва: ДеЛи принт, 2007. - 276 с.
6. Биохимические особенности изменения белкового и ферментативного комплексов и клейковины зерна тритикале при прорастании / Чумикина Л.В., Арабова Л.И., Топунов А.Ф. // Известия вузов. Пищевая технология, 2009, №2-3, с. 9-12.

## **НОВИЙ ВИД КОНСЕРВОВАНИХ ПРОДУКТІВ ІЗ ЗЕРНОВОЇ СИРОВИНИ**

Зенькова М. Л., Назарова О. О.

**Анотація - викладені результати маркетингових досліджень попиту на консервовану продукцію з пророщеного зерна. Досліджені фізичні показники якості зерна і хімічний склад пророщеного і непророщеного зерна пшениці і тритикале.**

## **A NEW KIND OF CANNED FOOD FROM RAW GRAIN**

M. Zenkova., O. Nazarova

### ***Summary***

**There are presented the results of market research demand for canned products from germinated grains. There are studied also the physical quality of grain and chemical composition of germinated and not germinated wheat and triticale.**

УДК: 621.867/631.663.3/635.621

## **РОЗРОБКА МАШИНИ ТРАНСПОРТЕРНОГО ТИПУ ДЛЯ ПОДРІБНЕННЯ НАСІННИКІВ ГАРБУЗА**

Думенко К.М., д.т.н.,

Павлюченко І.С., інженер,

Полянський П.М., інженер,

Шевченко К.С., лаборант

*Миколаївський національний аграрний університет*

Тел. 0 (512) 34-41-72

**Анотація** – наведено проблему виділення насіння із насінника гарбуза з метою отримання насіння. Представлено розроблену машину транспортерного типу для подрібнення насінників гарбуза, описано конструкцію та принцип її дії.

**Ключові слова** – насінник гарбуза, роздавлювання, транспортери, деформація, обжимання.

*Постановка проблеми.* На сьогоднішній день у господарствах Півдня України, які потребують насіння гарбузових, використовується технологічне устаткування, випущене заводами ще за радянських часів. Таке обладнання є застарілим та має низький технічний рівень. Окрім цього, існуюче устаткування має ряд експлуатаційних недоліків: низьку технологічну надійність, складність переналадки машин при переході від переробки однієї культури до іншої, низьку корозійну стійкість металоконструкцій машин, мале річне завантаження устаткування ліній [1, 2, 4, 5]. На сьогодні вирощування гарбуза все більше спрямовано не на господарські цілі, а на використання його в медицині.

Біологічно активні сполуки насіння гарбуза та олії з нього сприяють нормалізації ліпідного обміну, поліпшенню функціонального стану печінки та жовчовивідних шляхів, сечовиділення, мають антисклеротичну, протизапальну, антиоксидантну, протипаразитарну властивості, саме тому гарбуз спеціально вирощують, а його насіння продають в аптеках у вигляді розфасованого в пачках насіння і насінневої емульсії. Для медичних цілей використовують очищене сухе та свіже насіння гарбуза звичайного (*Seminis Cucurbitae decorticati*) і близької у ботанічному відношенні рослини гарбуза крупного (*Cucurbita maxima*) і гарбуза мускатного (*Cucurbita moschata*) [8].

Головною відмінністю отримання насіння гарбуза для медичних цілей є умови:

- виділення насіння окремого сорту;
- невід'ємність процесів виділення, промивання, сушіння та фасування насіння для збереження максимальної кількості природних корисних речовин. Це спричинює необхідність виділення насіння гарбуза не в польових умовах, а невід'ємно від подальших процесів обробки [3].

Науково-прикладною задачею виробництва насіння овочів для України є створення високопродуктивного обладнання, яке б за своїм технічним рівнем відповідало сучасним вимогам і дало можливість забезпечити південь України насінням власного виробництва.

*Аналіз останніх досліджень.* На сьогодні розроблено стаціонарну «Машину для виділення насіння дині та огірка» [6, 7], яка забезпечує інтенсивне виділення насіння плодів дині та огірка способом роздавлювання із одночасною подачею води під тиском через форсунки, що дозволяє зменшити витрати робочого часу при одержанні насіння з плодів овочеваштанних культур, та забезпечує сепарацію насіння від подрібненої маси та знижує травмування насіння.

Відома машина не досить якісно забезпечує відділення насіння від роздавленої маси, враховуючи розміри та високу твердість кірки насінника гарбуза унеможливорює подрібнення та подальше проходження плодової маси і виділення насіння.

*Постановка завдання.* Метою роботи є розробка машини, за допомогою якої надавалася б можливість попереднього подрібнення насінника гарбуза та часткового відділення насіння від корки плоду не в польових умовах.

*Основна частина.* Для вирішення поставленої задачі було розроблено машину, що має два транспортери, встановлені в корпусі під кутом один відносно іншого та рухаються з різними швидкостями, відповідно до рис.1.б.

Машина складається з корпусу 1, який має завантажувальну горловину 2 та вивантажувальну горловину 5, відповідно до рис. 1,б. Під завантажувальною горловиною 2 знаходиться ведучий транспортер 4 із прямолінійними шліцами 15. Над робочою поверхнею під кутом встановлюється подрібнювальний транспортер 3, який має хвилястоподібні шліци 16. Для регулювання кута нахилу подрібнювального транспортера 3 до ведучого транспортера 4 використовується регулювальний пристрій 20.

Двигун 6 передає обертальний момент через муфту 7, редуктор 8, шестерню 18, ланцюгову передачу 9 шестерні 11 подрібнювального транспортера 3. Редуктор 8 дає можливість змінювати частоту

обертання (швидкість руху) шестерні 14. З останньої за допомогою ланцюгової передачі 10 обертальний момент передається через шестерню 12 на редуктор 17 і через ланцюгову передачу 19 на шестерню 13 ведучому транспортеру 4.

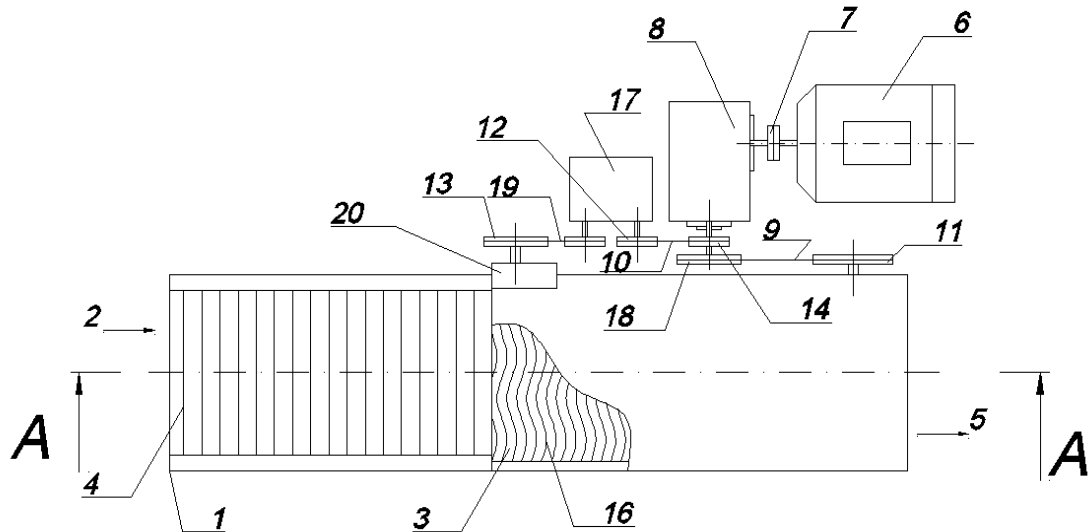


Рис. 1.а. Машина транспортерного типу для подрібнення насінників гарбуза.

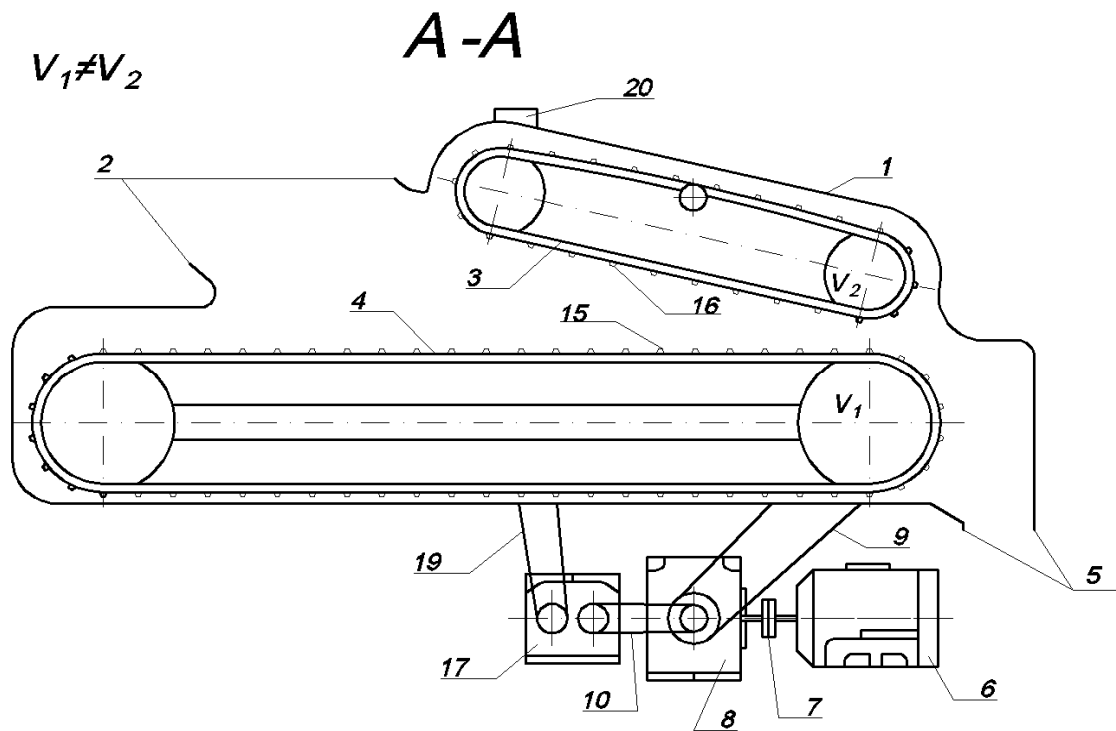


Рис. 1.б. Машина транспортерного типу для подрібнення насінників гарбуза.

Машина працює таким чином.

Плоди потрапляють через завантажувальну горловину 2 на ведучий транспортер 4. Завдяки шліцам 15 на поверхні ведучого транспортеру 4 плоди, рухаючись до вивантажувальної горловини 5, потрапляють у зону подрібнення, де за рахунок відносного зміщення у зазорі між шліцами 16 подрібнювального транспортеру 3 та шліцами 15 ведучого транспортеру 4 відбувається подрібнення насінневих плодів. Деформація плодів відбувається за рахунок їх обжимання у зазорі, що зменшується між ведучим транспортером 3 і подрібнювальним транспортером 4, які дозволяють регулювати ступінь подрібнення насінневих плодів. У подальшому подрібнена маса потрапляє до вивантажувальної горловини 5 і подається на подальшу доробку.

*Висновки.* Застосування машини дозволяє зменшити витрати робочого часу при виділенні насіння з насінників гарбуза та частково відділяти насіння від корки плоду. Машина характеризується безударним характером роботи, що виключає шум, а також зменшує вірогідність утворення дрібної фракції, що відіграє суттєве значення у подальшій сепарації. При роботі відсутні ударні навантаження. Може використовуватися для переробки плодів, насінники яких мають різні фізико-механічні властивості. Працює без відриву від подальшого процесу виділення насіння, його промивання, сушіння, фасування або холодного віджимання на олію, що значно підвищує якість обробки і дозволяє максимально зберегти природні корисні речовини.

#### Література:

1. *Анисимов И.Ф.* Машини и поточные линии для производства семян овощебахчевых культур / И.Ф. Анисимов. – Кишинев: Штиинца, 1987. – 92 с.
2. Вісник Харківського НТУСГ ім. П.Василенка «Сучасні напрямки технологій та механізації процесів переробних і харчових виробництв» / Харків: 2007. – Вип. 58. – с. 75-82.
3. *Лимар А.О.* Баштанництво України / А. О. Лимар. – Миколаїв : МДАУ, 2007. – 260 с.
4. *Медведев В.П.* Механизация производства семян овощных и бахчевых культур / В.П. Медведев, А.В. Дураков - М.: Агропромиздат, 1985. – 239 с.
5. *Овчаров П.М.* Разработка технологического процесса выделителя семян тыквенных культур и обоснование параметров его отделяющего аппарата: автореф. дис. на соиск. ученой степени канд. техн. наук / П. М. Овчаров. – Волгоград, 1984. – 24 с.
6. Патент № 29522 Україна / Машина для виділення насіння дині та огірка / С.І. Пастушенко, К.М. Думенко, А.С. Пастушенко –

МПК А23N 15/00; Заявл. 27.08.2007; Опубл. 25.01.2008, Бюл. №1. – 4 с.

7. Патент № 34921 Україна / Лінія для виділення насіння овочештанних культур / С.І. Пастушенко, К.М. Думенко, М.М.Огієнко, О.А. Горбенко, Г.О. Іванов – МПК А23N 15/00; Заявл. 04.04.2008; Опубл. 26.08.2008, Бюл. №16. – 4 с.

8. <http://setrum.net/tykva.php>.

## **РАЗРАБОТКА МАШИНЫ ТРАНСПОРТЕРНОГО ТИПА ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ СЕМЕННИКОВ ТЫКВЫ**

Думенко К.Н., Павлюченко И.С., Полянський П.М.,  
Шевченко К.С.

**Аннотация** - рассмотрена проблема предварительного измельчения семенника тыквы для дальнейшего выделения семян. Представлена разработанная машина транспортерного типа для измельчения семенников тыквы, описана конструкция и принцип действия данной машины.

## **DEVELOPMENT OF MACHINES CONVEYOR TYPE FOR GRINDING TESTES PUMPKIN**

K.M. Dumenko, I.S. Pavlyuchenko, P.M. Polyansky,  
K.S. Shevchenko

### ***Summary***

**Submitted issue pre-crushing testicles pumpkin seeds for further separation. A reduced car transporter type designed for crushing seed pumpkins, described the construction and operation of the machine.**



УДК 637.531.45

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАЗДЕЛЕНИЯ МЯСОКОСТНОГО СЫРЬЯ ПТИЦЫ В ШНЕКОВЫХ ОБВАЛОЧНЫХ ПРЕССАХ

Бренч А.А., к.т.н.,

Дацук И.Е., инженер

*Белорусский государственный аграрный технический университет*

Тел. 8(017) 285 78 97

**Аннотация** – работа посвящена анализу энергетических составляющих параметров обвалочного пресса со шнековым узлом отжатия в зависимости от конструктивных параметров основных рабочих органов – шнека и перфорированной втулки.

**Ключевые слова** – мясокостное сырье, разделение, шнековый узел отжатия, обвалочный пресс, мощность, перфорированная втулка.

*Постановка проблемы.* Важная роль в обеспечении населения полноценными продуктами питания принадлежит птицеперерабатывающей промышленности как наиболее эффективной отрасли животноводства, развивающейся быстрыми темпами. В связи с различными привычками и запросами потребителей мяса птицы возникла объективная потребность реализации мяса птицы не только в виде тушек, но и после разделки ее на отдельные части в соответствии с гастрономическим назначением и экономической целесообразностью. При расчленении тушек птицы наряду с наиболее ценными частями получают и части со значительно меньшим содержанием мышечной ткани – это каркасы и крылья, отделение мясной фракции которых целесообразно проводить механизированным способом, который, в свою очередь, не является совершенным.

*Анализ других исследований.* При рассмотрении вопроса повышения эффективности работы шнековых прессов необходимым является анализ составляющих затрат мощности. Наиболее полно этот вопрос рассмотрен в работе [1]. Но следует отметить, что автором не учтены затраты мощности на преодоление сил трения при продавливании массы через отверстия перфорированной втулки (сепаратора).

*Постановка задачі.* Анализ энергопотребления шнековых обвалочных прессов, применяемых для разделения мясокостного сырья, дает возможность повысить в дальнейшем эффективность работы устройств путем изменения конструкций их рабочих органов.

*Методика определения энергетических параметров процесса.* На птицеперерабатывающих предприятиях с целью разделения мясокостного сырья наибольшее распространение получили обвалочные прессы со шнековым узлом отжатия.

При анализе работы данного типа прессов установлено, что мощность, подводимая к прессу, расходуется на составляющие:

- сжатие мясокостной массы от первоначального объема до конечного в соответствии с существующей в данном прессе степенью разделения мясокостной массы;
- преодоление сил трения, возникающих между сжимаемой мясокостной массой и вращающимся шнеком;
- преодоление сил трения между движущейся мясокостной массой и внутренней поверхностью перфорированного цилиндра (сепаратора);
- преодоление сил трения при продавливании мясной фракции через отверстия перфорированной втулки (сепаратора);
- преодоление сил трения в приводных элементах и подшипниках.

Рассмотрим подробнее эти составляющие.

1. Мощность, потребная на сжатие мясокостной массы.

Удельный расход энергии (Дж/кг) на прессование можно определить, используя интегральное уравнение вида

$$A = \int_{p_n}^{p_k} p \cdot dV, \quad (1)$$

или, пользуясь средним за время прессования давлением  $p_c$

$$A = p_c (V_n - V_k), \quad (2)$$

где  $V_i$  – удельный объем продукта до прессования (величина обратная насыпной плотности продукта), м<sup>3</sup>/кг;

$V_k$  – удельный объем продукта после прессования (величина обратная плотности остатка), м<sup>3</sup>/кг.

Однако, так как в пресс поступает не 1 кг сырья, а  $Q$  кг и, кроме того, вал совершает –  $n$  оборотов в секунду, то мощность, потребная на сжатие мясокостной массы в прессе, будет определяться выражением, Вт

$$N_1 = a Q n, \quad (3)$$

где  $Q$  – количество мясокостной массы, поступающей в пресс за 1 оборот шнека, кг;

$n$  – частота вращения шнека,  $c^{-1}$ .

2. Мощность, потребная на преодоление сил трения между сжимаемой мясокостной массой и вращающимся шнеком.

Давление, которое возникает на отдельном витке шнека при сжатии мясокостной массы до определенного объема, представляется вектором  $p$ , нормально направленным к поверхности передней грани витка, которая и воспринимает это давление.

В настоящей конструкции шнека передняя грань витка наклонена под некоторым углом  $\alpha$  к торцу шнека, а в поперечном сечении виток представляет собой трапецию с углом наклона передней грани  $\beta$  (рис. 1).

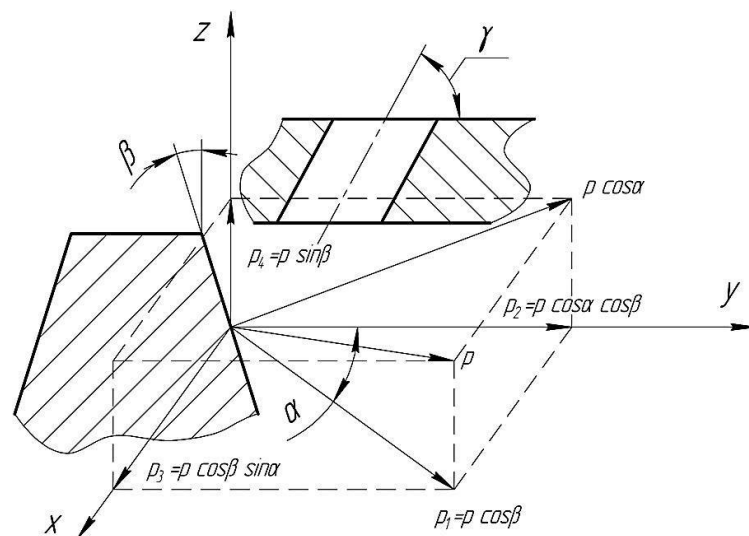


Рис. 1. Схема разложения вектора давления, нормально направленного к передней грани витка шнека.

Нормально направленный вектор может быть разложен по трем координатным осям. В результате разложения этого вектора получаем три составляющих давления:  $P_2$ ,  $P_3$ ,  $P_4$ :

$$p_2 = p \cos \alpha \cdot \cos \beta, \quad (4)$$

$$p_3 = p \cos \beta \cdot \cos \alpha, \quad (5)$$

$$p_4 = p \sin \beta, \quad (6)$$

где  $p$  – давление на данном витке, Па.

Составляющая давления  $p_2$  представляет собой давление, которым виток воздействует на мясокостную массу, и направлена вдоль оси шнека. Поэтому сила, противодействующая этому нажатию, т. е. сила упругих деформаций мясокостной массы, будет направлена в обратную сторону и будет являться там аксиальным усилием, которое воспринимается упорным подшипником шнекового вала.

Составляющая давления  $p_3$  направлена против вращения шнека и, таким образом, препятствует его вращению. Эта составляющая создает тот крутящий момент, который преодолевает шнек.

Составляющая давления  $p_4$  – радиальная составляющая, направлена от центра вращения шнека к внутренней поверхности перфорированной втулки (сепаратора) и прижимает мясокостную массу к ней. Кроме того, под действием этого давления происходит выделение мясной фракции из толщи прессуемой мясокостной массы к отверстиям перфорированной втулки (сепаратора), через которые она и удаляется. Однако нужно иметь в виду, что  $p_4$  является лишь одной из составляющих полного радиального давления.

В тех направлениях, где имеется перемещение, возникает сила трения, направленная в сторону, обратную движению. В данном случае имеется движение вдоль оси  $x$ , и поэтому развивающаяся сила трения равна, Н

$$T = f \cdot p_1 \cdot S_g = f \cdot S_g \cdot p \cdot \cos \beta, \quad (7)$$

где  $f$  – коэффициент трения мясокостной массы о поверхность витка;

$p_1$  – составляющая давления, направленная в сторону движения сырья, Па;

$S_B$  – боковая проекция площади витка шнека, м<sup>2</sup>.

Следовательно, суммарная, сила  $F_c$ , направленная вдоль оси  $x$ , определится, Н

$$F_c = S_g \cdot p (\cos \beta \cdot \sin \alpha + f \cdot \cos \beta). \quad (8)$$

Боковая проекция витка не представляет собой кольцо (рис. 2) т.е. на боковой проекции будет наблюдаться угол разрыва  $\Theta$ .

Поэтому боковая проекция витка определяется, м<sup>2</sup>

$$F_g = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \frac{360 - \Theta}{360}, \quad (9)$$

где  $D$  – наружный диаметр нитки витка, м;

$d$  – наружный диаметр тела витка, м.

Суммарная сила  $F_c$  приложена на некотором расстоянии от оси шнекового вала, равном среднему радиусу витка, м

$$r_{cp} = \frac{D + d}{4}. \quad (10)$$

Следовательно, сила  $F_c$  будет создавать крутящий момент, Н·м

$$M_{кр} = F_c \cdot r_{cp}. \quad (11)$$

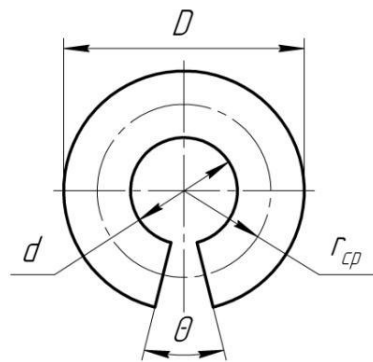


Рис. 2. Схема боковой проекции витка.

Соответственно, мощность, необходимая для вращения шнекового вала, определится по формуле, Вт

$$N_2 = M_{кр} \cdot \omega = 2\pi \cdot S \cdot r_{cp} \cdot n. \quad (12)$$

Так как давление на каждый виток различно, то данную мощность нужно считать по каждому витку шнека отдельно.

3. Мощность, необходимая на преодоление сил трения между движущейся мясокостной массой и внутренней поверхностью перфорированной втулки (сепаратора).

Мясокостная масса при своем перемещении вдоль перфорированной втулки (сепаратора) прижимается к его внутренней поверхности радиальным давлением  $p_p$ .

Известно, что при сжатии тела, помещенного в замкнутом пространстве, давлением, нормально направленным к поверхности сжимаемого тела, будет также создаваться радиальное давление, Па

$$p' = p_n \cdot K, \quad (13)$$

где  $p_n$  – нормальное давление, Па;  
 $K$  – коэффициент бокового давления.

Коэффициент бокового давления вычисляется при помощи коэффициента Пуассона по уравнению

$$K = \frac{\sigma}{1 - \sigma}, \quad (14)$$

где  $\sigma$  – коэффициент Пуассона ( $\sigma = 0,28-0,32$ ).

Радиальное давление, создаваемое составляющей давления  $p_2$ , Па

$$p' = \frac{\sigma}{1 - \sigma} p \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta. \quad (15)$$

Следовательно, полное радиальное давление, Па

$$p_p = p_4 + p' \cdot \left( \frac{\sigma}{1 - \sigma} \cos \alpha \cdot \cos \beta + \sin \beta \right). \quad (16)$$

Движущаяся мясокостная масса соприкасается с поверхностью перфорированной втулки, площадь которой на длине этого витка определяется, м<sup>2</sup>

$$S_{нс} = \pi \cdot D \cdot L, \quad (17)$$

где  $L$  – длина витка шнека, м.

Таким образом, общая радиальная сила, действующая на внутреннюю поверхность перфорированной втулки (сепаратора) на длине витка, Н

$$F_p = p_p \cdot S_{нс}. \quad (18)$$

Следовательно, сила трения мясокостной массы о поверхность перфорированной втулки, Н

$$T = f \cdot F_p. \quad (19)$$

Прессуемая мясокостная масса перемещается витком шнека с определенной скоростью, которая может быть приближенно определена из уравнения, м/с

$$v_m = n \cdot t, \quad (20)$$

где  $t$  – шаг навивки шнека, м.

Поэтому мощность, необходимая на преодоление сил трения между движущейся мясокостной массой и внутренней поверхностью перфорированной втулки, определится как, Вт

$$N_3 = T \cdot v_m \quad f \cdot \xi_{ns} \cdot p \left( \frac{\sigma}{1-\sigma} \cos \alpha \cdot \cos \beta + \sin \beta \right) n \cdot t. \quad (21)$$

Этот расход мощности также следует считать по каждому витку в отдельности.

4. Мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения, при продавливании мясной фракции через отверстия перфорированной втулки (сепаратора).

При продавливании мясокостной массы через отверстия перфорированной втулки она прижимается к поверхности отверстий давлением, которое можно, определить, Па

$$p_{oms} = p \cos \alpha \cdot \sin(\gamma - \beta), \quad (22)$$

где  $\gamma$  – угол наклона отверстий перфорированной втулки, град.

Площадь поверхности отверстия перфорированной втулки, с которой контактирует мясная фракция, определится как, м<sup>2</sup>

$$S_{oms} = \pi \cdot d_{oms} \cdot l, \quad (23)$$

где  $d_{oms}$  – диаметр отверстия перфорированной втулки, м;

$l$  – длина отверстия перфорированной втулки (сепаратора), м.

На поверхность отверстия перфорированной втулки (сепаратора), с которой контактирует мясная фракция, оказывает влияние сила, Н

$$F_{oms} = p_{oms} \cdot S_{oms}. \quad (24)$$

Таким образом, сила трения мясной фракции о поверхность отверстия перфорированной втулки (сепаратора), Н

$$T_{oms} = f' \cdot F_{oms}. \quad (25)$$

где  $f'$  – коэффициент трения мясной фракции о поверхность отверстий перфорированной втулки (сепаратора).

Скорость, с которой мясная фракция продавливается сквозь отверстия, может быть определена как, м/с

$$v_{омв} = \frac{Q \cdot n \cdot k}{\rho_m \cdot \sum F_{омв}}, \quad (26)$$

где  $k$  – технологический коэффициент, учитывающий степень разделения мясокостного сырья;

$\rho_i$  – плотность мясной фракции, кг/м<sup>3</sup>;

$\sum F_{омв}$  – суммарная площадь поперечного сечения отверстий перфорированной втулки (сепаратора), м<sup>2</sup>.

$$\sum F_{омв} = \frac{\pi \cdot d_{омв}^2}{4} \cdot z, \quad (27)$$

где  $z$  – количество отверстий в перфорированной втулке (сепараторе).

С учетом вышеизложенного, мощность, затрачиваемая на преодоление сил трения, при продавливании мясной фракции через отверстия перфорированной втулки (сепаратора) определится, Вт

$$N_4 = \frac{Q \cdot n \cdot k \cdot l \cdot p}{\rho \cdot d_{омв} \cdot z} \cdot f' \cdot \cos \alpha \cdot \sin(\gamma - \beta). \quad (28)$$

Из-за разности давлений на каждом витке шнека, данную мощность следует рассчитывать на каждом витке шнека отдельно [2].

Таким образом, суммарная мощность для разделения мясокостного сырья в обвалочных прессах со шнековым узлом отжатия состоит из пяти составляющих и может быть найдена как, Вт

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5, \quad (29)$$

где  $N_5$  – затраты мощности на преодоление сил трения в приводных элементах и подшипниках, Вт.

*Разработка новых конструкций.* В серийно выпускаемых шнековых прессах не учитывается направление движения мясной фракции, подаваемой нагнетающим шнеком в отверстия сепаратора. Отверстия расположены радиально к продольной оси сепаратора по всей его цилиндрической рабочей поверхности, вследствие чего



возрастает сила трения при продавливании мясной фракции, что приводит к дополнительному сжатию продукта и увеличению энергозатрат на процесс разделения.

В предложенном техническом решении (рис. 3) отверстия сепаратора выполнены наклонно к его образующей, причем угол наклона осей отверстий  $\gamma$  уменьшается по ходу движения продукта и определяется по формуле, град

$$\gamma_i = 90 - \alpha_i, \quad (30)$$

где  $\alpha_i$  – угол наклона  $i$ -го ребра нагнетающего шнека, град.

Угол наклона ребер шнека увеличивается по ходу движения продукта (т.к. шнек выполнен нагнетающим), т.е.  $\alpha_3 > \alpha_2 > \alpha_1$ , соответственно, угол наклона осей отверстий уменьшается, т.е.  $\gamma_3 < \gamma_2 < \gamma_1$ .

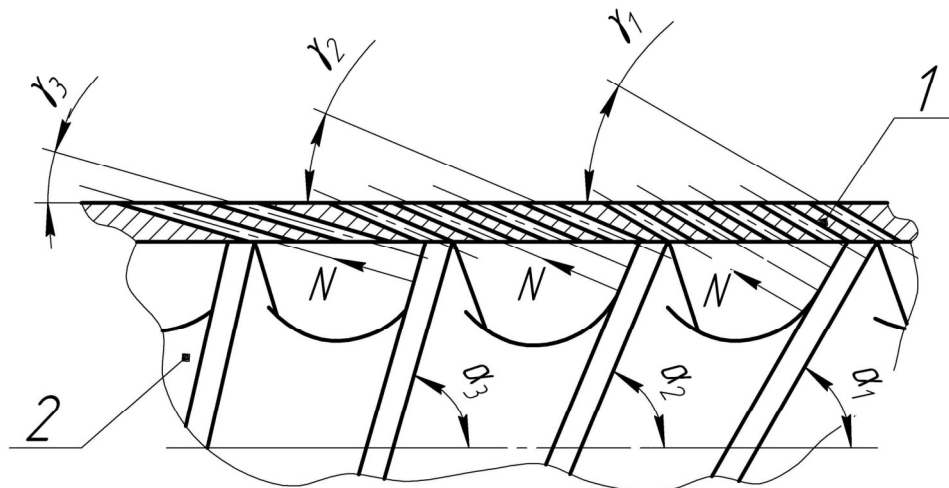


Рис. 3. Схема расположения отверстий в перфорированной втулке шнекового узла отжатия обвалочного пресса.

В этом случае сила нормального давления на продукт поверхности ребра нагнетающего шнека совпадает с осями отверстий перфорации сепаратора и напрямую, без дополнительных сопротивлений, проталкивает мясную фракцию через отверстия, что повышает эффективность работы пресса путем снижения удельных энергозатрат на разделение мясокостного сырья шнековым узлом отжатия в обвалочных прессах.[3]

**Вывод.** Предложенная методика позволяет определить энергетические параметры обвалочного пресса со шнековым узлом отжатия в зависимости от конструктивных параметров основных

рабочих органов (шнека и перфорированной втулки), что играет важную роль при конструировании данного типа устройств. Применение взаимосвязи между направлением силы нормального давления поверхности ребра шнека на продукт и расположением осей отверстий перфорированной втулки (сепаратора) позволяет снизить затраты энергии на разделение мясокостного сырья.

Литература:

1. *Масликов В.А.* Технологическое оборудование производства растительных масел / В.А. Масликов. – Москва, 1962. – С.221.

2. *Бренч, А.А.* Методика расчета энергетических параметров шнековых обвалочных прессов / А.А. Бренч, И.Е. Дацук // Инновационные технологии в пищевой промышленности: материалы IX Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 7-8 октября 2010г. / РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию». – Минск, 2010. – С.332-334.

3. Пресс для механической обвалки птицы; пат 8777. Респ. Беларусь, МПК7 А22С17/04 / В.Я.Груданов, А.К.Наварай, А.А.Бренч; заявитель Могилевский гос. ун-т продовольствия.–№а20040057; заявл. 30.01.2004 опубл. 30.09.2004 // Официальный бюл. / Нац. центр интеллектуал. собственности. – 2006. – №6. – С.46.

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗПОДІЛУ М'ЯСОКОСТНОЇ СИРОВИНИ ПТАХА В ШНЕКОВИХ ОБВАЛОВУВАЛЬНИХ ПРЕСАХ**

Бренч А.А., Дацук І.Є.

**Анотація** - робота присвячена аналізу енергетичних складових параметрів обваловувального преса з шнековим вузлом віджимання залежно від конструктивних параметрів основних робочих органів - шнека і перфорованої втулки.

## **RESEARCH OF PROCESS OF DIVISION OF MEAT-AND-BONE RAW MATERIALS OF THE POULTRY IN SCREW BONING PRESS**

A. Brench, I. Datsuk

### *Summary*

**Work is devoted the analysis of energy parameter of boning press with screw unit of separation depending on design parameters of the basic tools – screw and separating plug.**

УДК664.314

## **АНАЛІЗ ВИКОРИСТАННЯ КАКАО-ЗАМІННИКІВ ВІТЧИЗНЯНИМИ ВИРОБНИКАМИ ШОКОЛАДУ**

Болгова Н.В., .к.с.-г.н.,

Удянська Ю.О., студент

*Сумський національний аграрний університет*

Тел.:(0542)627837

**Анотація** – дану роботу присвячено дослідженню основних проблем виробництва та реалізації шоколадних продуктів на ринку України, що мають на меті заміну какао-масла на продукти нижчої цінності.

**Ключові слова** – какао-масло, какао-боби, шоколад, жири - покращувачі какао-масла (СВІ), жири-еквіваленти какао-масла (СВЕ).

Не так багато харчових продуктів можуть принести стільки задоволення, як шоколад. Шоколад вже досить довгий період часу, можна вважати одним з найулюбленіших та найблагородніших ласощів. Він має велику низку неймовірних легенд та міфів, а про користь даного продукту можна дізнатися з десятків наукових праць та популярних статей [2, 6-10].

Сьогодні український ринок шоколадної кондитерської продукції в цілому сформувався, і для того, щоб не втратити свою популярність та стати лідером серед виробництва даної продукції, кожна компанія повинна мати високотехнологічне виробництво та, зазвичай, ефективний маркетинг.

У всі часи сировиною для виготовлення шоколаду та виробів з нього були плоди какао-дерева. Якість сировини – одна з головних проблем у питаннях виробництва безпечної, високоякісної та конкурентоспроможної продукції. Сьогодні нові технології останніх десятиліть внесли свої корективи щодо виробництва шоколаду, надавши можливість додавати при його виготовленні інші рослинні жири.

Переглянути технології виробництва шоколаду найближчим часом багатьом світовим кондитерським компаніям все ж доведеться, тому що дефіцит сировини та зростаючі на нього ціни просто не залишають їм іншого варіанту, і не слід залишати поза увагою той факт, що дані зміни торкнуться і підприємств українського ринку, що є досить важливим, адже більшість жителів України споживають саме вітчизняний шоколад.

За прогнозами аналітиків компанії Barry Callebaut, що є однією з найбільших у світі виробників шоколаду, ціни на сировину і надалі будуть залишатися вище середнього рівня, тому забезпечення какао – основна задача для крупних світових компаній у найближчий час. Існує декілька причин тієї ситуації, що сталася, і це не лише неврожай 2010-2011 років, але й політична нестабільність у регіонах-виробниках какао, що і є основною причиною зросту цін на ринку даної сировини.

Основними постачальниками какао-бобів на світовому ринку є: Республіка Кот-д'Івуар, Гана, Індонезія та Еквадор. Але ситуація, що виникла в Кот-д'Івуарі ( громадянська війна) вносить свої корективи на ринок сировини, адже дана республіка постачає на міжнародний ринок какао близько 40% какао-бобів. Отже, виробникам кондитерських виробів є над чим замислитись.

Вивчаючи нинішню ситуацію в Україні, можна констатувати, що виробництво шоколаду та інших виробів із вмістом какао в країні за минулий рік скоротилося порівняно з попереднім роком на 7,6% - до 119 тис.т. Випуск шоколадних цукерок за цей період впав на 17,4% (рис. 1)[4].

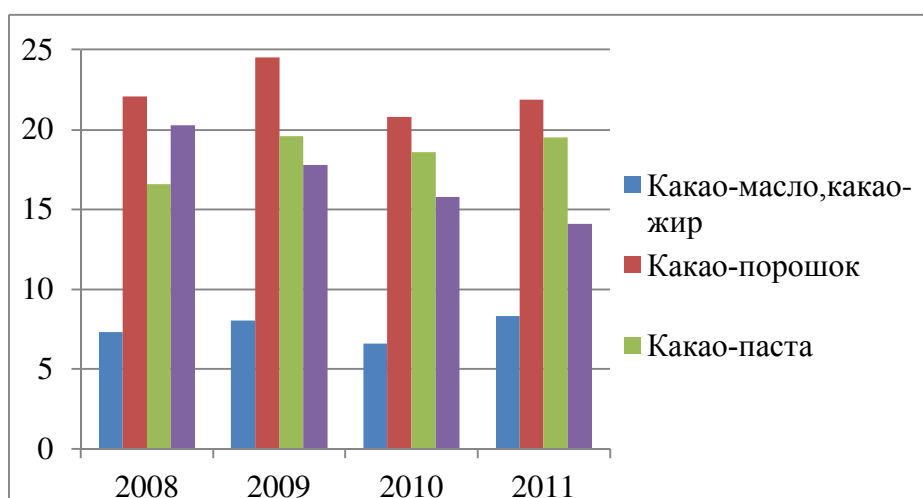


Рис. 1. Імпорт сировини для виробництва шоколадних виробів.

Так що ж собою представляють «замінники какао-масла»? Чи доцільно їх використовувати при виробництві шоколадного продукту? Та чи пов'язане скорочення попиту на шоколад із застосуванням відповідних замінників?

Згідно стандартів країн Євросоюзу, дозволено замінити до 5% какао-масла на жири групи СВЕ( жири-еквіваленти какао-масла) та жири групи СВІ (жири - покращувачі какао-масла). Коли мова йде про використання саме 5%, то заміна рахується не відносно какао-масла, а відносно маси всієї сировини. Тобто заміна какао-масла становить 17-

18%, так як загальний вміст какао-масла у шоколаді становить 33-35%. В Україні також були спроби ввести в існуючий стандарт пункти щодо застосування еквівалентів какао-масла при виготовленні шоколаду, але вони виявилися марними, адже немає гарантії того, що заміна складе лише 5%, тому що у нас у країні немає вхідного контролю якості шоколаду.

Тому в Україні введення будь-яких жирових інгредієнтів в какао-масло при виробництві шоколаду неприпустимо. На сьогодні розроблені методи визначення різноманітних добавок ненатурального походження. Таким чином, якщо кількість ненатуральних замінників жирового походження (еквівалентів какао-масла(СВЕ)) перевищує 5%, даний виріб за європейським стандартом втрачає право називатися «шоколад».

Згідно стандарту ДСТУ 5005:2008 «Замінники какао-масла. Загальні технічні умови» існує класифікація для замінників какао-масла, що використовуються при виробництві шоколадних та кондитерських виробів і напівфабрикатів [5]:

1) еквіваленти какао - масла (cocoa butter equivalents) – ЕКМ-жири, що мають схожість з какао-маслом за фізико-хімічними показниками і сумісні з какао-маслом у будь-якому співвідношенні. Вони мають таку ж температуру плавлення, що і какао-масло – 30-32°C;

2) поліпшувачі какао-масла (cocoa butter improvements) – ПКМ-жири, перешкоджаючи поліморфному переходу кристалічної форми  $\beta$ -форми какао-масла. Дані жири поліпшують стійкість шоколадних виробів до «жирового посивіння», яке виникає при порушенні умов зберігання (перепади температури та вологості). Умови зберігання для кондитерських виробів:  $t=18\pm 3^\circ\text{C}$ , відносна вологість повітря не більше 75%. Дозволена кількість внесення у рецептуру поліпшувачів какао-масла - 5%;

3) тверді жири нелаурінового походження (cocoa butter replacers). ТЖНП – це жири ,виготовленні на основі масел, котрі багаті на жирні кислоти: пальмітинова ( $C_{16}$ ) та стеаринова ( $C_{18}$ ). Отримані шляхом гідрогенізації. Використовуються у кондитерській промисловості для виробництва кондитерських глазурей та начинок. Мають температуру плавлення вищу какао-масла на 2-3°C;

4) тверді жири лаурінового походження – ТЖЛП чи сурогати какао-масла (cocoa butter substitutes). Жири, котрі виробляють із пальмового чи кокосового масла шляхом фракціонування, гідрогенізації та переетерифікації. Ці жири мають високий вміст лаурінової кислоти ( $C_{12}$ ) і несумісні з какао-маслом ні в якому співвідношенні. Мають температуру плавлення від 34°C і обмежене застосування.

Дослідивши ринок шоколадної продукції України та проаналізувавши статистичні дані представників кондитерських

компаній, можна стверджувати, що вітчизняні виробники використовують лише якісну сировину для виробництва шоколаду та виробів з нього.

Так, директор за корпоративними зв'язками Nestle в Україні Геннадій Радченко стверджує: «У шоколадних масах ми не використовуємо еквівалентів. Єдине місце, де використовуємо СВЕ – це пралінові начинки. Тут можна використовувати СВЕ, які допомагають зробити начинку ніжнотаючою і не такою дорогою, як на какао-маслі» [3].

Представники інших компаній, таких, як «АВК» та Rainford, також наголошують на тому, що використовують лише якісну сировину найкращих європейських компаній, котрі відомі у всьому світі за гарантовану якість своєї продукції. [1].

Олег Гаряжа, директор департаменту виробництва кондитерської компаній «АВК» доводить, що у складі плиткового шоколаду «АВК» використовуються виключно натуральні какао-продукти і високоякісне какао-масло від відомого світового виробника. У чорному шоколаді «АВК» мінімальний вміст какао-продуктів становить 53,1%, а в молочному – 41%. [3].

Ознайомившись з вищепредставленою інформацією, ми не можемо бути впевненими на 100%, що використання какао-замінників тільки погіршує якість шоколаду та виробів з нього. Адже використовувати замінники цілком доцільно, тому що на кожен товар є свій покупець. Так і в нашій ситуації, якщо споживач не може собі дозволити придбати натуральні шоколадні вироби, то він, принаймні, повинен мати можливість споживати кондитерські вироби, що дуже схожі на них. Адже вироби із замінників какао-масла абсолютно безпечні для здоров'я, тобто нічого отруйного вони не містять. Та й звичайний покупець навряд-чи відрізнити смак натурального шоколаду від виробу з какао-замінниками. Тільки називати їх шоколадом неправильно.

Тож нам, як споживачам, необхідно бути уважнішими при купівлі тієї чи іншої шоколадки, цукерки і т.д., знайомитися зі складом шоколадного виробу, та не поклатися на совість і правдивість слів виробників, що пропонують нам свої солодкі шедеври.

#### Література:

1. *Акінфієва І.* Український шоколад по – європейськи / І.Акінфієва // Продукти та інгредієнти. – 2012.- №8(83). – С.34

2. *Анохина Д.Э.* Возможность использования CO<sub>2</sub>-экстрактов в производстве шоколада / Анохина Д.Э.// IV Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум» 15 февраля – 31 марта 2012 года. - Новгородский

государственный университет имени Ярослава Мудрого Великий Новгород. – 2012. – С. 6-7.

3. Гагарина А. Какао в заміні/ А.Гагарина // Продукти та інгредієнти. – 2011.- №4(79). – С.33

4. Гук П. Зі смаком шоколаду/ П.Гук // Продукти та інгредієнти. – 2012. - №7(93). – С.30

5. Замінники какао-масла. Загальні технічні умови: ДСТУ 5005:2008. – [Чинний від 01.01.2009]. – К.: Держстандарт України. – 2008. – 16с.

6. Латин Н.И. CO<sub>2</sub> -экстракты – продукт XXI века/ Н.И. Латин, В.М. Банашек // Химия и компьютерное моделирование. Бутлеровские сообщения. – 2001. – № 5. – С. 45-50.

7. Петрова И.А. Жиры для производства шоколада и шоколадной продукции / Петрова И.А. // Кондитерское производство. 2009. - №3. — С. 17-19:

8. Прокин А.В. Автоматизация темперирования шоколада / Петрова И.А. // Кондитерское и хлебопекарное производство. — 2009. № 9. — С. 22-23.

9. Counet Christine. Chocolate and cocoa: New sources of trans-veratrol and trans-piceid / Counet Christine., Callemien Delphine., Collin Soma. // Food Chemistry.—2006:—Vol. 98. № 4.—P. 649-657.

10. Kinta Yasuyoshi. Composition, structure and color of fat bloom due to the partial liquefaction of fat in dark chocolate / Kinta Yasuyoshi., Hatta Tamao // Journal American Oil Chemistry Society. -2007. Vol. 84. - № 2. -P. 107-115.

## **АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КАКАО-ЗАМЕНИТЕЛЕЙ ОТЕЧЕСТВЕННЫМИ ПРОИЗВОДИТЕЛЯМИ ШОКОЛАДА**

Болгова Н.В., Удянская Ю.О.

**Аннотация** - данная работа посвящена исследованию основных проблем производства и реализации шоколадных продуктов на рынке Украины, цель которых - замена какао-масла на продукты низшей ценности.

## **ANALYSIS OF THE USE OF CACAOS-SUBSTITUTES THE HOME PRODUCERS OF CHOCOLATE**

N.V. Bolhova, Y.O. Udyanska

### **Summary**

**This paper deals with the basic problems of production and sales of chocolate products on the Ukrainian market, the purpose of which - the replacement of cocoa butter in the products of lower value.**

УДК 637.141.8

## АНАЛІТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОЗРОБКИ МОЛОЧНИХ ДЕСЕРТІВ

Горальчук А.Б., к.т.н.,

Трощій Т.В., к.т.н.

*Харківський державний університет харчування та торгівлі*

Сабадош Г.О., к.т.н.,

*Ужгородський комерційний технікум*

Тел. (057)349-45-55

**Анотація** – дана робота присвячена аналітичному обґрунтуванню розробки молочних десертів та дослідженню впливу технологічних чинників на структурно-механічні властивості гелів з використанням карагінанів.

**Ключові слова** – десертна продукція, молочна десертна продукція, гетерогенна структура, гелеподібна структура, структурно-механічні властивості, гелі, капа-карагінан, температура плавлення гелів.

*Постановка проблеми.* Аналіз ринку десертної молочної продукції показав, що даний сегмент характеризується достатньо вузьким асортиментом продукції з гетерогенною структурою.

Асортимент формується продукцією, що випускається підприємствами молокопереробного комплексу, які в ході технологічного процесу виготовляють обмежену кількість продукції з гелеподібною структурою. Наявна продукція не задовольняє попит споживачів та диктує необхідність розширення асортименту продукції з гелеподібною структурою, що характеризується високим попитом у споживачів.

*Аналіз останніх досліджень.* Теоретичні й практичні основи створення молочної десертної продукції з гелеподібною структурою та дослідження впливу технологічних чинників на структурно-механічні властивості гелів з використанням карагінанів закладено у працях Н.Н. Ліпатова, А.Г. Храмцова, П.Г. Нестеренка, О.П. Чагаровського, Г.В. Дейниченка та ін.

*Формування цілей статті.* На основі аналітичних досліджень нами планується розробка технології молочної десертної продукції з желеподібною структурою та заданими властивостями.



Інноваційний задум продукту з гелеподібною структурою наведено в таблиці 1.

*Основна частина.* З врахуванням аналітичних досліджень та інноваційного задуму продукції нами визначено інноваційну стратегію розробки нової продукції.

Таблиця 1 – Інноваційний задум продукту з гелеподібною структурою

Наукові інновації		
Завдання	Умови	Шляхи реалізації
1	2	3
Обґрунтувати вид структуро-утворювача	Обґрунтовується з врахуванням органолептичних показників десерту та можливості взаємодії з складовими молока та рецептурними компонентами, залучаючи їх у процес гелеутворення	Реалізація хімічного потенціалу карагінанів до гелеутворення та взаємодії з складовими молока
Обґрунтувати процес гелеутворення	Температурний фазовий перехід з одночасним локальним іонним обміном з утворенням змішаного термо- та іотропного гелю	Забезпечення термотропного гелеутворення з одночасним утворенням хелатних комплексів
Забезпечити гелеутворення за умов фазової стабільності	Забезпечення умов утворення гелеподібної системи без втрат водної фази	Використання вологоутримуючих агентів (гідроколоїдів)
Технологічні інновації		
Обґрунтувати рецептурний склад	Визначити вміст: – білків, карагінану та кальцію, що сприяє утворенню хелатних комплексів;	Визначити раціональні співвідношення молока, карагінану, гідроколоїдів, жиру, що забезпечують необхідні структурно-механічні властивості та органолептичні показники.

Продовження таблиці 1

1	2	3
	– гідроколоїдів, що сприяють синергетичному збільшенню міцності гелів та зменшенню синерезису; – наповнювачів, що формують асортимент. Забезпечити умови: – цукристих речовин не більше 15%; – жиру не більше 10%; – температура плавлення гелю не нижче 30°C – мікробіологічної стійкості.	Підвищення температури плавлення гелів можливо досягнення шляхом введення гідроколоїдів. Використання консервантів та термообробки рецептурної суміші для забезпечення мікробіологічної стійкості.
Обґрунтувати технологічні параметри	Забезпечити умови: – розчинення полісахаридів в молоці; – емульгування жиру; – утворення гелю; – стабільності структурно-механічних показників у процесі зберігання.	Визначити температуру та тривалість, необхідну для розчинення полісахаридів, емульгування жиру, утворення гелю

За основу інноваційної стратегії покладено принцип реалізації взаємодії компонентів молочної сировини та гелеутворювача, а також обґрунтованого використання виду гелеутворювача залежно від структури десертної продукції.

Головною і необхідною умовою отримання гелеподібних десертів є застосування гелеутворювачів, серед яких традиційно використовуються полісахариди (агар, крохмаль) та білки (желатин). При цьому важливими науковими та практичними проблемами при отриманні гелеподібних систем є формування заданих структурно-механічних властивостей гелів, які визначають органолептичні показники десертів та забезпечення термодинамічної сумісності рецептурних компонентів у продукті, що визначає текстурну однорідність продукту, параметри технологічного процесу та терміни зберігання.

При використанні молока як рідкої основи продукту визначальним технологічним чинником є його склад, а саме, одночасна наявність різних за розчинністю та властивостями білків, солей, кислот, жирів.

Властивості молока та його складових здатні до суттєвих змін залежно від рН і можуть здійснювати вплив на стабільність системи, що необхідно враховувати в технологічному процесі.

Вірогідно, вибір структуроутворювача може базуватися на двох принципах. По-перше, структуроутворювач не повинен за різних умов змінювати свої функціональні властивості внаслідок зміни хімічного та колоїдного стану молока. Цей принцип використовується лише за умови, коли структуроутворювач є хімічно індиферентним колоїдно стабільним і не реагує на концентраційну присутність складових молока. За іншого підходу, структуроутворювач залежить від властивостей складових молока та залучає їх до процесу структуроутворення до синергетичної взаємодії, забезпечуючи тим самим необхідні структурно-механічні, органолептичні показники продукції та стабільність під час зберігання. Вірогідно, другий шлях для створення десертної продукції на основі молока гелеподібної структури є більш перспективним, але потребує детального вибору структуроутворювачів з відповідними властивостями.

З огляду на технологічні властивості молочних продуктів найбільш перспективним є використання різних карагінанів, хімічні властивості яких чутливі до змін властивостей молока. Їх ефективне використання пов'язане з врахуванням, перш за все, термодинамічної сумісності з білками молока, оскільки система «білок-полісахарид» у спільному розчиннику схильна до рідкофазного розшарування з переважним концентруванням макромолекулярних компонентів у різних фазах, що відбувається за певних умов (концентрації, іонної сили розчину, рН середовища). Виходячи з того, що карагінани є сульфатованими полісахаридами, двофазні рідкі системи можуть утворитися в умовах (рН, іонна сила розчину), що забезпечують відсутність взаємодії різнотипних і сприятливих асоціацій однотипних макромолекул. Для них розшарування системи спостерігається лише за іонної сили вище 0,5 незалежно від величини рН. В умовах обмеження комплексоутворення між білками й полісахаридами основним фактором, що знижує їхню сумісність, стає самоасоціація макромолекулярних компонентів, яка може бути викликана підвищенням температури, віддаленням рН від ізоелектричної точки (ІЕТ) білка й протонування карбоксильних груп білка. На взаємодію білків молока з карагінанами можуть впливати також і інші полісахариди, які можуть бути введені в систему додатково для формування необхідних текстурних характеристик продукту. Комплексоутворення «білок-полісахарид» важливе для одержання гелеподібної десертної продукції, комплекси будуть визначати параметри технологічного процесу та стабільність продукції у часі [1, 3].

Інформація про термодинамічну сумісність та процеси розшарування «білок-полісахаридних» систем недостатня для обґрунтування умов отримання гелеподібних дисперсних систем. Зокрема, важливою характеристикою є властивості гелеувороючого полісахариду – умов, необхідних для гелеутворення, стійкість до синерезису, чинників, що впливають на синерезис.

Реалізація функціональних властивостей карагінанів у молочних десертах включає водозв'язуючу здатність, стабілізацію емульсій і пін, регулювання в'язкості, утворення стійких гелів за температури нижче 50...55°C. Хоча карагінани не є поверхнево-активними речовинами, вони здатні стабілізувати дисперсні системи типу емульсій і пін завдяки підвищенню в'язкості та тиксотропним властивостям, зокрема, йота-карагінан. Зміна в'язкості рідкої дисперсної системи в присутності карагінанів сприяє не тільки стабілізації, але й формуванню певної консистенції.

Серед номенклатури карагінанів за хімічною структурою для створення гелеподібної продукції перспективним є капа-карагінан, який утворює міцні гелі. Для отримання гелеподібної молочної десертної продукції на основі капа-карагінану можливе утворення гелю у присутності іонів калію, але з вираженим синерезисом. Цілком очевидно, що проблему синерезису неможливо вирішити лише за рахунок концентраційної присутності капа-карагінану, що обумовлено особливостями процесів гелеутворення систем на його основі. Тому зростання у системі частки зв'язаної вологи може бути вирішено введенням третьої речовини. Одним із шляхів зменшення синерезису та надання тиксотропних властивостей таким системам, ймовірно, є введення інших полісахаридів. У таких випадках можливе введення йота-карагінану, гелі яких проявляють високі тиксотропні властивості без синерезису або інших полісахаридів.

Для одержання гелю у розчині йота-карагінану необхідна присутність іонів кальцію, що утворюють зв'язок між окремими молекулами біополімеру з формуванням спіралі, такі гелі еластичні та не схильні до синерезису, вираженими тиксотропними властивостями. У молочних системах карагінани здатні до комплексоутворення з білками молока. Істотну роль у цьому процесі відіграють іони кальцію. Негативні заряди, позв'язані з наявністю двох сульфатних груп у дисахаридних блоках йота-карагінанів, не дозволяють спіралям цих карагінанів агрегувати з тим же ступенем, що й у капа-карагінанах, що вимагає введення в системи з капа-карагінаном гідроколоїдів, які модифікують просторову сітку гелю [2].

За цих умов зрозуміло, що вибір карагінанів повинен бути обґрунтованим з точки зору хімічного складу харчової системи та особливостей технологічного процесу одержання продукції. Особливо

це відноситься до молочної сировини, де за загального постійного складу стан її компонентів змінюється за різних технологічних чинників. Основне функціональне призначення карагінану – здатність до комплексоутворення з білками, що проявляється синергетичним збільшенням міцності гелів, та здійснюється за рахунок іонної взаємодії сульфатних груп карагінану із зарядженими групами білка. Реакція залежить від співвідношення заряду та мас білок:карагінан й ІЕТ білка.

Наявність негативно заряджених сульфатних груп у молекулах карагінанів обумовлює їх здатність до комплексоутворення з казеїновими міцелами молока, які мають у периферійних (зовнішніх) зонах високу концентрацію позитивних зарядів, що призводить до збільшення міцності гелю. Така взаємодія можлива за значень рН нижче ІЕТ білка, за яких на поверхні міцел переважають позитивні заряди. Для систем, рН яких вище ІЕТ білка, комплексоутворення малоімовірне та, як правило, переважають процеси термодинамічної несумісності. Нами передбачається, що утворення комплексів за цих умов можливе за наявності іонів кальцію, до яких чутливі карагінан та білок. Це дасть можливість одержати комплекси за умов їх термодинамічної несумісності. З огляду на здатність карагінанів до взаємодії з білками та іонами кальцію, що сприяє синергетичному підвищенню в'язкості систем, перспективним є їх використання у виробництві молочної продукції з гелеподібною структурою.

Використання відповідного виду карагінану у виробництві гелеподібної продукції на основі молочної сировини визначається концентрацією білків та іонів кальцію. Так, йота-карагінан утворює гелі з іонами кальцію, вміст якого в молоці коливається у межах 100...140 мг%, але лише близько 30...40% його знаходиться у розчинному стані, тобто, реакційноздатному за певних значень рН, а решта зв'язана з казеїном або знаходиться у колоїдному стані у вигляді нерозчинних солей. Розчинна форма кальцію, ймовірно, може приймати участь у комплексоутворенні між карагінаном та білками та сприяти підвищенню міцності гелю. У випадку з капа-карагінаном іони кальцію, ймовірно, можуть визначати величину синерезису та міцність гелів. На основі того, що капа-карагінан здатний утворювати комплекси з білками молока, залучаючи їх до гелеутворення та утворюючи при цьому міцні гелі з вираженим синерезисом. Це визначає необхідність введення полісахаридів як стабілізаторів системи. Для одержання піноподібної продукції перспективним є використання йота-карагінану, який утворює еластичні, м'які, тиксотропні гелі на відміну від капа-карагінану. Тому, ймовірно, для формування необхідних текстурних властивостей систем з використанням йота-карагінану необхідним є введення загусників.

Для обґрунтування технології десертів на основі молочної сировини з використанням карагінанів необхідно провести комплекс експериментальних досліджень:

- визначити закономірності зв'язування іонів кальцію карагінаном;
- визначити умови утворення білок-полісахаридних комплексів;
- вивчити вплив технологічних чинників на структурно-механічні властивості гелів з використанням карагінанів;
- визначити умови зменшення синерезису гелів на основі капа-карагінанів;
- вивчити вплив карагінанів на міжфазні властивості білків молока;
- науково обґрунтувати технологічний процес виробництва гелеподібної десертної молочної продукції.

З інноваційної характеристики продукту (таблиця 1) стає очевидно, що температура плавлення гелеподібної продукції повинна знаходитися у межах температур 30...60°C. Відомо, що температура плавлення гелеподібних систем напряму залежить від виду гелеутворювача, його стану та концентрації у системі. З іншого боку, температура фазового переходу «рідина – гель» має практичне значення, оскільки визначає параметри технологічного процесу, особливо порціонування та фасування, умови та терміни зберігання.

Встановлено, що температура плавлення гелів залежить від концентрації капа-карагінану (рис. 1). Видно, що температура плавлення гелю за концентрації 0,3% складає  $43,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ , за збільшення концентрації до 1% температура плавлення збільшується до  $57,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ .

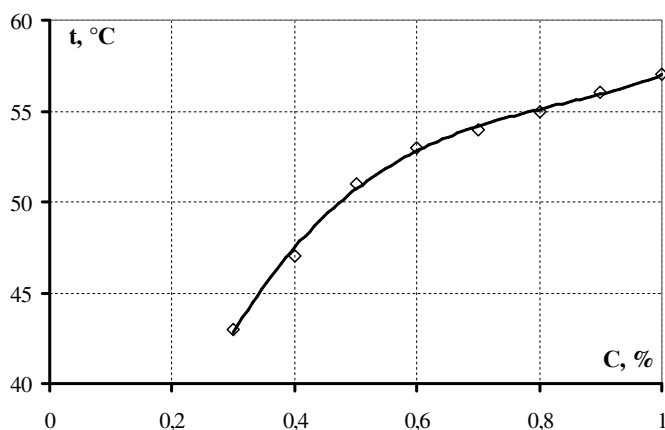


Рис. 1. Залежність температури плавлення гелів від концентрації капа-карагінану.

Аналіз характеру кривої та абсолютних значень свідчить, що збільшення концентрації капа-карагінану в системі сприяє наростанню кількості міжмолекулярних зв'язків, найбільш, ймовірно, водневих. Не зважаючи на невелику енергію водневого зв'язку (20 кДж/моль), зростання концентрації гелеутворюючої речовини сприяє суттєвому зростанню температури плавлення, що проявляється як ущільнення сітки гелю. Видно (рис. 1), що зростання температури плавлення має виражений концентраційний характер, що дозволяє корегувати температуру плавлення за досліджених концентрацій в межах 12°C. Зрозуміло, що зростання температури плавлення гелів за рахунок зростання концентрації гелеутворюючої речовини впливає на органолептичні показники кінцевого продукту. Тому, за доцільністю технологічного процесу, в харчову систему вводять додаткову речовину, яка може виконувати роль пластифікатора структури або спорідненого гелеутворювача. Особливістю гелеутворення капа-карагінану є виражений синерезис гелів. Нами для запобігання цього явища прийнято рішення до складу технологічної системи вводити камеді, зокрема камедь ріжкового дерева (КРД).

На рис. 2 наведено залежність впливу КРД (0,1...1,0%) на температуру плавлення модельних гелів капа-карагінану (0,4...1,0%).

Встановлено, що введення КРД сприяє підвищенню температури плавлення гелів. Видно, що залежність температури плавлення гелів від концентрації КРД за всіх досліджуваних концентрацій капа-карагінану носить екстремальний характер.

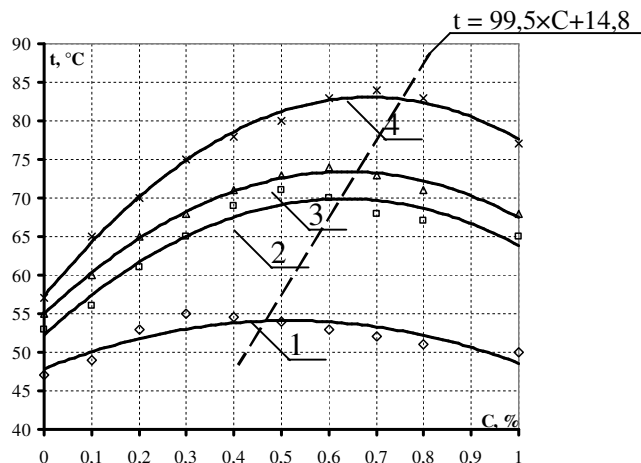


Рис. 2. Залежність температури плавлення гелів від концентрації КРД за концентрації капа-карагінану: 1, 2, 3, 4 – 0,4; 0,6; 0,8; 1,0% відповідно.

За концентрації капа-карагінану 0,4% максимальна температура плавлення спостерігається за концентрації КРД 0,3...0,4% та становить 54...55°C, за концентрації капа-карагінану 0,6%, 0,8, 1,0%

максимальна температура плавлення становить  $71,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ ,  $74,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ ,  $84,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$  відповідно. Наявність екстремумів (що описується рівнянням  $t = 99,5 \times C + 14,8$ , де  $C$  – концентрація КРД) свідчить про зростання взаємодії «капа-карагінан-КРД» за певних концентрацій та концентраційний антагонізм компонентів. При цьому слід відмітити, що температура плавлення залежить від співвідношення гідроколідів, ймовірно, максимумами відповідають найбільшій кількості міжмолекулярних зв'язків.

*Висновки.* Таким чином, висунута наукова гіпотеза підтверджується результатами експериментальних досліджень щодо актуальності та раціональності розробки та впровадження технології молочних десертів гелеподібної структури, в основі якої лежить принцип використання складових молока в механізмі гелеутворення.

#### Література:

1. *Кравченко Э. Ф.* Состав и некоторые функциональные свойства белков молока / Э. Ф. Кравченко, Ю. Я. Свириденко, Н. В. Плисов // Молочная промышленность. – 2005. – № 11. – С. 42–44.
2. *Ребиндер П. А.* Физико-химическая механика дисперсных структур / П. А. Ребиндер. – М. : Наука, 1966. – 284 с.
3. Комплексообразование в системе легумин кормовых бобов – хитозан-хлорид натрия / И. Г. Плащина [и др] // Хранение и переработка сельхозсырья. – 1998. – № 4. – С. 50 – 51.

## АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗРАБОТКИ МОЛОЧНЫХ ДЕСЕРТОВ

Горальчук А.Б., Троший Т.В., Сабадос А.А.

**Аннотация** – данная работа посвящена аналитическому обоснованию разработки молочных десертов и исследованию влияния технологических факторов на структурно-механические свойства гелей с использованием карагинанов.

## ANALYTICAL JUSTIFICATION OF DEVELOPMENT DAIRY DESSERTS

A. Goralchuk, T. Troschiyi, G. Sabadosh

### *Summary*

**The summary** – given the work is devoted to analytical justification of development of dairy desserts and research of influence of technology factors on structural and mechanical properties of gels by use karrageenans.



УДК 620.97:664

## НАПРЯМКИ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННИХ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ НА ПІДПРИЄМСТВАХ ХАРЧОВОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Єрмоменко Д.О., к.т.н.,

Лебедев І.М., к.т.н.

*Донецький національний університет економіки і торгівлі імені  
Михайла Туган-Барановського*

Тел.(062) 304-50-46

**Анотація** – дану роботу присвячено критичному огляду наявності та можливостям використання вторинних енергоресурсів на підприємствах харчової промисловості.

**Ключові слова** – вторинні енергетичні ресурси, енергозбереження, харчова промисловість.

*Постановка проблеми.* Залежність від енергетичного імпорту (Україна на 100 % залежить від імпорту ядерного палива, на 77 % – від імпорту природного газу й на 74 % – від імпорту нафти) ускладнюється недостатньою диверсифікованістю джерел постачання: Російська Федерація залишається єдиним джерелом ядерного палива, із РФ постачається 97-98 % імпортованої нафти, в 2005 році була здійснена монополізація поставок газу. Якщо в попередні роки ціна ядерного палива для України була значно нижче світової, то, згідно підписаних Національною атомною енергогенеруючою компанією «Енергоатом» і російською корпорацією «ТВЭЛ» у січні 2006 року домовленостей, починаючи з 2006 року його ціна визначається на підставі принципів ціноутворення, що висвітлюють тенденції на світовому ринку урану, послуг з конверсії й збагачення. Уже сьогодні фахівці прогнозують значне підвищення цін на ядерне паливо для українських АЕС, тому що протягом останніх років саме атомна енергетика забезпечувала стабільність цін на електроенергію в Україні, підвищення тарифів на електроенергію. На рішення таких ключових проблем енергетики, як раціональне й стабільне забезпечення країни паливно-енергетичними ресурсами (ПЕР) і на зменшення впливу цієї галузі на навколишнє середовище, було спрямоване розпорядження Президента України від 27 лютого 2001 року «Про розробку Енергетичної стратегії України на період до 2030 року й подальшу перспективу». У числі головних пріоритетів цієї політики (підвищення ефективності використання ПЕР і створення

необхідних умов для переведення економіки країни на енергозберігаючий шлях розвитку. За рахунок активного енерго- і ресурсозбереження можна вирішити економічні, екологічні, науково-технічні й соціальні проблеми нашої країни.

*Аналіз останніх досліджень.* Для кожного підприємства будь-якої галузі існує теоретично обґрунтований рівень споживання енергії – це межа, до якої може бути знижена витрата енерговитрат при ідеальній організації виробництва. Ця межа відповідає певному рівню технічного оснащення галузі. Виконуючи різні організаційно-технічні заходи поступово можна досягти теоретичного значення рівня енерговитрат [1, 2]. Підприємства харчової промисловості є великими споживачами паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР). Тому проблема економії теплової й електричної енергії у харчовій промисловості стоїть дуже гостро. Найбільш енергоємними є виробництва: цукрове, масложирове, спиртове, овочесушильне й ін. Економія ПЕР може бути реалізована у двох напрямках. По-перше, за рахунок удосконалення технологічних процесів і апаратів (нових енергозберігаючих технологій), завдяки чому досягається підвищення к.к.д. і знижується витрата палива й енергії. По-друге, за допомогою утилізації вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР), які неминуче виникають у більших обсягах особливо в енергоємних виробництвах, і за рахунок яких можна одержати 30-35 % заощадження ПЕР.

ВЕР являють собою енергетичний потенціал певного виду енергії (теплової, хімічної, механічної, електричної), що втримується у відходах продукції, побічних і проміжних продуктах, що утворюються в теплотехнологічних агрегатах (установках), які можуть бути частково або повністю використаними для енергопостачання інших агрегатів, або в самому агрегаті. Енергетичні відходи, які повертаються на вхід у технологічний агрегат, називаються ВЕР внутрішнього використання, а ВЕР, що утилізуються в інших установках – зовнішнього використання. Сам технологічний агрегат, що є джерелом енергетичних відходів, називається джерелом ВЕР.

Всі ВЕР підрозділяють на три основні групи.

– горючі (паливні) ВЕР – хімічна енергія відходів від вогнетехнічного устаткування. Це горючі гази плавильних печей, вагранок і т.п., горючі відходи процесів хімічної й нафтохімічної промисловості, горючі відходи чорної й кольорової металургії, газової промисловості. Джерелом горючих ВЕР є також лісова й деревообробна промисловість.

– теплові ВЕР – фізична теплота димових газів, що відходять, і теплових відходів від теплотехнологічних апаратів у вигляді теплоти гарячої води, пари, пароповітряної суміші, тепла конденсату пари й т.п.

– ВЕР надлишкового тиску – енергія газів, рідин, пари, що залишають агрегати з надлишковим тиском ( $p > p_{am}$ ), який необхідно знижувати при викиді в атмосферу.

Всі види ВЕР залежно від їхніх властивостей можуть використовуватися споживачем у вигляді палива або для виробітку теплоти, холоду, електроенергії й механічної роботи за допомогою спеціалізованих утилізаційних установок. На кожному етапі технічного розвитку існують економічні межі підвищення к.к.д. енерговикористання. Але практика використання ВЕР у різних галузях промисловості, особливо в енергоємних виробництвах, показує, що резерви підвищення коефіцієнта корисного використання (ККВ) дуже великі. Сучасний рівень розвитку виробництва й техніки дозволяє звести втрати енергії до 10-15 % від витрати первинних ПЕР. Тільки застосування новітніх енергозберігаючих технологій дозволить додатково зменшити витрати енергоресурсів у 2-4 рази. Особливо значні енергетичні витрати в доменному виробництві, на машинобудівних підприємствах, нафтопереробних заводах, у виробництві будівельних матеріалів, у хімічній промисловості. У даних галузях промисловості ККВ не перевищує 10-20 %, а потенціал енергозбереження навіть без впровадження новітніх технологій, а тільки за рахунок використання ВЕР дуже великий і може становити 35-40 % від витрати первинних ПЕР.

Стосовно до ВЕР використовуються наступні поняття й терміни:

– загальні енергетичні відходи – це енергетичний потенціал всіх матеріальних потоків на виході з теплотехнологічного агрегату (апарата) і всі втрати енергії в агрегаті. Загальні енергетичні відходи підрозділяються на три потоки: неминучі втрати енергії у технологічному апараті; енергетичні відходи внутрішнього використання, які вертаються назад в агрегат за рахунок регенерації або рециркуляції; енергетичні відходи зовнішнього використання, які використовуються в інших агрегатах.

– повний вихід ВЕР – маса вторинних енергоресурсів, які утворюються в даній установці за певний період часу.

– можливий вихід ВЕР – можлива (максимальна) кількість енергії, що економічно доцільно можна використовувати в утилізаційних установках.

– коефіцієнт використання (виробітку) енергії за рахунок ВЕР – відношення фактичного використання енергії, отриманої за рахунок ВЕР, до планованого виробітку.

– резерв утилізації ВЕР – кількість енергії, що може бути додатково залучена у виробництво.

– можлива економія палива за рахунок ВЕР – кількість енергії, що було б отримане при повному використанні всього виходу ВЕР.

– коефіцієнт утилізації ВЕР – відношення фактичної економії палива за рахунок ВЕР до можливого. Визначається як для одного агрегату-джерела ВЕР, так і групи агрегатів, так і сумарно для всіх видів ВЕР.

Для характеристики стану використання ВЭР, придатних для безпосереднього використання без перетворення енергоносіїв, застосовують наступні показники: вихід; фактичне використання; резерв утилізації; економія палива за рахунок використання; коефіцієнт утилізації. ВЕР підприємств харчової промисловості можна розділити на чотири групи:

– теплота газів, що відходять, і рідин (сюди відноситься теплота димових газів, що відходять з котелень і печей, а також теплота, що втримується у воді, у барді спиртових заводів і т.п.);

– теплота відпрацьованої пари паросилових установок і вторинної пари тепловикористуючих установок (випарні установки, ректифікаційні апарати, сушарки, пари самовипару);

– теплота горючих відходів (ця теплота може бути реалізована при спалюванні відходів; наприклад, лузга на екстракційних заводах використовується як паливо в парових казанах);

– теплота, що втримується у продуктах і відходах виробництва (до цієї групи відноситься теплота, що втримується у шлаках котелень, гарячому гніті цукрових заводів, гарячому хлібі, цукрі й т.п.; до цієї групи можна також віднести нагріте повітря, що видаляється з гарячих цехів).

Найбільше значення мають перші дві групи джерел ВЕР.

*Формулювання цілей статті.* Завдання даної роботи складається з проведення критичного огляду наявності та використання вторинних енергоресурсів на підприємствах харчової промисловості.

*Основна частина.* Джерела вторинних енергоресурсів існують у кожній галузі харчової промисловості. Вони мають різний якісний (температурний рівень, властивості теплоносія) і кількісний склад.

Цукрове виробництво є найбільш енергоємним. Основними складовими частинами ВЕР є теплота пари з вакуум-апаратів, пари самовипару (деаератора котельні, сатураторів і сульфитаторів, збірників конденсатів і технологічних розчинів), газів, що відходять з казанів, конденсатів, барометричної води, продувної води казанів, жомопресової води, ентальпії гніта, нагрітого повітря виробничих приміщень.

У спиртовому виробництві в якості вторинних теплових ресурсів застосовується теплота барди із бражної колони, вторинної

барди, продуктів виробництва (спирт, сивушне масло, дріжджі, ефіроальдегідна фракція й ін.), теплота конденсаторів, дефлегматорної води, вторинної пари й сушарок дріжджів, лютерної води, нагрітого повітря виробничих приміщень, газів, що відходять з казанів, продувної води. Спиртові заводи, що обладнані установками розпарювання вторинної барди, додатково в якості ВЕР мають теплоту вторинної пари, конденсату випарних апаратів, барометричної води з конденсатора. ВЕР пивоварного виробництва містять у собі теплоту вторинної пари варильних казанів, конденсаторів, газів, що відходять з сушарок і котелень.

У хлібопекарському, кондитерському виробництвах елементами ВЕР є теплота конденсатів, вторинної пари вакуум-апаратів, змієвикових колонок, барометричної води, вторинної пари випарних установок, продуктів виробництва, газів, що відходять з печей, сушарок, котелень.

Вторинними тепловими енергоресурсами масложирового виробництва є теплота конденсатів і охолоджувальної води, продуктів виробництва, теплота при спалюванні відходів, теплота газів, що відходять з сушарок і котелень.

У консервному виробництві вторинні теплові енергоресурси містять у собі теплоту вторинної пари випарних установок і вакуум-апаратів, барометричної й охолоджувальної води, конденсатів, напівфабрикатів і готової продукції, теплоту газів, що відходять з сушарок і котелень.

В області впровадження енергозберігаючих технологій є великі резерви, тому що поряд з установками, що працюють із коефіцієнтом корисної дії 90% і вище, діє велика кількість теплових установок з низьким к.к.д., у ряді випадків не перевищуючим 30%. Вітчизняний і закордонний досвід показує, що вартість енергії, зекономленої у результаті реконструкції, в 3-5 разів дешевше енергії, одержуваної при будівництві нових установок аналогічної продуктивності.

Використання теплоти вторинних енергетичних ресурсів може вестися трьома напрямками:

- для процесів, що протікають в основних технологічних установках усередині цеху або підприємства (замкнуті схеми);

- для зовнішніх цілей, не пов'язаних із процесами, що протікають в основних технологічних установках, які є джерелами ВЕР, наприклад, використання вторинних теплових ресурсів для опалення й гарячого водопостачання громадських будинків (розімкнуті схеми);

- для внутрішніх і зовнішніх цілей стосовно процесу в технологічній установці (комбіновані схеми).

*Висновки.* На основі критичного огляду наявності вторинних енергоресурсів на підприємствах харчової промисловості можна впевнено стверджувати, що ефективність використання теплоти в більшості технологічних процесів харчової промисловості можна значно підвищити, причому капіталовкладень для цього буде потрібно істотно менше в порівнянні з необхідними для видобутку еквівалентної кількості палива. Перспективами подальших досліджень у цьому напрямку є конкретні заходи щодо впровадження енергозберігаючих технологій з використанням вторинних енергоресурсів на підприємствах харчової промисловості.

Література:

1. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учебник для вузов / О.Л. Данилов, А.Б. Гаряев, И.В. Яковлев [и др.] ; под ред. А.В. Клименко. – 2-е изд., стер. — М.: Издательский дом МЭИ, 2011. – 424 с.

2. Єрьоменко Д.О. Основи енергозбереження у галузі харчових виробництв: [навч. посібник] / Д.О. Єрьоменко, І.М. Заплетніков / – Донецьк: ДонНУЕТ, 2012. – 260 с.

3. Вентиляция, кондиционирование и очистка воздуха на предприятиях пищевой промышленности / Р.А. Амерханов, Е.Е. Новгородский, Т.А. Скорик, В.А. Шилов, Е.А. Штокман. – М.: АСВ, 2001. – 564 с.

## **НАПРАВЛЕНИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Еременко Д.О., Лебедев И.Н.

**Аннотация** - данная работа посвящена критическому обзору наличия и возможностей использования вторичных энергоресурсов на предприятиях пищевой промышленности.

## **DIRECTIONS OF THE SECOND POWER RESOURCES USING AT THE ENTERPRISES OF FOOD INDUSTRY**

D. Eremenko, I. Lebedev

### **Summary**

**This work is devoted to an the critical review of presence and possibilities of using of waste energies at the enterprises of food industry.**

УДК 633.854.78 : 665.1.09

## **ДИНАМІКА ВМІСТУ ТОКОФЕРОЛІВ В ОЛІЯХ СОНЯШНИКУ З РІЗНИМ ЖИРНОКИСЛОТНИМ СКЛАДОМ В ПРОЦЕСІ НАГРІВАННЯ**

Федак Н.В., к.т.н.,

Дихтярь А.М., аспірант\*

*Харківський державний університет харчування та торгівлі.*

Тел.(057) 336-89-79

Кириченко В.В., академік НААН, д.с.-г. н.,

Тимчук С.М., к.б.н.,

Поздняков В.В., к.б.н.,

Тимчук В.М., к.с. – г.н.

*Інститут рослинництва ім.В.Я.Юр'єва НААН.*

Тел.(057) 705-25-07

**Анотація** – вивчалися змінення вмісту та складу токоферолів в оліях соняшнику з контрастним жирнокислотним складом у процесі нагрівання при 180°C. Встановлено, що в непрогрітих оліях соняшнику вміст токоферолів становить 52,5- 61,1 мг% і їх кількісно переважаючою формою є  $\alpha$ - токоферол. Вже через 6 годин нагрівання  $\beta$ -,  $\gamma$ - та  $\delta$ -токоферол майже повністю розкладаються і, починаючи з цього часу, комплекс токоферолів представлено тільки  $\alpha$ -токоферолом. Його вміст у процесі нагрівання всіх типів олій постійно знижується і найменша інтенсивність цього процесу властива олії з високим вмістом гліцеридів олеїнової кислоти. Олію такого типу можна вважати перспективним джерелом кулінарних жирів, призначених до смаження у фритюрі.

**Ключові слова** – соняшник, олія, вміст та склад токоферолів, термостабільність, кулінарні жири.

**Постановка проблеми.** Споживчі властивості продукції ресторанного господарства, яка виготовляється шляхом смаження у фритюрі, рішучим чином залежать від якості кулінарного жиру, найбільш розповсюдженим видом якого є соняшникова олія [ 1,2 ].

Поряд з цим відомо, що гліцериди жирних кислот соняшникової олії, особливо ненасичених, при нагріванні дуже піддаються хімічному розкладанню і перекисному окислюванню, внаслідок чого різко знижується якість кулінарної продукції [ 3,4 ].

---

©Федак Н.В., к.т.н., Дихтярь А.М., аспірант, Кириченко В.В., академік НААН, д.с.-г. н., Тимчук В.М., к.с. – г. н., Поздняков В.В., к.б.н., Тимчук С.М., к.б.н.

\* Науковий керівник – к.т.н., доц. Федак Н.В.

Тому олії, що використовуються у фритюрних технологіях, повинні відрізнятися підвищеною термостабільністю і стійкістю до перекисного окислювання.

*Аналіз останніх досліджень.* Вважається, що найбільш результативним, екологічно безпечним і економічно вигідним методом вирішення цієї проблеми є генетичний перерозподіл жирнокислотного складу олії соняшнику і підвищення в ній часток гліцеридів насичених і мононенасичених кислот [5 - 7].

Встановлено, що олії з підвищеним вмістом гліцеридів олеїнової кислоти відрізняються від традиційних олій соняшнику більш високою термостабільністю та стійкістю до перекисного окислювання [8, 9] і є всі підстави припускати, що подібні властивості можуть мати і олії з підвищеним вмістом гліцеридів насичених жирних кислот [10, 11].

Для підвищення якості фритюрних жирів може бути використано і біохімічний ефект природних антиоксидантів, насамперед токоферолів. Відомо, що ці поліізопренові похідні хроману блокують розвиток реакцій перекисного окислювання і значно підвищують стійкість олій до нього [12, 13]. Окрім того, токофероли вирізняються високою поліфункціональною вітамінною активністю, яка значною мірою забезпечує біологічну цінність олії [14, 15].

Результати проведених досліджень свідчать як про доцільність використання біологічного ефекту токоферолів для поліпшення якості фритюрних жирів [16], так і про можливість генетичного поліпшення соняшнику за вмістом та складом токоферолів [17]. Однак до цього часу характер змінень вмісту та складу токоферолів у процесі нагрівання олій соняшнику з різним жирнокислотним складом не встановлено і саме це створило передумови для виконання наших досліджень.

*Мета досліджень.* Встановити динаміку змінень вмісту та складу токоферолів у оліях соняшнику з різним жирнокислотним складом у процесі нагрівання і визначити найкращі олії, які можуть використовуватися у якості кулінарних жирів для фритюрного смаження.

*Матеріал і методи досліджень.* Матеріалом для досліджень послуговували олії 4 інбредних ліній соняшнику з різним жирнокислотним складом олії : X-720В з олією традиційного типу, МХ-1008В з підвищеним вмістом пальмітату, X-114В з підвищеним вмістом стеарату та X-526В з високим вмістом олеату. Вхідний контроль жирнокислотного складу олій здійснювали методом газо – рідинної хроматографії Пейскера [18].

Нагрівання олій проводили в ізотермічному режимі при 180°C і проби для аналізу вмісту та складу токоферолів добирали через 6, 12, 18, 24 та 30 годин нагрівання.



Аналіз вмісту та складу токоферолів здійснювали методом високоефективної рідинної хроматографії [19] на хроматографічній системі Smartline фірми "Knauer" (Німеччина) з використанням колонки Eurospher II – 5 – Si 250 × 4. Рухомою фазою послуговував 0,5% розчин ізобутилового спирту у н-гексані (LiChorosolv, Merck). Швидкість потоку елюента складала 1,5 мл/хвил. Фотометрирування здійснювали УФ- детектором при 295 нм. Піки на хроматограмах ідентифікували за часом утримання, встановленим для чистих препаратів  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - та  $\delta$ - токоферолів фірми Merck. Вміст ізоформ токоферолів визначали за допомогою програми Clarity Chrom( фірма Knauer).

Отримані результати піддавали статистичній обробці методом дисперсійного аналізу [20].

*Результати та їх обговорення.* При вхідному контролі жирнокислотного складу олій, використаних у дослідах ліній соняшнику, було встановлено, що вони дуже відмінні між собою, головним чином, за вмістом гліцеридів чотирьох жирних кислот - пальмітинової (C16:0), стеаринової (C18:0), олеїнової (C18:1) та лінолевої (C18:2). При цьому лінія X-1008В майже вдвічі перевищувала контроль - лінію соняшнику традиційного типу X-720В за вмістом пальмітату, лінія X-114В втричі перевищувала контроль за вмістом стеарату, а лінія X-526В у 3,5 рази перевищувала контроль за вмістом олеату відповідно до таблиці 1.

Таблиця 1 – Жирнокислотний склад олії різних інбредних ліній соняшнику

Лінії	Тип олії	Вміст гліцеридів жирних кислот, % до суми			
		C 16 : 0	C 18 : 0	C 18 : 1	C 18 : 2
X- 720В	Звичайний	6,8	3,7	25,5	62,6
X-1008В	Пальмітиновий	13,2	3,0	19,4	62,4
X-114В	Стеариновий	6,6	11,1	25,8	54,2
X-526В	Олеїновий	3,9	2,8	89,3	2,0
НІР <sub>0,95</sub>		0,1	0,1	0,3	0,3

Загальний вміст токоферолів у непрогрітих оліях соняшнику склав 52,5- 61,1 мг%. Самим високим вмістом токоферолів вирізнялася лінія X-720В, а самим низьким- лінія X-526В. Кількісно переважаючою формою токоферолів у всіх проаналізованих ліній був  $\alpha$ - токоферол. Його частка в комплексі токоферолів складала 90,1- 94,6%, тоді як частки  $\beta$ -,  $\gamma$ - та  $\delta$ -токоферолів- відповідно 3,8- 5,9%, 1,4- 3,7% та 0,2- 0,4% відповідно до таблиці 2.

Таблиця 2 – Вміст та склад токоферолів у оліях різних інбредних ліній соняшнику

Лінії	Загальний вміст токоферолів у оліях, мг%	Вміст ізоформ токоферолів, % до суми			
		$\alpha$ - токолу	$\beta$ - токолу	$\gamma$ - токолу	$\delta$ - токолу
X- 720В	61,1	93,9	4,5	1,4	0,3
X-1008В	55,0	90,1	5,9	3,7	0,4
X-114В	57,4	92,0	4,8	3,0	0,3
X-526В	52,5	94,6	3,8	1,5	0,2
НІР <sub>0,95</sub>	4,5	1,7	1,1	0,8	0,1

Вже через 6 годин нагрівання наявність  $\beta$ -,  $\gamma$ - та  $\delta$ -токоферолів у всіх проаналізованих у досліді олій або не реєструвалася зовсім, або ці форми токоферолів знаходилися у слідових кількостях і, починаючи з цього часу, комплекс токоферолів було представлено тільки  $\alpha$ - токоферолом.

Його вміст у процесі нагрівання всіх проаналізованих олій постійно знижувався. І, якщо в непрогрітих оліях він становив 49,5-57,3%, то через 6 годин нагрівання- 26,6- 30,6 мг%, через 12 годин- 12,1- 15,8 мг%, через 18 годин- 5,5- 7,7 мг%, через 24 години- 3,2- 4,4 мг%, а через 30 годин- 0,6- 1,5% відповідно до таблиці 3.

Таблиця 3 – Вміст  $\alpha$ - токоферолу в оліях ліній соняшнику з різним жирнокислотним складом у процесі нагрівання при 180°C, мг%

Лінії	Тривалість нагрівання, годин					
	0	6	12	18	24	30
X- 720В	57,3	30,6	13,9	5,5	3,4	0,6
X-1008В	49,5	26,6	12,1	5,5	3,2	0,7
X-114В	52,8	29,0	14,5	6,8	4,0	1,0
X-526В	49,7	29,3	15,8	7,7	4,4	1,5
НІР <sub>0,95</sub>	1,6					

Олії соняшнику з різним жирнокислотним складом були суттєво відмінні між собою за динамікою змінень вмісту  $\alpha$ - токоферолу в процесі нагрівання. Так, в олії лінії X-720В із традиційним типом жирнокислотного складу через 6 годин нагрівання вміст  $\alpha$ - токоферолу знижувався на 46,7%, через 12 годин- на 75,8%, через 18 годин- на 90,4%, через 24 години- на 94,1%, а через 30 годин- на 99,0%.

У лінії МХ-1008В з підвищеним вмістом пальмітату через 6 годин нагрівання вміст  $\alpha$ - токоферолу в олії знижувався на 46,3%, через 12 годин- на 75,7%, через 18 годин- на 88,9%, через 24 години-

на 93,5%, а через 30 годин- на 98,6%, у лінії X-114В з підвищеним вмістом стеарату- відповідно на 45,0%, 72,5%, 87,2%, 92,4% та 98,1%, а у лінії X-526В з високим вмістом олеату- відповідно на 41,1%, 68,2%, 84,6%, 91,2% та 97,0%.

Отримані результати показали, що оліям з підвищеним вмістом гліцеридів насичених та олеїнової кислоти властиве менш інтенсивне зниження вмісту  $\alpha$ - токоферолу в процесі нагрівання, ніж олії соняшнику традиційного типу. У ході виконання дослідів встановлено, що самим високим вмістом  $\alpha$ -токоферолу в процесі нагрівання вирізняється олія з високим вмістом гліцеридів олеїнової кислоти. Якщо врахувати, що олії такого типу властиві також висока термостабільність і стійкість до перекисного окислювання, її можна вважати перспективним джерелом кулінарних жирів, призначених до смаження у фритюрі.

*Висновки.* Загальний вміст токоферолів у оліях ліній соняшнику з контрастними типами жирнокислотного складу становить 52,5- 61,1 мг% і кількісно переважаючою формою токоферолів у всіх типів олій є  $\alpha$ - токоферол. Вже через 6 годин нагрівання при 180°C  $\beta$ -,  $\gamma$ - та  $\delta$ - токоферол майже повністю розкладаються і, починаючи з цього часу, комплекс токоферолів представлено тільки  $\alpha$ - токоферолом. Його вміст у процесі нагрівання всіх типів олій постійно знижується і найменша інтенсивність цього процесу властива олії з високим вмістом гліцеридів олеїнової кислоти. Олію такого типу можна вважати перспективним джерелом кулінарних жирів, призначених до смаження у фритюрі.

#### Література:

1. *Федак Н.В.* Інструкція по смаженню виробів у фритюрі в підприємствах харчування та контролю якості фритюрних жирів.- Харків: ХДУХТ. – 18 с.
2. *Мазалова Л.М.* Качество фритюрного жира как залог безопасности продукции / Л.М. Мазалова // Пищевая промышленность.- 2006.- № 3.- С. 50.
3. *Chang S.S.* Chemical reactions involved in the deep- fat frying of foods/ S.S. Chang, R.J. Peterson, C.T. Ho// J. Amer. Oil Chem. Soc.- 1978.- V.55.- P. 718-727.
4. *Billek G.* Health aspects of thermooxidized oils and fats/ G.Billek// Eur. J. Lipid Sci. Technol.- 2000.- V.102.- P.587- 593.
5. *Robbelen G.* Mutant breeding for quality improvement. A case study for oilseed crops/ G.Robbelen// Mutation Breed. Rev.- 1990.- V.6.- P.1-44.
6. *Fitch- Haumann B.* Modification of oil may be the key to sunflower's future// INFORM- Int. News on Fats, Oil and Related Materials.-1994. – V.5.- P.1198- 1210.

7. *Broun P.* Genetic engineering of plant lipids/ P.Broun, S.Gettner, C.Somerville// *Ann. Rev. Nutr.*- 1999. – V.19.- P.197- 216.
8. *Dobarganes M.C.* Thermal stability and frying performance of genetically modified sunflower ( *Helianthus annuus L.*) oils/ M.C. Dobarganes, G. Marquez- Ruiz, M.C. Perez- Camino // *J. Agric. Food Chem.*- 1993.- V.41.- P.678- 681.
9. *Z. Vrbaski.* Oxidation stability of sunflower oil of altered sunflower after seed storage/ [Z. Vrbaski, M. Budincevic, J.Turkulov et al.] // *Helia.*- 1996.-№ 24.- P.73-78.
10. *Xu X.Q.* Chemical, physical and sensory properties of Monola oil, palm olein and their blends in deep frying trials/ [ X.Q. Xu, V.H. Tran, M.V. Palmer et al.]// *Food Australia.*- 2000.- V.52.- P. 77-82.
11. *Liu Q.* High- oleic and high- stearic cottonseed oils: nutritionally improved cooking oils developed using gene silencing/ Q. Liu, S.Singh, A.Green// *J. Amer. College Nutrit.*- 2002.- V.21.- P.205-211.
12. *Надиров Н.К.* Токоферолы и их использование в медицине и сельском хозяйстве/ Н.К.Надиров.- М.: Наука, 1991.- 335 с.
13. *Crarkson P.M.* Antioxidants: what role do they play in physical activity and health?/ P.M.Clarkson, H.S.Thompson// *Amer. J. Clin. Nutr.*- 2000.- V.72.- P.637-646.
14. *Brigelius - Flohe R.* Vitamin E: function and metabolism/ R.Brigelius – Flohe, M.G.Traber// *FACEB J.*- 1999.- v.13.- p.1145- 1155.
15. *Traber M.G.* Vitamin E regulation/ M.G.Traber// *Curr. Opin. Gastroenterol.*- 2005.- V.21.- P.223-227.
16. *Marmesat S.* Thermostability of genetically modified sunflower oils differing in fatty acid and tocopherol compositions/ S. Marmesat, L.Velasco, M.V. Ruiz-Méndez, J.M. Fernández-Martínez, C. Dobarganes// *Europ. J. Lipid Science and Technology.*- 2008.- V.110.- P. 776–782.
17. *Demurin Y.* Genetic variability of tocopherol composition in sunflower seeds as a basis of breeding for improved oil quality/ Y.Demurin, D.Scoric, D.Karlovic// *Plant Breeding.*-1996.-V.115.- P.33-36.
18. *Прохорова М.И.* Методы биохимических исследований/ М.И. Прохорова.-Л.: Химия, 1982.-272 с.
19. Продукти харчові. Визначення вмісту вітаміну Е методом рідинної хроматографії високороздільної здатності вимірювання  $\alpha$ -,  $\beta$ ,  $\gamma$ - і  $\delta$ -токоферолів ( EN 12822:2000, ІДТ) : ДСТУ EN 12822:2005. – [Чинний від 2006-07-01]. – К. : Держспоживстандарт України 2006. – 15 с. – (Національний стандарт України).
20. *Лакин Г. Ф.* Биометрия / Г. Ф. Лакин. – М.:Высшая школа,1973.– 343 с.

## ДИНАМИКА СОДЕРЖАНИЯ ТОКОФЕРОЛОВ В МАСЛАХ ПОДСОЛНЕЧНИКА С РАЗЛИЧНЫМ ЖИРНОКИСЛОТНЫМ СОСТАВОМ В ПРОЦЕССЕ НАГРЕВАНИЯ

Крайнюк Л.Н., Федак Н.В., Дихтярь А.Н., Кириченко В.В., Тымчук С.М., Поздняков В.В., Тымчук В.М.

*Аннотация* – в данной работе изучались изменения содержания и состава токоферолов в маслах подсолнечника с контрастным жирнокислотным составом в процессе нагревания при 180°C. Установлено, что в непрогретых маслах подсолнечника содержание токоферолов составляет 52,5- 61,1 мг% и их количественно преобладающей формой является  $\alpha$ -токоферол. Уже через 6 часов нагревания  $\beta$ -,  $\gamma$ -и  $\delta$ -токоферолы почти полностью разлагаются и, начиная с этого времени, комплекс токоферолов представлен только  $\alpha$ -токоферолом. Его содержание в процессе нагревания всех типов масел постоянно снижается и наименьшая интенсивность этого процесса характерна маслу с высоким содержанием глицеридов олеиновой кислоты. Масло такого типа можно считать перспективным источником кулинарных жиров, предназначенных для жарки во фритюре.

## DYNAMICS OF TOCOPHEROLS' CONTENT IN SUNFLOWER OILS WITH DIFFERENT FATTY ACID COMPOSITION DURING HEATING

L.N. Krainyiuk, N.V. Fedak, A.N. Dichtyar, V.V. Kyrychenko.,  
S.M. Tymchouk, V.V. Pozdnyakov, V.M. Tymchouk

### *Summary*

The alterations of tocopherol's content and composition in sunflower oils with contrasting fatty acid composition during the heating with the temperature 180°C were studied. It have been established that the tocopherols' content in the not – heated sunflower oils were 52,5 – 61,1% and their quantitatively predominanting form was  $\alpha$ -tocopherol. Already after 6 hours of heating  $\beta$ -,  $\gamma$ - and  $\delta$ -tocopherols are almost completely decomposed and beginning this time the complex of tocopherols are consist of  $\alpha$ -tocopherol only. It content during the heating of all types of oils constantly decreased and the most low intensivity of this process was distinctive for the oil with the the high content of oleic acid glycerides. The oil of these type may be observed as the perspective source of cooking fats for frying.

УДК 631.361.85

## ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ І ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТОМАТІВ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ МАСИ

Горбенко О.А., к.т.н.,

Чебан О.Я., інженер,

Норинський О.І., лаборант

*Миколаївський національний аграрний університет*

Тел.(050) 567-32-74

**Анотація** - у статті наведено результати експериментальних досліджень фізико-механічних і розмірно-масових характеристик плодів томата та технологічної маси.

**Ключові слова** – технологічна маса, компоненти подрібненої маси, фізико-механічні і технологічні властивості плодів, мезга.

*Постановка проблеми.* У процесі розробки і проектування нових машин, установок і ліній по переробці томатів необхідно мати достатні відомості про властивості і характеристику вихідного матеріалу, тобто плодів, що досліджуються, і компонентів подрібненої маси, що отримується у процесі переробки.

Вивчення і визначення складу та сукупності властивостей плодів томата є найважливішою передумовою при створенні робочих органів машин.

Основними фізико-механічними і технологічними властивостями плодів томата є питомий опір роздавлюванню, маса, форма, розмір плода.

*Аналіз останніх досліджень.* На технологічні та фізико-механічні характеристики плодів томата мають вплив сортові властивості, зона вирощування, ґрунтово-кліматичні умови.

Дослідженню цього питання велику увагу приділено в роботах проф. І.Ф. Анісімова, що проводилися у 80-х роках ХХ століття [1].

За цей час відбулися значні зміни у селекції, з'явилося багато нових сортів. Використовуються нові матеріали для машин технологічних ліній. Все це робить необхідним проведення досліджень фізико-механічних характеристик плодів томата, а також вивчення складу технологічної маси, що отримується у процесі переробки.

Головними вимогами, що пред'являються до сортів томата, є скоростиглість і одночасність дозрівання для створення можливостей механізованого збирання.

На Півдні України, в сприятливих умовах у відкритому ґрунті доцільно вирощувати 3-4 різних за термінами дозрівання сорта томатів (ранній, середньоранній, середній, пізній), призначених як для вживання в свіжому вигляді, так і для переробки в томатопродукцію.

Більш скоростиглий сорт томату, як правило, має менший розмір плода, дуже короткий період плодоношення, дає низький урожай з однієї рослини, має середні показники біохімічного складу і смакових якостей плода. Багато скоростиглих сортів, що районують, вже не задовольняють вимогам сучасного виробництва. Останніми роками на Півдні України створені і вирощують такі сорти томатів, як: "Агата", "Ранок", "Венета", "Волгоградський 5/95" і ін., з дружним дозріванням, хорошою транспортабельністю, стійкістю до розтріскування плодів, вмістом у них більше 5% сухих речовин [2,3]. Властивості міцності плодів тісно пов'язані з їх формою. У сортів з видовженою формою плода (Новинка Придністров'я) міцність, як правило, в 1,5-2 рази вище, ніж у круглих плодів (Ранок, Волгоградський 5/95, Факел, Титан). Це пояснюється тим, що у видовжених плодів порівняно з круглими збільшується площа поверхні, а отже, і площа шкірки, вміст клітковини на одиницю маси.

Для виробництва томатопродукції використовують томати здорові, зрілі, інтенсивно забарвлені.

*Постановка завдання.* Технологічний процес переробки томатної сировини (отримання соку, що може зазнавати подальшу обробку) складається з ряду послідовних операцій, у процесі яких робочі органи машин мають вплив на плоди.

У процесі впливу робочих органів на сировину переслідуються така ціль: змінити первинний стан плодів. Якщо процес переробки стосується районованих сортів томатів, насіння яких може після відокремлення бути використаним як посівний матеріал, є необхідність досягти максимального збереження без травмування самого насіння.

В обох випадках якісна сторона таких перетворень у повній мірі визначається геометричними і режимними параметрами робочих органів, а також фізичними і технологічними якостями вихідної сировини (томатів).

*Основна частина.* Основні фізико-механічні і технологічні якості томатів – це форма, розміри, маса, питомий опір роздавлюванню, вміст насіння. Плоди томатів за формою поділяються на круглі, видовжені і овальні [2,3].

Експериментальні дослідження фізико-механічних параметрів плодів проводилися для таких сортів як: "Ранок", "Волгоградський 5/95", "Факел", "Новинка Придністров'я", "Титан". Ці сорти

районовані в Україні, в тому числі в Миколаївській, Одеській і Херсонській областях.

Зовнішній вигляд плодів “Волгоградський 5/95” та “Новинка Придністров’я”, що мають характерну форму, наведені на рис. 1.

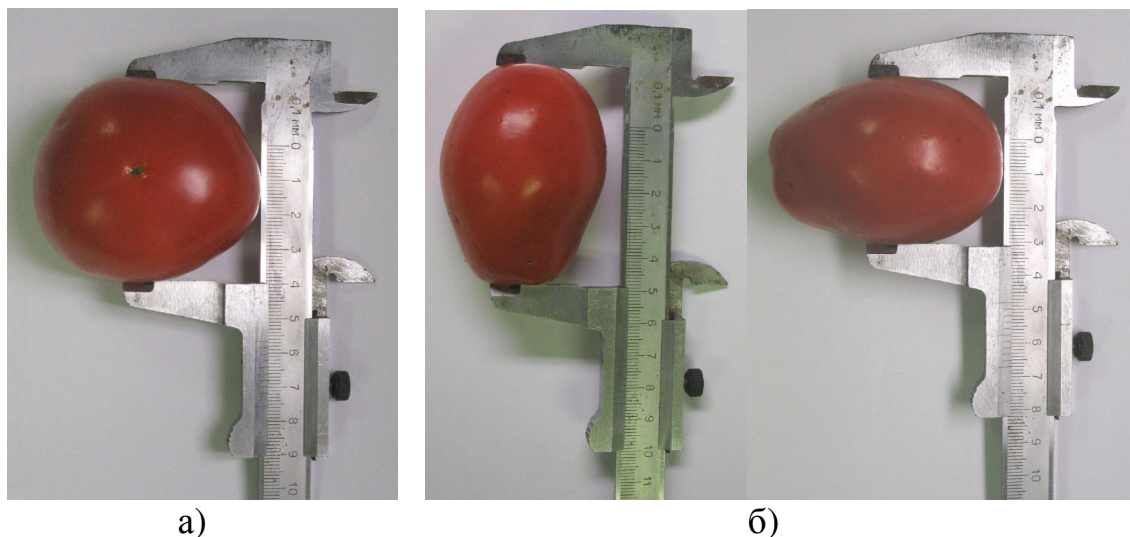


Рис. 1. Зовнішній вигляд плодів томату:  
а) сорт “Волгоградський 5/95”; б) сорт “Новинка Придністров’я”

Вимірювання здійснено штангенциркулем ШЦ-1 з ціною поділки 0,01.

Маса плодів визначалася шляхом зважування на вагах ВНЦ-10. Узагальнені статистичні показники експериментальних даних за визначенням розмірно-масових характеристик представлено в табл. 1.

Таблиця 1 – Розмірно-масові характеристики насінневих плодів томата

Сорт томата	Довжина, мм			Діаметр, мм			Маса плода, мг		
	min.	max.	ср.	min.	max.	ср.	min.	max.	ср.
"Ранок"	40	50	45	45	55	50	68	94	81
"Волгоградський 5/95"	50	60	55	55	65	60	90	150	120
"Факел"	35	45	40	41	45	43	60	90	75
"Новинка Придністров'я"	60	74	67	30	36	33	36	56	46
"Титан"	50	60	55	55	65	60	80	140	110

Зважаючи на те, що в літературних джерелах відсутня інформація стосовно таких важливих показників, як розмірно-масові характеристики плодів, складових частин подрібненої маси (мезги),



що отримується після подрібнення, коефіцієнта тертя мезги, є необхідність проведення таких досліджень.

Кінцевою метою наукової роботи є оптимізація кінематичних режимів у машині для подрібнення і протирання томатної сировини, тому найбільший інтерес для вивчення представляє технологічна маса після подрібнення. У загальному випадку вона складається з соку, подрібненої шкірки, насіння.

Тому в процесі експериментальних досліджень механіко-технологічних якостей вивчалось 2 види об'єктів: сік з м'якоттю і шкірка з насінням [4].

Проводилося почергове зважування відібраних проб. Визначення процентного вмісту кожного з компонентів подрібненої технологічної маси проводилося за наступними залежностями:

$$C_c = \left( \frac{m_c}{m} \right) \cdot 100\%, \quad (1)$$

$$C_{ш} = \left( \frac{m_{ш}}{m} \right) \cdot 100\%, \quad (2)$$

де:  $C_c$ ,  $C_{ш}$  – відповідно процентний вміст соку з м'якоттю і шкірки з насінням;

$m_c$ ,  $m_{ш}$  – відповідно маса соку з м'якоттю і шкірки з насінням;

$m$  – загальна технологічна маса (мезга).

На основі отриманих результатів складено таблицю 2.

Таблиця 2 - Процентний вміст компонентів подрібненої технологічної маси томатів

Найменування сортів томату	Компоненти подрібненої маси, %	
	сік + м'якоть	шкірка + насіння
"Ранок"	72,4	27,6
"Волгоградський 5/95"	78,1	21,9
"Факел"	71,8	28,2
"Новинка Придністров'я"	69	31
"Титан"	76,5	23,5

Проаналізувавши дані таблиці можна зробити висновок, що основною складовою технологічної маси є сік з м'якоттю, вміст якого для різних сортів знаходиться у межах 69% ("Новинка Придністров'я") до 78,1% ("Волгоградський 5/95").

*Висновки.* Вивчення розмірно-масових характеристик плодів томатів тих сортів, що є найбільш розповсюдженими на Півдні

України, дозволять визначитись з геометричними і режимними параметрами подрібнювального органу.

Дослідження процентного вмісту компонентів подрібненої технологічної маси необхідно для визначення кінематичних параметрів машини для подрібнення і протирання технологічної маси.

Розділення технологічної маси томатної сировини на компоненти і подальше протирання рідкої фракції потребує експериментальних досліджень фрикційних якостей кожного з компонентів таких як сік з м'якоттю і шкірки з насінням.

Література:

1. *Анисимов И.Ф.* Машины и поточные линии для производства семян овощебахчевых культур / И.Ф. Анисимов // – Кишинев: Штиинца, 1987. – 263с.

2. *Воронюк Б.А.*, Физико-механические свойства растений, почв и удобрений. / Б.А. Воронюк // – М.: Колос, 1970. – 432 с.

3. *Бурмистрова М.Ф.* Физико-механические свойства сельскохозяйственных растений / М.Ф. Бурмистрова, Т.К. Комолькова, Н.В. Клемм. – М.: Сельхозгиз, 1956. – 343 с.

4. *Веденяпин Г.В.* Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г.В. Веденяпин // – М.: Колос, 1973. – 97с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТОМАТОВ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ МАССЫ**

Горбенко Е.А., Чебан А.Я., Норинский А.И.

**Аннотация** - в статье приведены результаты экспериментальных исследований физико-механических и размерно-массовых характеристик плодов томата, и технологической массы.

## **STUDY OF PHYSICAL, MECHANICAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF TOMATO AND TECHNOLOGY MASS**

E. Gorbenko, A. Cheban, A. Norinskiy

### *Summary*

**The paper presents the results of experimental studies of physical, mechanical and size-mass characteristics of tomato fruit and technological mass.**

УДК 615.012.014

## ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ДИФУЗІЇ ДЛЯ СИСТЕМИ «ТВЕРДА ОЛІЄВМІСНА СТРУКТУРА – РОЗЧИННИК»

Коляновська Л.М., аспірант\*

Вінницький національний аграрний університет

Тел. (0432) 68-01-65

**Анотація** – у статті наведено дані досліджень з визначення значень коефіцієнтів дифузії для систем: «ріпак - гексан», «ріпак - спирт», «soя - гексан», «soя - спирт».

**Ключові слова** – коефіцієнт дифузії, ріпак, соя, гексан, спирт.

*Постановка проблеми.* Дифузія відіграє важливу роль у різних галузях науки і техніки, в процесах, що відбуваються у живій та неживій природі. Дифузія впливає на протікання чи визначає механізм і кінетику хімічних реакцій, а також багатьох фізико-хімічних процесів і явищ: мембранних, випаровування, конденсації, кристалізації, розчинення, екстрагування, набухання, горіння, каталітичних, хроматографічних, люмінесцентних, електричних і оптичних у напівпровідниках, уповільнення нейтронів у ядерних реакторах і т. д.

Дифузійному процесу екстрагування – перенесенню речовини усередині твердого тіла і в навколишній рідині – відповідає кінетичний коефіцієнт: коефіцієнт дифузії розчиненої речовини в твердому тілі.

Експериментальні дослідження коефіцієнта дифузії розчиненої речовини в твердому тілі не можуть обмежуватися суто технологічними завданнями, пов'язаними з тим, що коефіцієнт дифузії входить у розрахункові рівняння процесу. Ці дослідження мають велике наукове значення, оскільки дозволяють вивчити механізм процесу, вплив різних факторів на швидкість перенесення речовини в твердому тілі [1].

Від точності і простоти методів вимірювання коефіцієнта дифузії залежить правильність оцінки екстракційних апаратів, тобто визначення того, наскільки досконалий процес, що в них протікає.

*Аналіз останніх досліджень.* Не ускладнену іншими явищами дифузію зазвичай описують рівнянням в окремих похідних. Але при цьому виникають задачі з різними початковими та граничними умовами.

---

© Коляновська Л.М., аспірант

\*Науковий керівник – к.т.н., доцент Бандура В.М.

Рішенню цих задач було присвячено велику кількість робіт авторів Аксельруда Г.А., Белобородова В.В., Вороненка Б.А., Дементія В.А., Короткової Т.Є., Константинова Є.Н., Кошевого Є.П., Косачова В.С., Романкова П.Г. та ін. Дослідження зазначених наукових джерел показали, що коефіцієнт дифузії не є постійною величиною. Тому в працях Лисянського В.М. та Місіна О.Н. запропоновано залежність коефіцієнта дифузії від концентрації визначати експериментально інтервально-ітераційним методом. Але в аналітичних рішеннях, що отримують з використанням безкінечних ортогональних рядів, усі члени ряду мають значення, а тангенс кута нахилу кінетичної кривої у координатах: концентраційний комплекс ( $\ln \bar{C}$ ) – критерій Фур'є ( $F_0$ ) не характеризується коефіцієнтом дифузії. Тому в даний час використовується інший підхід, згідно якого приймається певний вид аналітичної залежності коефіцієнта дифузії від концентрації та на основі рішення рівняння нестационарної дифузії за експериментальними даними знаходять коефіцієнти цієї залежності як параметри ідентифікації [2].

*Формулювання цілей статті.* Метою роботи було визначення коефіцієнтів дифузії для систем: «ріпак - гексан», «ріпак - спирт», «соя - гексан», «соя - спирт» на основі вищезазначеного підходу.

Процес проводився згідно розробленої методики та контролювався за наявністю чіткої границі розділу твердих та рідких фаз.

*Основна частина.* Дослідження проводились в умовах лабораторії на експериментальному стенді. Для визначення коефіцієнтів дифузії досліджуваних систем використовувались наступні матеріали.

Розчинники: Н-гексан, насичений вуглеводень –  $C_6H_{14}$ , неполярний розчинник. Кипить за температури  $68,7^\circ C$ ,  $n_D^{20} = 1,3751$ ,  $\rho_4 = 0,660 \text{ г/см}^3$ . Безбарвна легкозаймиста рідина, утворює вибухонебезпечну суміш із повітрям, якщо вміст гексану становить 1,1- 8 об. відсотків. ГОСТ 6-09-3375-78.

Етиловий спирт — безбарвна рідина із слабким «алкогольним» запахом. Густина його  $0,789 \text{ г/см}^3$ . Температура кипіння  $78,3^\circ C$ . З водою змішується у будь-яких пропорціях. Етиловий спирт є добрим розчинником для багатьох органічних, а також неорганічних речовин. Молекулярна формула етилового спирту  $C_2H_6O$ , або  $C_2H_5-OH$ . ГОСТ 5922-67.

Сировина для екстрагування: ріпак сорту «Чемпіон» та соя сорту «Вінничанка» фракції 0,5 мм-1мм.

Температурний режим дослідів:  $25^\circ C$ .

Тривалість дослідження: до 9 год.

Постійність температурного режиму забезпечувалась за допомогою термостату ТС-80 М2.

Зважування проводились на аналітичних вагах ВАА - 200г–М та електронних вагах PS 750/c/1 RADWAG®.

Лабораторне обладнання: колби, бюкси, ексикатор, сушильна шафа, шприц, набір мірних сит, подрібнювач цілих зерен.

Для проведення дослідження з визначення значень коефіцієнта дифузії  $D$  для систем «ріпак - спирт», «ріпак - гексан», «соя - спирт», «соя - гексан» було розроблено лабораторний стенд (див. рис. 1). Досліди проводились у вузькому мірному циліндрі. Процес контролювався за наявністю чіткої межі розподілу фаз «олієвісне насіння - розчинник».

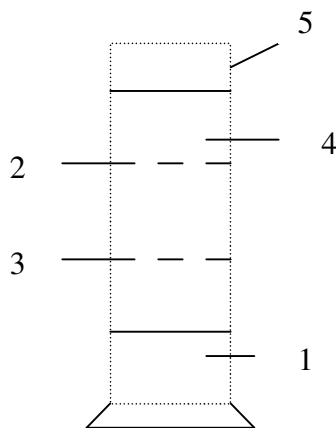


Рис. 1. Схема мірного циліндра для визначення коефіцієнту дифузії:

1 – тверда фаза; 2 – верхній рівень для відбору проби; 3 – нижній рівень; 4 – розчинник; 5 – мірний циліндр.

Проби з різних рівнів від межі розподілу фаз відбирались шприцями з подальшим визначенням їх концентрації для підрахунку коефіцієнта дифузії. Концентрація місцели вимірювалась через певні проміжки часу. Стабілізація температури екстрагування при 25°C відбувалась за допомогою термостату ТС-80 М2. Обчислення концентрації ріпакової та соєвої олії проводились за формулою

$$C = \frac{m_1 - m_0}{m_2 - m_0} \cdot 1000, \text{ г/л}, \quad (1)$$

де  $m_1$  – маса бюкси з олією;

$m_2$  – маса бюкси з місцелою;

$m_0$  – маса пустої бюкси.

Розрахунок коефіцієнта дифузії при 25 °С:

Рівняння першого закону Фіка визначає коефіцієнт дифузії

$$J = -D \frac{\partial C}{\partial Z}, \quad (2)$$

де  $\partial Z$  - відстань між рівнями від межі розподілу фаз.

У ємності із відомою площею  $F$  визначається кількість речовини  $\partial m$  за час екстрагування  $\tau$

$$J = \frac{\partial m}{F_n \cdot \tau}, \quad (3)$$

де  $\partial m$  – різниця маси олії ( $m_n - m_g$ ).

Маса олії нижнього рівня від межі розподілу фаз

$$m_n = \frac{\frac{C_n}{100} \cdot \rho \cdot V}{1 - \frac{C_n}{100}}. \quad (4)$$

Маса олії верхнього рівня від межі розподілу фаз

$$m_g = \frac{\frac{C_g}{100} \cdot \rho \cdot V}{1 - \frac{C_g}{100}}. \quad (5)$$

Площа перетину ( $m^2$ ) циліндра рахується

$$F_n = R \cdot h. \quad (6)$$

Із рівняння Фіка

$$D = \frac{\frac{\partial m}{F \cdot \tau} \cdot \partial Z}{\partial C \cdot F \cdot \tau} \quad (7)$$

Відповідно

$$D_{298} = \frac{\partial m \cdot \partial Z}{\partial C} \quad (8)$$

На основі експериментальних даних та за допомогою розрахунків згідно формул (1-8) були отримані наступні значення (див. таблиця 1).

Концентрація розчину під час експериментальних досліджень вимірювалась через певні проміжки часу на двох рівнях занурення: 8 см та 12 см від межі розподілу фаз.

Таблиця 1 – Визначення коефіцієнтів дифузії для систем «ріпак - спирт», «ріпак - гексан», «соя - спирт», «соя - гексан»

$\tau$ , сек.	$\partial Z$ , м	$\partial C$ , кг/м <sup>3</sup>	$\partial M$ , кг	F, м <sup>2</sup>	J, кг/м <sup>2</sup> ·с	D, м <sup>2</sup> /с
«соя-спирт»						
25200	0,04	11,58	$0,57 \cdot 10^{-5}$	0,0008	$0,28 \cdot 10^{-6}$	$0,99 \cdot 10^{-9}$
«ріпак-спирт»						
32400	0,04	0,27	$0,13 \cdot 10^{-6}$	0,0008	$0,52 \cdot 10^{-8}$	$0,77 \cdot 10^{-9}$
«соя-гексан»						
28800	0,04	1,57	$0,11 \cdot 10^{-5}$	0,0008	$0,47 \cdot 10^{-7}$	$1,2 \cdot 10^{-9}$
«ріпак-гексан»						
28800	0,04	5,57	$0,27 \cdot 10^{-5}$	0,0008	$0,12 \cdot 10^{-6}$	$0,86 \cdot 10^{-9}$

З часом концентрація вирівнювалась. Під час дослідів температуру утримували на рівні 25°C. Результати досліджень представлені на рис. 2-5 для досліджуваних систем.

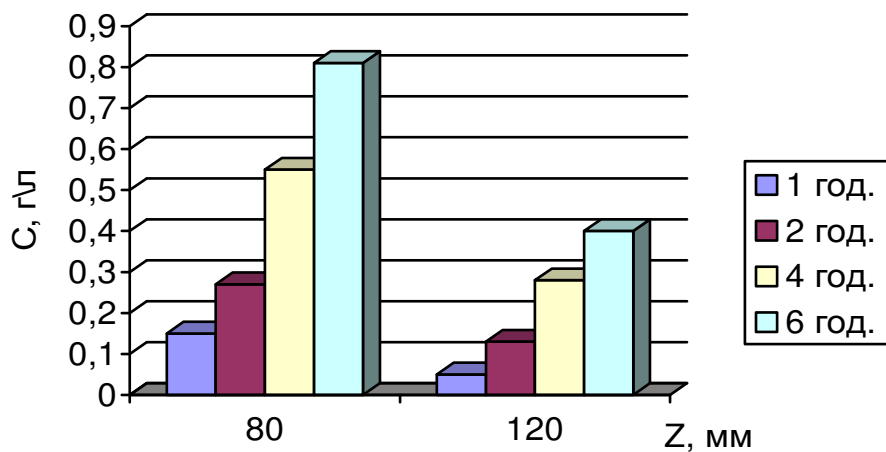


Рис. 2. Просторово-часовий розподіл концентрацій у системі «ріпак-спирт».

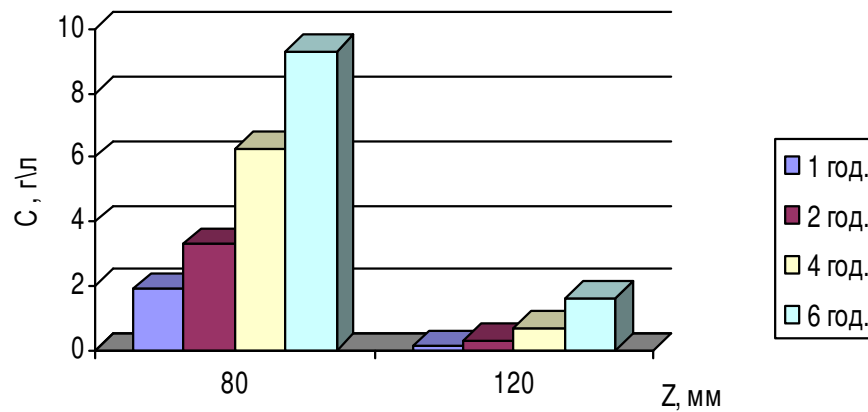


Рис. 3. Просторово-часовий розподіл концентрацій у системі «рідпак-гексан».

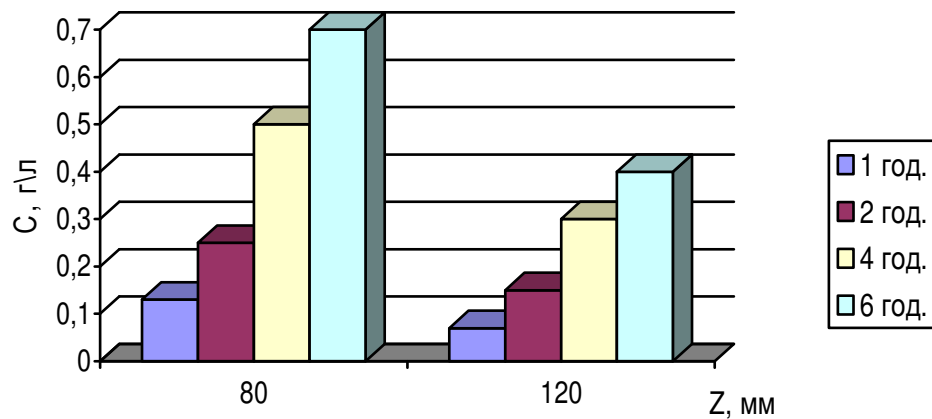


Рис. 4. Просторово-часовий розподіл концентрацій у системі «соє-спирт».

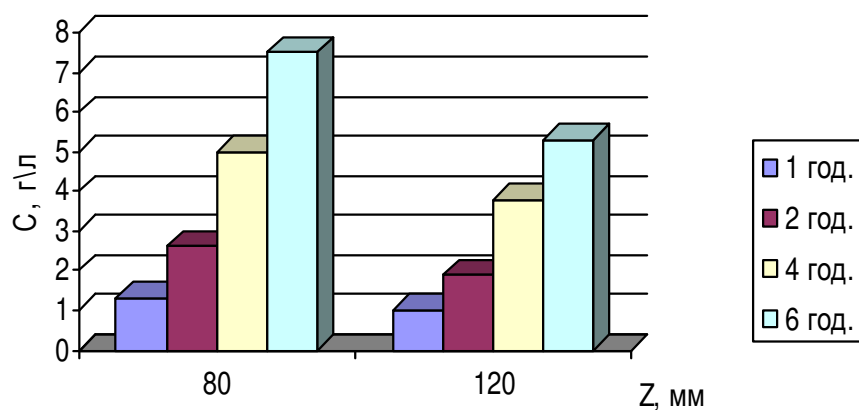


Рис. 5. Просторово-часовий розподіл концентрацій у системі «соє-гексан».

Для інших умов проведення дослідження процесу екстрагування вплив температури на середнє значення коефіцієнта дифузії розраховувався за відношенням [3]



$$D(t) = \frac{273+t}{298} \cdot \frac{D_{298} \cdot \eta_{298}}{\eta_t}, \quad (9)$$

де  $D(t)$  – коефіцієнт дифузії при заданій температурі, м<sup>2</sup>/с;  
 $D_{298}$  – коефіцієнт дифузії при температурі 298 К, м<sup>2</sup>/с;  
 $t$  – задана температура, °С;  
 $\eta_{298}$  – в'язкість дифузійного середовища, Па·с;  
 $\eta_t$  – в'язкість дифузійного середовища при заданій температурі, Па·с.

Література:

1. Аксельруд Г.А. Экстрагирование. Система твердое тело-жидкость / Г.А. Аксельруд, В.М. Лысянский. – Л.: Химия. – 1974. – 256 с.
2. Константинов В.Е. Исследование равновесия и кинетики массообмена в системе капиллярно-пористое тело - жидкость В.Е.Константинов, А.А. Лобанов, Е.Н. Константинов, Т.Г. Короткова, В.А. Причко // Сб. материалов научно-практич. конф. «Современные энергосберегающие тепловые технологии (сушка и термовлажностная обработка материалов)» СЭТТ – 2002 г. – Москва. – С. 55-60.
3. Бурдо О.Г., Ряшко Г.М. Экстрагирование в системе «кофе-вода». – Одесса. – 2007. – 176 с.

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ДИФФУЗИИ ДЛЯ СИСТЕМЫ «ТВЕРДАЯ МАСЛОСОДЕРЖАЩАЯ СТРУКТУРА - РАСТВОРИТЕЛЬ»**

Коляновская Л.М.

**Аннотация** - в статье приведены данные исследований по определению значений коэффициентов диффузии для систем: «рапс - гексан», «рапс - спирт», «soя - гексан», «soя - спирт».

## **DEFINITION OF DIFFUSION COEFFICIENT FOR «HARD CONTAINING OIL STRUCTURE – SOLVENT»**

L. Kolyanovska

### *Summary*

The article presents research data to determine the values of the diffusion coefficients for the systems «to rape – hexane», «to rape – alcohol», «soy – hexane», «soy – alcohol».

УДК 663.257.3:577.112-035.2

## ПОРІВНЯЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ЯКОСТІ КАГОРІВ ЗА ПОКАЗНИКОМ БІОЛОГІЧНОЇ АКТИВНОСТІ

Вікуль С.І., к.т.н.,

Мельник І.В., к.т.н.,

Вікуль О.О., магістрант

*Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса*

Тел.(048)712-41-04

**Анотація** - дана робота присвячена вивченню методу оцінки якісних показників вина, спрямованого на визначення вмісту біологічно активного компонента. Традиційні методи є односторонніми, оскільки розглядають вино як механічну суміш різних біологічно активних речовин і не враховують синергетичні та антагоністичні ефекти впливу БА - компонентів продукту на живий організм, які спостерігаються на практиці.

У результаті проведення наукового пошуку, а також незмінного позитивного практичного результату, показана можливість використання спектрофотометричних характеристик, а також показника біологічної активності для визначення якості вин типу Кагор.

**Ключові слова** – кагори, біологічна активність, вміст поліфенолів, міжмолекулярні взаємодії інгредієнтів, енергетичний гомеостаз організму, швидке прогнозування якості, підвищена біологічна цінність.

*Вступ.* Кагор, як і безліч інших вин, має французьке походження. Його назва походить від імені французького міста Каор, який славиться своїми "чорними" винами. Спочатку за угодою з французькою стороною Кагор поставляли в Росію спеціально для Православної церкви. За умовою договору французьким виноробам було заборонено продавати подібне вино кому-небудь ще.

Але після революції всі поставки вина припинилися, а масштабний випуск Кагору у Франції поступово зупинили через відсутність ринку збуту. Проте в кінці 19 століття за підтримки князя Галіцина російські винороби почали розробку технології приготування вин Кагор на основі кримського сорту винограду "Сапераві" (в той час як французи використовували сорт "Мальтек", який надає вину мигдальний і чорносливовий тони).

Чим же славиться вино Кагор? По-перше, це вино має унікальні лікувальні та радіопротекторні властивості, надаючи благотворний вплив на організм людини. Але, крім того, медики вважають, що саме справжній Кагор – це єдине вино, яке зміцнює печінку і покращує роботу серцево-судинної системи.

Корисність вина характеризується наявністю у ньому поліфенолів, які є одним з важливих показників якості як червоного, так і білого вина. Згідно з літературними даними, вміст поліфенолів сягає від 1,2 г/дм<sup>3</sup> в білих винах до 3 г/дм<sup>3</sup> в червоних винах [1].

Поліфеноли, що володіють широким спектром дії, здатні гасити процеси перекісного окислення ліпідів у біологічних мембранах і пригнічувати атеросклеротичне ураження кровоносних судин на самих початкових стадіях. Поліфеноли є супутниками аскорбінової кислоти в рослинному світі і лише в її присутності відзначається позитивний ефект їх дії [2].

Крім поліфенолів вина містять широкий спектр біологічно активних речовин: вітаміни групи В, А, С, антоціани і т.д.

Якщо порівнювати Кагор з іншими червоними винами, то він відрізняється технологією приготування, яка передбачає більш довгий контакт сула з м'язгою при нагріванні до 70 °С, що сприяє більш повному вилученню біологічно-активних речовин з шкірки винограду.

*Аналіз останніх публікацій.* Огляд літературних даних дає можливість зробити висновок, що проблемі якості червоних вин присвячені дослідження багатьох вчених [1,3,4].

Головним критерієм якості кінцевого продукту, в основному, є органолептичні показники і максимальний вміст біологічно активного компонента (поліфенолів, вітамінів та ін.). Існуючі методи оцінки якості вина засновані на принципі адитивності і є односторонніми, оскільки розглядають вино як механічну суміш різних біологічно активних речовин і не враховують синергетичні та антагоністичні ефекти системного впливу біологічно активних компонентів продукту на живий організм, які спостерігаються на практиці.

Таким чином, становить інтерес вивчення такого показника, як біологічна активність, величина якого враховує, принаймні, два основні фактори: міжмолекулярні взаємодії інгредієнтів, що входять до складу вина, і кооперативний вклад біологічно активних компонентів в інтенсивність електронного транспорту, моделюючих енергетичний гомеостаз організму [5].

Критерій оцінки біологічної активності вина заснований на каталізі переносу електрона біологічно активними речовинами в системі «відновлений нікотинамідаденіндинуклеотид ферриціаніда калію.

Здатність різних біологічно активних компонентів вина викликати неензиматичне окислення  $NAD \cdot H_2$  до  $NAD$  і одночасно

відновлювати  $Fe^{+3}$  до  $Fe^{+2}$  показує, що ці речовини можуть підвищувати загальну неспецифічну опірність організму [6].

У даний час на ринку СНД кращими винами Кагор вважаються наступні: російський "Черные глаза", кримський "Южнобережный", молдавський "Чумак", азербайджанський "Шемаха", узбецький "Узбекистан". Але, на жаль, ці вина малодоступні середньому споживачу, а пропонований асортимент інших вин Кагор дуже різноманітний. Так якому ж з вин Кагор віддати перевагу?

*Метою дослідження* було порівняння якості вин Кагор різних виробників України і Молдови за показником біологічної активності, а також ступінь впливу вмісту біологічно активних речовин (поліфенолів) на значення досліджуваного показника.

*Методи досліджень.* Біологічну активність визначали за зміною швидкості окислення  $NAD^*H_2$  до  $NAD$  у контрольному та досліджуваних зразках з урахуванням коефіцієнта розведення, при  $\lambda = 325$  Нм,  $\tau - \text{const}$  [7]. Загальний вміст поліфенолів визначали за Фолінім-Чокалтеу [8].

*Результати та обговорення.* Експериментальні дані за вмістом у вині фенольних речовин і значенню показника біологічної активності представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Фенольні речовини і біологічна активність вин Кагор

№	Найменування вина	БА, ум. од.	Фенольні речовини, мг/дм <sup>3</sup>
1.	Кагор «Український», м. Херсон	190	1126
2.	Кагор «Винар», м. Київ	420	1243
3.	Кагор «Вина Комрат», Молдавія	303	1210
4.	Кагор «Французький бульвар», м. Одеса	120	601
5.	Кагор «Южнобережный», м. Болград	190	701
6.	Кагор «Одеський степ», м. Одеса	300	1253
7.	Кагор Український, Коблево	205	1021
8.	Кагор «Золота Амфора», Дніпропетровськ	140	930
9.	Кагор «Южнобережный», Масандра	530	2850
10.	Кагор «KVINT», Молдавія	230	1352
11.	Кагор м. Арциз, з-д Комсомолец	460	2350
12.	Кагор «Вина Тараклин», Молдавія	205	1052
13.	Кагор «LONGRANT», Молдавія	290	1299
14.	Кагор «Український», «Магарач»	350	1452
15.	Кагор Портенід, Масандра	210	1457

З експериментальних даних визначення біологічної активності вин, представлених в таблиці 1, видно, що здатність вин окисляти  $\text{NAD}^+\text{H}_2$  до  $\text{NAD}$  різна. Всі вина мають високу біологічну активність, так як швидкість переносу в системі  $\text{NAD}^+\text{H}_2$ -ферриціаніда калію/ збільшується в присутності вин в 150-400 разів. Однак спостерігається істотна різниця у значенні показника біологічної активності між досліджуваними зразками.

Значення біологічної активності у досліджуваних зразків лежить досить у широкому діапазоні – від 120 до 530 у.о. Такий широкий діапазон у значеннях біологічної активності може бути обумовлений хімічним складом вихідної сировини, з якого зроблені вина, а також технологічними режимами при виробництві вин.

Найменше значення біологічної активності виявлено у винах кагор – «Французький бульвар», м. Одеса – 120 у.о.; «Золота Амфора», м. Дніпропетровськ – 140 у.о. Найбільша активність встановлена у винах кагор – «Южнобережный», Масандра – 530 у.о.; м. Арциз, з-д Комсомолец – 460 у.о.; «Винар», м. Київ – 420 у.о.

На значення біологічної активності істотно впливає наявність у продукті біологічно активних речовин, таких як поліфеноли.

Як видно з експериментальних даних, представлених у таблиці 1, вміст фенольних речовин у досліджуваних винах різниться і коливається від 601 до 2850 мг/дм<sup>3</sup>. Найбільше значення поліфенолів містять вина: кагор «Южнобережный», Масандра – 2850 мг/дм<sup>3</sup>; Кагор м. Арциз, з-д Комсомолец – 2350 мг/дм<sup>3</sup>. Найменший вміст фенольних речовин виявлено у вині Кагор «Южнобережный», м. Болград – 701 мг/дм<sup>3</sup>.

*Висновки.* На підставі отриманих даних за вмістом фенольних сполук та біологічної активності, встановлено, що два ці показника взаємопов'язані між собою. Так, при найменшому вмісті фенольних сполук показник біологічної активності також має мале значення і навпаки, зі збільшенням фенольних сполук значення біологічної активності зростає. Однак дана закономірність не завжди простежується при визначенні біологічної активності харчових продуктів з підвищеним вмістом біологічно активних речовин.

Таким чином, поряд з діючими методами оцінки якості вин, даний метод може використовуватися для швидкого прогнозування якості при створенні нових видів продуктів підвищеної біологічної цінності.

#### Література:

1. *Валуйко Г.Г.* Биохимия и технология красных вин / Г.Г. Валуйко. – Москва: Пищевая пром-сть, 1973. – 296с.

2. *Дурмишиджзе С.В.* О метаболизме эндогенных фенольных соединений в виноградной лозе / С.В. Дурмишиджзе, А.Т. Шалашвили, А.Н. Сопромидзе, Д.И. Тулбани // Физиология растений. – 1984. – Т. 31, №2. – С. 317-320.

3. *Благоева Н.* Исследование влияния различных видов древесины на физико-химические показатели вина сорта "Мерло" после выдержки / Н. Благоева, Н. Стоянов, П. Митев, Х. Спасов, И. Цавков, И. Мельник // Тематичн. зб. наук. праць ДонНУЕТ «Обладнання та технології харчових виробництв». – Вип. 28. – Донецьк, 2012. – С. 3-10.

4. *Мельник И.В.* Изучение качества столовых виноматериалов из красных сортов винограда при их обработке препаратом Мелавинол / И.В. Мельник, С.С. Георгиев, А.А. Казацкер // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. – №33: серія «Сільськогосподарські науки». – Луганськ: «Елтон-2», 2011. – С. 46-51.

5. *Велинский Н.Н.* Роль окислительно-восстановительного состояния никотинамидных коферментов в регуляции клеточного метаболизма / Н.Н. Велинский, П.К. Пархомец // Витамины. – 1976. – Вып. 9. – С. 3-15.

6. *Панин Л.Е.* Биохимические механизмы стресса / Л.Е. Панин. – Новосибирск: Наука, 1983. – 216 с.

7. *Викуль С.И.* Технология ультрафильтрации плодово-ягодных соков, обогащенных биополимерами / С.И. Викуль: Дис...канд. техн. наук. – Одесса: ОТИПП, 1995. – 174 с.

8. *Валуйко Г.Г.* Методы технохимического и микробиологического контроля в виноделии / Под ред. Валуйко Г.Г. – М.: Пищ. пром-сть, 1980. – 144 с.

## **СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАЧЕСТВА КАГОРОВ ПО ПОКАЗАТЕЛЮ БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ**

Викуль С.И., Мельник И.В., Викуль Е.О.

**Аннотация** – данная работа посвящена изучению метода оценки качественных показателей вина, направленного на определение содержания биологически активного компонента. Традиционные методы являются односторонними, поскольку рассматривают вино как механическую смесь различных биологически активных веществ и не учитывают наблюдаемые

**на практике синергетические и антагонистические эффекты воздействия БА - компонентов продукта на живой организм.**

**В результате проведения научного поиска, а также неизменного позитивного практического результата показана возможность использования спектрофотометрических характеристик, а также показателя биологической активности для определения качества вин типа Кагор.**

## **THE COMPARATIVE CHARACTERISTIC OF QUALITY OF CAHORS WINES BY THE BIOLOGICAL ACTIVITY**

S.I. Vikul, I.V. Melnik, E.O. Vikul

### *Summary*

**This work is devoted to studying of a method of an evaluation of qualitative indices of the wine directed on definition of the content of biologically active component. Traditional methods are one-sided as they consider wine as a mechanical mix of various biologically active substances and don't consider synergetic and antagonistic effects of influence of BA components on a living organism observed in practic.**

**As a result of carrying out scientific research, and also invariable positive practical result possibility of use of spectrophotometric characteristics, and also an indicator of biological activity for determination of quality of wines of the Cahors wine type is shown.**

УДК 621.384:664

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИНФРАКРАСНОГО НАГРЕВА В БЫТОВЫХ ТЕПЛОВЫХ АППАРАТАХ

Кирик И.М., к.т.н.,

Василевская С.И., магистрант\*

*Могилевский государственный университет продовольствия*

Тел. +375297412864 (МТС)

**Аннотация** – в данной работе изучены процессы нестационарной теплопроводности в мясном фарше с применением обработки инфракрасным излучением. Разработана и изготовлена экспериментальная установка бытового теплового аппарата инфракрасного нагрева. Получены зависимости безразмерной температуры от числа Фурье, а также зависимости времени тепловой обработки полуфабрикатов из мясного фарша в виде шара от режимных параметров в рабочей камере экспериментального аппарата инфракрасного нагрева.

**Ключевые слова** – инфракрасный нагрев, число Фурье, безразмерная температура, мясной фарш, энергоэффективность.

Метод нагрева инфракрасным излучением находит все большее применение в различных отраслях пищевой промышленности. Он является перспективным методом физической обработки пищевых продуктов, экологически безопасным и энергосберегающим, позволяющим обеспечить интенсификацию и углубленную обработку исходного сырья.

Одним из основных факторов, обуславливающих успешность применения инфракрасных (ИК) лучей для термообработки, является способность их проникать в обрабатываемые изделия на некоторую глубину, воздействовать на молекулярную структуру, в связи с чем быстро возрастает температура не только на поверхности, но и на некоторой глубине изделий [3]. Этот метод нагревания продуктов значительно снижает влияние теплопроводности нагреваемых тел, что обуславливает интенсификацию процесса по сравнению с традиционными способами тепловой обработки. Наряду с этим применение инфракрасного излучения значительно сокращает продолжительность процесса термообработки изделий и снижает удельные расходы энергии.

В данной статье предложено изучить процесс тепловой обработки пищевых продуктов инфракрасным излучением,

---

© Кирик И.М., к.т.н., Василевская С.И., магистрант

\* Научный руководитель – к.т.н., доцент Кирик И.М.



определить аналитические зависимости безразмерной температуры от числа Фурье, а также зависимости времени тепловой обработки от режимных параметров рабочей камеры теплового аппарата бытового назначения инфракрасного нагрева.

Для проведения экспериментальных исследований по изучению процесса тепловой обработки пищевых продуктов инфракрасным излучением создана схема экспериментальной установки, представленная на рис. 1 [1, 2].

Разработанный и исследуемый опытный образец представляет собой емкость из нержавеющей стали объемом 3 дм<sup>3</sup>, в крышку которой встроены галогеновые кварцевые излучатели, отражающий теплоизолирующий экран и защитный экран из термостойкого стекла. С помощью таких излучателей можно создавать очень высокие плотности энергии – до 60 кВт/м<sup>2</sup>. По длине излучателя удельная мощность составляет 3,0-4,0 кВт/м.

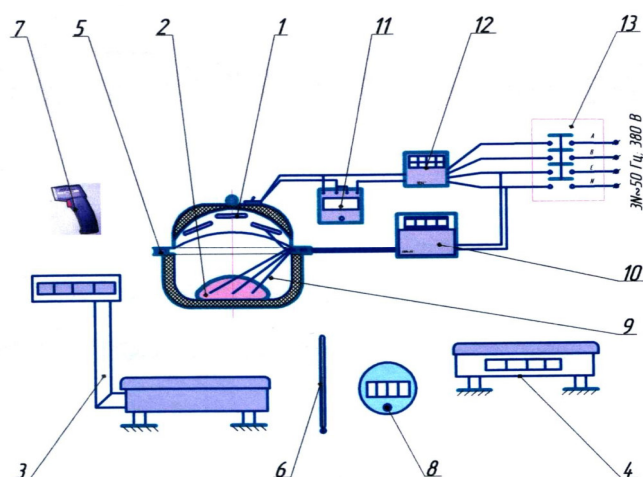


Рис. 1. Схема экспериментальной установки:

1 – аппарат инфракрасного нагрева; 2 – обрабатываемый продукт; 3 – весы электронные ВТНТ-15; 4 – весы электронные лабораторные SC 4010; 5 – вставка дистанционная; 6 – термометр ртутный ТТ; 7 – пирометр Centr-350; 8 – счетчик-секундомер электронный; 9 – преобразователь термоэлектрический ТХА-11992; 10 – измеритель-регулятор «Сосна-004»; 11 – ваттметр Д5004; 12 – счетчик трехфазный ЦЭ6803ВШ; 13 – пускатель магнитный ПМЕ.

В качестве объекта исследований были выбраны мясные рубленые изделия, имеющие форму шара (как, например, тефтели, фрикадельки), которые занимают большой удельный вес в продукции общественного питания.

Для определения зависимости времени тепловой обработки от режимных параметров в рабочей камере аппарата были проведены ряд

исследований процесса тепловой обработки изделий в потоке ИК-излучения. В первой серии опытов мясные рубленые изделия в виде шара подвергались обжарке в экспериментальном аппарате при напряжении питания источника излучения (лампы) 100 В, во второй серии - 110 В и в третьей серии - 125 В (т.е. при номинальном напряжении питания аппарата 200 В, 220 В и 250 В соответственно).

Изменения в пищевых продуктах, подвергшихся тепловой обработке в аппаратах ИК-нагрева, имеют свои особенности. Нагревание внутренних слоев кулинарных изделий в экспериментальном аппарате происходит как за счет теплопроводности, так и за счет поглощения лучистой энергии всем объемом продукта. Как показали исследования, тепловая обработка изделий из мясного фарша в изучаемом ИК-аппарате представляет собой нестационарный тепловой процесс, включающий теплопроводность, перенос влаги с изменением ее агрегатного состояния и различные физические, биохимические, микробиологические, коллоидные и другие процессы. Базовым процессом здесь можно считать нестационарную теплопроводность в заготовке, поскольку изменение температурного поля вызывает или изменяет все остальные процессы.

Измеренные значения температуры на поверхности заготовки и в ее центре показали классически традиционный в качественном плане характер изменения температуры во времени. Температура на поверхности заготовки (или температура корки) сразу быстро возрастает, со временем скорость возрастания ее температуры уменьшается и температура приближается к температуре греющей среды. В центре изделия на первоначальной стадии температура остается неизменной, пока идет процесс прогрева заготовки. Через некоторое время температура в центре заготовки начинает расти сначала быстро, а затем все медленнее, также приближаясь к некоторой предельной температуре (рис. 2).

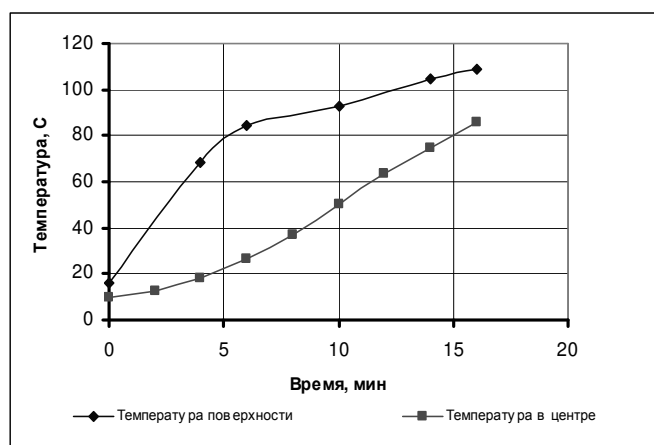


Рис. 2. График зависимости температуры заготовки из мясного фарша от продолжительности тепловой обработки.

В теории нестационарной теплопроводности изменение температуры во времени в каждой точке тела при его нагревании и охлаждении определяется бесконечным рядом [4]

$$\theta = \sum_{n=1}^{\infty} D_n \cdot e^{-\mu_n^2 \cdot F_0}, \quad (1)$$

где  $\theta$  – безразмерная температура, определяемая как

$$\theta = \frac{100 - t}{100 - t_0}, \quad (2)$$

$t_0$  – начальная температура заготовки, °С;

$F_0$  – число Фурье, определяемое как

$$F_0 = \frac{a \cdot \tau}{l^2}, \quad (3)$$

$a$  – коэффициент температуропроводности, м<sup>2</sup>/с;

$\tau$  – время, с;

$l$  – характерный геометрический размер заготовки, м;

$D_n$  – некоторая функция, зависящая от граничных условий, координат, формы тела и т.п.;

$\mu_n$  – корни характеристического уравнения, получаемого при решении задачи.

На первом этапе тепловой обработки, называемом неупорядоченным режимом, наблюдается сложный характер изменения температуры в теле заготовки, различный в разных точках, и для определения температуры требуется много членов ряда (1). Со временем с ростом числа Фурье ряд (1) сходится все быстрее, и для определения значений температуры требуется все меньшее число членов ряда. После определенных значений числа Фурье ряд сходится настолько быстро, что для математического описания процесса достаточно первого члена ряда

$$\theta = D_1 \cdot e^{-\mu_1^2 \cdot F_0}. \quad (4)$$

Этот режим называют регулярным режимом. Изменение температуры при этом во всех точках тела имеет аналогичный характер.

При традиционных поверхностных способах тепловой обработки (жарки, выпечки) для бесконечного цилиндра и шара такой

режим наступает при  $Fo \geq 0,25$  (при определяющем размере, равном радиусу цилиндра или шара, т.е. при  $l=r$ , где  $r$  – радиус, м).

Аппроксимация экспериментальных измерений уравнением (4) открывает большие возможности для обобщения опытных данных, прогнозирования изменения температуры во времени в процессе тепловой обработки заготовок, получения расчетных уравнений. Коэффициенты  $D_1$  и  $\mu_1$  получаются в этом случае эмпирически.

Уравнение (4) является уравнением подобия (критериальным уравнением), которое должно обобщать экспериментальные результаты. В первую очередь уравнение обобщает результаты для изделий одной формы.

Результаты полученных экспериментальных данных тепловой обработки изделий из мясного фарша в форме шара при обжарке в опытном ИК-аппарате при напряжении питания источника излучения (лампы) 100 В, 110 В и 125 В (т.е. при номинальном напряжении питания аппарата 200 В, 220 В и 250 В соответственно) представлены на рис. 3 и 4.

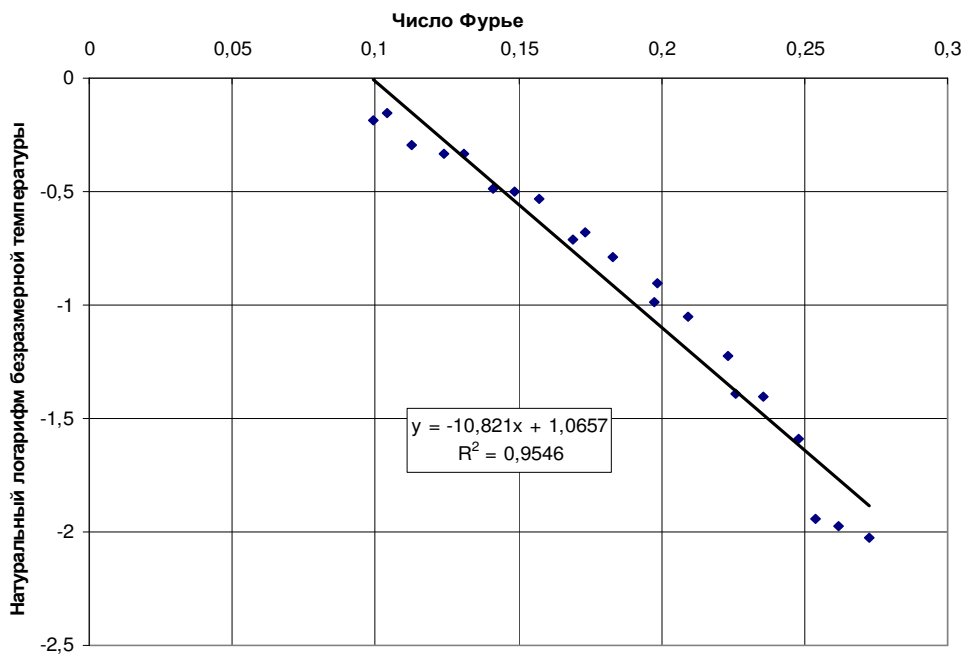
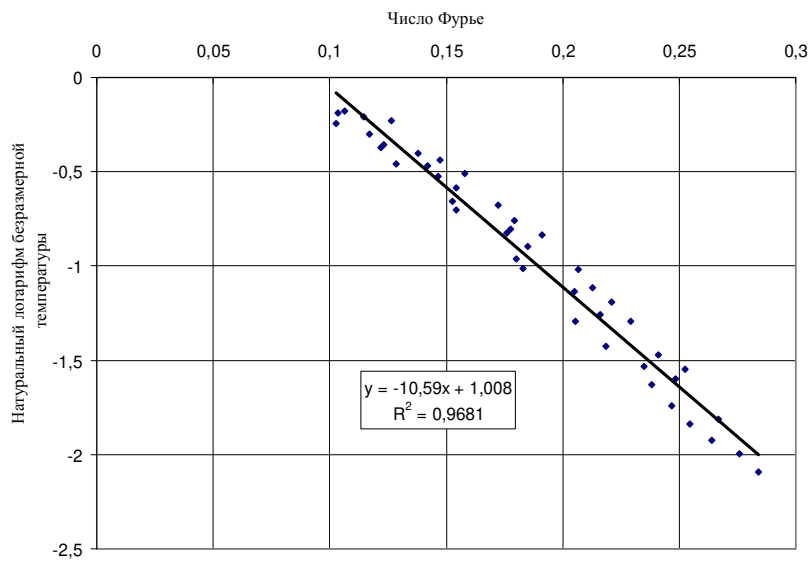
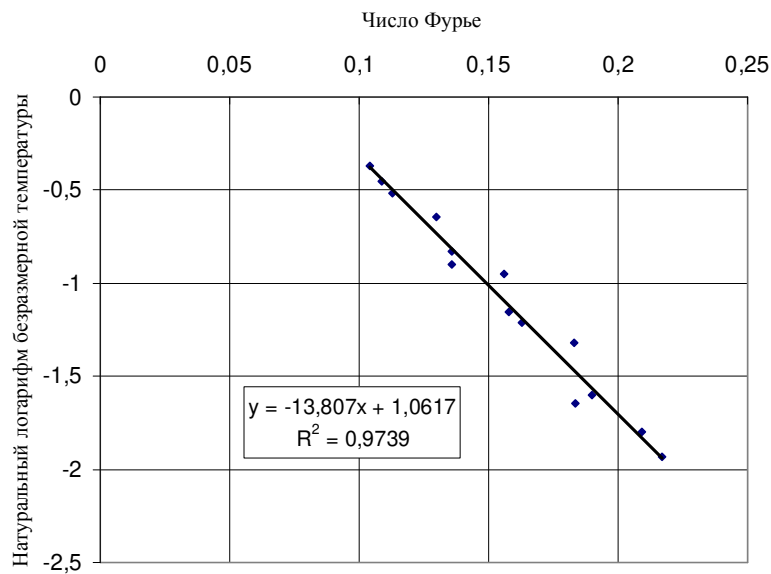


Рис. 3. Результаты аппроксимаций экспериментальных данных при обжарке в экспериментальном аппарате при номинальном напряжении питания источника излучения (лампы) 100 В.



а)



б)

Рис. 4. Результаты аппроксимаций экспериментальных данных при обжарке в экспериментальном аппарате при номинальном напряжении питания источника излучения (лампы): а) 110 В; б) 125 В.

Аппроксимация измерений всех трех серий исследований дает уравнения, описывающие процесс прогрева изделия на его второй стадии, которую можно описать с помощью уравнения (4) при температуре поверхности излучателя 365°C, 400°C и 420°C (т.е. при

напряжении питания источника излучения (лампы) 100 В, 110 В и 125 В). Результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты экспериментальных исследований

Напряжение на лампе, В	Температура лампы, °С	Расчетная формула
100	365	$\theta = 2,9 \cdot \dot{a}^{-10,8Fo}$
110	400	$\theta = 2,74 \cdot \dot{a}^{-10,6Fo}$
125	420	$\theta = 2,9 \cdot \dot{a}^{-13,8Fo}$

*Выводы.* Продукция, обрабатываемая инфракрасным нагревом, имеет хорошие органолептические показатели и не уступает продукции, приготовленной обычными способами тепловой обработки (например, жарке). Результаты проведенных исследований позволили получить уравнения для изделий из мясного фарша массой 50-100 г в виде шара, которые справедливы при  $Fo \geq 0,1$ . Эти уравнения рекомендуются для инженерных расчетов при определении температуры в центре изделий по истечении определенного времени или при определении необходимого времени до достижения заданной температуры в центре обрабатываемой мясной заготовки в форме шара.

#### Литература:

1. Гинзбург А.С. Лабораторный практикум по процессам и аппаратам пищевых производств/ А.С. Гинзбург, С.М. Гребенюк, С.Н. Михеева [и др.]. – М.: Агропромиздат, 1990. – 256 с.
2. Груданов В.Я. Технологическое оборудование пищевых производств (лабораторный практикум): учеб. пособие/ В.Я. Груданов, И.М. Кирик: под ред. В.Я. Груданова. – Мн.: Изд. центр БГУ, 2005. – 205 с
3. Островский Л.В. Инфракрасный нагрев в общественном питании/ Л.В. Островский. – М.: Экономика, 1978. – 104 с.
4. Теплоэнергетика и теплотехника: в 4 т. / А.В. Клименко; под общ. ред. А.В. Клименко и М.В. Зорина. – 4-е изд. – М: Издательский дом МЭИ, 2007. – Т.2: Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент: справочник. – 564 с.

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ИНФРАКРАСНОГО НАГРЕВА В БЫТОВЫХ ТЕПЛОВЫХ АППАРАТАХ**

Кирик И.М., Василевская С.И.

*Аннотация* – в данной работе изучены процессы нестационарной теплопроводности в мясном фарше с применением обработки инфракрасным излучением. Разработана и изготовлена экспериментальная установка бытового теплового аппарата инфракрасного нагрева. Получены зависимости безразмерной температуры от числа Фурье, а также зависимости времени тепловой обработки полуфабрикатов из мясного фарша в виде шара от режимных параметров в рабочей камере экспериментального аппарата инфракрасного нагрева.

## **RESEARCHES OF THE PROCESS OF INFRA-RED HEATING IN THERMAL HOUSEHOLD DEVICES**

I.Kirik, S. Vasilevskaya

### *Summary*

In the given work processes of non-stationary heat conductivity in minced meat with processing application by infra-red radiation are studied. The experimental installation of thermal household device of infra-red heating are designed and constructed. Dependences of dimensionless temperature on number of Fure, and also dependence of time of thermal processing of half-finished products from minced meat in the form of a sphere from regime parametres in the working chamber of the test apparatus of infra-red heating are received.

УДК 641.513.06:62-784.3

## ДІАГНОСТИКА ОБЛАДНАННЯ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ ЗА ШУМОВИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

Кіріченко В.О., к.т.н.

*Донецький національний університет економіки і торгівлі  
імені Михайла Туган – Барановського*

Тел.(062) 304-50-46

**Анотація** – дану роботу присвячено експериментальним дослідженням шумової характеристики обладнання харчових виробництв, спрямованим на його технічну діагностику за цими характеристиками.

**Ключові слова** – діагностика, картопечистка, шумові характеристики, метод прискорених випробувань.

*Постановка проблеми.* Надійність будь-якого виду обладнання є одним з основних показників якості [1]. На цей показник сильно впливає його строк експлуатації, для збільшення якого дуже важливо виявити дефекти деталей до виникнення поломки. Для оцінки технічного стану обладнання харчових виробництв і своєчасного виявлення у робочих умовах експлуатаційних ушкоджень доцільно використовувати методи й засоби віброакустичної діагностики машин, що базуються на визначенні випромінюваного шуму.

Широке впровадження безрозбірної акустичної діагностики на машинобудівних підприємствах, а також в експлуатаційних і ремонтних організаціях у комплексі із сучасними неруйнуючими методами контролю є важливим резервом підвищення якості виготовлення й ремонту машин, скорочення непродуктивних простоїв техніки, витрати запасних частин і мастильних матеріалів, трудових витрат і капіталовкладень [2].

Використання засобів акустичної діагностики дозволяє запобігти раптовій відмові, виключити розкриття механізмів для візуального визначення їх технічного стану, перейти від планового технічного обслуговування машин і механізмів до обслуговування залежно від фактичного технічного стану.

Однак на даний момент взаємозв'язок підвищення рівня звуку, випромінюваного обладнанням харчових виробництв, і дефектами, що виникають під час експлуатації, вивчена недостатньо.



*Аналіз останніх досліджень.* Методи оцінки технічного стану різного обладнання розвивалися поетапно. Спочатку використовувалися методи контролю різних параметрів, потім моніторингу, і, на останньому етапі, системи діагностики й прогнозу технічного стану. Впровадження кожного наступного виду систем дає нові можливості для переходу на обслуговування обладнання за фактичним станом.

Так, контроль шумових характеристик дає інформацію про величини параметрів і зони їх припустимого відхилення. При моніторингу з'являється додаткова інформація про тенденції зміни параметрів у часі, яка може використовуватися й для прогнозу. Ще більший обсяг інформації дає діагностування, а саме, ідентифікацію місця, виду й величини дефекту. Найбільш складне завдання прогнозу розвитку дефекту, а не змін контрольованих параметрів, розв'язок якої дозволяє визначити залишковий ресурс або прогнозований інтервал безаварійної роботи.

Сучасні системи моніторингу й діагностики обладнання за шумовими характеристиками будуються на базі неруйнуючих методів контролю й діагностування.

Використовувані в них методи діагностування можна розділити на дві основні групи. До першої належать методи тестової діагностики, що вимагають формування штучних збурювань, що впливають на об'єкт діагностики. За ступенем викривлення збурювань судять про стан об'єкта. Збурювання мають відомі характеристики, і предметом вивчення є тільки ті викривлення, які виникають при їхній передачі через об'єкт. Подібні методи будуються на базі досить простих інформаційних технологій і широко використовуються для діагностування різних вузлів на етапі їх виготовлення, а також машин і обладнання в непрацюючому стані.

Друга група містить у собі методи функціональної (робочої) діагностики, використовувані, у першу чергу, для машин, що є джерелом природних збурювань у процесі їх роботи. Ці методи орієнтовані, насамперед, на аналіз процесів формування збурювань, а не їхніх викривлень під час поширення. Більше того, викривлення звичайно ускладнюють аналіз вимірюваних сигналів і, як наслідок, використовують інформаційну технологію. Лише для обмеженого кола завдань функціональної діагностики використовується інформація, одержувана в результаті аналізу викривлень природних збурювань при проходженні їх через об'єкт, що діагностується.

Інформаційна фазо-тимчасова технологія заснована на порівнянні форми сигналів, обмірюваних через фіксовані інтервали часу. Ця технологія успішно використовується для контролю стану

машин зворотно-поступальної дії з декількома однаковими вузлами, що навантажуються послідовно через однакові інтервали часу.

Порівняння форми сигналів з еталонною можна здійснювати за допомогою ще однієї, інформаційної спектральної технології, заснованої на вузькосмугаєму спектральному аналізі сигналів. При використанні такого виду аналізу сигналів діагностична інформація витримується у співвідношенні амплітуд і початкових фаз основної складової й кожної із кратних їй за частотою складових [3].

Перераховані вище інформаційні технології застосовувалися ще в минулому сторіччі для контролю працездатності машин. Лише остання, спектральна технологія почала широко використовуватися у середині цього століття після створення відносно простих аналізаторів спектра сигналів різної природи. І в наш час ці технології широко застосовуються у системах контролю й керування обладнання.

Усі вони, однак, мають загальний недолік при використанні в завданнях діагностики, коли потрібно виявити дефекти, що зароджуються у різних вузлах. Він пов'язаний з тим, що розкид величин вимірюваних параметрів навіть у групі однакових бездефектних машин, як правило, перевищує зміни, характерні для появи дефектів, що зароджуються.

Розвиток засобів вимірювань і обчислювальної техніки в останні роки дозволило частково розв'язати проблеми контролю й діагностики шляхом створення систем моніторингу машин і обладнання на базі розглянутих інформаційних технологій. Однак такі системи, орієнтовані на безперервний контроль діагностичних параметрів конкретної машини або обладнання, мають спеціальні режими адаптації на початковому етапі експлуатації, коли дефекти найчастіше відсутні.

Розв'язком даної проблеми є діагностування дефектів обладнання, що з'являються, за зміною його шумових характеристик.

*Формулювання цілей статті.* Завдання даної роботи складається у знаходженні взаємозв'язку між підвищенням рівня випромінюваного шуму і виникненням дефектів у обладнанні харчових виробництв.

*Основна частина.* На підприємствах харчування до 85% оброблених продуктів припадає на овочі, 90% яких припадає на картоплю. Першим етапом обробки картоплі є очищення її від шкірки. З метою полегшення праці працівників підприємств харчування використовуються картоплечистки. На цих підприємствах, в основному, використовують картоплечистки періодичної дії. Тому в якості досліджуваного обладнання було обрано картоплечистку періодичної дії МОК-350.

Дослідження шумової характеристики картоплечистки МОК-350 проводилося із застосуванням методу прискорених випробувань. Вимірювання проводилися атестованим шумоміром 00023 «Роботрон», мікрофон установлювався на спеціальній стійці з двома фіксованими положеннями траверси, одне для точок 1-4, інше для точок 5-8. Акустичне й електричне калібрування шумоміра проводилося до і після проведення кожного виміру шумової характеристики.

Ці випробування проводилися форсованим способом, що передбачає більш жорсткі умови експлуатації з періодичним визначенням необхідних показників. У зв'язку з цим експлуатаційне навантаження на картоплечистку було збільшене в 1,5 рази в порівнянні з номінальним. Більше навантаження не застосовувалося через прослизання ремня клиноремінної передачі.

Збільшення навантаження досягалося за рахунок більшого одноразового завантаження картоплі в робочу камеру. Це завантаження склало 15 кг замість 10 кг номінального завантаження.

За рахунок того, що як навантажувальний елемент використовувалася картопля, були максимально враховані всі діючі фактори, що присутні під час виробничої експлуатації картоплечистки і які залежать від властивостей продукту (щільності, твердості, пружності і т.п.).

Для зменшення втрат картоплі за рахунок стирання вода в робочу камеру не подавалася; тому відбувалося забивання пір абразивної поверхні робочого органа і камери мезгою картоплі і, як наслідок, зменшення коефіцієнта тертя.

У результаті цього втрати картоплі на стирання склали в середньому не більш 3 % за кожен цикл проведення прискорених випробувань, що складає 6 годин безперервної роботи картоплечистки.

Після кожного циклу прискорених випробувань проводилися виміри шумових характеристик картоплечистки при роботі без продукту з метою визначення тенденції зміни шумових характеристик картоплечистки в часі. Шумові характеристики картоплечистки визначалася при роботі без продукту для того, щоб виявити зміни конструкційного шуму, тобто без впливу шуму, викликаного зіткненням картоплі з робочим органом і камерою картоплечистки.

Шумові характеристики картоплечистки МОК-350 визначалася технічним методом № 4 за ГОСТ 12.1.026-80. За вимірювальну поверхню був прийнятий паралелепіпед, що обгинає картоплечистку на відстані  $d=1\text{м}$ .

Після 372 годин загального часу роботи в навантаженому режимі відбулася електромеханічна відмова, тобто картоплечистка

вийшла з робочого стану. Це відбулося внаслідок виходу з ладу верхнього підшипника, встановленого на валу робочого органа. Цей вихід із працездатного стану узгоджується з розрахунковими значеннями загального часу наробітку на відмову для машин даного типу.

За усередненими результатами десятикратних вимірів шумових характеристик картоплечистки в контрольних вимірювальних точках після кожного циклу прискорених випробувань були визначені значення звукової потужності, дБ і коректованого рівня звукової потужності, дБА. Отримані значення проілюстровані графіком відповідно до рис. 1.

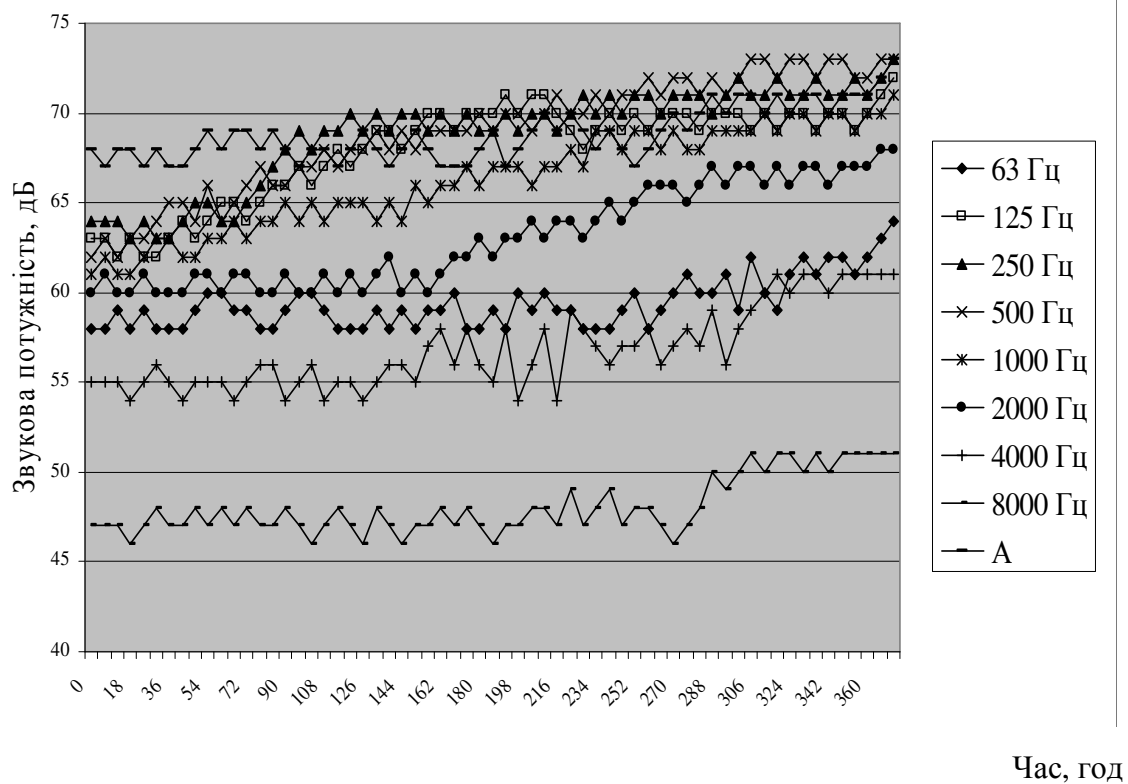


Рис. 1. Графік зміни шумових характеристик картоплечистки МОК-350 у часі.

Із графіка видно, що настанню електромеханічної відмови передувало стрімке підвищення рівня звукової потужності. Найбільш стрімке підвищення рівня випромінюваного звуку спостерігалось на високих частотах.

*Висновки.* На основі аналізу підвищення рівня випромінюваного звуку картоплечистки та виходу її з працездатного стану можна впевнено стверджувати, що підвищення рівня звуку на високих частотах відповідає появі дефектів у підшипнику.

Перспективами подальших досліджень у цьому напрямку є

проведення аналогічних досліджень для іншого обладнання харчових виробництв.

Література:

1. *Топольник, В.Г.* Технический уровень и сертификация оборудования пищевых производств: [учеб. пособие] / Топольник В.Г./ – Донецк: ДонГУЭТ, 2003. – 208 с.

2. *Балицкий, Ф.Я.* Виброакустическая диагностика зарождающихся дефектов. / Балицкий Ф.Я., Иванова М.А., Соколова А.Г./ – М.: Наука, 1984 – 120 с.

3. *Баркова, Н.А.* Введение в виброакустическую диагностику роторных машин и оборудования: [учеб. пособ]. / Баркова Н.А./ – СПб.: Изд. Центр СПбГМТУ, 2003. – 160 с.

## **ДИАГНОСТИКА ОБОРУДОВАНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОИЗВОДСТВ ПО ШУМОВЫМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ**

Кириченко В.А.

***Аннотация*** - данная работа посвящена экспериментальным исследованиям шумовой характеристики оборудования пищевых производств, направленным на его техническую диагностику по этим характеристикам.

## **DIAGNOSTICS OF THE EQUIPMENT OF FOOD MANUFACTURES TO THE NOISE CHARACTERISTICS**

V. Kirichenko

### ***Summary***

**This work is devoted to an experimental research of the noise characteristics of the equipment of food manufactures directed to its technical diagnostics on these characteristics.**

УДК 664.143.4.001.57

## МОДЕЛЮВАННЯ ПЕРЕМІШУВАННЯ В'ЯЗКОПЛАСТИЧНИХ ХАРЧОВИХ СЕРЕДОВИЩ

Лавріненко Н.М., д.ф.-м.н.

Науково-технологічний центр "Реактивелектрон" НАН України

Бескровний О.І., к.т.н.

Донецький національний технічний університет

Тел.(066) 040-04-35

**Анотація** – у роботі досліджено структурно-механічні характеристики харчових мас при перемішуванні, а, саме, поведінку частинок наповнювача в формі кулі в дисперсній фазі під впливом деформації простого зсуву.

**Ключові слова** – перемішування дисперсних середовищ, деформаційна мода, включення ( у формі кулі)-оболонка-матриця, ефективно зсувне напруження.

*Постановка проблеми.* Перемішування харчових мас у технологічних процесах забезпечує досягнення декількох результатів: (1) змішування – поєднання об'ємів двох і більше компонентів з метою отримання однорідної суміші; (2) пластикації – зміна структурно-механічних характеристик матеріалу від твердої до в'язкої консистенції або зниження в'язкості; (3) збиття – перетворення одно- або двофазних систем в дво- або трифазну систему насиченням газовою фазою [1]. Процес перемішування супроводжується складними фізичними, хімічними і біохімічними процесами. З гідродинамічної точки зору процес перемішування зводиться до динамічної взаємодії обертових робочих органів змішувача з в'язким середовищем, яке залежить від структури і характеру потоків, що виникають у в'язкому середовищі. Надалі розглядається деформаційна мода простого зсуву. Для якісного аналізу фізичної картини, що виникає при перемішуванні, розглянемо поведінку включення у матриці при деформації простого зсуву, тобто розглянемо трифазну систему: включення (кластер у формі кулі), оболонка і матриця.

*Аналіз останніх досліджень.* Необхідно зазначити, що це питання інтенсивно вивчалось представниками різних наукових напрямків. Грунтуючись на аналітичних розв'язках у [2], дослідники в області композиційних матеріалів і дефектів у твердих тілах

досліджували поведінку включення, що має неідеальний зв'язок з матрицею [3]. Як показано в [4], гіпотеза Ешелбі не виконується для циліндричних та еліптичних включень з прослизанням. Суть гіпотези Ешелбі полягає у тому, що вплив постійного напруження, прикладеного на нескінченності, приводить до встановлення постійного напруження усередині включення, тобто, при довільній комбінації чистого і простого зсувів, при довільній орієнтації і характеристичному співвідношенні еліпсоїдального включення всередині нього завжди встановлюється однорідне напруження, яке описується одним єдиним тензором напружень. Цей результат має фундаментальне значення у прикладних науках, оскільки в реальних системах зв'язок між включенням та матрицею, як правило, не є ідеальним або через прослизання на міжфазній границі, або через наявність третьої фази, тобто оболонки. Неоднорідно напружений стан усередині включення, як видно, не впливає на гідродинамічну течію, але може викликати перехід в іншу деформаційну моду, або стимулювати метаморфні реакції. Крім того, неоднорідність напружень усередині включення у значній мірі впливає на еволюцію текстури [5].

*Метою статті є дослідження структурно-механічних характеристик харчових мас при перемішуванні: поведінка дисперсного середовища з наповнювачем у вигляді зерен у формі кулі під впливом деформації простого зсуву.*

*Основна частина.* У якості моделі використовувалася трифазна система: включення (зерно наповнювача)-оболонка-матриця, що знаходиться під впливом деформації простого зсуву. Система достатньою мірою ізольована, так що граничні умови не чинять на включення збурюючої дії. Вважаємо, що взаємодією між включеннями можна знехтувати. Оскільки передбачається, що ефективна в'язкість оболонки менше ефективної в'язкості матриці, то оболонку можна вважати шаром мастила. Це дає можливість розглядати також і граничний випадок, коли товщина шару змащення прямує до нуля, але прослизання між включенням та матрицею дозволено. У припущенні плоских деформацій задача розв'язується у двовимірному випадку. Включення має форму круга – розглядається вироджена форма. У [3] отримано замкнутий аналітичний розв'язок задачі для випадку кругового включення з прослизанням. Для чисельного моделювання процесу ми будемо використовувати метод скінченних елементів, який дозволяє вивчати різну геометрію, нелінійні матеріальні властивості (неньютонівські рідини) і скінченні деформації.

Наявність меж системи може вплинути на рух включення [6], тому у всіх моделях передбачається, що довжина включення складає

лише 5% від довжини зони зсуву. Товщина оболонки (шару мастила) змінюється від 0 до 50% довжини радіуса круга. Товщина проміжного шару  $H$  задається у відсотках. Кут зсуву  $\varphi$  є мірою зсувних деформацій  $\gamma$  і визначається формулою  $\gamma = \operatorname{tg} \varphi$ .

Граничні умови задано у вигляді постійної зсувної швидкості деформацій на верхній і нижній сторонах і вільних від напружень бічних сторонах. За означенням зсувна швидкість деформацій дорівнює  $\dot{\gamma} = \frac{\partial v_x}{\partial y}$ ,  $v_x$  - горизонтальна швидкість в декартовій системі координат. Додатне значення  $\gamma$  відповідає зсуву верхньої сторони зліва направо.

Розглянута реологія відповідає ньютонівським рідинам і неньютонівським рідинам, підпорядковуваним степеневому закону, коли тензор напружень  $\tau_{ij}$  і тензор швидкостей деформацій  $\dot{\varepsilon}_e$  пов'язані співвідношенням  $\tau_{ij} = 2\eta \dot{\varepsilon}_{ij}$ , де  $\eta$  – ефективна в'язкість матеріалу, яка за означенням дорівнює  $\eta = B \dot{\varepsilon}_e^{\left(\frac{1}{n}-1\right)}$ . Тут  $\dot{\varepsilon}_e$  – швидкість ефективних деформацій,  $n$  – показник ступеня,  $B$  – матеріальна константа, яка у випадку ньютонівської рідини ( $n = 1$ ) дорівнює в'язкості. Швидкість ефективних деформацій визначається формулою

$$\dot{\varepsilon}_e = \sqrt{\left(\frac{\dot{\varepsilon}_{xx} - \dot{\varepsilon}_{yy}}{2}\right)^2 + \dot{\varepsilon}_{xy}^2} \quad \text{аналогічно визначенню ефективного зсувного}$$

$$\text{напруження } \sigma_e = \sqrt{\left(\frac{\sigma_{xx} - \sigma_{yy}}{2}\right)^2 + \sigma_{xy}^2}.$$

У нашому випадку (форма включення – куля) відсутня залежність від кута орієнтації включення. На рис. 1-5 показані характерні особливості розподілу тиску  $P$  і ефективного зсувного напруження  $\sigma_e$ , обумовлені наявністю проміжного шару.

Для того, щоб зрозуміти вплив проміжного шару на поведінку включення, розглянемо спочатку два граничних випадки – дуже жорстке (рис. 1) і дуже слабе (рис. 2) кругові включення без проміжного шару. Природно, що найбільший тиск виникає біля границь жорсткого включення у двох квадрантах, що відповідає набіганню потокових ліній простого зсуву на включення. Завдяки симетрії абсолютні значення збурень тиску у всіх чотирьох квадрантах рівні. У разі слабого включення у порівнянні з жорстким включенням області стиснення стають областями розтягування,



області, в яких швидкість деформацій дорівнює нулю, стають сильно деформованими областями. Тиск у кластері дорівнює нулю, хоча тепер у ньому найбільша швидкість ефективної деформації і найменше значення ефективного зсувного напруження.

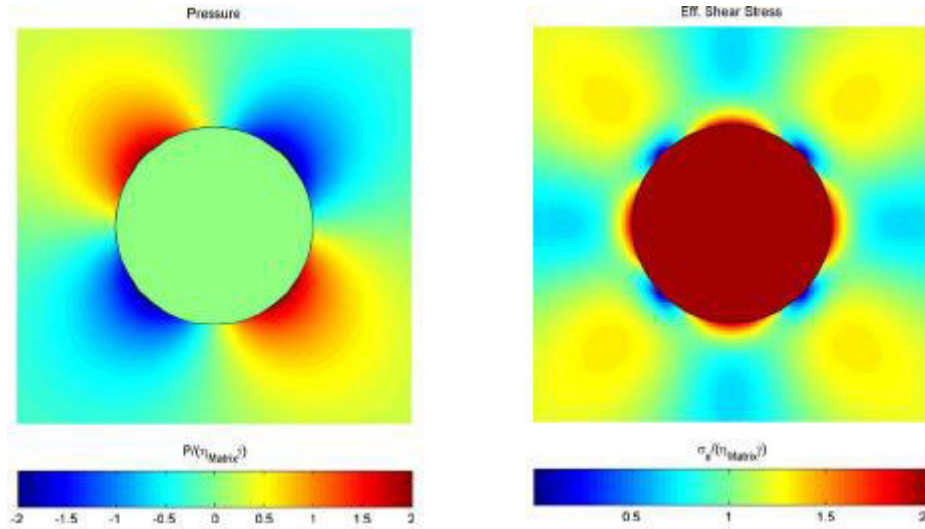


Рис. 1. Жорстке кругове включення; відсутній проміжний шар; ідеальний зв'язок між матрицею і включенням.

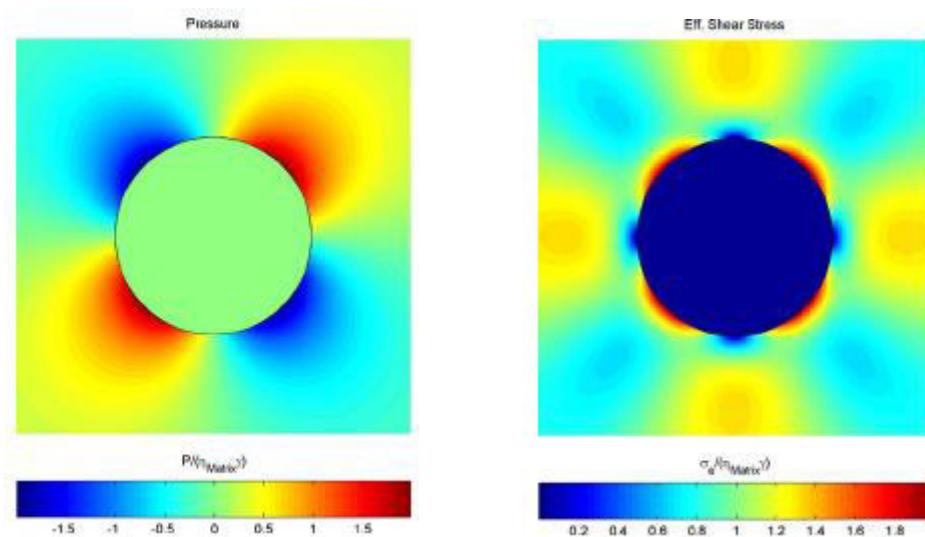


Рис. 2. Слабке кругове включення; відсутній проміжний шар; ідеальний зв'язок між матрицею і включенням.

Повністю підтверджується гіпотеза Ешелбі: хоча зміна відносного значення в'язкості в жорсткому і слабкому включених повністю змінює кінематичні та динамічні параметри, всередині включення стан однорідний і всі параметри мають постійне значення.

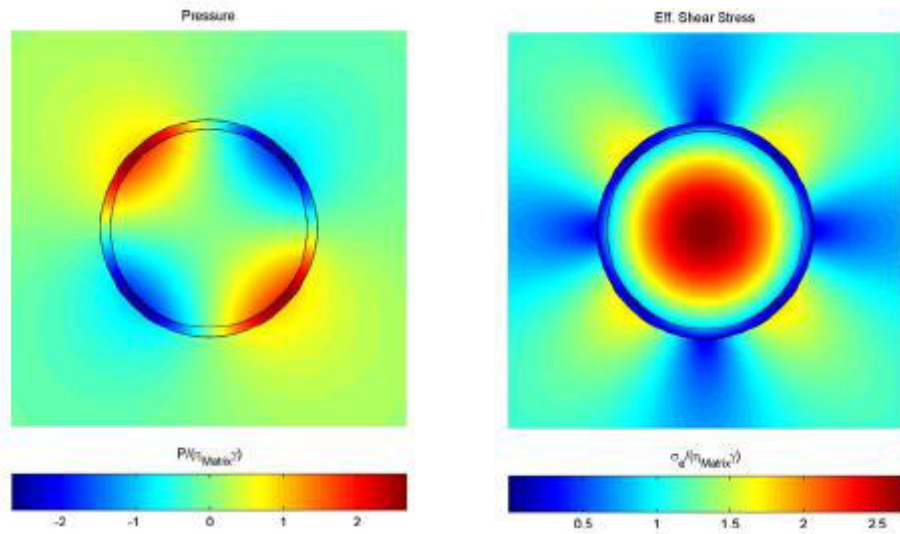


Рис. 3. Жорстке кругове включення з проміжним шаром  $H = 10$ ;  $\eta_{\text{labricant}} / \eta_{\text{matrix}} = 1/10$ .

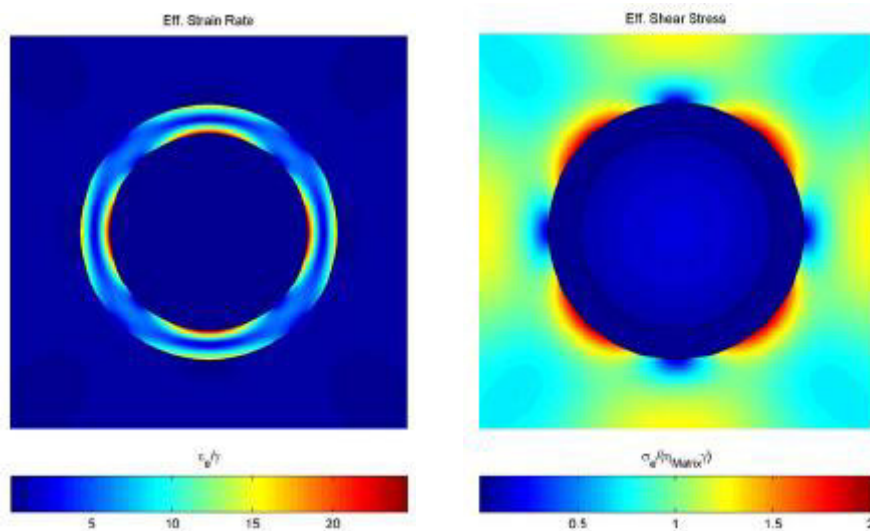


Рис. 4. Жорстке кругове включення з проміжним шаром  $H = 30$ ;  $\eta_{\text{labricant}} / \eta_{\text{matrix}} = 1/1000$ .

Введення прослизання між включенням та матрицею за посередництвом проміжного шару (шару мастила) приводить до неоднорідного розподілу напружень і швидкості деформацій усередині включення (рис. 3-4), що узгоджується з аналітичним розв'язком [7].

Таким чином, проміжний шар сприяє поширенню зовнішнього тиску всередину включення. З іншого боку, зменшення в'язкості проміжного шару приводить до того, що матриця не «відчуває» більше включення і розподіл тиску в матриці нагадує випадок слабого включення. Цей ефект – маскування жорсткого включення –

посилюється при збільшенні товщини проміжного шару. Вплив проміжного шару на швидкість ефективних деформацій полягає в тому, що він відіграє роль концентратора деформацій і характеризується найбільшим значенням швидкості ефективних деформацій. Амплітуда  $\varepsilon_e$  зростає при зменшенні в'язкості проміжного шару, але зменшується при збільшенні його товщини. Вплив проміжного шару на ефективне зсувне напруження аналогічно його впливу на  $P$  – при зменшенні в'язкості проміжного шару і збільшенні його товщини матричні значення прямують до значень у випадку слабого включення. Найменші значення  $\sigma_e$  спостерігаються у проміжному шарі.

Ще в одному випадку гіпотеза Ешелбі порушується навіть при відсутності проміжного шару; це відбувається при перемішуванні неньютонівських матеріалів (рис. 5). Розглянуто матеріали, коли і матриця і включення описуються степеневим рівнянням з показником. Характеристики включення стають неоднорідними тільки через неньютонівську поведінку матриці. Якщо тільки включення описується степеневим законом, то гіпотеза Ешелбі справедлива.

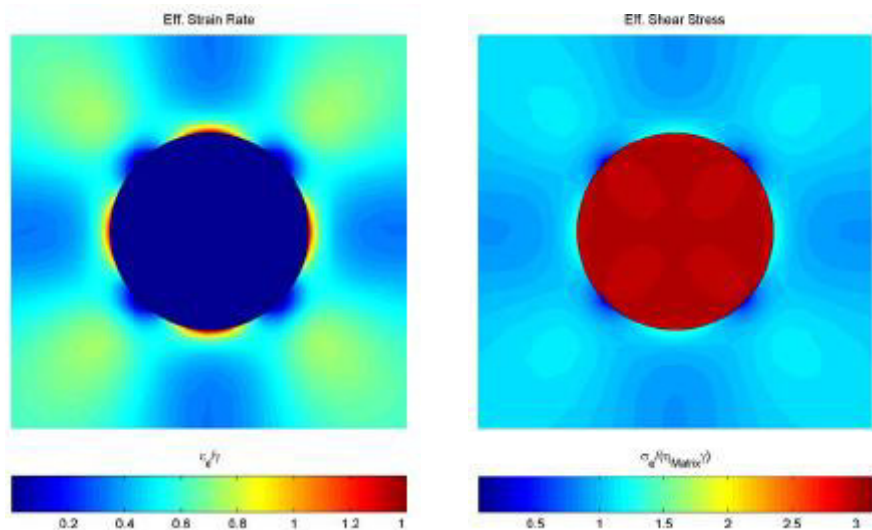


Рис. 5. Жорстке кругове включення; включення і матриця – неньютонівські матеріали:

$$H = 0; \quad n_{clast} = 3.3, \quad n_{matrix} = 3.05, \quad \eta_{clast} / \eta_{matrix} = 10/1.$$

Поведінку при скінченних деформаціях для жорсткого кругового включення з проміжним шаром  $H = 10$ ;  $\eta_{lubricant} / \eta_{matrix} = 1/1000$  показано на рис. 6. Скінченна деформація у цьому випадку дорівнює  $\gamma = 0.56$ . Хоча ця деформація відносно мала, але виявилася достатньою для істотного зменшення товщини проміжного шару в квадрантах стиснення і формування

хвостів. Розподіл напружень виглядає аналогічно початковому розподілу, але гострі кінці хвостів є концентраторами напружень, подібними до концентраторів напружень у вершинах тріщин.

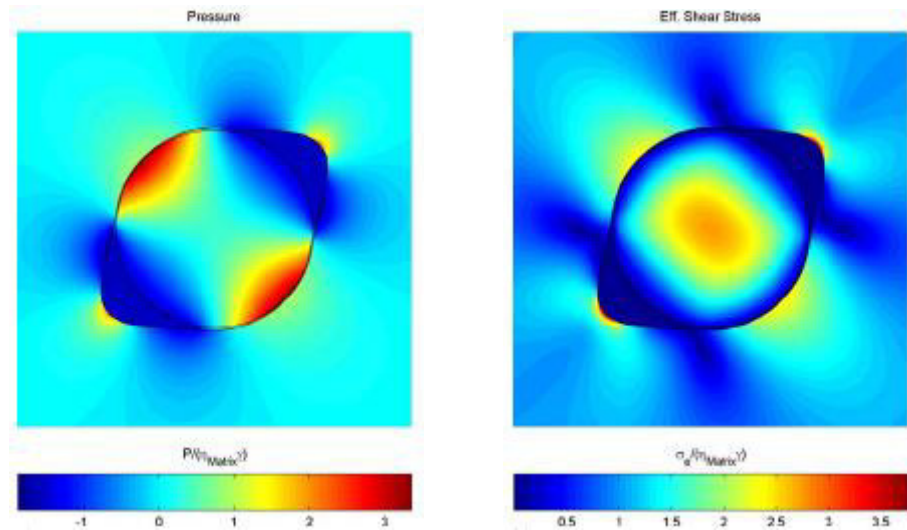


Рис. 6. Скінченні деформації для жорсткого кругового включення з проміжним шаром  $H = 10$ ;  $\eta_{\text{lubricant}} / \eta_{\text{matrix}} = 1/1000$ .

Таким чином, можна зробити такі висновки:

1. При зменшенні в'язкості проміжного шару менше  $1/1000$  в'язкості матриці поведінка включення стає нечутливою до подальшого зменшення в'язкості проміжного шару.

2. Для матеріалів з ньютонівською реологією в'язкість проміжного шару повинна бути менше  $1/2$  в'язкості матриці для забезпечення повороту включення у протилежному до зсуву напрямку (максимальна товщина проміжного шару повинна бути  $\leq 50$ ).

3. Неньютонівська поведінка проміжного шару приводить до встановлення стабільності вже при розходженні ефективних в'язкостей у  $1/2$  рази.

Література:

1. Чувахин С.В. Научно-практические основы интенсификации механических процессов при образовании высоковязких кондитерских масс: / С.В. Чувахин // Автореф. диссерт. д-ра техн. наук. – М.: МТИПП, 1990. – 50с.

2. Eshelby J.D., 1959. The Elastic Field Outside an Ellipsoidal Inclusion / J.D.Eshelby // Proceedings of the Royal Society of London Series a - Mathematical and Physical Sciences. – 1959. – v. 252(1271). – P. 561-569.

3. Shen H. Analysis of internal stress in an elliptic inclusion with imperfect interface in plane elasticity / H.Shen, P.Schiavone, C.Q. Ru,

A.Mioduchowski // Mathematics and Mechanics of Solids. –2000. – v. 5(4). – P. 501-521.

4. *Mura, T.* Some new problems in the micromechanics / *T. Mura* // Materials Science and Engineering a-Structural Materials Properties Microstructure and Processing. – 2000. – v. 285(1-2). – P. 224-228.

5. *Kocks U.F.* Texture and anisotropy preferred orientations in polycrystals and their effect on materials properties / *U.F.Kocks, C.N.Tome, H.R.Wenk, H.Mecking, A.J.Beaudoin.* – Cambridge University Press, Cambridge. – 1998, XII. – 676p.

6. *Ildenfonse B.* Mechanical interactions between rigid particles in deforming ductile matrix – analog experiments in simple shear flow / *B.Ildenfonse, D.Sokoutis, N.S. Mancktelow* // Journal of Structural Geology. – 1992. – v.14(10). – P.1253-1266.

7. *Marques F.O.* Rotation of rigid elliptical cylinders in viscous simple shear flow: analogue experiments / *F.O.Marques, S. Coelho* // Journal of Structural Geology. – 2001. – v.23(4). – P.609-617.

8. *Stagni, L.* Elastic field perturbation by an elliptic inhomogeneity with a sliding interface / *L. Stagni* // Journal of Applied Mathematics and Physics. – 1991. – v. 42. – P. 881-819.

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕМЕШИВАНИЯ ВЯЗКОПЛАСТИЧНЫХ ПИЩЕВЫХ СРЕД

Н. Лавриненко, А. Бескровный

**Аннотация** - в работе исследованы структурно-механические характеристики пищевых сред при перемешивании, а, именно, поведение частиц наполнителя в форме шара в дисперсной фазе под влиянием деформации простого сдвига.

## SIMULATION OF VISCOPLASTIC STIRRING FOOD MASSES

N. Lavrinenko, O. Beskrovnyy

### *Summary*

**In this work, the structural and mechanical properties of food masses with stirring, namely the behavior of the filler sphere particles in the dispersed phase under simple shear mode, are discussed.**

УДК 637.041.3

## ОПТИМІЗАЦІЯ СКЛАДУ М'ЯСНИХ СІЧЕНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ МАТЕМАТИЧНИМИ МЕТОДАМИ

Молоканова Л.В., к.т.н.,  
Лукомський Ю.О., аспірант  
ДонНУЕТ імені Михайла Туган-Барановського  
Тел. (0622) 95-34-73

**Анотація** – дану роботу присвячено оптимізації складу м'ясних січених напівфабрикатів за допомогою математичних методів з метою підвищення їх біологічної цінності.

**Ключові слова** – м'ясо кролика, паста з квасолі, регресійний аналіз, системи з нечітким висновком.

*Постановка проблеми.* Харчування відіграє дуже важливу роль у формуванні здоров'я людини. Історично саме методики і рецептури продуктів зазнавали найбільших змін, що відбувались за рахунок зміни вподобань і потреб організму. Збалансоване харчування є запорукою правильного розвитку людини, тому створення продуктів, що відповідають сучасним потребам, є актуальним напрямом наукових досліджень.

Створення нових продуктів харчування має враховувати такі фактори [1]:

1. Сировина відповідає показникам гігієнічної безпеки.
2. Органолептичні властивості мають відповідати вподобанням кінцевих споживачів, враховувати їх національні особливості.
3. Підвищені показники харчової цінності та збалансованість складу.
4. Виключення факторів несумісності інгредієнтів.

З урахуванням сучасних тенденцій, продукт, що відповідає цим вимогам, характеризується помірною калорійністю, високою біологічною цінністю, зручністю приготування та традиційною для споживача асортиментною групою [2].

Усім цим критеріям ідеально відповідають м'ясні напівфабрикати. М'ясні напівфабрикати ідеально пристосовані до сучасного ритму життя, вони дозволяють економити час на приготуванні їжі і, при цьому, задовольняють потреби людини у тваринному білку. Все це є причиною підвищених вимог до якості м'ясних напівфабрикатів.



Між тим, до складу більшості січених м'ясних напівфабрикатів входить хліб, який виконує функції підтримання належної консистенції продукту, а також знижує собівартість напівфабрикату. Однак, поряд з перевагами, додавання хліба в рецептуру котлет має очевидні недоліки, основним з яких є зниження загальної кількості білка в напівфабрикаті та, як наслідок, – біологічної цінності. Кількість хліба, що додається до складу напівфабрикатів, коливається в межах 8-20%, причому найчастіше додається 10-15 % [3].

Виходячи з цього, пошук заміника хліба, який водночас міг би виконувати функції підтримання консистенції і підвищення білкової цінності кінцевого продукту, є актуальним і своєчасним.

*Аналіз останніх досліджень.* Останні тенденції щодо розробки січених напівфабрикатів стосуються розширення сировинної бази за рахунок нетрадиційної сировини, в першу чергу, тваринного походження, а також створення м'ясо-рослинних композицій, що дозволяє якісно збільшити біологічну цінність продукту. У дослідженні використовують м'ясо нутрії, конини [4]. Важливою складовою роботи виступає додавання до рецептури зародків пшениці або продуктів з пробудженого насіння ячменю, пшениці, рису. У результаті зроблено висновок, що котлети, виготовлені з використанням пробудженого насіння зернопродуктів та зародків пшениці, за якістю переважають традиційні.

Також досліджується вплив топінамбура на фізико-хімічні показники якості фаршів, які можна застосовувати для виготовлення різних напівфабрикатів [5]. Комбінування інгредієнтів тваринного і рослинного походження дає змогу якісно розширити асортимент та адаптувати продукти до сучасних умов життя людини.

Наші попередні дослідження показали доцільність розробки м'ясних січених напівфабрикатів (котлет) з м'яса кролів із повною заміною у рецептурі хліба на квасолеву пасту. Встановлено, що якісне виконання функції формування консистенції забезпечується також пастою з гороху, однак лише квасолева паста позитивно впливає на смакоароматичні характеристики котлет [6].

*Формулювання цілей статті.* Метою роботи є оптимізація складу січених напівфабрикатів за допомогою математичних методів, а, саме, підбір оптимального співвідношення інгредієнтів котлет з використанням регресійного аналізу та систем з нечітким висновком за двома критеріями – збалансованість амінокислотного складу та високими смаковими властивостями.

*Основна частина.* Початкова стадія розробки теоретичних основ і конкретних методів реалізації принципів розробки збалансованих напівфабрикатів з комбінованим м'ясо-рослинним складом пов'язана з

формалізацією якісних і кількісних уявлень про раціональність використання незамінних амінокислот.

Формалізація враховує взаємний баланс незамінних амінокислот. 1 г ідеального білка повинен містити таку кількість незамінних амінокислот, мг: ізолейцин – 40, лейцин – 70, лізин – 55, метіонін і цистин – 35, фенілаланін і тирозин – 60, триптофан – 10, треонін – 40, валін – 50 [1]. Слід відзначити, що, незважаючи на теоретичну обґрунтованість, експериментальна перевірка взаємного балансу амінокислот включає в себе дослідження метаболізму в організмі людини, що є дуже складним.

Проектування рецептури котлет включає в себе три етапи: моделювання амінокислотного складу білка проєктованого харчового продукту; вибір значень, що найбільшою мірою задовольняють критеріям; перевірка залежності між показником смаку вихідного продукту та кількістю пасти з квасолі в рецептурі.

Для виконання першого етапу використано регресійну модель, що дозволяє отримати оптимальні показники якості в залежності від первинних завдань. Виходячи з того, що консистенція котлет, як сирих, так і після термічної обробки, при введенні в фарш квасолевої пасти мала належні характеристики, слід було визначити, як, з точки зору конкретних показників амінокислотного складу та загальної кількості білка, буде змінюватися співвідношення компонентів.

Для цього діапазон варіювання кількості квасолевої пасти і хлібу був встановлений у межах від 0% до 15% . Верхня межа обрана як середній показник додавання хліба в існуючих рецептурах котлет, нижня дозволяє виключити один із компонентів рецептури при невідповідності його хімічного складу завданням роботи.

У якості факторів, що формують співвідношення компонентів, крім загальної кількості білка виступає амінокислотний склад, який у кінцевому продукті має бути наближеним до оптимального. Враховуючи, що, використовуючи компоненти природного походження, ідеального співвідношення майже неможливо досягнути, внесено показник зміни амінокислот у межах від 80% до 120% від ідеального.

Для обробки результатів обрано програму MatLab, а, саме, її функція `linprog` [2]. Критерієм оптимізації виступає загальна кількість білка в кінцевому продукті, а завдання можливо описати функцією (1).

$$f = \max \{ 0.214 x_1; 0.21 x_2; 0.076 x_3; 0 x_4 \}, \quad (1)$$

де  $x_1$  – вміст м'яса кролів у фарші, %;

$x_2$  – вміст квасолевої пасти у фарші, %;

$x_3$  – вміст хліба у фарші, %;

$x_4$  – вміст солі у фарші.



Коефіцієнти перед змінними описують вміст білка в компоненті. Сіль можна виключити з вказаної функції, однак вона використовується як складова частина рецептури фаршу і є важливою при формуванні обмежень загального співвідношення компонентів, тому її відображення у цільовій функції для показовості вважалося необхідним.

Окрім загальної кількості білка, необхідно досягти максимального вмісту незамінних амінокислот. Вирішення цієї задачі потребує створення таких обмежень змінних:

1.  $x_1 + x_2 + x_3 + x_4 = 1$ ;
2.  $x_1 \geq 0,83$ ,  $x_2 \geq 0$ ,  $x_3 \geq 0$ ,  $x_4 = 0,2$ ;
3.  $x_1 \leq 0,98$ ,  $x_2 \leq 0,15$ ,  $x_3 \leq 0,15$ .

Перше обмеження вказує на те, що сумарна кількість має дорівнювати умовній одиниці виміру кінцевого продукту, друге і третє – відповідно мінімальним та максимальним часткам компоненту в рецептурі котлет.

Додатково введено мінімальний вміст амінокислот, який був визначений межею у 80% від максимально можливого для даних інгредієнтів з урахуванням оптимальних співвідношень:

1.  $1064 x_1 + 1120 x_2 + 348 x_3 \geq 1060$  (валін);
2.  $864 x_1 + 1030 x_2 + 318 x_3 \geq 847$  (ізолейцин);
3.  $1734 x_1 + 1740 x_2 + 594 x_3 \geq 1483$  (лейцин);
4.  $2199 x_1 + 1590 x_2 + 189 x_3 \geq 1165$  (лізин);
5.  $913 x_1 + 870 x_2 + 231 x_3 \geq 847$  (треонін);
6.  $327 x_1 + 2600 x_2 + 74 x_3 \geq 211$  (триптофан);
7.  $758 x_1 + 430 x_2 + 261 x_3 \geq 741$  (метіонін+цистін);
8.  $976 x_1 + 1760 x_2 + 555 x_3 \geq 1271$  (фенілаланін+тирозин).

Вказані вище обмеження за амінокислотним складом враховано у матриці  $A$  (коефіцієнти лівої частини нерівностей) і векторі  $b$  (дані правої частини нерівностей).

Обмеження типу нерівностей задається командами:

1.  $A_{eq} = [1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1]$ ;
2.  $b_{eq} = [1]$ ;

Мінімальні показники вмісту компонентів задано функцією  $lb = [0,83; 0; 0; 2]$ , максимальні показники вмісту компонентів – функцією  $ub = [0,98; 0,15; 0,15; 2]$ .

Кінцевий розрахунок використовувався за рахунок команди  $x = \text{linprog}(f, A, b, Aeq, beq, lb, rb)$ .

Результатом розрахунків стало повне виключення хліба з рецептури котлет, як компонента, який не може перевищити показники квасолевої пасти за досліджуваними характеристиками, а компоненти модельованої рецептури необхідно розподілити так: 83% м'яса кролів, 15% квасолевої пасти та 2% солі.

Проектування харчових продуктів вимагає якісних підходів до моделювання споживних характеристик, таких, як біологічна цінність, безпечність, відповідність раціону потребам людини. Оскільки деякі показники якості складно відобразити у цифровій формі, використання регресійних моделей не завжди дозволяє відобразити зв'язок рецептурних компонентів. У таких випадках необхідно використовувати системи з нечітким висновком.

При проектуванні багатокомпонентних рецептур харчових продуктів, де деякі показники зображуються за результатами органолептичного аналізу, такі системи дозволяють отримати результати, що враховують похибки досліджень та дозволяють отримати більш якісний результат. Розробка таких моделей відбувається за наступним алгоритмом:

1. Розробка порядку наукових досліджень;
2. Формування правил, за якими буде працювати система;
3. Створення системи правил за допомогою механічного виконання, або використання систем автоматичної обробки (таких, як Fuzzy Logic Toolbox з пакету MatLab);
4. Перевірка отриманої системи для розробки харчових продуктів.

У нашому дослідженні використано дані експертної органолептичної оцінки, які були змодельовані на показник кількості квасолевої пасти з використанням інструменту Fuzzy Logic Toolbox з пакету MatLab. Смакові властивості оцінено за 5-ти бальною шкалою, де 1 відповідає незадовільній якості, а 5 – відмінній. Кількість квасолевої пасти змінювалась від 3% до 15 %, кінцевим показником виступає загальна оцінка, що також варіюється у межах від 1 до 5. Для обробки даних була створена база знань, що регулюється системою правил. Результати моделювання зручно представляти в графічному вигляді з використанням модуля Surface Viewer, завдяки якому стає можливим візуалізувати залежність досліджуваного параметра від кількох вхідних змінних.

Дані, отримані в результаті використання системи нечіткої логіки [рис.1], дозволяють зробити висновок про специфічність розподілу смакових характеристик котлет. Так, найвищі показники загальної оцінки спостерігаються при мінімальному та

максимальному вмісті квасолевої пасти. Це говорить про те, що найкращі смакові оцінки мають зразки безквасолевої пасти та з її додаванням у кількості 12-15%.

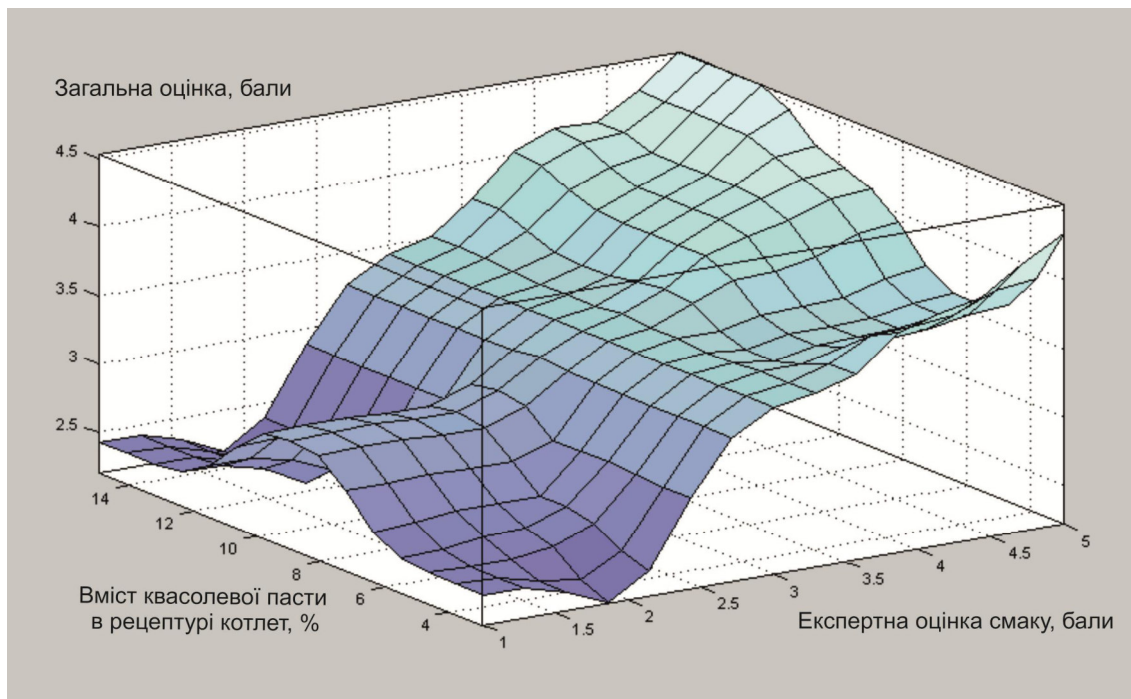


Рис. 1. Візуалізація результатів обробки даних за допомогою системи з нечіткою логікою.

Враховуючи дані регресійного аналізу, можна зробити висновок, що оптимальним є використання 12-15% квасолевої пасти в рецептурі січених напівфабрикатів, що розробляються.

*Висновки.* Результати математичного моделювання дозволили дістати висновку, що заміна хліба на квасолеве пюре є доцільною та дозволяє підвищити біологічну цінність м'ясних січених напівфабрикатів. За допомогою регресійного аналізу та використання систем з нечітким висновком встановлено, що оптимальним співвідношенням компонентів у рецептурі котлет є таке: 83-86 % кролячого м'яса, 12-15 % пасти з квасолі та 2% солі.

Подальші дослідження спрямовані на визначення остаточного композиційного складу котлет, у якому, з метою гармонізації органолептичних характеристик, буде враховано інші смакові і ароматичні компоненти (цибуля, перець).

#### Література:

1. Фархаров И.А. Научные подходы к созданию продуктов питания. Пищевая комбинаторика / И.А. Фархаров, П.Р. Костинская. М.: Наука. – 2011. – С.35-36

2. Муратова Е.И. Автоматизированное проектирование сложных многокомпонентных продуктов питания: Учебное пособие / Е.И. Муратова, С.Г. Толстых, С.И. Дворецкий и др. Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ» – 2011. – 80 с.

3. Здобнов А.И. Сборник рецептур блюд и кулинарных изделий: Нормативное издание / А.И. Здобнов, В.А. Циганенко, К.: ООО «Издательство Арий» – 2009. – 680 с.

4. Пешук Л.В. Використання нетрадиційної сировини в комбінованих м'ясних напівфабрикатах / Пешук Л.В., Топчій О.А., Венглюк Ю.П. // Наукові праці НУХТ. – 2007. – Вип 2. – С. 51

5. Дейниченко Г.В. Дослідження структурно-механічних властивостей комбінованих фаршевих напівфабрикатів / Дейниченко Г.В., Гніцевич В.А., Слащева А.В. // Прогресивні ресурсозберігаючі технології та їх економічне обґрунтування у підприємствах харчування. Економічні проблеми торгівлі: Зб. наук. праць. – ч. 1. – Харків: ХДАТОХ. – 2004. – С. 51-56.

6. Молоканова Л.В. М'ясні січені напівфабрикати із використанням пасти з бобових культур / Л.В. Молоканова, Ю.О. Лукомський // Товарознавчий вісник ЛНТУ. – 2011. – Вип. 4. – С. 77-85.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА МЯСНЫХ РУБЛЕННЫХ ПОЛУФАБРИКАТОВ МАТЕМАТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ**

Молоканова Л.В., Лукомский Ю.А.

**Аннотация - данная работа посвящена оптимизации состава мясных рубленых полуфабрикатов с помощью математических методов с целью повышения их биологической ценности.**

## **OPTIMIZATION OF CHOPPED MEAT SEMI USING MATHEMATICAL METHODS**

L.V. Molokanova, Y.A. Lukomskiy

### **Summary**

**This work is devoted to the optimization of meat chopped semi by mathematical methods to improve its bioavailability.**

УДК 678.745.6:678.686

## МОДЕЛЮВАННЯ РОЗПОДІЛУ ДЕФОРМАЦІЙ ЕПОКСИТІІРАНОВИХ КЛЕЇВ З МЕТАЛЕВИМИ НАПОВНЮВАЧАМИ

Сильченко О.Є., аспірант\*

*Донецький національний університет економіки і торгівлі імені  
Михайла Туган-Барановського*

Тел. (062) 295-33-86

**Анотація** – роботу присвячено моделюванню розподілу деформацій, що виникають під час випробувань на зсув та рівномірний відрив у зразках епокситііранових клеїв з металевими наповнювачами.

**Ключові слова** – епокситііранові клеї, наповнювач, адгезійна міцність, моделювання, деформація.

*Постановка проблеми.* На підприємствах харчових виробництв часто виникає необхідність у швидкому ремонті трубопроводів та корпусів різних технологічних апаратів. Для цього найчастіше використовують швидкотвердні клейові композиції, що характеризуються високою адгезійною міцністю, тепло-, водостійкістю, стійкістю до впливу мастил і розчинників, без усадки і розширення при отвердженні [1]. Функціональні характеристики таких клеїв залежать від складових та їх кількості, і, таким чином, можуть регулюватися. Дисперсне наповнення – прийом, що використовується у сучасній техніці з метою модифікації властивостей або здешевлення (коли частина цінного полімерного продукту замінюється більш дешевим наповнювачем) конструкційного матеріалу [2, 3]. Відомо, що у високонаповнених системах досягається значна зміна їхніх властивостей за рахунок варіювання фракційного складу наповнювача, розмірів і форми включень. Отже, структура в таких матеріалах значно впливає на їх ефективне використання.

В Україні швидкотвердні клеї представлені в основному зарубіжними виробниками, тому є актуальними дослідження, що спрямовані на розробку високонаповнених швидкотвердних епоксидних клейових композицій з підвищеними експлуатаційними властивостями для виконання термінових ремонтних робіт металевих виробів технологічного призначення на основі використання наявної більш дешевої вітчизняної сировинної бази.

---

© Сильченко О.Є., аспірант

\*Науковий керівник – к.т.н., професор Лойко Д.П.

Одним із основних етапів досліджень епоксидних клейових композицій є випробування зразків клейових з'єднань на зсув та рівномірний відрив [4]. Але при цьому не враховується розподіл деформацій, що виникають у клейовому шві. Дослідним шляхом це визначити практично неможливо, тому було прийнято рішення використовувати методи математичного моделювання. Визначення розподілу деформацій дасть змогу в майбутньому визначити оптимальні параметри клейового з'єднання.

*Аналіз останніх досліджень* показав, що на даний час моделювання розподілу деформацій у досліджуваних зразках, які виникають під час випробувань на зсув та рівномірний відрив, не проводилось.

Виготовлення швидкотвердних клеїв є важливим завданням сучасного хімічного виробництва [5]. Важливо, які саме смоли використовуються як основний компонент. З цих позицій слід звернути увагу на тїранові сполуки. Вирішення цього питання є цікавим у декількох аспектах. По-перше, у вітчизняній промисловості тїрани не мають широкого практичного застосування, проте значні відомості про їх властивості [5-8] дозволяють вважати можливим впровадження епітіосполук у практику майбутнього. По-друге, інтерес до органічних сполук сірки обумовлений гострою необхідністю утилізації сірки, яку у великих кількостях отримують у процесі нафтопереробки. Результати експериментальних досліджень [9-14] показали принципову можливість створення епокситїранових клеїв з металевими наповнювачами.

*Формулювання цілей статті.* Метою даної роботи є моделювання розподілу деформацій, що виникають під час випробувань на зсув та рівномірний відрив у зразках епокситїранових клеїв, що містять у своєму складі металеві наповнювачі.

*Основна частина.* Адгезійну міцність при зсуві ( $\tau_B$ ) і рівномірному відриві ( $\sigma_{р.в.}$ ) визначали на сталевих зразках згідно з ГОСТ 14759-69 «Клеевые соединения металлов. Метод определения прочности при сдвиге» та ГОСТ 14760-69 «Клеевые соединения металлов. Метод определения прочности при отрыве» відповідно. Об'єктами дослідження є зразки товщиною 100-150 мкм, що отримані в результаті отвердження наповнених епокситїранових смол.

Зразки клейових з'єднань кожної клейової композиції піддавали трьом випробуванням і розраховували середні значення показників адгезійної міцності при зсуві і рівномірному відриві (таблиця 1).

Дані таблиці показують, що наповнювачі суттєво впливають на адгезійні властивості клейових композицій. Найбільші значення показників адгезійної міцності клейових з'єднань при зсуві та рівномірному відриві має композиція з алюмінієвим наповнювачем.

Таблиця 1 – Результати випробувань адгезійної міцності клейових з'єднань при зсуві та рівномірному відриві

Склад композиції, мас. ч.	Адгезійна міцність клейових з'єднань					
	при зсуві, $\tau_b$ , МПа			при рівномірному відриві, $\sigma_{p.v.}$ , МПа		
	22°C/ 1 год	22°C/ 24год	22°C/ 168год	22°C/ 1 год	22°C/ 24 год	22°C/ 168 год
Тіран – 10 Отверджувач – 5	12,1	13,7	14,1	45,0	57,3	59,6
Тіран – 10 Алюмінієвий порошок – 10 + Отверджувач – 5 Алюмінієвий порошок – 10	12,0	15,0	17,9	60,0	78,0	79,8
Тіран – 10 Залізний порошок – 10 + Отверджувач – 5 Залізний порошок – 10	10,3	13,8	14,0	59,8	73,5	79,1
Тіран – 10 Мідний порошок – 10 + Отверджувач – 5 Мідний порошок – 10	9,2	12,0	12,3	60,4	76,1	77,6
Тіран – 10 Нікелевий порошок – 10 + Отверджувач – 5 Нікелевий порошок – 10	8,1	9,6	12,0	60,3	75,6	78,9

Моделювання розподілу деформацій, що виникають під час випробувань на зсув та рівномірний відрив, проводилось із застосуванням методів кінцевих елементів за допомогою програмного комплексу ANSYS 14.0 (рис. 1, 2).

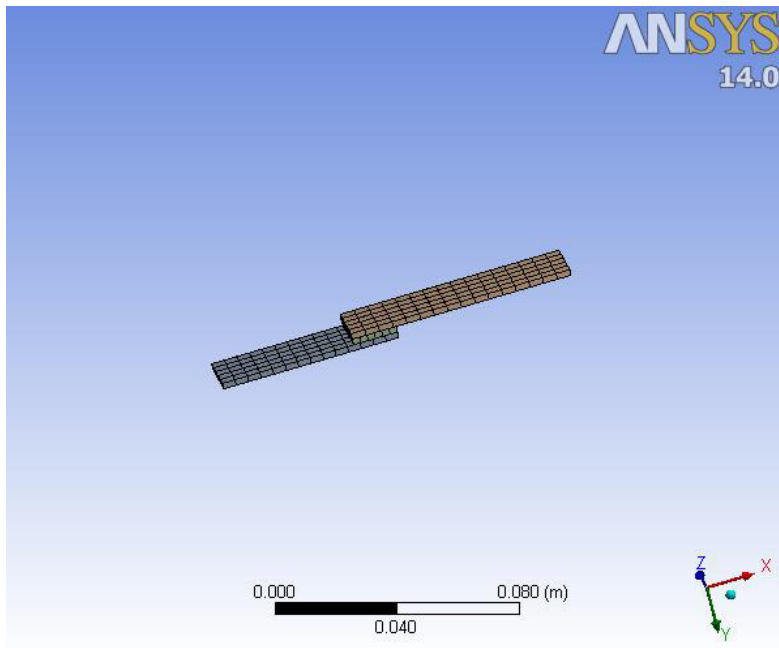


Рис. 1. Модель зразка для визначення межі міцності клейових з'єднань при зсуві.

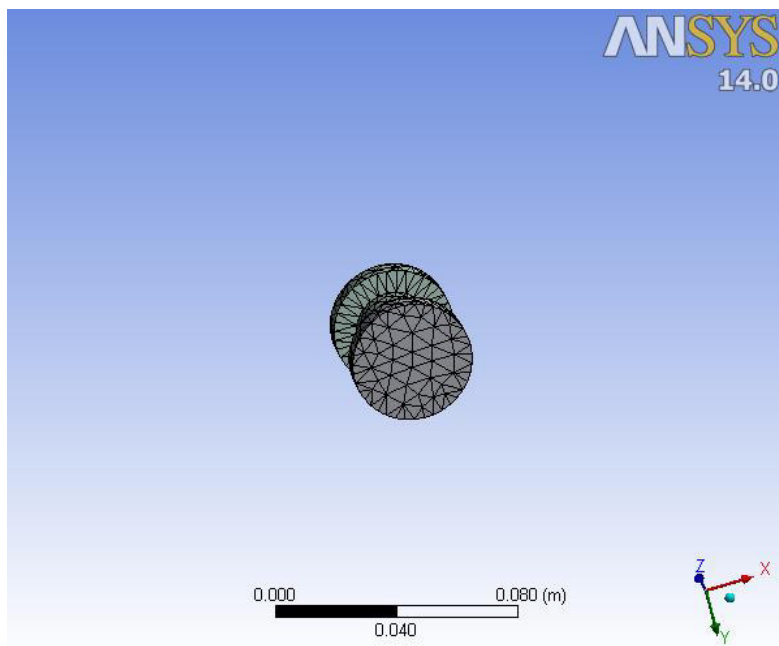


Рис. 2. Модель зразка для визначення межі міцності при рівномірному відриві.

Для моделювання експериментальних досліджень металевим пластинам були задані властивості сталі, а прошарку клею – властивості досліджуваного зразка епокситііранового клею з алюмінієвим наповнювачем; тип взаємодії пластин – «жорстке закріплення».



Відповідно до рис. 3 деформація, що виникає у клейовому з'єднанні під час випробувань на зсув, має рівномірний характер.

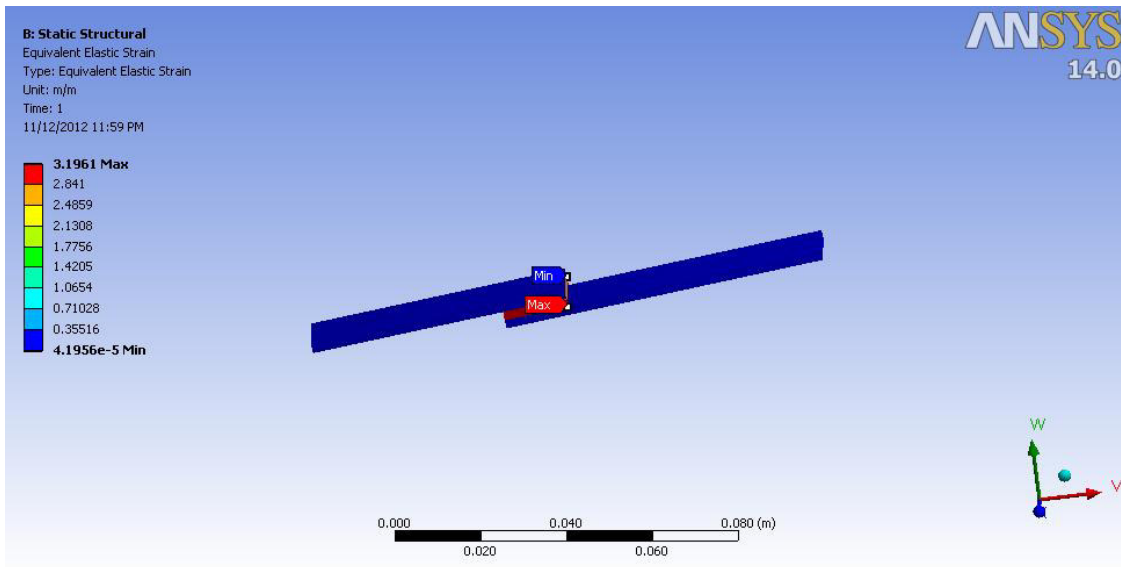


Рис. 3. Модель еквівалентної деформації при зсуві.

Відповідно до рис. 4 деформація, що виникає під час випробувань на рівномірний відрив, має нерівномірний характер.

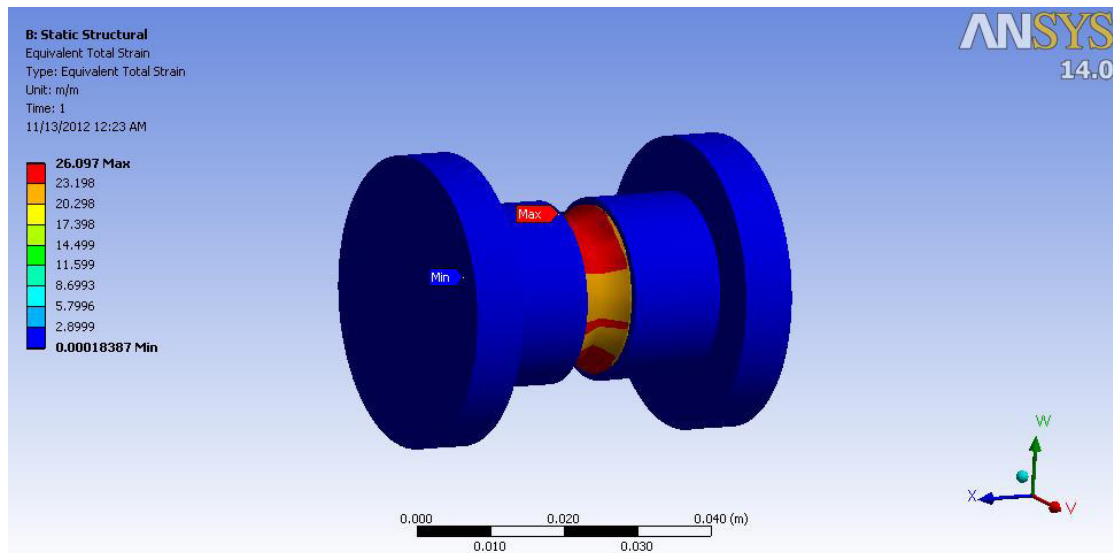


Рис. 4. Модель еквівалентної деформації при рівномірному відриві.

*Висновки.* Побудована кінцеелементна модель розподілу деформацій, що виникають під час випробувань на зсув та рівномірний відрив у зразків епокситіранових клеїв, що містять у своєму складі алюмінієвий наповнювач, дозволила визначити розподіл деформацій, що виникають під час експериментальних

досліджень. Це дало змогу встановити, що під час експериментальних досліджень на зсув деформація розподіляється більш рівномірно, ніж під час випробувань на відрив.

Перспективами подальших досліджень у цьому напрямку є визначення на основі математичного моделювання оптимальних параметрів клейового з'єднання, що містять у своєму складі дрібнодисперсні порошки різних металів як наповнювачі.

#### Література:

1. *Лойко Д.П.* Перспективы применения быстро-отверждаемых эпоксидных клеевых композиций в промышленности / Д.П. Лойко, О.Е. Сильченко // Управление торговлей: теория, практика, инновации: материалы III Между-народной научно-практической конференции. М.: РУК. – 2010. – С. 127-131.
2. *Вильнав Ж.-Ж.* Клеевые соединения / Ж.-Ж. Вильнав. – М.: Техносфера, 2007. – 384 с.
3. *Кербер М.Л.* Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология: учеб. пособие / М.Л. Кербер, В.М. Виноградова, Г.С. Головкин и др.; под ред. А.А. Берлина. – СПб.: Профессия, 2008. – 560 с.
4. *Петрова А.П.* Клеящие материалы. Справочник / Под ред. чл.-корр. РАН, д-ра техн. наук Е.Н. Каблова, д-ра техн. наук С.В. Резниченко. – М.: ЗАО «Редакция журнала «Каучук и резина», 2002. – 196 с.
5. *Сильченко О.Є.* Ринок клеїв / О.Є. Сильченко, О.С. Попова // Ринок непродовольчих товарів України: реалії та перспективи: монографія: в 3 т. / кол. авт.: О.О. Шубін, О.М. Азарян та ін.; за наук. ред О.О. Шубіна; М-во освіти і науки України, Донец. нац. Ун-т економіки і торгівлі ім. Михайла Туган-Барановського. – Донецьк: [ДонНУЕТ], 2010. – Т. 3 – С. 349-372.
6. *Фокин А.В.* Реакционная способность эпитисоединений / А.В. Фокин, А.Ф. Коломиец // Успехи химии. – 1976. – № 1. – С. 71-105.
7. *Фокин А.В.* Химия тиранов / А.В. Фокин, А.Ф. Коломиец. – М.: Наука, 1978. – 343 с.
8. *Фокин А.В.* Новое в химии тиранов / А.В. Фокин, М.А. Аллахвердиев, А.Ф. Коломиец // Успехи химии. – 1990. – № 5. – С. 705-737.
9. *Сильченко О.Е.* Тиоглицидиловые эфиры для быстроотверждаемых эпоксидных композиций / О.Е. Сильченко, Л.Д. Карат, Т.И. Григоренко, Ю.С. Кочергин, Е.Э. Самойлова // Композиционные материалы в промышленности: материалы Тридцатой Юбилейной международной конференции. – Киев: УИЦ «Наука. Техника. Технология», 2010. – С. 153-155.

10. *Silchenko O.E.* Fast-setting epoxy compositions on the base of thioglycidyl ethers / O.E. Silchenko, L.D. Karat, T.I. Grigorenko, Y.S. Kochergin // *Polymers of Special Applications: Abstracts of VI Ukrainian-Polish scientific conference.* – Dnipropetrovsk, 2010. – P. 88.

11. *Сильченко О.Є.* Деформаційно-міцнісні властивості епокситиранових клейових композицій / О.Є. Сильченко // *Товарознавство і торгівля в умовах глобалізації економіки: проблеми та досвід: матеріали Міжнар. наук.-практ. конф.* – Донецьк: ДонНУЕТ, 2011. – С. 78-80.

12. *Кочергин Ю.С.* Свойства клеевых композиций на основе тирана / Ю.С. Кочергин, Л.Д. Карат, Т.И. Григоренко // *Клеи. Герметики. Технологии.* – 2012. – №12. – С. 2-8.

13. *Сильченко О.Є.* Функціональні властивості епокситиранових клеїв, наповнених металевими порошками / О.Є. Сильченко // *Товарознавство та інновації: зб. наук. пр. Вип. 4 / Голов. ред. О.О.Шубін.* – Донецьк : ДонНУЕТ, 2012. – С. 131-138.

14. *Сильченко О.Є.* Розробка епокситиранових клеїв побутового призначення / О.Є. Сильченко // *Актуальні питання сучасного товарознавства : матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф.* – Донецьк: ДонНУЕТ, 2012. – С. 91-93.

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ ЭПОКСИТИРАНОВЫХ КЛЕЕВ С МЕТАЛЛИЧЕСКИМИ НАПОЛНИТЕЛЯМИ**

Сильченко О.Е.

**Аннотация – работа посвящена моделированию распределения деформаций, возникающих во время испытаний на сдвиг и равномерный отрыв в образцах эпокситирановых клеев с металлическими наполнителями.**

## **MODELING OF DISTRIBUTION OF DEFORMATIONS EPOXY ADHESIVES ON THE BASE OF THIIRANES WITH METAL FILLINGS**

O. Sylchenko

### *Summary*

**Work is devoted to the modelling of distribution of deformations arising at the time of testing on shift and even the difference in the samples adhesives on the base of thiiranes with metal fillings.**

УДК 620.172.21:635.21.24

## ВПЛИВ ШВИДКОСТІ ДЕФОРМАЦІЇ НА ПРУЖНІ ВЛАСТИВОСТІ ОВОЧІВ

Шеїна А. В., аспірант\*

*Донецький національний університет економіки і торгівлі імені  
Михайла Туган-Барановського*

Тел. (062)304-50-46

**Анотація** - у статті наведено результати експериментальних досліджень впливу швидкості деформації на модуль пружності овочевої сировини. Зроблено висновки за результатами дослідних даних.

**Ключові слова** - модуль пружності, в'язкопружні властивості, овочі, модель Максвелла, швидкість деформації.

*Постановка проблеми.* При переробці овочевої сировини за допомогою технологічного устаткування (сортування, калібрування, миття, транспортування) продукція піддається різним навантаженням, багато з яких є побічними при виконанні технологічного процесу. У такому випадку важливу роль грають такі реологічні властивості матеріалу, як міцність при руйнуванні, твердість, крихкість, зовнішнє тертя, адгезія та інші. Таким чином, знання реологічних констант і кінетики деформації сировини, що обробляється, має зумовлююче значення для отримання якісного продукту.

Під дією зовнішнього навантаження у харчових матеріалах виникають деформації і напруги, які є мірою сил внутрішньої взаємодії між елементами тіла. Кінетика деформації складних харчових матеріалів (дисперсні системи) істотно змінюється при збільшенні навантаження. Дисперсна система поводить себе як тверде тіло і пружно деформується за умови, що напруження, котрі виникають при вантаженні зразка продукту, не перевищують межу плинності. Якщо напруга, діюча на систему, перевищує межу плинності, то починається пластична течія матеріалу.

*Аналіз останніх досліджень.* Для деяких технологічних процесів, здійснюваних при переробці овочевої сировини, відмічена залежність зусиль, додаваних для виконання технологічної операції, від швидкості дії на харчовий матеріал. Проте, в технічній літературі відсутня систематизована інформація про вплив швидкості

---

© Шеїна А. В., аспірант

\*Науковий керівник – д.т.н., професор Заплетніков І. М.

вантаження на реологічні характеристики і, зокрема, пружні властивості овочевої сировини.

*Мета статті* - вивчення впливу швидкості деформації на пружні властивості овочів при одноосьовому стисненні між двома плоскопаралельними пластинами.

*Основна частина.* Реологічна поведінка твердовидних в'язкопружних матеріалів, до яких, згідно класифікації П. А. Ребиндера, відноситься досліджувана нами овочева сировина, описується моделлю Максвелла. Механічний варіант тіла Максвелла являє собою послідовно сполучені елементи Гука і Ньютона, відповідно до рис. 1. Тіло Максвелла поводить як пружне або в'язке залежно від відношення часу релаксації матеріалу до тривалості експерименту. Отже, якщо під дією миттєвого зусилля пружина розтягується, а потім відразу навантаження знімається, поршень не встигає рухатися і система поводить як пружне тіло. Однак, з іншого боку, якщо підтримувати розтягування пружини постійним, вона поступово релаксує, переміщуючи поршень вгору, і система поводить як ньютонівська рідина [1].

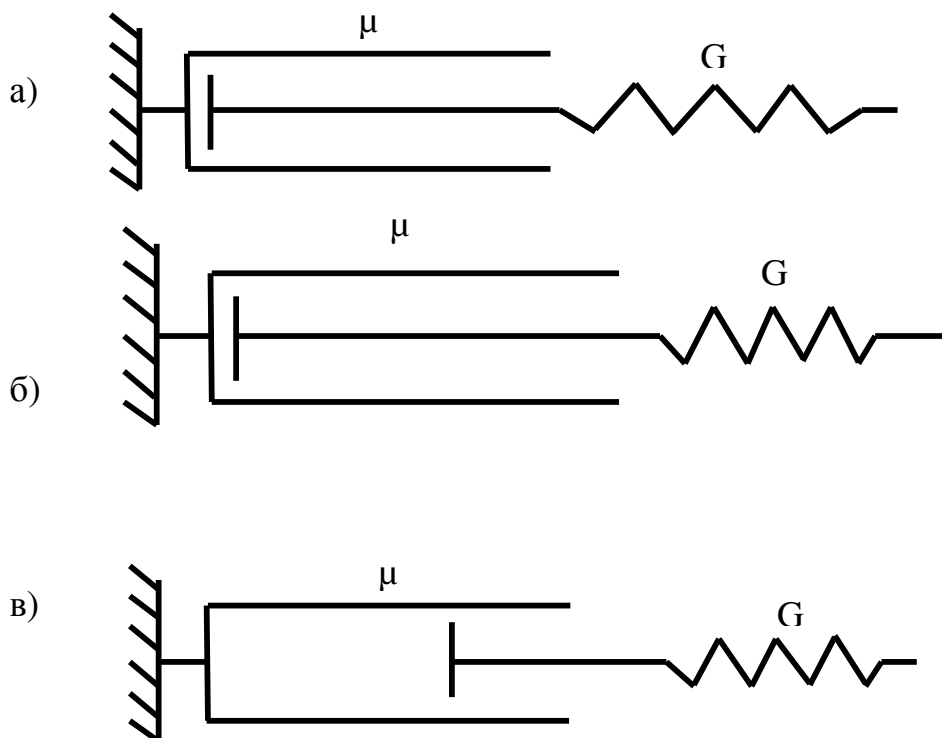


Рис. 1. Модель тіла Максвелла:

а) стан спокою; б) навантаження; в) релаксація напруги.

На рис. 2 приведені реограми навантаження для деяких видів овочів, що доводять приналежність овочевої сировини до

в'язкопружних матеріалів. Крива кінетики деформації при навантаженні умовно розділяється на дві зони: зона навантаження і зона розвантаження. Період навантаження характеризується зростанням напруги в продукті з часом. При знятті навантаження у деякий момент часу  $t$  має місце пружний наслідок. Пружні властивості матеріалу відновлюються повністю на протязі деякого періоду часу, який називається періодом релаксації напруги, за умови, що напруга стиснення не перевищує межі плинності, або відновлюються частково, при перевищенні межі плинності навантаженням, що додається, внаслідок чого в матеріалі розвиваються безповоротні деформації.

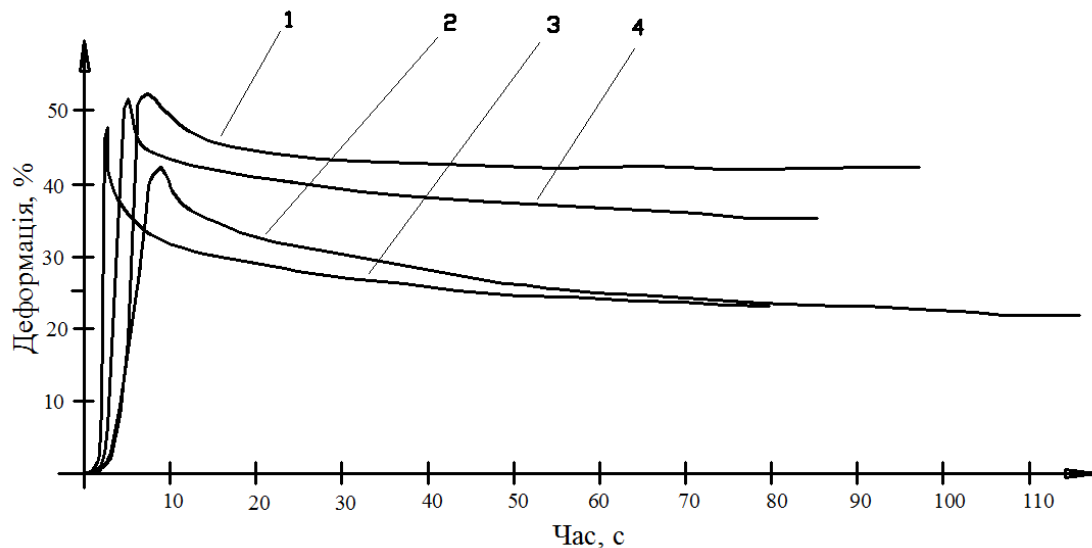


Рис. 2. Реограми навантаження овочів при одноосьовому стисненні:

1 - картопля, 2 - морква, 3 - кабачок, 4 – баклажан.

Реологічні константи матеріалів визначаються шляхом обробки кривих кінетики деформації при навантаженні і розвантаженні для різної напруги [2].

Реологічне рівняння Максвелла має вигляд [3, 5]

$$\frac{1}{E}\dot{\sigma} + \frac{1}{\eta}\sigma = \dot{\epsilon}, \quad (1)$$

де  $E$  - модуль пружності,

$\eta$  - в'язкість,

$\sigma$  - напруга,

$\dot{\epsilon}$  - швидкість деформації,

$\dot{\sigma}$  - швидкість навантаження.

Модуль пружності і в'язкість є реологічними величинами, що описують відношення між напругою  $\sigma$  і деформацією  $\varepsilon$  для рослинних в'язкопружних матеріалів у діапазоні малих деформацій.

Модуль пружності - це коефіцієнт пропорційності між напругою (тиском) і відносною деформацією [4].

Для матеріалів з нелінійною залежністю напруги від деформації, до яких відносяться овочі, згідно з графічними залежностями, представленими на рис. 2, розрізняють три види модуля пружності: локальний, середній і січний [3].

Оскільки в рамках цього дослідження нас цікавлять пружні властивості продукту до досягнення межі міцності, то доцільно припустити, що найточніше відображувати стан матеріалу у вказаний момент часу буде саме локальний модуль пружності.

У приведенному рівнянні (1)  $\dot{\sigma}$  і  $\dot{\varepsilon}$  означають похідні за часом, відповідно, напруги і деформації, тобто  $\dot{\sigma} = \frac{d\sigma}{dt}$  і  $\dot{\varepsilon} = \frac{d\varepsilon}{dt}$ .

Рівняння (1) можна переписати у вигляді

$$\dot{\sigma} + \frac{E}{\eta}\sigma = \dot{E}\varepsilon. \quad (2)$$

Для аналізу впливу швидкості деформації на модуль пружності  $E$  диференціюємо рівняння (2) по відношенню до  $E$  і  $\dot{\varepsilon}$ . Отримуємо

$$\frac{1}{\eta}\sigma dE = \dot{\varepsilon}dE + EdE, \quad (3)$$

де  $dE$  означає диференційний модуль пружності, а  $d\dot{\varepsilon}$  є диференційною швидкістю деформації.

Таким чином, з урахуванням (1) отримуємо наступне рівняння

$$\frac{dE}{d\dot{\varepsilon}} = \frac{-\dot{\sigma}}{\left(\dot{\varepsilon} - \frac{\sigma}{\eta}\right)^2}. \quad (4)$$

У зоні навантаження (рис. 2) напруга збільшується з часом, тобто  $\dot{\sigma} > 0$  і, згідно з рівнянням (4) можна стверджувати, що  $\frac{dE}{d\dot{\varepsilon}} < 0$ .

Це означає, що із зростанням швидкості деформації модуль пружності зменшуватиметься. Так само можна відмітити, що при  $\dot{\sigma} > 0$

нерівність  $\left( \dot{\varepsilon} - \frac{\sigma}{\eta} \right) > 0$ , що означає, згідно з формулою (4), що вплив швидкості деформації на модуль пружності знижується із збільшенням показника швидкості. Тобто, чим вище швидкість деформації, тим менший вплив вона чинитиме на величину модуля пружності.

Проведені дослідження дають можливість підтвердити теорію і стверджувати, що із збільшенням швидкості деформації значення модуля пружності досліджуваної сировини знижується. На рисунку 3 приведені графічні залежності модуля пружності деяких овочів від швидкості деформації при стискуванні зразка на 20%.

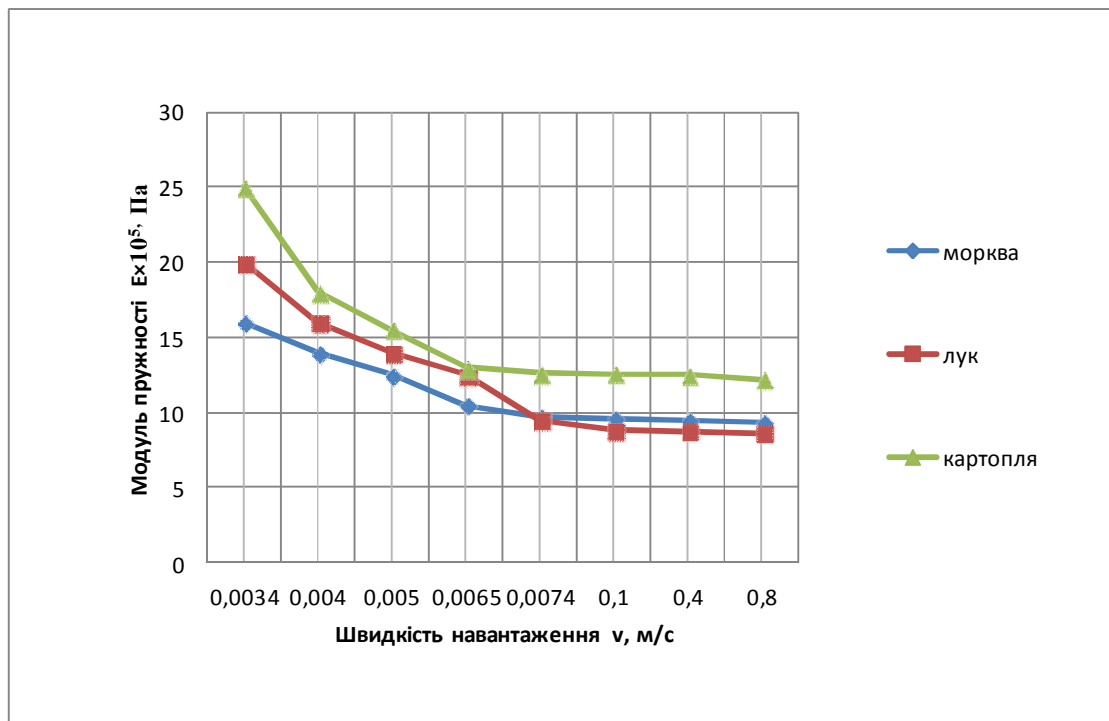


Рис. 3. Залежність модуля пружності від швидкості деформації.

Аналізуючи графіки, відмітимо, що при малих швидкостях модуль пружності більшою мірою залежить від швидкості деформації і його значення плавно знижується в інтервалі від 0,003 до 0,1 м/с. При збільшенні швидкості деформації зразка понад 0,1 м/с модуль пружності мало залежить від її чисельного значення і практично не змінюється. Залежність модуля пружності від швидкості деформації описується степенним законом.

*Висновки.* Досліджувана овочева сировина є дисперсною системою з твердовидною структурою та має в'язкопружні властивості. Реологічна поведінка м'якоті овочів з високою мірою точності описується механічною моделлю Максвелла, що доведено аналізом реограм навантаження в умовах одноосового стиснення.



Пружні властивості м'якоті овочів залежать від швидкості деформації зразків продукту, при цьому збільшення показника швидкості призводить до зниження модуля пружності. Теоретично і експериментально доведено, що найбільший вплив на пружні властивості м'якоті овочів швидкість деформації чинить при низьких показниках. Зі збільшенням швидкості пружні властивості проявляються слабкіше і все менше від неї залежать.

Перспективою подальших досліджень є комплексний аналіз впливу швидкості руху робочих органів технологічного устаткування на фрикційні і пружні властивості сировини, що переробляється.

#### Література:

1. Основы реологии пищевых продуктов: учеб. пособие / М.Ж. Еркебаев, Т.К. Кулажанов, Е.Б. Медведков,- Алматы, 2006. - 298с
2. Реометрия пищевого сырья и продуктов: Справочник/ Ю, А. Мачихин. – М.: Агропромиздат. – 1990. – 271 с.
3. Мачихин Ю. А. Инженерная реология пищевых материалов / Ю. А. Мачихин, С. А.Мачихин. – М.: Легкая и пищевая пром-ть. – 1981.-216 с.
4. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов / Н.Е. Резник . М.: Машиностроение, 1975. - 311 с.
5. Rheological methods in food process engineering. James F.Steffe. –Michigan State University, USA.: Freeman Press. – 1996. - 412 с.

## ВЛИЯНИЕ СКОРОСТИ ДЕФОРМАЦИИ НА УПРУГИЕ СВОЙСТВА ОВОЩЕЙ

Шейна А. В.

**Аннотация – в статье приведены результаты экспериментальных исследований влияния скорости деформации на модуль упругости овощного сырья. По результатам исследований сделаны выводы.**

## ELASTICITY OF VEGETABLES PULP AT DIFFERENT SPEED OF DEFORMATION

A. Sheyina

### *Summary*

**The results of experimental researches of influence of speed of deformation on the modules of elasticity of vegetable pulp are resulted in the article. Conclusions are done as a result of experimental information.**

УДК 621.01 : 062–182 : 531.1

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕХАНИЗМА ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КИНЕМАТИКИ ТИПА «ПЛАТФОРМА СТЮАРТА»**

Кольцов А. Г., ст.препод.

Шамутдинов А. Х., к.т.н.

*Омский государственный технический университет*

Дмитриев Ю. А., ст.препод.

*Таврический государственный агротехнологический университет*

Тел. (0619)42-21-32.

***Аннотация*** – определены параметры рабочего пространства, параметры статической и динамической жесткости механизма, собственные частоты колебаний и оценены возможности работы механизма под теми или иными нагрузками с учетом резонансных явлений.

***Ключевые слова*** – механизм параллельной кинематики, платформа Стюарта, измерительный стенд, шарнир Гука, виброанализатор, частота, амплитуда и декремент колебаний.

*Целью* экспериментального исследования является: снятие статических и динамических характеристик для использования их в качестве исходных данных при математическом моделировании технологического оборудования нетрадиционной компоновки. В качестве исследуемых параметров выбраны следующие: жесткостные характеристики соединений и элементов системы, динамические характеристики системы.

*Экспериментальное исследование рабочей зоны*

Для проведения исследований рабочей зоны, жесткости, свободных и вынужденных колебаний разработана модель механизма параллельной кинематики структуры e14 [1] (рис. 1). Исследуемый механизм (рис. 1) состоит из подвижной платформы 1 и неподвижного основания 2, шарнирносоединенных между собой шестью винтовыми регулируемыми опорами (стержнями) 3, имеющие возможность линейно изменять размеры. Поступательные и угловые перемещения возможны за счет изменения длин опор и поворотов в двухстепенных вращательных шарнирах Гука 4. В центральном положении исследуемый механизм имеет три вертикальные плоскости

симметрии А-А, В-В, С-С, расположенные под  $120^{\circ}$  относительно друг друга, пересекающиеся на его оси (рис. 2).



Рис. 1. Исследуемый механизм.

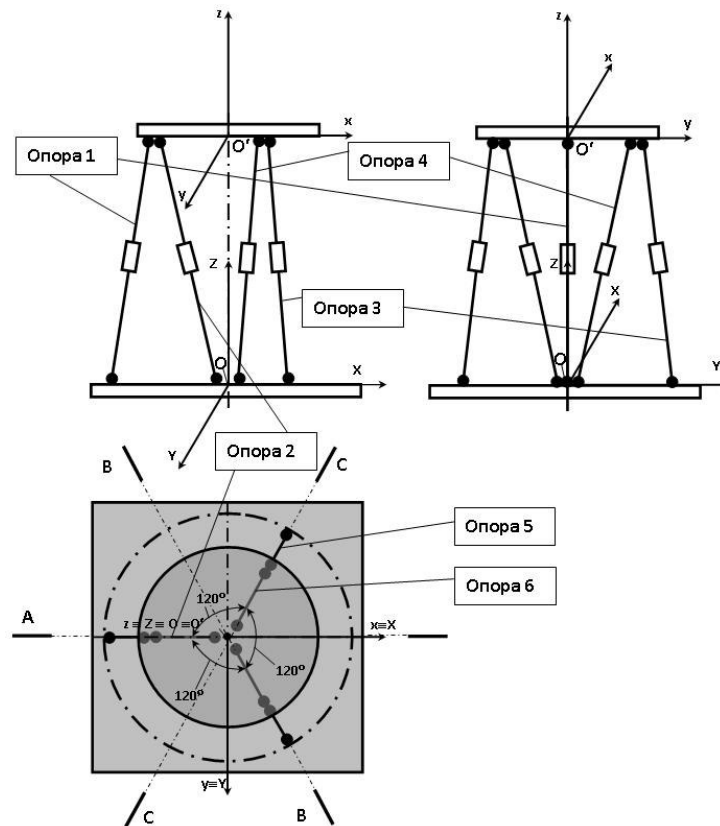


Рис. 2. Расчетная схема исследуемого механизма.

Рассмотрим построение рабочего пространства при перемещении платформы в плоскости А-А, полученные результаты будут аналогичны и для проекций конструкции механизма на плоскости В-В и С-С (рис. 3). Графическое построение рабочей зоны поэтапное: задается направление движения платформы, определяем какие опоры при изменении длины обеспечивают это заданное движение. Производим замеры длин опор (2) и определяем координаты центра подвижной платформы (3), по которым строим кривые рабочей зоны. Координаты центра подвижной платформы в абсолютной системе координат определяем с помощью щупа (1), который расположен в центральном отверстии платформы. Фиксируя его длину, соответствующую координате по оси ОХ, и изменяя длины опор до соприкосновения его с основанием (4), определяем координату центра подвижной платформы по оси ОZ. (рис. 4) Построения производились, когда регулируемые опоры соединены с подвижной платформой и неподвижным основанием шарнирами Гука. По результатам измерений рабочей зоны на координатной сетке строим кривые рабочей зоны в одной координатной плоскости (рис. 5).

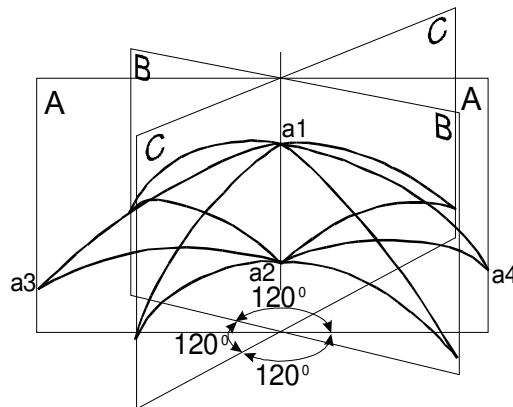


Рис. 3. Проекция рабочего пространства.



Рис. 4. Механизм параллельной кинематики в правой крайней точке.

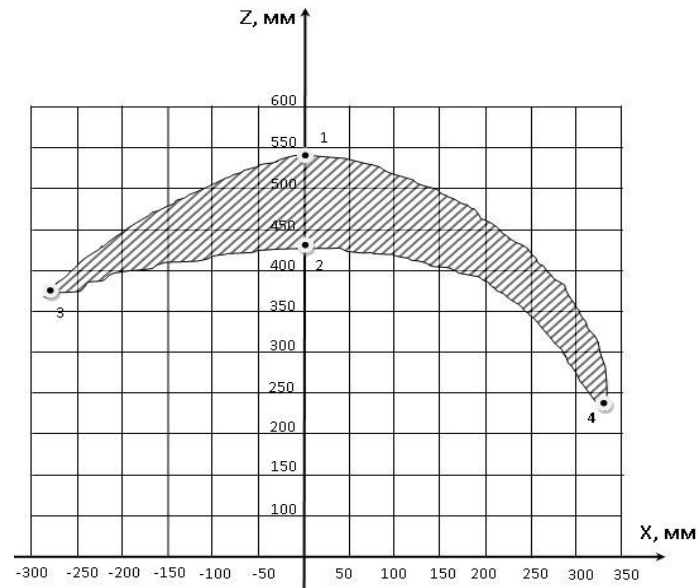


Рис. 5. Сечение рабочего пространства плоскостью А-А.

*Выводы:*

- Рабочее пространство механизма параллельной кинематики структуры  $\epsilon_{14}$  является сложной пространственной фигурой, крайние точки которой достигаются центром подвижной платформы при ее параллельном движении относительно основания.

- Для обеспечения поворота подвижной платформы в крайних положениях относительно осей  $OX, OY, OZ$  необходимо увеличение длины четырех или двух регулируемых опор, которые уже имеют в этом положении максимальную длину. Повороты возможны, когда центр подвижной платформы находится внутри рабочего пространства. Чем ближе ее центр к крайним положениям, тем на меньший угол возможен поворот. Максимальные угловые перемещения возможны в центральной части рабочего пространства.

- На размеры рабочей зоны существенное влияние оказывают ограничения, накладываемые угловыми перемещениями в шарнирах, чем они меньше, тем меньше габаритные размеры рабочей зоны при тех же пределах изменения регулируемых опор.

1. Экспериментальное исследование статических параметров

С помощью стенда для исследования механизмов с параллельной структурой был проведен ряд исследований по определению жесткостных параметров. Измерения производились в крайних положениях подвижной платформы в рабочем пространстве (характерные точки 1, 2, 3, 4 рис. 5). Нагружение производилось растягивающей и сжимающей силой ( $P=0,2\dots 1,2\text{кН}$ ) при помощи домкрата, контролируемой динамометром ДОСМ-3-02, перемещение фиксировалось индикатором часового типа с ценой деления  $0,001\text{мм}$ .

Результаты исследований по сравнению с платформой Стюарта [2] представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Результаты исследований

Точка рабочей зоны	Сжатие		Растяжение	
	Платформа Стюарта	Структура $e_{14}$	Платформа Стюарта	Структура $e_{14}$
	Нmax, мм	Нmax, мм	Нmax, мм	Нmax, мм
Точка 1	0,3	3,7	0,28	3,43
Точка 2	0,28	3,2	0,27	3,06
Точка 3	1,01	12,37	1,17	11,85
Точка 4	0,77	14,87	0,97	14,69

*Выводы.* Жесткость несущей системы рассматриваемого механизма зависит от геометрических параметров, от положения подвижной платформы в рабочем пространстве, чем она дальше от оси симметрии, тем податливость больше. Наиболее жесткая система в вертикальном направлении.

2. Экспериментальное исследование динамических параметров

Определение динамических характеристик (собственных частот, форм и декрементов колебаний) механизма осуществляем с использованием виброанализатора «Диана 2М» по описанной ниже методике. Динамические характеристики конструкций могут быть приближенно определены из записей их колебаний под воздействием нагрузки. При помощи эксцентрикового возбудителя колебаний (рис. 6) частота меняется в широком диапазоне, что позволяет определить значения собственных частот и резонанса. Кроме этого, для определения собственных частот использовался способ мгновенного приложения нагрузки, когда колебания возбуждаются ударом.

Одной из важнейших характеристик возбудителя, определяющей величину возбуждающей силы, является кинетический момент:  $M_k = \sum m_i r_i^2$ , где  $m_i r_i^2$  - кинетический момент массы  $m_i$ , расположенной с эксцентриситетом  $r_i$  относительно оси вращения. Зная кинетический момент  $M_k$  для каждой частоты  $\omega$ , определяем амплитуды возмущающей силы  $P_x$  и  $P_z$ . Далее вычисляем амплитудно-частотные характеристики  $A(\omega)/P(\omega)=f(\omega)$  или  $A(\omega)/M(\omega)=f_1(\omega)$ , где  $A(\omega)$  - амплитуды колебаний конструкции по определенной форме;  $P(\omega)$  и  $M(\omega)$  - амплитуды возбуждающей силы и возбуждающего момента.

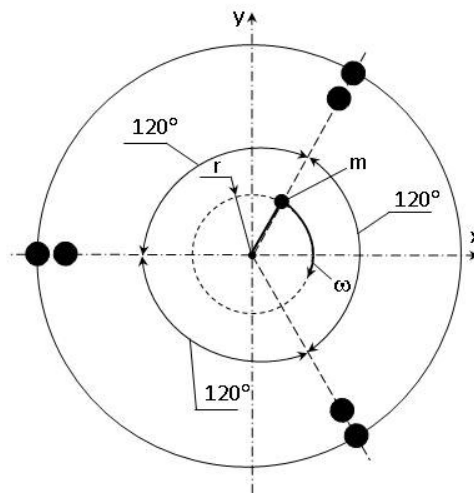


Рис. 6. Схема эксцентрикового возбудителя колебаний (вид снизу).

Процесс динамического испытания механизма методом вынужденных колебаний осуществлялся ступенчатым изменением числа оборотов эксцентрикового возбудителя и записи показаний (временной реализации – формы волны (рис. 7)), фиксируемой акселерометром (рис. 8), с последующей обработкой данных. Временная реализация представляет собой развернутую во времени картину колебательного движения. Для определения возмущающей частоты и периода колебаний необходимо рассмотрение временной реализации с отметкой времени.

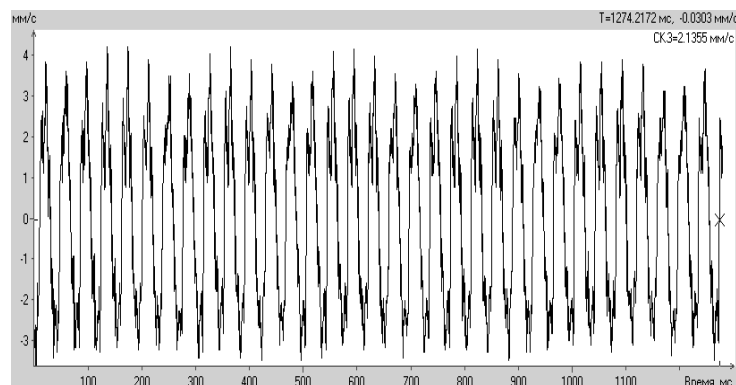


Рис. 7. Временная реализация колебаний платформы.

По полученной временной реализации можно определить вынужденную частоту и период колебаний. Относительно рис. 8, период колебаний частоты:  $T = 1/n \approx 0,038$  сек,  $f = 1/T \approx 26$  Гц, где  $n$  – число волн, укладывающихся в 1 секунду,  $f$  – возмущающая частота.

Для механических колебаний, рассматриваемых во временной области, важной составляющей является зависимость их амплитуд от времени. Физической характеристикой механических колебаний в частотной области является распределение их амплитуд по частоте, т.е. их частотный спектр. Эта связь описана преобразованиями Фурье. Решение задачи о колебаниях под действием произвольной периодической нагрузки с помощью рядов Фурье целесообразно для выявления условий резонанса. Этот способ вычислений реализован программно в современных виброанализаторах. Так, подвергнув быстрому преобразованию Фурье временную реализацию, представленную на (рис. 7), получим частотный спектр (рис. 9), на котором видна первая гармоника на частоте возмущающей силы 25,7 Гц (выше мы определили её как  $\approx 26$  Гц) и все гармоники высшего порядка, а также значение амплитуды вынуждающей силы. Для определения частоты собственных колебаний и логарифмического декремента исследуемой конструкции прикладываем к ней ударную нагрузку, что вызывает затухающие колебания (рис. 10 и рис. 11). После обработки полученной волны определяем частоту и период собственных колебаний. При определении периода колебаний первые полуволны не принимаем во внимание, так как на них оказывают влияние различные переходные процессы. Остальная часть волны подчиняется общей закономерности, и по ней можно определить период колебания. На (рис. 10) период собственных колебаний механизма, соответствующий его наиболее жесткому состоянию, равен  $T=0,1/24 \approx 0,00416$  сек, где 0,1 сек. - отрезок времени, соответствующий двадцати четырем волнам, а собственная частота:  $f=1/T=1/0,00416 \approx 240$  Гц. Аналогично вычисляем собственную частоту для положения наименьшей жесткости (рис. 12)  $T=0,1/7 \approx 0,0142$  сек.,  $f=1/0,0142 \approx 70$  Гц.

Более точно определить значение собственной частоты и амплитуды можно, подвергнув БПФ временной реализации, представленной на (рис. 11), в результате получим частотный спектр (рис. 12) с ярко выраженным всплеском на резонансной частоте 67,97 Гц (выше мы определили её как  $\approx 70$  Гц) и значением амплитуды.

По амплитудно-частотным характеристикам определяют резонансные частоты  $f_{рез.}$  и соответствующие логарифмические декременты колебаний  $\delta = \pi \Delta f / f_{рез.} = 0,1$ , где  $\Delta f$  - ширина резонансного пика на уровне  $1/\sqrt{2}$  от его наибольшего значения. Таким образом, определен диапазон изменения собственных частот 70 – 240 Гц и логарифмический декремент затухания.





Рис. 8. Экспериментальная установка в положении, соответствующем наибольшей жесткости.

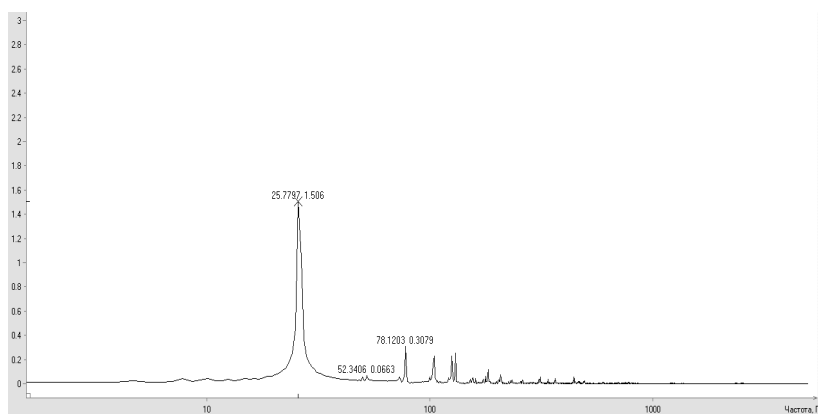


Рис. 9. Частотный спектр.

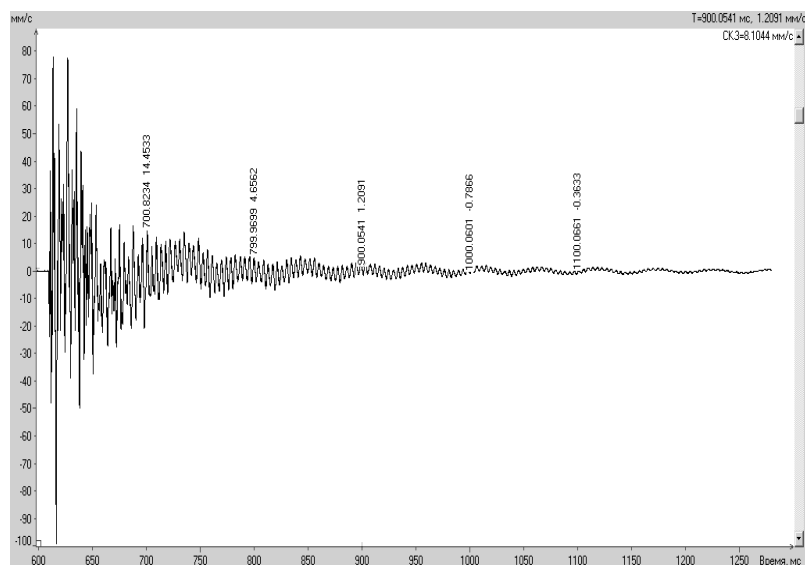


Рис. 10. Форма волны под действием ударной нагрузки.

## Платформа в положенні найбільшої жорсткості

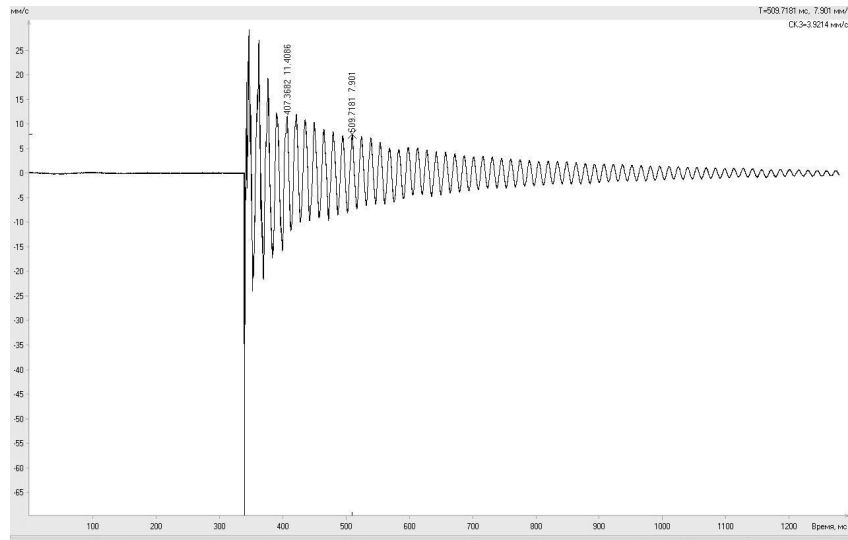


Рис. 11. Форма волни под действием ударной нагрузки.

## Платформа в положенні найменшої жорсткості.

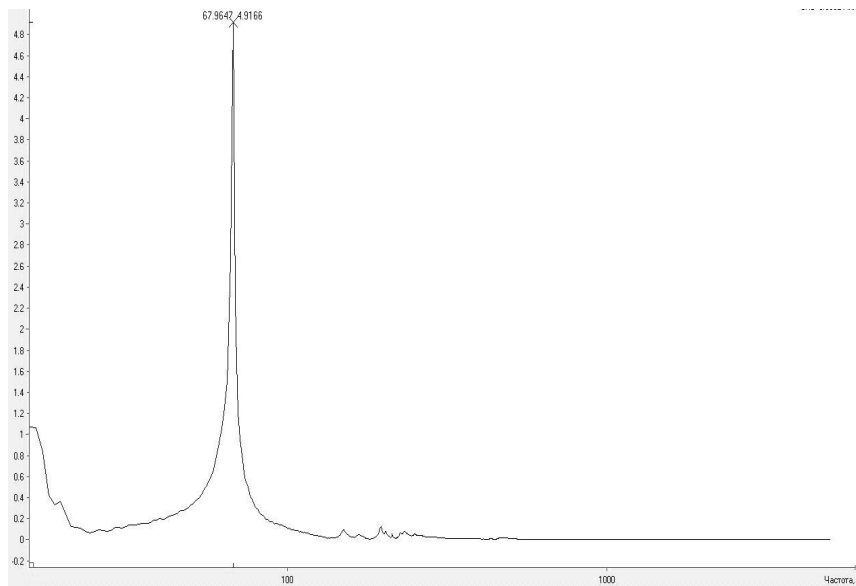


Рис. 12. Частотный спектр колебаний платформы в положении, соответствующем наименьшей жесткости механизма.

*Выводы.* Выявленные собственные частоты колебаний, позволяют решить вопрос об эксплуатационных возможностях в конкретных условиях, поскольку для различных положений подвижной платформы они различны, а также оценить возможность работы механизма под теми или иными нагрузками с учетом резонансных явлений.

## Литература:

1. Шамутдинов А.Х. Исследование классификации многоповодковых механизмов параллельной кинематики / А.Х. Шамутдинов // Омский научный вестник. – 2011. – № 2(100). – С. 85–90.
2. Гаврилов В.А. Классификация механизмов для технологических машин с параллельной кинематикой / В. А. Гаврилов, А. Г. Кольцов, А. Х. Шамутдинов // СТИН. – 2005. – № 9. – С. 28–31.

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЗМУ  
ПАРАЛЕЛЬНОЇ КІНЕМАТИКИ ТИПУ "ПЛАТФОРМА  
СТЮАРТА"**

А. Г. Кольцов, А. Х. Шамутдінов, Ю. А. Дмитрієв

**Анотація - визначені параметри робочого простору, параметри статичної і динамічної жорсткості механізму, власні частоти коливань і оцінені можливості роботи механізму під тими або іншими навантаженнями з урахуванням резонансних явищ.**

**EXPERIMENTAL STUDIES OF THE MECHANISM OF  
PARALLEL KINEMATICS OF THE "STEWART PLATFORM"**

A. G. Koltsov, A. H. Shamutdinov Ju.A. Dmitriev

*Summary*

**The parameters of the working space, the parameters of static and dynamic stiffness of the mechanism, the natural frequencies and evaluated the possibility of the mechanism under these or other loads, taking into account resonance.**

УДК 636.085.62

## РАЦІОНАЛЬНЕ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ВИРОБНИЦТВА МОРКВЯНОГО СОКУ

Червоткіна О.О., аспірант\*,

Олексієнко В.О., к.т.н.,

Фучаджи Н.О., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

*Тел.(0619)42-13-06*

**Анотація** - у статті розглянута роль вторинних ресурсів, що отримують при виробництві морквяного соку. Наведено раціональний спосіб використання відходів сокового виробництва.

**Ключові слова** - м'язга, гранулювання, бета-каротин, виробництво морквяного соку, вторинні рослинні відходи, морква, утилізація, вітаміни, каротиноїди.

*Постановка проблеми.* Безвідходна і маловідходна технології є одними з сучасних напрямів розвитку промислового виробництва. Безвідходні виробництва мають на увазі розробку таких технологічних процесів, які забезпечують максимально можливу комплексну переробку сировини. Це дозволяє, з одного боку, найефективніше використовувати природні ресурси, повністю переробляти відходи, що утворюються, у товарну продукцію. Створення безвідходних виробництв відноситься до вельми складного і тривалого процесу, проміжним етапом якого є маловідходне виробництво [1]. При переробці плодів і овочів залежно від вигляду сировини, вживаної технології і отримуваної продукції відходи можуть складати до 50%. Вони утворюються при очищенні, різанні, протиранні, пресуванні і інших операціях. Тому перший напрямок раціонального використання сировини - скорочення відходів.

*Аналіз останніх досліджень.* Дослідження деяких авторів свідчать про те, що плодоовочеві відходи містять: до 6,7 % білка; до 19 % вуглеводів; до 0,6 % жиру і до 1,2% зольних елементів. Вони багаті вітамінами (мг в 100 г): А - до 7,2; В, - 0,36; В<sub>2</sub>- 0,25; С - 200. За вуглеводним, мінеральним і вітамінним складом і вмістом азоту вони близькі до ідеального живильного середовища для мікроорганізмів [2].

---

©Червоткіна О.О., аспірант, Олексієнко В.О., к.т.н., доцент, Фучаджи Н.О., к.т.н., доцент

\* Науковий керівник – к.т.н., доцент Олексієнко В.О.

*Формування цілей статті (постановка завдання)* Завданням роботи є вдосконалення процесу утилізації відходів сокового виробництва. Відходи моркви (40% при виробництві соку) придатні для здобуття вітамінних концентратів, каротину. У теперішній час вторинні ресурси рослинної сировини відіграють значну роль у вирішенні продовольчих і енергетичних проблем. Їх слід розглядати як додаткові джерела цінних речовин природного походження.

*Основна частина.* Морквяний сік – один з найсмачніших і корисніших соків, і він має бути присутнім у щоденному раціоні людини окремо, або в комбінації з іншими соками, як джерело важливого вітаміну А.

Велика кількість вторинних ресурсів утворюється у процесі переробки овочів і фруктів. Рослинні відходи, що утворюються, служать джерелами органічного і мікробного забруднення прилеглих територій. Внаслідок цього, неефективно використовується рослинна сировина, відбувається порушення екологічної рівноваги і активне поширення мікроорганізмів, що можуть уражати фрукти, ягоди і овочі [3].

До вторинних рослинних відходів ми можемо віднести відходи виробництва морквяного соку. Відходи моркви вельми багаті вуглеводами. На їх долю припадає від 70 до 80% по відношенню до загальної кількості сухих речовин. Білки каротину містять всі незамінні і замінні амінокислоти. Каротин не розчиняється у холодній воді і виключно стійкий до дії високих температур, розчинів солей, спирту, ефіру, розведених кислот.

Особливістю плодоовочевих відходів є те, що вони не спроможні до тривалого зберігання і потребують переробки або консервації. Харчова промисловість, що переробляє, в основному, сільськогосподарську сировину, одна з найбільш багатовідхідних галузей народного господарства. За масштабами утворення відходів вона поступається лише добувним галузям. Промисловість традиційно орієнтована на витягання з сировини одного основного продукту, при цьому вихід його складає 15...30 % від маси сировини, що переробляється, остання кількість переходить у відходи і побічні продукти. Одна частина вторинних сировинних ресурсів (ВСР) піддається промисловій переробці, інша частина використовується у природному вигляді на кормові цілі в сільському господарстві, як добрива і сировина для переробки в інших галузях.

Високий вміст вуглеводів дозволяє використовувати ці вторинні ресурси як основні інгредієнти для здобуття мікроорганізмів з метою виробництва спирту, харчового і кормового білка, амінокислот, вітамінів і мінеральних елементів [4]. Залишки твердих часток, що отримують у процесі їх переробки, можуть служити як харчові

добавки і екологічно безпечні добрива. Комплексна переробка сировини в харчовій промисловості дозволяє значно знизити витрати на отримання додаткової продукції.

На основі попередніх досліджень нами було прийнято рішення, що для раціонального використання відходів виробництва морквяного соку використовувати спосіб гранулювання відходів (м'язги). Високий вміст вуглеводів дозволяє нам використовувати вторинні ресурси як харчову добавку, або натуральний харчовий барвник чи концентрат [4]. Натуральні харчові барвники, що отримують з плодів і овочів, застосовують при виробництві кондитерських виробів, харчових концентратів і так далі.

Окрім фарбувальних речовин, вони містять вітаміни, органічні кислоти, мінеральні речовини. Тому додавання їх до продуктів харчування підвищує цінність останніх. Особливістю плодоовочевих відходів є те, що вони не здатні до тривалого зберігання і потребують переробки або консервації протягом 30-40 хвилин з моменту виходу після переробки. Використання такого методу дозволяє подовжити термін зберігання продукції.

Морквяні соки відрізняються високим загальним вмістом каротину. У залежності від сорту концентрація коливається від 3 до 16 міліграм каротину на 100 г свіжої ваги. Головну частину всіх цих каротиноїдів представляє бета-каротин, він досягає 60–90% загального вмісту каротину [5]. Бета-каротин має поживно-фізіологічне значення як провітамін А, природний антиоксидант, що перериває механізм ланцюгів радикалів і тим самим запобігає утворенню нових вільних радикалів.

Розрізняють два ізомери каротину:  $\alpha$ -каротин і  $\beta$ -каротин.  $\beta$ -каротин зустрічається у жовтих, оранжевих і зелених фруктах і овочах.

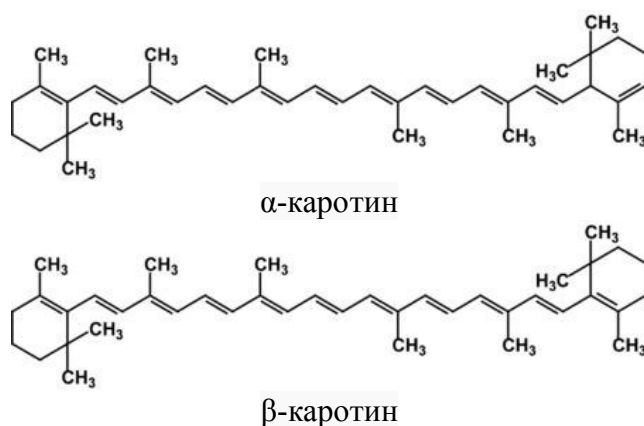


Рис. 1. Просторове розташування частин молекул ізомерів каротину.

Незважаючи на те, що каротин може бути отриманий за допомогою хімічного синтезу, його виробляють переважно з природної сировини.

У якості джерел каротину використовують рослини (наприклад, морква), бактерії (деякі штами стафілококів), водорості і гриби з високим вмістом цільової речовини.

Два кінцевих фрагмента ( $\beta$ -кільця) молекули  $\beta$ -каротину структурно ідентичні. Молекула  $\alpha$ -каротину містить два кінцевих циклічних фрагмента, що відрізняються розташуванням подвійного зв'язку в кільці. Один з кінцевих фрагментів називається  $\beta$ -кільце, ідентичне  $\beta$ -кільцю  $\beta$ -каротину, інший же називається  $\alpha$ .

Каротин, отриманий за допомогою хімічного синтезу рослин, наприклад, моркви, в порівнянні з бактеріями краще засвоюється і не викликає алергічної реакції [6].

Дослідники перераховують наступні чинники, які визначають властивості провітаміну А каротиноїдів:

- Різновиди каротиноїдів
- Молекулярне редагування
- Кількість у їжі
- Матричні властивості
- Виконавські елементи
- Живильний статус
- Генетика
- Специфіка господаря
- Взаємодії між чинниками

Бета-каротин міститься не лише в соці, але і також у м'якоті він міститься у рівних долях.

Бета-каротин нерозчинний у воді, але розчиняється в органічних розчинниках. Міститься у листі всіх рослин, а також у корені моркви. Тривалий прийом бета-каротину не супроводжується якими-небудь побічними ефектами [7]. Ненасичена структура бета-каротину дозволяє його молекулам адсорбувати світло і запобігати накопиченню вільних радикалів і активних форм кисню. Бета-каротин пригнічує вироблення вільних радикалів. Передбачається, що тим самим він захищає клітини імунної системи від пошкодження вільними радикалами і може покращувати стан імунітету. Це природний імуностимулятор, який підвищує імунний потенціал організму незалежно від вигляду антигенів, тобто діє неспецифічно [8].

На базі Таврійського державного агротехнологічного університету була створена експериментальна установка для визначення раціональних параметрів гранулювання відходів виробництва моркв'яного соку.

У процесі експерименту нами було отримано гранули (рис. 2).



Рис. 2. Вид гранул з відходів виробництва морквяного соку.

Отримані гранули мають тверду форму, і стійкі до механічних ушкоджень.

*Висновки:* У результаті проведених нами досліджень було отримано гранули, які мають специфічний для моркви запах і смак. Отримані гранули можна використовувати в якості харчових барвників або концентратів. Натуральні харчові барвники, що отримують з плодів і овочів, застосовують при виробництві кондитерських виробів, харчових концентратів і так далі. Вони зберігають всі свої первинні властивості. Досліджені фізико-механічні властивості одержаних гранул показують, що вони мають достатню механічну міцність, щоб не руйнуватися під час транспортування. Гранули мають високий вміст каротину і властивості, наближені до харчових, барвники стійкі до високих температур, це дозволяє рекомендувати гранули в якості харчового концентрату в умовах обмеженого об'єму зберігання, наприклад, в подорожах чи експедиціях та інш.

#### Література:

1. . *Деньшиков М.Т.* Отходы пищевой промышленности и их использование / М.Т. Деньшиков, Пищепромиздат — М, 1963. —112с.
2. *Петрова Жанна Олександрівна.* Розробка процесів одержання каротиновмісних харчових продуктів: Дис. канд. техн. наук: 05.18.12 / Інститут технічної теплофізики НАН України.— К., 2004.— 218 с.
3. *Гонопольский А.М.* Обезвреживание твердых органических отходов / А.М. Гонопольский ; - М.: МГУИЭ, 2008.-362 с.



4. *Постоєнко Олена Михайлівна*. Екологічні характеристики культурних і дикорослих каротиноносних рослин — накопичувачів вірусів та ксенобіотиків і метод отримання з них каротину: Дис. канд. біол. наук: 03.00.16 / Київський національний ун-т ім. Тараса Шевченка.— К., 2003.— 120 с.

5. *Самсонова А. Н.* Фруктовые и овощные соки (техника и технология) /А.Н.Самсонова, В.П.Ушева— 2-е изд., перераб. и доп.— М.: Агропромиздат, 1990.— 287 с.

6. *Сарафанова Л.А.* Пищевые добавки: энциклопедия / Л.А. Сарафанова, Изд. 2-е.- СПб.: Изд.-во Гиорд, 2004.- 808 с.

7. *Росивал Л.Д.* Посторонние вещества и пищевые добавки в продуктах / Л.Д. Росивал и др — М.: «Лег. и пищ. пром.», 1982 г.— 264 с.

## РАЦИОНАЛЬНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА МОРКОВНОГО СОКА

Червоткина А. А., Алексеенко В. А., Фучаджи Н. А.

**Аннотация - в статье рассмотрена роль вторичных ресурсов, получаемых при производстве морковного сока. Приведен рациональный способ использования отходов сокового производства.**

## RATIONAL UTILIZATION OF WASTES OF PRODUCTION OF CARROT JUICE

A. Chervotkina, V. Olekseenko, N .Fychadzhi

### *Summary*

**In the article the considered role of the second resources which turn out at the production of carrot juice. The rational method of utilization of wastes of exit-juice production is resulted.**

УДК 637.134

## АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОЦІНЮВАННЯ ЯКОСТІ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ МОЛОКА

Самойчук К.О., к.т.н.,

Ковальов О.О., аспірант\*,

Івженко А.О., інженер

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел.(06192) 42-13-06

**Анотація** – у статті проведено аналіз існуючих методів оцінювання якості гомогенізації та обґрунтовано оптимальний метод для оцінки якості роботи нових типів гомогенізаторів.

**Ключові слова** – аналіз, жирова кулька, якість гомогенізації, метод.

*Постановка проблеми.* Гомогенізація є одним з найбільш енерговитратних нормативних процесів технологічних схем переробки молока та виробництва молочних продуктів. Виробництво високоякісної молочної продукції можливе за умови забезпечення високої засвоюваності поживних речовин продукту багатокomпонентного складу. Це можливо при отриманні молочної емульсії з дуже малими розмірами часток, наближеними до розміру хіломікронів, що або повністю засвоюються організмом, або трансформуються в енергію. Тому в процесі розробки дослідниками нових, більш ефективних конструктивних рішень важливо приділяти увагу не тільки зниженню енергоємності, але й підвищенню якості готового продукту. Отже важливою задачею, що постає перед дослідниками процесів гомогенізації та диспергування молочної емульсії, є оцінювання якості процесу. Для її вирішення необхідно провести аналіз відомих методів оцінювання якості емульсій у харчовій промисловості та обґрунтувати найбільш раціональний, технологічний та універсальний.

*Аналіз останніх досліджень.* Більшість емульсій є термодинамічно нестійкими системами, які часто розшаровуються одразу після закінчення диспергуючих впливів. Гомогенізація обумовлює додатковий вплив на емульсію, що обумовлює не тільки підвищення дисперсності та однорідності, але й підвищення стійкості емульсії.

До основних показників якості дисперсних продуктів багатокомпонентного складу відносяться: розподіл дисперсної фази за фракціями різних розмірів, однорідність, стійкість, структурно-механічні властивості продукту, що визначаються як фізико – хімічні властивості компонентів та технологій обробки. Оскільки емульсії являють собою дисперсні системи з розвиненою поверхнею розділу фаз, актуальним є питання забезпечення їх фізичної стабільності. Підвищення ж рівномірності розподілу диспергованої фази в суцільній середі потребує пропонування більш ефективних конструктивних рішень [1]. Тому виникає потреба у точному, швидкому методі оцінки якості емульсії за умови відсутності руйнування часток. Методи дослідження якості можна поділити на:

- дослідження якості на етапі виробництва у потоковій лінії;
- на етапі розробки нової технології або нової конструкції.

Зрозуміло, що способи дещо відрізняються за вимогами, наприклад, до методів оцінювання у виробництві висуваються вимоги експресності, високої чутливості приладів, можливості локального аналізу та висока селективність результатів. У даному випадку інтерес являє другий спосіб.

Відомі способи оцінювання якості гомогенізації можна поділити на наступні групи [2].

1. Механічне розділення, що являє собою розшарування двох фаз.
2. Седиментаційний аналіз – виділення окремих груп зразків за вагою.
3. Метод центрифугування, що заключається у фракціонуванні шляхом впливу відцентрових зусиль.
4. Аналітичний метод оцінювання стійкості жирової фази, заснований на розгляді процесу седиментації жирової фази (Петров А.М.).
5. Оптичні методи.
6. Вимірювання під мікроскопом.
7. Метод аналізу дисперсного стану на базі комп'ютерного аналізу мікрофотографій.

*Основна частина.* З вказаних методів перші п'ять є узагальненими способами оцінки якості гомогенізації, а останні – диференційними. Перший спосіб заснований на визначенні розмірів часток у дисперсних системах шляхом аналізу їх фракційного складу. Цей спосіб не може бути застосовано для визначення якості гомогенізації з огляду на великий розмір часток від 1,5 до 100 мкм, яким обмежено його застосування.

Другий спосіб заснований на залежності швидкості седиментації жирової фази внаслідок підйому до поверхні часток жиру від їх

розміру, згідно залежності, запропонованої Стоксом, та перевіреної К.М.Раном та П.Ф.Шарпом. Для цього 250 см<sup>3</sup> молока наливають у циліндр та витримують 24 год. при температурі 4...8<sup>0</sup>С. Для емульсій більш високої стабільності, ніж гомогенізоване молоко, термін витримки становить 48 год. Після цього зразки поділяють на два шари та визначають масову концентрацію жиру  $c_n$  у нижніх 60% емульсії в циліндрі. Показник стабільності жирової молочної емульсії визначають з виразу [2, 3]

$$\chi = (C_o - C_n) / (C_o - 3C_n / 5) \quad (1)$$

де  $C_o$  - концентрація жирової фази в початковій емульсії, відсотки.

Жирова емульсія має високу стабільність за умови, що в циліндрі об'ємом 250 мл кількість жиру в нижніх 150 мл не перевищує 10%. До недоліків седиментаційного аналізу належать: обмеженість його застосування, невисока точність, низька відтворюваність результатів.

Метод центрифугування полягає у визначенні відсотку отриманої у жиромірі відсоткового відношення величин діаметром кульок менш 2 мкм до масової частки диспергованої жирової фази після центрифугування протягом 30 хвилин у спеціальній піпетці при температурі 38...40<sup>0</sup>С та частоті обертання, що дорівнює 18,3 с<sup>-1</sup>. При цьому в нижній частині піпетки знаходяться залишки, в яких розмір жирових кульок менше 2 мкм. Ефективність гомогенізації  $E_g$  визначається за формулою [4,5]

$$E_g = (Ж_n / Ж_n) / 100, \quad (2)$$

де  $Ж_n$  – масова частка жиру в нижньому шарі продукту з піпетки, %;

$Ж_n$  – масова частка жиру в продукті, %.

Слід відзначити ще один метод визначення ефективності гомогенізації за допомогою жиромірів, який заключається в встановленні відношення наявної в жиромірі недостатньо диспергованої жирової фази гомогенізованого та негомогенізованого молока за ТУ 49-986-83. Для підготовки зразків беруть молоко з масовою часткою жиру більше 3% та вершки до та після гомогенізації і нормалізують знежиреним молоком або дистильованою водою за жирністю до 2,5%.

Підготовлені зразки робочого розчину препарату для визначення ефективності гомогенізації жиру за ТУ 49-986-83 розводять у відношенні 1:3 та перемішують. Відбирають 20 см<sup>3</sup> отриманого розчину і вносять до жироміру. Залишок заповнюють дистильованою водою у кількості 1 – 1,5 см<sup>3</sup> та закривають пробкою. Жироміри у перевернутому стані ставлять на 10 хв у водяну баню, після чого центрифугують протягом 5 хв [6]. Після цього жироміри виймають та за шкалою відраховують кількість недостатньо диспергованої жирової фази

$$E_T = \left[ 1 - \left( \frac{V_T}{V_{HT}} \right) \right], \quad (3)$$

де  $V_T$  та  $V_{HT}$  – кількість отриманої у жиромірі недостатньо диспергованої жирової фази для гомогенізованого та не гомогенізованого молока.

При показнику  $E_T$  вище 75% вважається, що жирові кульки діаметром більше 2 мкм у продукті відсутні [5].

Недоліками методу центрифугування є його висока трудомісткість, низька продуктивність та великі похибки вимірювання.

Однією з найважливіших проблем при виготовленні емульсій є забезпечення її стабільності. У зв'язку з цим виділяють три види нестабільності. Визначенням термодинамічної нестабільності є оцінка здатності емульсії зберігати сталими розміри крапель жирової фази. Агрегативна нестабільність виражається у коагуляції жирових кульок для запобігання чого використовують емульгатори. Другим видом є седиментаційна стійкість, що заключається у збереженні розподілу дисперсної фази в об'ємі системи. Молоко, яке за класифікацією є розбавленою емульсією є тонкодисперсною та седиментаційно стійкою завдяки наявності броунівського руху та дифузії електричних шарів. Останнім видом нестабільності є інверсія, тобто зміна типу емульсії, на що може впливати: співвідношення та вид фаз, концентрація емульгатора, спосіб виготовлення емульсії. Враховуючи вищенаведене, оцінювання стійкості емульсій є важливою складовою оцінювання якості гомогенізації.

Петровим А.М. запропоновано аналітичний метод оцінювання стійкості жирової фази, що заснований на розгляді процесу седиментації жирової фази. Порушення консистенції пов'язане з седиментацією жирових кульок, поставленою у відповідність з кількісним критерієм - "коефіцієнтом стійкості жирової фази". Значення цього коефіцієнту визначається як середньоквадратична

похибка середньозваженого значення (вміст жиру в продукті в початковий період часу) масової частки жирової фази, скорегованої на коефіцієнт віднесення [7].

$$K_{CT} = \frac{1}{K_B} \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (g_i - g)}{n-1}}, \quad (4)$$

де  $K_B$  – коефіцієнт віднесення, %;  $K_{CT}$  – коефіцієнт стійкості жирової фази;  $g_i$  – масова частка жиру в  $i$  – ому шарі, %;  $g$  – середньозважена масова частка жиру в продукті, %;  $n$  – кількість шарів розділу.

Коефіцієнт стійкості є інтегральним показником однорідності, що враховує зміни в агрегатній та кінетичній стійкості жирової фази. Заміна молочного жиру рослинним різко (у 2 – 3 рази) знижує коефіцієнт стійкості жирової фази [7].

На підставі результатів аналізу пошарового відображення зразків розраховується  $K_{CT}$  та по його значенню дається характеристика рівномірності розподілу жирової фази за об'ємом продукту. Недоліками методу є: його вузьке призначення - для визначення дисперсних характеристик молочних консервів і  $K_{CT}$  відрізняється за рівномірністю зміни молочної частки жиру у шарах, що може негативно впливати на відтворенні їхньої консистенції [7]. Проте головною задачею гомогенізації є подрібнення жирових кульок, а забезпечення стійкості є супутньою, вторинною метою процесу.

Оптичним методом досліджують молоко з масовою часткою жиру 2 – 6%. Цей метод засновано на визначенні оптичної щільності зразку при двох довжинах хвиль: 400 та 1000 нм. Ефективність гомогенізації (ступінь диспергування жирової фази) продукту визначається відношенням значень щільностей за двох довжин хвиль  $D_{400}/D_{1000}$ . Відмінну глибину диспергування має молочна суміш, для якої відношення  $D_{400}/D_{1000}$  коливається у діапазоні значень 4...6, при цьому середнє значення діаметру жирової кульки дорівнює 1,2 мкм [3]. Недоліками цього методу є обмеженість використання за жирністю зразку, досить великий розмір вимірюваних часток, невисока точність вимірів.

Метод аналізу дисперсного стану емульсії на основі комп'ютерного аналізу мікрофотографій був розроблений Чеботарьовим С.А. Метод, що дозволяє автоматизувати аналіз мікрофотографій емульсій, заключається у визначенні розмірів часток, дисперсності, а також у вирішенні завдань, обов'язкових при дослідженні будь – якої дисперсної системи -будування статистичного

та емпіричного розподілу. Для вирішення вищезначених завдань використовують технічні та інженерні розрахунки в програмному середовищі MATLAB [8]. Для цього, відкривши зображення відповідним додатком, фото зразка перетворюється у чорний (дисперсійна середа) та білий (дисперсна фаза) кольори. Відтінки сірого при віднесенні до білого або чорного кольорів регулюються переміщенням повзунка випадаючого меню, шляхом зміни яскравості малюнку. Після автоматичного підрахунку розмірів часток у комп'ютера формується масив, що містить площі пухирців у пікселях. Побудова значень площин пухирців дозволяє визначити найбільші, найменші та середні розміри часток за допомогою Data Statistic.

Недоліком методу є необхідність наявності певних навичок програмування при роботі з ним, а звідси – обмежене застосування [8].

Метод мікрофотографування має два варіанти: за першим підрахунок ведеться за проекцією негативу на спеціально градуйовану сітку з відомою ціною поділу. За другим варіантом кількість жирових кульок рахують за фотографією, а їх діаметр вимірюють за допомогою спеціально градуйованої лінійки [8].

При здійсненні мікрофотографування молоко після гомогенізації ретельно перемішують, багаторазово переливаючи його з ємності у ємність. За допомогою спеціальної піпетки беруть  $8 \text{ см}^3$  та переносять до мірної колби на  $200 \text{ см}^3$ . Колбу з розчином перемішують, перегортаючи 6 – 10 разів, після чого вміст доводять розведенням водою до мітки та перемішують. З кожного зразка виробляють два розведення, а з кожного розведення зразків готують декілька препаратів для мікроскопування та фотографують [9].

Для підвищення контрастності зображення пропонуємо використовувати жиророзчинну фарбу темно – рожевого кольору типу Судан – 3 за ТУ6 – 09 – 3234 – 78. Краплю з кожного розведення зразків молока скляною паличкою наносять на центральну частину лічильної камери (Горяєва, Розенфельда та інш.), закривають та придавлюють покривним склом. Перед фотографуванням лічильну камеру витримують у горизонтальному положенні, що необхідно для спливання до одного рівня жирових кульок перед фотографуванням [9]. Фотографують не менш 4 полів зору на кожне розведення, зміщуючи камеру "змійкою". На фото рахують кількість жирових кульок, та, враховуючи розведення молока, визначають їх вміст у  $1 \text{ мм}^3$ . У тих же умовах фотографують стандартну лінійку об'єктмікрометра з ціною поділу  $0,01 \text{ мм}$ . З негативу зразка та лінійки об'єктмікрометра за умови однакового збільшення роблять фотокартки. Накладаючи плівку з лінійкою на фотокартку молока, визначають діаметр жирових кульок [10].

Враховуючи постійний рух жирової фази в емульсії вважається доцільним для вимірювань та аналізу застосовувати фотографування. Більш точні висновки необхідно робити шляхом вимірювання та

підрахунку не менше 1000 – 1200 жирових кульок з проби [11].

Відповідно до належності дисперсної фази кожного розмірного класу діаметра кульок у відсотковому відношенні до загальної кількості будують графічні зображення розподілу. При збільшенні розміру генеральної сукупності гістограми розподілу випадкових величин будуть наближені до логарифмічного виразу закону розподілу Гауса.

Перші п'ять методів оцінки якості гомогенізації не є досконалими та дають приблизні значення. На похибку, що дають методи відстоювання та центрифугування впливають: стабільність жирової фази, розміри жирових кульок та їх здатність утворювати скупчення, температура, в'язкість, різниця густини плазми молока та жиру та велика кількість інших факторів [11]. До оптичного методу помилку вносять білкові частки молока, розміри яких досягають 0,1 – 1,0 мкм [12]. Цей спосіб не можна вважати точним, бо він здатен фіксувати одночасно обидва основних компонента дисперсної фази. З іншого боку, використання мікрофотографування з подальшою комп'ютерною обробкою даних сприяє підвищенню точності підрахунків, зменшує похибку і значно скорочує трудомісткість і час обробки одержаних даних.

*Висновки.* Якість гомогенізації молока та молочних продуктів включає показник дисперсності та стабільності емульсії, причому останній – є другорядним при оцінюванні роботи нових диспергуючих пристроїв. У результаті проведеного аналізу виділені 7 способів оцінювання якості диспергованої емульсії, що використовуються у молочній промисловості. Серед них за показниками універсальності, точності та трудомісткості виділений метод мікрофотографування та подальшого комп'ютерного аналізу отриманих фотографій емульсії. Для отримання мікрофотографій немає необхідності у використанні коштовного спеціалізованого обладнання, достатньо мати оптичний мікроскоп зі збільшенням у 1000-1500 разів і веб-камеру або цифровий фотоапарат, під'єднану до персонального комп'ютера зі встановленим програмним забезпеченням (наприклад MATLAB).

#### Література:

1. *Старичков А. И.* Структурообразование дисперсных систем / А.И. Старичков // Пищевая промышленность. - 2000. - №11. - С. 38-40.
2. *Артемасов В.В.* Интенсификация процессов гомогенизации и диспергирования при получении жидких комбинированных продуктов / В.В. Артемасов : Дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 : - Кемерово, 2004 - 218 с.
3. *Долинский А.А.* Анализ эффективности гомогенизации эмульсии различными диспергирующими устройствами / А.А. Долинский, Б.И. Басок, Ю.А. Шурчкова // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1995. – № 6. – С.40 – 43.



4. Соколова Т.В. Определение эффективности гомогенизации при помощи специальной пипетки / Т.В. Соколова, И.М. Гущина // Молочная промышленность. – 1972. – №3 – С.12–13.

5. Чекулаева Л.В. Сгущённые молочные консервы / Л.В. Чекулаева, Н.М. Чекулаев – М.: Лёгкая и пищ. пром–сть, 1982. – 264 с.

6. Бредихин С.А. Технология и техника переработки молока / С.А. Бредихин, Ю.В. Космодемьянский, В.Н. Юрин. – М.: Колос, 2003. – 400 с.

7. Петров А.Н. Теория и практика повышения устойчивости жировой фазы консервов на молочной основе общего и специального назначения : диссертация ... доктора технических наук : 05.18.04 / Петров Андрей Николаевич; - Москва, 2010.- 280 с.

8. Ядута А.З. Интенсификация процесса получения комбинированных продуктов в роторно-пульсационном аппарате : диссертация ... кандидата технических наук : 05.18.12 /А.З. Ядута - Кемерово, 2009 – 173 с.

9. Кугенев П.В. Практикум по молочному делу /П.В. Кугенев Н.В. Барабанщиков [6–е изд.]. – М.: Агропромиздат, 1988. – 224 с.

10. Фридман Р.А. Технология косметики/Р.А. Фридман 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во пищ. пром-сти, 1984. – 488.

11. Вайткус В.В. Гомогенизация молока / В.В. Вайткус. – М.: Пищ. пром–сть, 1967. – 218 с.

12. Амбросимов В.М. Определение дисперсных характеристик молока / В.М. Амбросимов, М.О. Буркитбаев // Техника в сельском хозяйстве. – 1993. – № 4. – С. 28–30.

## **АНАЛИЗ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ГОМОГЕНИЗАЦИИ МОЛОКА**

Самойчук К.А., Ковалев А.А., Ивженко А.А.

**Аннотация - в статье проведён анализ существующих методов оценки качества гомогенизации и обоснован оптимальный метод для оценки качества работы новых типов гомогенизаторов.**

## **ANALYSIS OF METHODS OF ESTIMATION OF QUALITY OF HOMOGENIZATION OF MILK**

K. Samoichuk, A Kovalov, A. Ivzhenko

### *Summary*

**The analysis of existent methods of estimation of quality of homogenization is conducted and an optimal method is reasonable for the estimation of quality of work of new types of homogenizers are represented in the article.**

УДК 621.225.001.4

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО КЛАПАНА НЕПРЯМОГО ДЕЙСТВИЯ

Волошина А.А., доц.

*Таврический государственный агротехнологический университет*

Тел. (0169) 42-04-42

**Аннотация** – Работа посвящена разработке математической модели предохранительного клапана непрямого действия для исследования его статических и динамических свойств, а также динамики изменения выходных характеристик гидропривода в целом.

**Ключевые слова** – гидровращатель планетарного типа, предохранительный клапан, физическая модель, математическая модель, исполнительный золотник, управляющий золотник

*Постановка проблемы* – В настоящее время эффективность использования мобильной техники определяется гидрофикацией ее активных рабочих органов, что, в свою очередь, зависит от рационального выбора режимов работы гидропривода и конструктивного выполнения его элементов. Поэтому большого внимания заслуживают вопросы расчета и исследования процессов, возникающих в гидроприводах и их элементах.

Надежность гидропривода в большей мере определяется его динамическими характеристиками. Улучшения динамических характеристик гидропривода с вращательным движением выходного звена можно достичь путем исследования происходящих в нем процессов на базе разработки физических и математических моделей, учитывающих особенности функционирования и взаимного влияния всех элементов гидропривода а также особенностей рабочей жидкости.

На сегодняшний день развивающийся гидропривод мобильной сельскохозяйственной техники предъявляет новые требования к гидромашинам вращательного действия [1]. Сегодня нужны гидромашины с очень большими (более  $5000Н\cdot м$ ) крутящими моментами и очень низкими (до 10 об/мин) частотами вращения. Таким требованиям удовлетворяют гидровращатели планетарного типа, которые представляют собой совершенно новое направление в развитии планетарных гидромашин вращательного действия.

В связи с тем, что гидровращатель планетарного типа применяется для привода активных рабочих органов мобильной и стационарной техники [1] с большими инерционными нагрузками рекомендуется использование предохранительного клапана непрямого действия.

Предохранительные клапаны непрямого действия имеют статические характеристики, почти не зависящие от изменения расхода и давления в широком диапазоне. Они приспособлены для гидравлического демпфирования, поэтому обладают лучшей устойчивостью и малым гистерезисом.

Статические и динамические свойства предохранительных клапанов непрямого действия и стабильность их работы в процессе эксплуатации существенно влияют на надежность и технический ресурс привода активных рабочих органов мобильной и стационарной техники. Поэтому исследование процессов, происходящих в предохранительных клапанах непрямого действия путем разработки его физической и математической моделей, является одной из важнейших задач в цепи мероприятий, направленных на повышение надежности гидропривода и улучшение его динамических характеристик.

*Цель работы.* Разработка математической модели предохранительного клапана непрямого действия для исследования его статических и динамических свойств, а также динамики изменения выходных характеристик гидропривода в целом.

*Основная часть.* В связи с тем, что исследуемый высокомоментный вращатель планетарного типа применяется для привода активных рабочих органов мобильной и стационарной техники с большими инерционными нагрузками (приведенный момент инерции изменяется в диапазоне  $0,1 \leq J \leq 1500 \text{ Н}$ ), для ограничения всплесков давления в момент пуска и остановки вращателя рекомендуется использование предохранительного клапана непрямого действия.

Представленная (рис. 1) расчетная схема (физическая модель) предохранительного клапана непрямого действия позволяет разработать математическую модель клапана, описывающую его принцип действия.

Исследуемый клапан состоит из двух золотников – исполнительного и управляющего. С целью идентификации расчетных элементов математической модели примем, что оба золотника плунжерного типа (рис. 1).

Текущий расход через открытый предохранительный клапан можно определить как сумму текущих расходов через исполнительный и управляющий золотники

$$Q_{кл}(t) = Q_{к\lambda_u}(t) + Q_{к\lambda_y}(t).$$

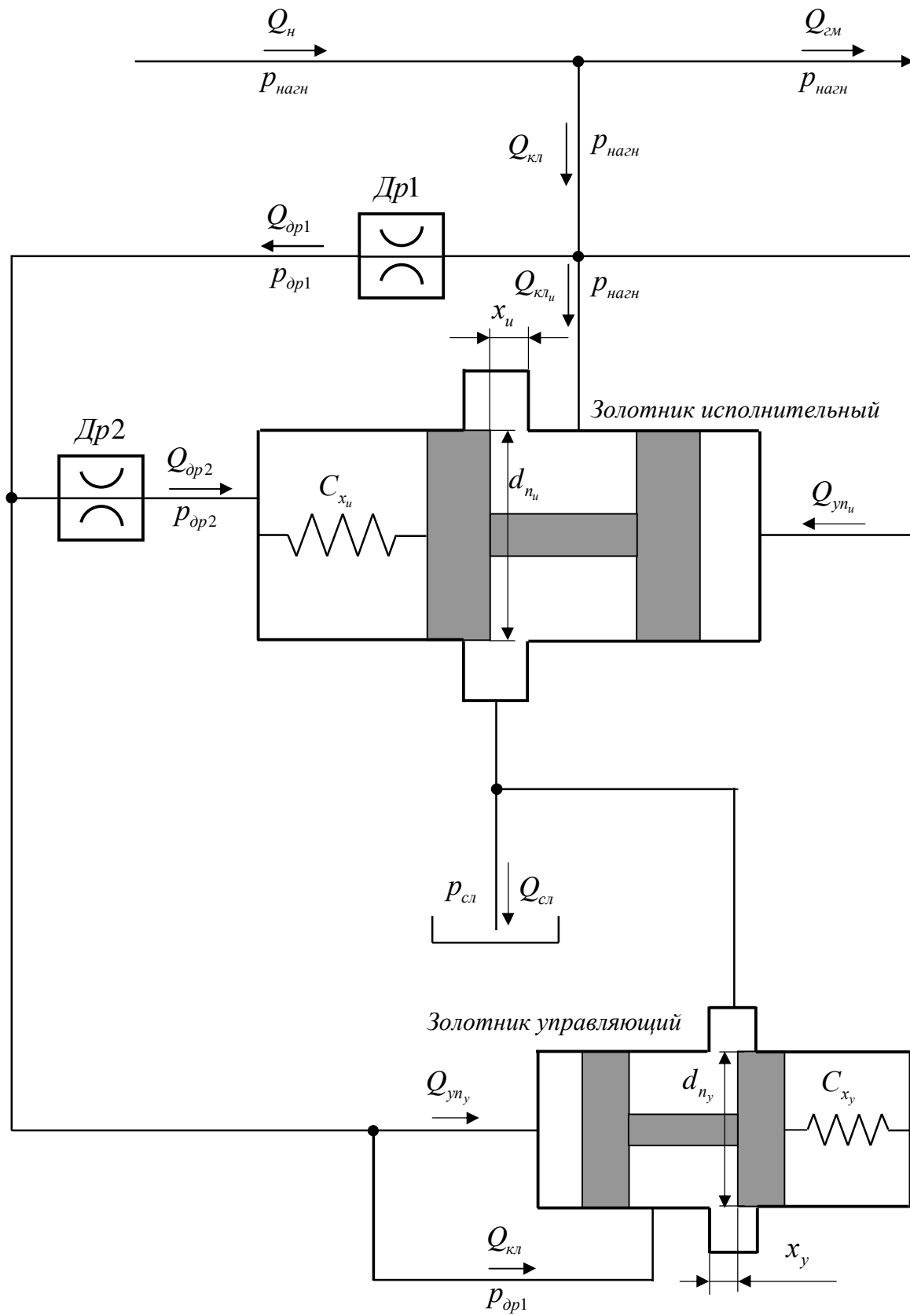


Рис. 1. Расчетная схема предохранительного клапана.

Текущий расход через исполнительный золотник определяется выражением [2,3]

$$Q_{\text{клу}}(t) = \mu \cdot S_u(t) \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} [p_{\text{нагн}}(t) - p_{\text{сл}}]}, \quad (1)$$

где  $\mu$  – коэффициент расхода, зависящий от формы исполнительного золотника;

$S_u(t)$  – текущая площадь раскрытия исполнительного золотника.

$$S_u(t) = \pi \cdot d_{n_u} \cdot x_u(t),$$

где  $d_{n_u}$  – диаметр плунжера исполнительного золотника;

$x_u(t)$  – текущее перемещение плунжера исполнительного золотника от его закрытого положения.

Аналогично определяется расход через управляющий золотник

$$Q_{\text{клу}}(t) = \mu \cdot \pi \cdot d_{n_y} \cdot x_y(t) \cdot \sqrt{\frac{2}{\rho} [p_{\text{др1}}(t) - p_{\text{сл}}]}, \quad (2)$$

где  $d_{n_y}$  – диаметр плунжера управляющего золотника;

$x_y(t)$  – текущее перемещение плунжера управляющего золотника от его закрытого положения.

Деформационный расход трубопроводов на участке насос-клапан-гидромотор, зависящий от сжимаемости рабочей жидкости, определяется из выражения [2]

$$Q_{\text{сж}}(t) = \frac{V_{\text{тр}}}{E_{\text{ж}}} \frac{dp_{\text{нагн}}}{dt}, \quad (3)$$

где  $V_{\text{тр}}$  – объем рабочей жидкости в трубопроводах, на участке насос-клапан-гидромотор.

Расход через демпфирующий дроссель управляющего золотника  $Dp1$  определяется выражением [2]

$$Q_{dp1}(t) = K_{dp1} \cdot [p_{dp1}(t) - p_{cl}], \quad (4)$$

где  $K_{dp1}$  – проводимость дросселя управляющего золотника  $Dp1$ .

При ламинарном течении рабочей жидкости в дросселе

$$K_{dp1} = \frac{\pi \cdot d_{dp1}^4}{128\mu' \cdot l_1},$$

где  $d_{dp1}$  – диаметр дроссельного отверстия управляющего золотника;

$l_1$  – длина дросселя управляющего золотника.

Расход через демпфирующий дроссель исполнительного золотника  $Dp2$  определяется аналогично

$$Q_{dp2}(t) = \frac{\pi \cdot d_{dp2}^4}{128\mu' \cdot l_2} \cdot [p_{dp2}(t) - p_{cl}],$$

где  $d_{dp2}$  – диаметр дроссельного отверстия управляющего золотника;

$l_2$  – длина дросселя управляющего золотника.

Расход, необходимый для срабатывания управляющего золотника, определяется из выражения

$$Q_{yn,y}(t) = S_{nly} \frac{dx_y}{dt},$$

где  $S_{nly}$  – эффективная площадь плунжера управляющего золотника.

При малом объеме демпфирующей полости можно пренебречь сжимаемостью рабочей жидкости в этом объеме. Тогда расход дросселя  $Dp1$  можно записать в виде

$$Q_{dp1}(t) = S_{nly} \frac{dx_y}{dt}.$$

Из равенства расходов  $Q_{yn_y}(t)$  и  $Q_{dp1}(t)$ , получаем

$$K_{dp1} \cdot [p_{dp1}(t) - p_{cl}] = S_{nl_y} \frac{dx_y}{dt}.$$

Тогда, при  $p_{cl} = 0$

$$K_{dp1} \cdot p_{dp1}(t) = S_{nl_y} \frac{dx_y}{dt}.$$

Откуда

$$p_{dp1}(t) = \frac{S_{nl_y}}{K_{dp1}} \frac{dx_u}{dt}.$$

Аналогично определяется расход, необходимый для срабатывания исполнительного золотника, из выражения

$$Q_{yn_u}(t) = S_{nl_u} \frac{dx_u}{dt},$$

где  $S_{nl_u}$  – эффективная площадь плунжера исполнительного золотника.

Тогда 
$$K_{dp2} \cdot [p_{dp2}(t) - p_{cl}] = S_{nl_u} \frac{dx_u}{dt},$$

при  $p_{cl} = 0$

$$K_{dp2} \cdot p_{dp2}(t) = S_{nl_u} \frac{dx_u}{dt}.$$

Откуда

$$p_{dp2}(t) = \frac{S_{nl_u}}{K_{dp2}} \frac{dx}{dt}.$$

Неразрывность расходов на участке насос-клапан-гидромотор при открытом предохранительном клапане

$$Q_n(t) = Q_{zm}(t) + Q_{kl}(t) + Q_{сж}(t) + Q_{yn_y}(t) + Q_{yn_u}(t). \quad (5)$$

Уравнение движения плунжера управляющего золотника в процессе работы имеет вид [2]

$$m_y \frac{d^2 x_y(t)}{dt^2} = S_{nl_y} \cdot [p_{нагн}(t) - p_{оп1}(t)] - F_{np_y}(t) - F_{з\partial_y}(t) - F_{mp_y}, \quad (6)$$

где  $m_y$  – масса плунжера управляющего золотника;

$$F_{np_y}(t) = C_{x_y} \cdot [x_y(t) + x_{z_y}] - \text{сила пружины управляющего}$$

золотника,

где  $x_{z_y}$  – величина предварительного сжатия пружины управляющего золотника;

$C_{x_y}$  – жесткость пружины управляющего золотника;

$F_{з\partial_y}(t)$  – гидродинамическая сила, действующая на плунжер управляющего золотника,

$$F_{з\partial_y}(t) = 2\mu_{ж}^2 \cdot \pi \cdot d_{n_y} \cdot x_y(t) \cdot p_{нагн}(t) \cdot \cos \theta, \quad (7)$$

где  $\theta$  – угол между вектором скорости потока, проходящего через щель, и осью плунжера;

$$F_{mp_y} = F_{mp0} \cdot \text{sign} \frac{dx_y}{dt} - \text{сила трения в плунжере управляющего}$$

золотника,

где  $F_{mp0}$  – модуль силы трения.

$$\text{sign} \frac{dx_y}{dt} = \begin{cases} +1 & \text{при } \frac{dx_y}{dt} > 0 \\ -1 & \text{при } \frac{dx_y}{dt} < 0 \end{cases}.$$

Движение плунжера исполнительного золотника в процессе работы описывается аналогичным уравнением

$$m_u \frac{d^2 x_u(t)}{dt^2} = S_{nl_u} \cdot [p_{нагн}(t) - p_{оп2}(t)] - F_{np_u}(t) - F_{з\partial_u}(t) - F_{mp_u} \quad (8)$$

где  $m_u$  – масса плунжера исполнительного золотника;

$$F_{np_u}(t) = C_{x_u} \cdot [x_u(t) + x_{z_u}] - \text{сила пружины исполнительного}$$

золотника,

где  $x_{z_u}$  – величина предварительного сжатия пружины исполнительного золотника;

$C_{x_u}$  – жесткость пружины исполнительного золотника;



$F_{z\partial_u}(t)$  – гидродинамическая сила, действующая на плунжер исполнительного золотника,

$$F_{z\partial_u}(t) = 2\mu_{жс}^2 \cdot \pi \cdot d_{n_u} \cdot x_u(t) \cdot p_{оп1}(t) \cdot \cos\theta, \quad (9)$$

$F_{mp_u} = F_{mp0} \cdot \text{sign} \frac{dx_u}{dt}$  – сила трения в плунжере исполнительного золотника,

$$\text{sign} \frac{dx_u}{dt} = \begin{cases} +1 & \text{при } \frac{dx_u}{dt} > 0 \\ -1 & \text{при } \frac{dx_u}{dt} < 0 \end{cases}.$$

Остановимся на ограничениях движения плунжеров предохранительного клапана, определяемых конструкцией и физикой их функционирования. Так как ход плунжеров ограничен корпусом предохранительного клапана, то их перемещение определяется неравенством:

$$0 \leq x_u \leq x_{\max_u} \text{ - для исполнительного золотника,}$$

$$0 \leq x_y \leq x_{\max_y} \text{ - для управляющего золотника.}$$

В модели следует учесть, что величина открытия щели золотников предохранительного клапана не может быть отрицательной

$$x_{щ_u} = x - x_{0_u} \geq 0 \text{ - для исполнительного золотника,}$$

$$x_{щ_y} = x - x_{0_y} \geq 0 \text{ - для управляющего золотника.}$$

Ограничения на скорость перемещения плунжеров предохранительного клапана связаны с конечным интервалом их хода и определяются соответствующими неравенствами:

для исполнительного золотника

$$\dot{x}_u = \begin{cases} 0 & \text{при } \dot{x}_u > 0, x_u = x_{\max_u}, \\ 0 & \text{при } \dot{x}_u < 0, x_u = 0, \\ \dot{x}_u & \text{при } 0 < x_u < x_{\max_u}. \end{cases} \quad (10)$$

для управляющего золотника

$$\dot{x}_y = \begin{cases} 0 & \text{при } \dot{x}_y > 0, \quad x_y = x_{\max_y}, \\ 0 & \text{при } \dot{x}_y < 0, \quad x_y = 0, \\ \dot{x}_y & \text{при } 0 < x_y < x_{\max_y}. \end{cases} \quad (11)$$

Представленная математическая модель системы (1...11) является нелинейной ввиду нелинейности уравнений (1), (7...11). Если систему уравнений (1...11) решить относительно одной переменной, то получим нелинейное дифференциальное уравнение 3-го порядка. Для получения единственного решения уравнения 3-го порядка или системы уравнений (1...11) необходимо иметь 3 начальных условия.

Начальные условия можно определить из уравнений статики и физической картины функционирования исследуемого объекта.

В установившемся режиме (при  $\dot{x}_u(0) = \ddot{x}_u(0) = 0$ ) модель клапана в статике представлена выражениями:

$$Q_u(0) - Q_{z.m}(\theta) - \Delta Q(0) = \mu \cdot \pi \cdot d_{n_u} \cdot x_u(0) \cdot \sqrt{\frac{2p_{нагн}(0)}{\rho}}, \quad (12)$$

$$p_{оп2}(0) = 0, \quad (13)$$

$$S_{n_u} \cdot p_{нагн}(0) - C_{x_u} [x_u(0) + x_{0_u}] - 2 \cdot \mu^2 \cdot \pi \cdot d_{n_u} x_u(0) \cdot p_{нагн}(0) \cdot \cos\theta = 0. \quad (14)$$

При заданных  $\Delta Q(0)$  (входное воздействие) и  $p_{нагн}(0)$  (начальное условие), находим третье начальное условие

$$x_u(0) = \frac{\Delta Q(0)}{\mu \cdot \pi \cdot d_{n_u} \cdot \sqrt{\frac{2p_{нагн}(0)}{\rho}}}.$$

Величина положительного перекрытия клапана из выражения (14) равна

$$x_{0_u} = \frac{S_{n_u} \cdot p_{нагн}(0) - C_{x_u} \cdot x_u(0) - 2 \cdot \mu^2 \cdot \pi \cdot d_{n_u} x_u(0) \cdot p_{нагн}(0) \cdot \cos\theta}{C_{x_u}}. \quad (15)$$

Таким образом, начальными условиями для исследуемой

системы являются:  $x_u(0), x_y(0), \dot{x}_u(0) = 0, \dot{x}_y(0) = 0$  и  $p_{нагн}(0)$ .

Полученная математическая модель предохранительного клапана непрямого действия описывает динамические и статические процессы, происходящие в клапане, а также учитывает особенности рабочей жидкости.

*Выводы.* Разработанные физическая и математическая модель предохранительного клапана непрямого действия а также граничные условия его работы позволяют исследовать статические и динамические свойства предохранительного клапана, а также динамику изменения выходных характеристик гидропривода в целом.

Литература:

1. *Волошина А.А.* Классификация планетарных гидромашин, применяемых в силовых гидроприводах мобильной техники // *Праці ТДАТУ / А.А. Волошина.* – Мелітополь. – 2011. – Вип. 11. – т.1. – с.67-85.

2. *Волошина А.А.* Математична модель гідроагрегату для приводу активних робочих органів мобільної сільськогосподарської техніки // *Праці ТДАТА / А.І. Панченко, А.А. Волошина, Д.С.Тітов.* – Мелітополь. – 2006. – Вип. 37. – с.53-66.

3. *Башта Т.М.* Машиностроительная гидравлика / Т.М. Башта – М.: Машиностроение, 1971. – 672 с.

## МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ЗАПОБІЖНОГО КЛАПАНА НЕПРЯМОЇ ДІЇ

Волошина А.А.

**Анотація** - Робота присвячена розробці математичної моделі запобіжного клапана непрямої дії для дослідження його статичних і динамічних властивостей, а також динаміки зміни вихідних характеристик гідроприводу в цілому.

## MATHEMATICAL MODEL OF THE INDIRECT ACTION OVERLOAD RELIEF VALVE

A.A. Voloshina

### *Summary*

The article is devoted to the development of the mathematical model of the indirect action overload relief valve which is used for its static and dynamic features research and also for the studying of the dynamics of the hydraulic drive output characteristics change.

УДК 637:2:665.333

## ДОЦІЛЬНЕ СПІВВІДНОШЕННЯ НАЙБІЛЬШ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНОЇ КОМПОЗИЦІЙНОЇ СУМІШІ НА ОСНОВІ РОСЛИННИХ ОЛІЙ

Білонога Ю.Л., д.т.н.,  
Корнієнко О.Я., аспірант\*,  
Варивода Ю.Ю., к.т.н.,  
Ціж Б.Р., д.т.н.,  
Максисько О.Р., к.т.н.

*Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім.С.З.Гжицького*  
Тел. (0322) 98-68-89

**Анотація** - досліджено оптимальне співвідношення рослинних олій, фізичні характеристики композиційної суміші яких (коефіцієнт поверхневого натягу, динамічний коефіцієнт в'язкості) є мінімальними. Досліджено оптичні властивості олійних сумішей.

**Ключові слова** - композиційна суміш, соєва олія, олія пшеничних зародків, оптичні властивості, гідрофільність, динамічний коефіцієнт в'язкості, коефіцієнт поверхневого натягу, двопроменевий спектрометр.

*Постановка проблеми.* З метою створення повноцінних жирових продуктів використовують рослинні олії, а також їх суміші. Як відомо, підвищення біологічної цінності масла досягається внесенням натуральних компонентів, зокрема на рослинній основі. Рослинні олії характеризуються високим показником поліненасичених жирних кислот (ПНЖК), які багаті на лінолеву (група  $\omega-6$ ), ліноленову (група  $\omega-3$ ), арахідонову кислоти, а також багаті на жиророзчинний вітамін Е ( $\alpha$ -токоферол), фосфатиди, стероли, за участі яких в організмі протікає синтез всіх обмінних процесів. Для профілактичного харчування створені олії на основі суміші: соняшnikової та лляної, соняшnikової та соєвої, соняшnikової, соєвої, кукурудзяної з додаванням вітамінів А та Е [1].

У харчовій промисловості рослинні олії використовують у якості поверхнево-активних речовин (ПАР). Тому доцільно показати оптимальне співвідношення, за якого спостерігається мінімізація

---

© Білонога Ю.Л., д.т.н., професор, Корнієнко О.Я., аспірант, Варивода Ю.Ю., к.т.н., доцент,  
Ціж Б.Р., д.т.н., професор, Максисько О.Р., к.т.н., асистент

\*Науковий керівник – д.т.н., професор Білонога Ю.Л.

фізичних характеристик (коефіцієнта поверхневого натягу, динамічного коефіцієнта в'язкості).

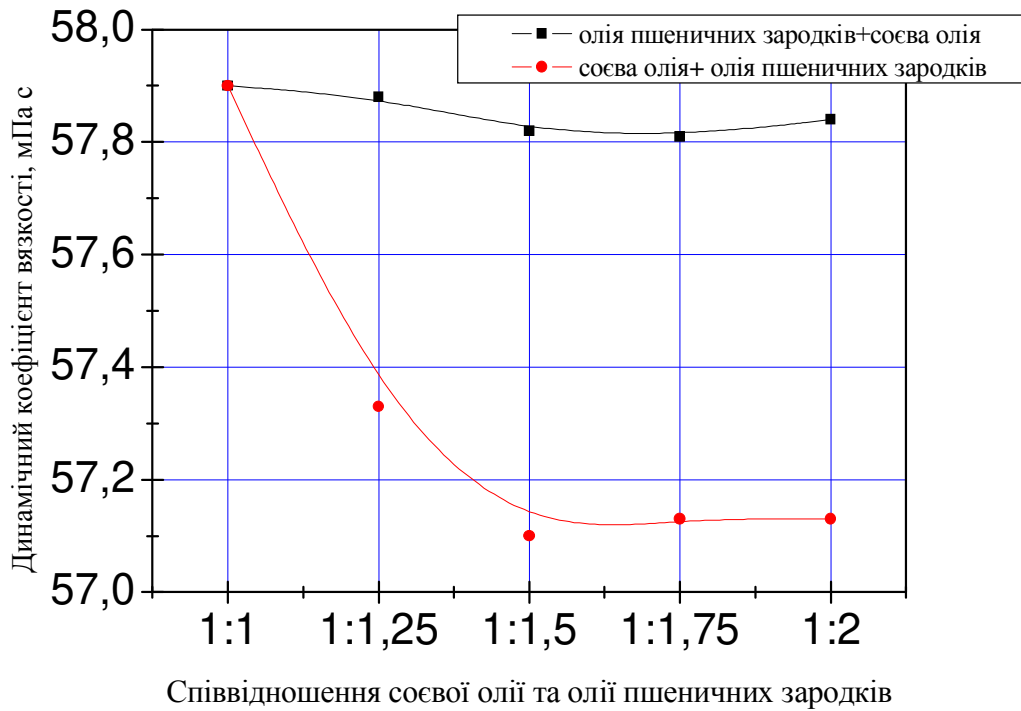
*Аналіз останніх досліджень.* Для виробництва жирових продуктів підвищеної біологічної цінності використовують рідкі купажовані рослинні олії. Наприклад, соняшникову, гарбузову, розторопші; гірчичну, гарбузову і розторопші; соняшникову, лляну та розторопші; соняшникову, зародків пшениці та розторопші у різних співвідношеннях. Також рослинні олії використовуються у процесі виготовлення вершкового масла в якості антиоксидантів, вони надають готовому продукту фізіологічного та біологічного значення [3,6,7,8].

*Формулювання цілей статті.* Показати зміну фізичних характеристик рослинної суміші у різних співвідношеннях досліджуваних олій. Визначити доцільні їх співвідношення, за яких фізичні характеристики (коефіцієнт поверхневого натягу, динамічний коефіцієнт в'язкості) є мінімальними. Дослідити оптичні властивості отриманої суміші.

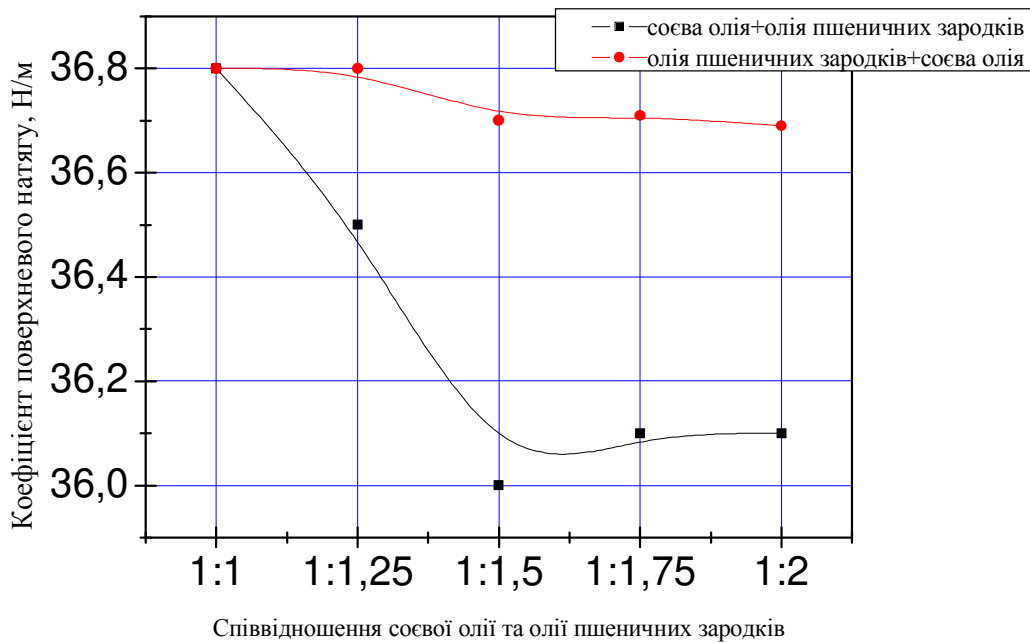
*Основна частина.* Виходячи з літературних даних [1,2] та роботи [4], максимально поверхнево-активними виступають соєва олія та олія пшеничних зародків. На їх основі створювали композиційну суміш. Оптимальне співвідношення між даними оліями визначали експериментально. За основу брали зміну значень коефіцієнта поверхневого натягу  $\sigma$  ( $10^{-3}$  Н/м), динамічного коефіцієнта в'язкості  $\mu$  (МПа·с), густини  $\rho$  (кг/м<sup>3</sup>) та косинуса кута змочування  $\cos\theta$ . Коефіцієнт поверхневого натягу визначали методом максимального тиску бульбашки (метод Ребіндера), динамічний коефіцієнт в'язкості – за допомогою ротаційного віскозиметра РЕОТЕСТ 2.1, густину - за допомогою пікнометра, гідрофільність - за допомогою мікрофотографії краплі на тефлоновій поверхні.

Оптимізація співвідношень композиційних сумішей та їх вплив на фізичні характеристики наведена на рисунках 1,2.

Косинус кута змочування визначали за допомогою мікрофотографії крапель на тефлоновій поверхні. На рисунку 2 (б) зображена зміна кута, а на рисунку 3 - профіль крапель композиційної суміші, де видно кут розтікання крапель.

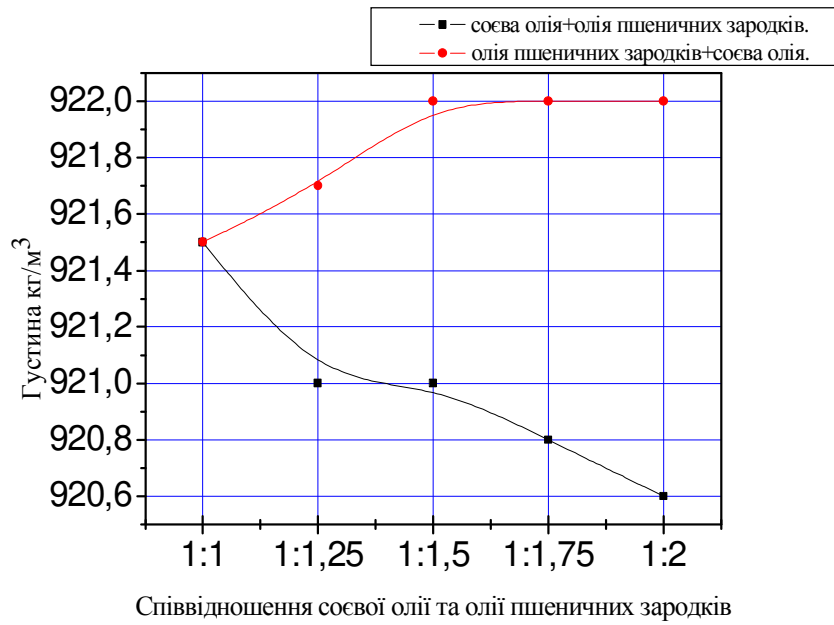


а)

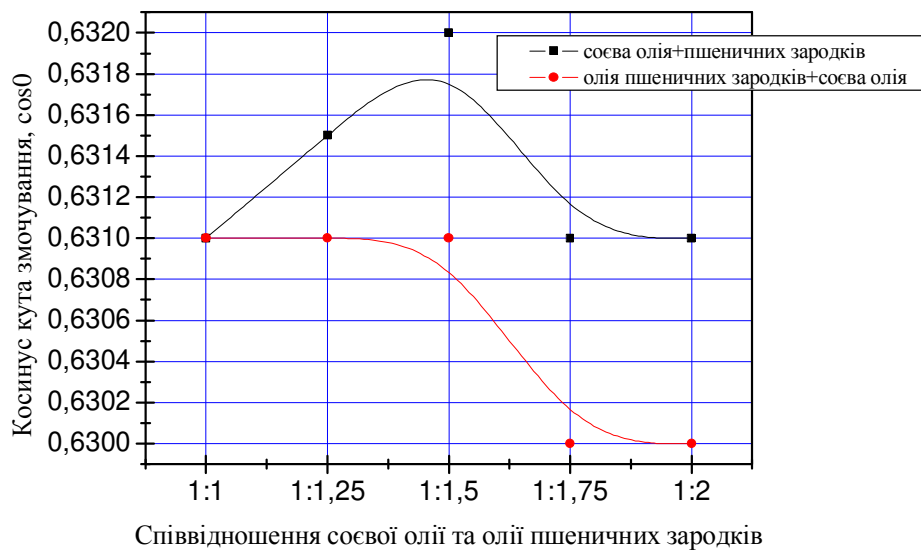


б)

Рис.1. Зміна динамічного коефіцієнта в'язкості (а) та коефіцієнта поверхневого натягу (б) за різних співвідношень олій.



а)



б)

Рис.2. Зміна густини (а) та косинуса кута змочування (б) за різних співвідношень олій.

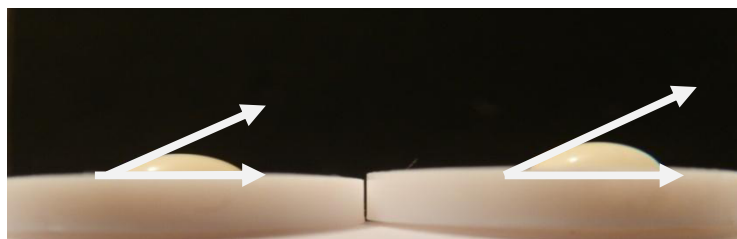


Рис.3. Профіль крапель суміші олій: соєвої та пшеничних зародків (1,5:1) пшеничних зародків та соєвої (1,5:1) на тефлоновій поверхні.

Відповідно до рисунків, мінімальні значення вказаних фізичних характеристик спостерігаються у суміші зі співвідношенням 1,5:1 олії соєвої та олії пшеничних зародків.

Оптичні властивості отриманих композиційних сумішей досліджували за допомогою двопробного спектрометра Spekolord M-400. Цей метод використовували для визначення впливу на склад суміші (рис. 4).

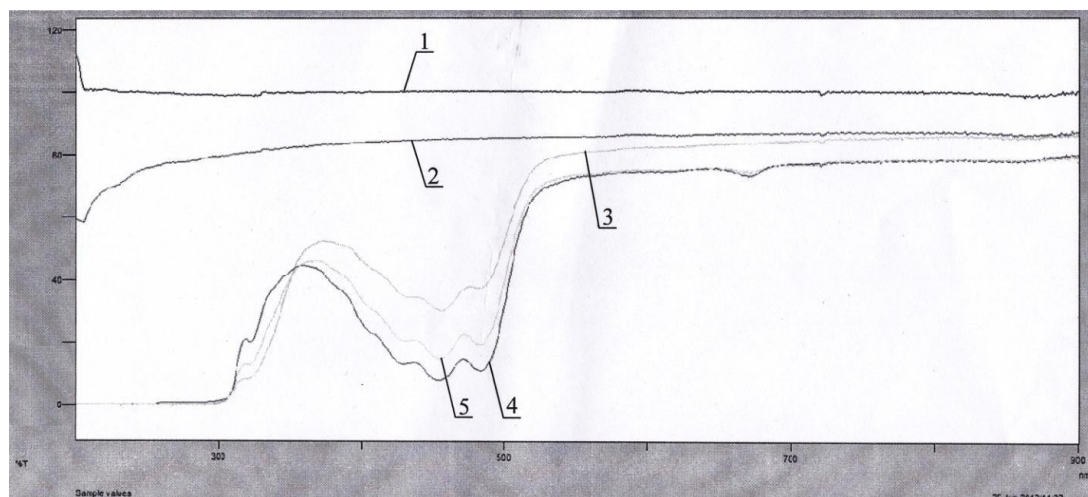


Рис. 4. Спектри оптичного пропускання харчових олій: 1-повітря (калібрувальна крива); 2-кварцева кювета чиста; 3-олія пшеничних зародків; 4- олія соєва; 5-суміш олій пшеничних зародків та соєвої.

Жирні кислоти поглинають світло по-різному в залежності від їх складу і структури. [9, с. 400]. Цю властивість жирних кислот використовують при визначенні ступеня ненасиченості жирних кислот. Показник поглинання ненасичених жирних кислот більший, ніж у насичених. Відповідно до рисунка 4, суміш на основі рослинних олій багата на ненасичені жирні кислоти.

*Висновки:* з соєвої олії та олії пшеничних зародків отримали суміш у співвідношенні 1,5:1. У такій суміші динамічний коефіцієнт в'язкості  $\mu(\text{МПа}\cdot\text{с}) = 57,68$ , коефіцієнт поверхневого натягу  $\sigma(\text{МН/м}) - 36,0$ , густина  $\rho(\text{кг/м}^3) - 921$ , косинус кута змочування  $- 0,632$ .

Отримані композиційні суміші будемо використовувати в подальших дослідженнях за для виробництва вершкового масла методом збивання.

#### Література:

1. Григорьева В.Н. Смеси растительных масел – биологически полноценные продукты [Текст] / В.Н. Григорьева, А.Н. Лисицын // Масложировая промышленность. – 2005. -№1. – С. 9-10.
2. Нечаев А.П. Купажированные растительные масла в производстве спредов для здорового питания [Текст] / А.П. Нечаев,



В.В. Тарасова, О.Н. Олейникова [и др.] // Масложировая промышленность. - 2005. - № 3. - С.22-23.

3. *Родак О.Я.* Поліпшення жирнокислотного складу спредів з використанням нетрадиційних олій [Текст] / О.Я. Родак, // Наук. пр. ОНАХТ. - 2008. - Вип. 36, Т.2. - С. 121-128.

4. *Білонога Ю.Л.* Дослідження поверхневої активності рослинних олій [Текст] / Ю. Л. Білонога, О.Я. Корнієнко, Б.Р. Ціж, Ю.Ю. Варивода, О.Р. Максисько, // Наук. пр. ОНАХТ. - 2012. - Вип. 41, Т. 1. - С. 51-57.

5. *Колесникова С.В.* Спреды с функциональными добавками – новый шаг в развитии продукта [Текст] / С.В. Колесникова, А.В.Алексеев // Молочная промышленность. - 2012. - №3. - С.55-57.

6. *Терещук Л.В.* Оптимизация состава жировых композиций для спредов [Текст] / Л.В. Терещук, А.В. Каменских, Т.Л. Мулозьянова // Молочная промышленность. - 2007. - № 9. - С. 67-69 .

7. *Петрина А.Б.* Спред з харчовими волокнами [Текст] / А.Б. Петрина, О.В. Красуля, О.В. Грех // Молокопереработка. - 2009. - № 4. - С. 17-18.

8. *Колесникова С.В.* Специализированные жиры для растительных сливок [Текст] / С.В. Колесникова, А.В. Алексеев, // Молочная промышленность. - 2009. - №3. - С.14.

9. *Тютюнников, Б.Н.* Химия жиров [Текст] / Б.Н. Тютюнников, З.И. Бухштаб, Ф.Ф. Гладкий и др. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Колос, 1992. — 448 с.

## **ЦЕЛЕСООБРАЗНОЕ СООТНОШЕНИЕ НАИБОЛЕЕ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ СМЕСЕЙ НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ**

Билонога Ю.Л., Корниенко О.Я., Варивода Ю.Ю., Циж Б.Р., Максиско О.Р.

**Аннотация** - исследованы оптимальные соотношения растительных масел, при которых физические характеристики композиционной смеси (коэффициент поверхностного натяжения, динамический коэффициент вязкости) являются минимальными. Исследованы оптические свойства масляных смесей.

## **MOST RATIO SURFACTANT COMPOSITE MIXTURES BASED ON VEGETABLE OILS**

Y.Bilonoga, O.Kornienko, Yu.Warywoda, B.Tsizh, O.Maksisko

### **Summary**

The optimal ratio of vegetable oils in which the physical characteristics of the composite mixture (surface tension, dynamic viscosity) are minimal. The optical properties of oil mixtures.

УДК 662.997

## ДОПОМІЖНІ ЕНЕРГОЗБЕРІГАЮЧІ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ ДЛЯ МАЛИХ ПІДПРИЄМСТВ

Олексієнко В.О., к.т.н.,

Самойчук К.О., к.т.н.,

Буденко С.Ф., к.т.н.

*Таврійський державний агротехнологічний університет*

Тел. (0619) 42-13-06

Свіреня М.О., д.т.н.

*Кіровоградський національний технічний університет*

**Анотація** – В даній роботі приведені результати дослідження та характеристики експериментального сонячного повітряного колектора.

**Ключові слова** – сонячна енергія, повітряний колектор, абсорбер, дефлектор, теплова потужність, опалення.

*Постановка проблеми.* Подальший ріст цін на харчові продукти значним чином зумовлений дорожчанням енергоносіїв і ця тенденція зростає з кожним роком. З іншого боку, можемо отримувати велику кількість енергії від Сонця, але не робимо цього. Відповідь проста: навіть примітивні сонячні водяні колектори занадто дорогі. Цей феномен пояснюється просто: імпортовані колектори ціною 3-4 тис євро розраховані на європейців, що мають стабільний високий (порівняно з українцями) доход, і кілька тисяч євро за колектор становлять одну місячну зарплату та не дуже відбиваються на бюджеті родини. Тому говорити про масове використання промислових колекторів в Україні зараз недоречно.

*Аналіз останніх досягнень.* На сучасному етапі у всьому світі поширюються сучасні низьковартісні колектори, ефективність яких ненабагато відрізняється від промислових. У Австралії, наприклад, на підігрівання рідин до температури 100° з витрачається майже 20% енергії. У зв'язку з цим в багатьох країнах, особливо в Австралії, Ізраїлі, США, Японії, Іспанії, активно розширюється виробництво сонячних нагрівальних систем. Особливо актуальним є розробка вказаних опалювальних пристроїв в умовах енергетичної кризи на Україні. Вартість отриманої теплової енергії (включно з витратами на акумулювання) залежно від технології виготовлення складає 0,005-0,04 дол./кВт·год. Як очікується в 2020 році, вартість колекторів досягне 50-100 дол. США/м<sup>2</sup>, а теплової енергії — 0,004-0,02 дол.

США/кВт·год. Економія електроенергії від впровадження СК на  $1 \text{ м}^2$  складає 1070-1426 кВт·год/рік.

*Основна частина.* Основним елементом сонячної нагрівальної системи є приймач - сонячний колектор (СК), в якому відбувається поглинання сонячного випромінювання і передача енергії рідини, який являє собою плоску коробчасту конструкцію (рис.1), теплоізольовану з тильної сторони і зашклену з лицьової (краще мати подвійне зашклення). Сонячний колектор – пристрій, який служить для нагріву води потоком сонячної енергії.

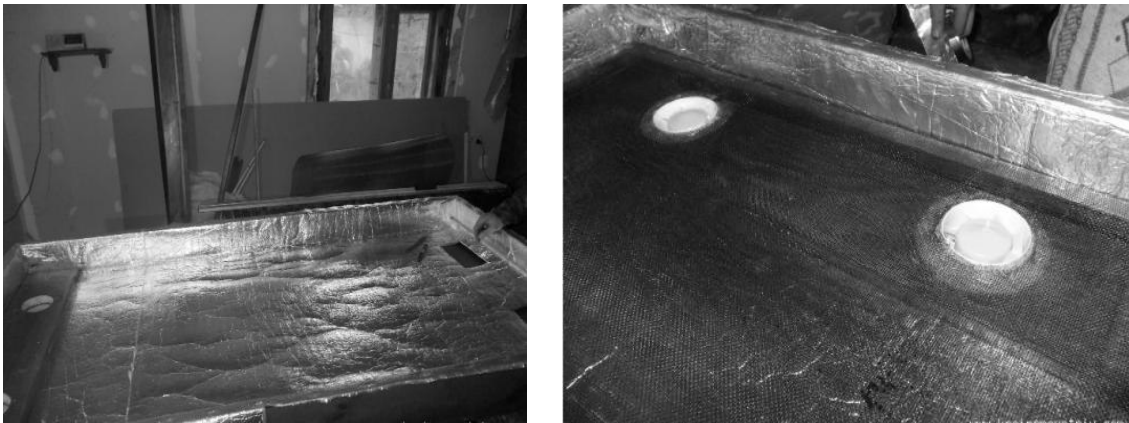


Рис.1. Каркас сонячного повітряного колектора з абсорбером.

Більшість плоских сонячних колекторів складається з чотирьох основних елементів (рис. 1):

— поглинальної панелі з каналами для теплоносія, на поверхню якої нанесено покриття, що забезпечує поглинання не менше 90% падаючого сонячного випромінювання;

— прозорої ізоляції, яка складається, як правило, з одного або двох шарів зашклення;

— теплової ізоляції, яка зменшує втрати теплоти в навколишнє середовище через днище колектора і його бокові грані;

— корпусу, де розташовані поглинальна панель і теплова ізоляція і який зверху закритий прозорою ізоляцією.

Сонячні колектори знайшли широке вживання в теплопостачанні в багатьох країнах. Робота СК заснована на парниковому ефекті, сонячні промені видимої частини спектру (короткі хвилі) вільно проходять скрізь скло і нагрівають теплоносії в середині СК, а інфрачервоне випромінювання нагрітого тіла (довгі хвилі) скло назад уже не випускає, тобто СК являє собою "пастку" для сонячних "зайчиків".

Розроблений пристрій складається з дерев'яної рами з фанерним днищем. У днищі зроблені два нижні круглі отвори для забору

повітря, а вгорі - два прямокутні отвори для відводу гарячого повітря з колектора (рис. 1).

Знизу днище вистелено ізоляційним матеріалом з тепловідбиваючими властивостями. Абсорбером колектора є чорна металева сітка, яка накопичує тепло. Холодне повітря подається знизу через два вентилятори, вмонтовані у круглі отвори. При русі воно вдаряється у дефлектор, який формує повітряний потік (направляє його вздовж сітки).

Після монтажу абсорбера до колектора кріпиться прозоре покриття (лист полікарбонату). Потім готовий виріб кріпиться до стіни будівлі.

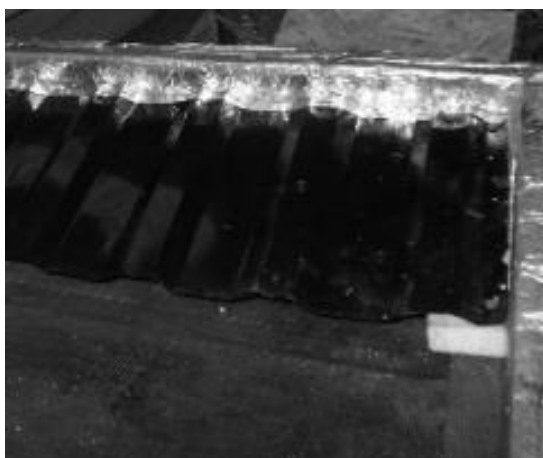


Рис. 2. Монтаж дефлектора.

Випробування колектора відбулося 30 грудня 2012 р у ясну сонячну погоду. Температура повітря надворі становила  $-6^{\circ}\text{C}$ .

Оптимальним є кут нахилу  $65^{\circ}$  ( $1,47$  кВт·год), але на стіну колектор повісити простіше, тому середньостатистична теплова енергія, яка падає на  $1\text{ м}^2$  вертикальної стіни будинку у грудні, становить  $1,38 \cdot 31 = 42,78$  кВт·год

Випробування проводилось наступним чином: повітря через два вентилятори подавалося у нижню частину колектора, нагрівалося від прогрітого сонцем абсорбера та поверталось назад у приміщення. На рисунку 3 зображені початкова і кінцева криві вихідної енергії колектора, виміряні з 5-ти хвилинним інтервалом.

В кожній і-точці вимірювання вихідна теплова енергія колектора визначалась формулою

$$E_i = m_i \cdot c \cdot (t_v - t_n),$$

де  $m_i = \tau \cdot m / 60$  – маса повітря, яке проходить через колектор за час  $\tau$ ;

$m$  – маса повітря, яке проганяють два вентилятори за годину ( $240$  кг);

$\tau$  – довжина часового інтервалу;  
 $c$  – питома теплоємність повітря, 0,000281 /°K;  
 $K$ – градус Кельвіна.

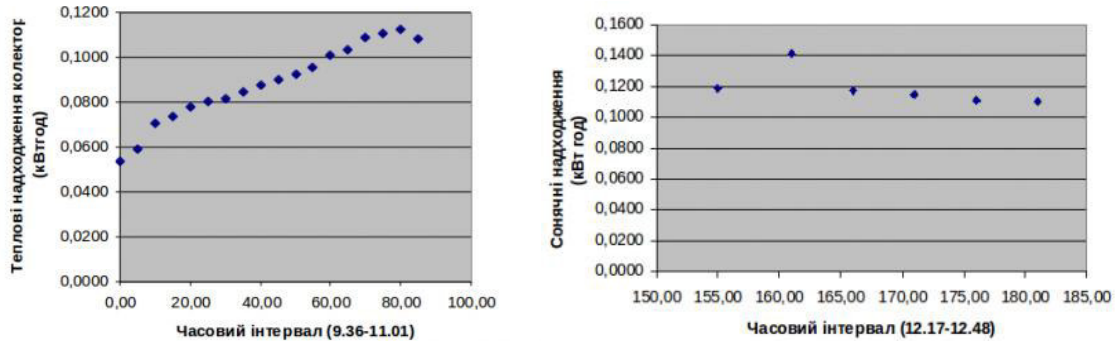


Рис. 3. Теплова потужність повітряного колектора.

На рис. 4 зображена температурна крива, отримана в часовому інтервалі 9.36 – 12.48 год.

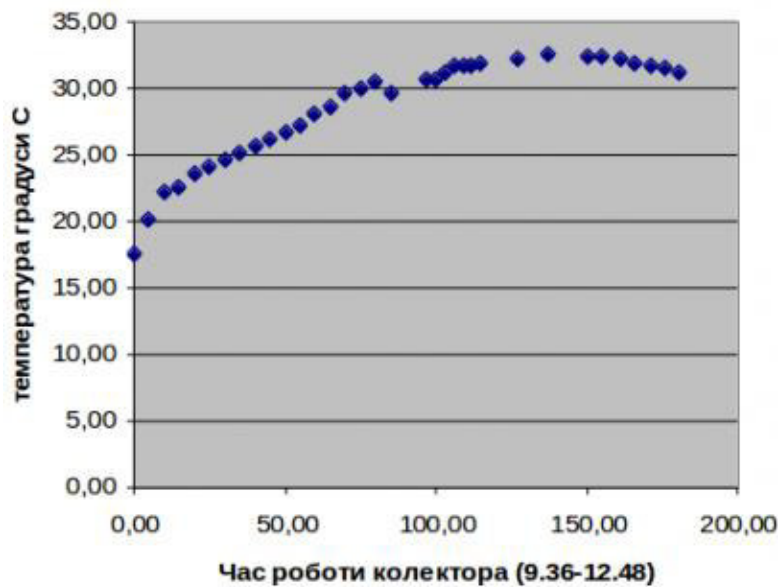


Рис. 4. Температура на виході з колектора.

#### Висновки.

1. Максимальна температура на колекторі у полудень становила 32,5°С. Це означає, що режим роботи вентиляторів був правильно вибраний. При вищій температурі ефективність колектора могла б зменшитись за рахунок зайвих тепловтрат.

2. Застосування двох вентиляторів замість одного вирівняло повітряний потік, що сприяло підвищенню ефективності колектора.

3. Трапецієвидний рельєф дефлектора забезпечив направленість

повітряного потоку вздовж сітки абсорбера.

4. Сумарна вихідна теплова енергія колектора впродовж всього сонячного дня становила 6 кВт·год.

5. Згідно з результатами досліджень, ефективність колектора становить не менше 50%. Для визначення дійсної ефективності колектора заплановано проведення місячного циклу вимірювань з використанням мікропроцесорної системи з цифровими датчиками температури.

6. Сонячний повітряний колектор може мати такі застосування:

- допоміжне опалення будівлі теплим повітрям;
- висушування неопалювальних приміщень;
- висушування фруктів та овочів влітку та восени;
- опалення парників.

Література:

1. *Твайделл Дж.* Возобновляемые источники энергии/ Дж.Твайделл, А.Уэйр / Пер. с англ.-М.: Энергоатомиздат, 1990-С. 105-242.

2. *Корчемний М.* Энергозбереження в агропромисловому комплексі/ М.Корчемний, В.Федорейко, В.Щербань. - Тернопіль; Підручники і посібники 2001 -С.410-449.

3. *Кирюшатов А.И.* Использование нетрадиционных возобновляющихся источников энергии в сельскохозяйственном производстве/ А.И.Кирюшатов. - М.: Агропромиздат 1991.- 96 с.

4. *Волеваха М.М.* Энергетичні ресурси клімату України/ М.М.Волеваха, М.І.Гайса – К.: Наукова думка, 1967.-132 с.

## **ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИЕ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ДЛЯ МАЛЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Алексеенко В.А., Самойчук К.О., Буденко С.Ф., Свирень М.О.

**Анотация** – В данной работе приведены результаты исследования и характеристики экспериментального солнечного воздушного коллектора.

## **AUXILIARY ENERGY-SAVING SYSTEMS HEATING FOR SMALL ENTERPRISES**

V.Alexeenko, K.Samoichuk, S. Budenko, M.Sviren

### *Summary*

**In hired given results of research and description of experimental sunny air collector.**

УДК 631.355.072/1

## **ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВІДОКРЕМЛЕННЯ КАЧАНІВ КУКУРУДЗИ НА КАЧАНОВІДОКРЕМЛЮВАЛЬНОМУ АПАРАТІ БАГАТОФАКТОРНОЇ ДІЇ**

Ракул О.І., інженер

*Миколаївський національний аграрний університет*

Тел. +038(0512) – 34-01-91

**Анотація** – наведено основні результати експериментальних досліджень нового качановідокремлювального апарата багатофакторної дії. Визначено оптимальне поєднання факторів, що найбільш суттєво впливають на якість процесу відокремлення качанів кукурудзи від стебел.

**Ключові слова** – травмованість качанів, втрати качанів, качановідокремлювальний апарат, фактори, поверхні відгику

*Постановка проблеми.* Відокремлення качанів кукурудзи від стебел є важливим технологічним процесом при збиранні кукурудзи на зерно, що в значній мірі регламентує якісні та кількісні показники зібраного врожаю. Тому з впевненістю можна стверджувати, що качановідокремлювальний апарат являє собою один із головних робочих органів будь-якої кукурудзозбиральної машини.

На сьогоднішній день як вітчизняні так, і закордонні технології механізованого збирання кукурудзи на зерно базуються на використанні пікерно-стриперних качановідокремлювальних апаратів, принцип дії яких заснований на активному протягуванні стебел пікерними вальцями, які обертаються назустріч один одному між двома пасивними стриперними пластинами, відстань між якими менша за діаметр качана. Відокремлення качана відбувається за рахунок розтягування плодоніжки, що призводить до її руйнування. Але досить високі швидкості протягування та значні зусилля відокремлення призводять до вильоту качанів за межі жатки, тим самим зменшуючи повноту збирання врожаю [1].

Виходячи з цього, розробка нових технічних засобів для відокремлення качанів кукурудзи є актуальною науковою проблемою, рішення якої неможливе без повноцінних лабораторних і польових випробувань, лише після проведення яких можна робити остаточні

висновки про роботоздатність і ефективність роботи нових робочих органів машин.

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* Згідно експериментальних досліджень [1, 4] середнє розривне статичне навантаження для плодоніжки кукурудзи складає 0,3...1,1 кН, при цьому стебло має не менш дворазового “запасу міцності”. Однак таке співвідношення зберігається у здорових рослин. При ураженні стебла личинками метелика його опір розриву може бути меншим, ніж у плодоніжки, що призведе до забруднення вороху качанів або до втрати врожаю вільними качанами. Місце розриву плодоніжки такими апаратами носить випадковий характер, а сам процес відокремлення качана потребує значних зусиль та сильної деформації стебла при протягуванні.

Використання у технологічному процесі відокремлення качанів згинаючої сили, яка буде діяти на плодоніжку в поздовжньому напрямку, приведе до зламу останньої. Такий ефект окрім прогнозованого місцеруйнування плодоніжки дасть можливість значно зменшити зусилля відокремлення качана в порівнянні з серійними апаратами. Згідно експериментальних даних [1, 4] зусилля зламу плодоніжки (біля основи качана) в середньому складає 32 Н, що в декілька разів менше міцності плодоніжки на розрив.

Перспективним шляхом інтенсифікації процесу качановідокремлення є введення у зону відокремлення качанів пари сил, що діють паралельно і на деякій відстані одна від іншої але направлені в протилежні боки. Крутний момент, що утворюється при цьому, через закручування качана буде діяти на плодоніжку, тим самим послабляючи її зв'язок з качаном. Така інтенсифікація процесу качановідокремлення дає прогнозоване місце руйнування плодоніжки, а також значно зменшує необхідне зусилля на відокремлення качана в порівнянні з вищевказаними способами [5].

Виходячи з огляду існуючих шляхів інтенсифікації процесу відокремлення качанів, а також проведених досліджень визначення фізико-механічних властивостей кукурудзи, було розроблено новий качановідокремлювальний апарат [2], який поєднує у собі всі вищеперераховані способи дії на плодоніжку.

*Метою роботи* є оцінка впливу основних параметрів качановідокремлювального апарату багатофакторної дії на якісні показники процесу відокремлення качанів у лабораторних умовах.

*Результати дослідження.* З метою дослідження основних факторів, які в найбільшій мірі впливають на якість виконання технологічного процесу відокремлення качанів на новому качановідокремлювальному апараті багатофакторної дії у проблемній лабораторії моделювання технологічних процесів



кукурудзозбиральних машин Миколаївського НАУ розроблена та виготовлена лабораторна установка, загальний вид якої наведено на рис. 1. Дослідження проводилися на рослинах кукурудзи сорту "Дніпровський 196 СВ".



Рис.1. Загальний вид лабораторної установки.

З метою скорочення об'єму експериментальних досліджень, зменшення числа переналагоджень лабораторної установки, а також отримання об'єктивно необхідної інформації про залежності величин травмованості та втрат качанів кукурудзи від одноразової зміни декількох кінематичних режимів, нами було використано трирівневе  $D$ -оптимальне планування другого порядку Бокса для чотирьох незалежних факторів. При цьому фактори отримали наступну градацію: кут нахилу стріперної пластини ( $X_1$ ), частота обертання протягувальних вальців ( $X_2$ ), швидкість руху прогумованої стрічки ( $X_3$ ), зусилля притискання прогумованої стрічки притискними барабанами ( $X_4$ ).

Після статистичної обробки експериментальних даних процесу качановідокремлення на ПЕОМ отримані математичні моделі для травмованості (ТК) та втрат (ВК) качанів, які описують технологічний процес відокремлення качанів на новому качановідокремлювальному апараті багатofакторної дії та мають вигляд [3]:

$$TK = 5,386 - 0,936 \cdot X_1 + 1,831 \cdot X_2 - 0,006 \cdot X_3 - 0,081 \cdot X_4 - 0,907 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,591 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,292 \cdot X_1 \cdot X_4 - 0,230 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,386 \cdot X_2 \cdot X_4 - 0,015 \cdot X_3 \cdot X_4 + 1,391 \cdot X_1^2 - 2,775 \cdot X_2^2 - 0,793 \cdot X_3^2 + 1,068 \cdot X_4^2; \quad (1)$$

$$BK = 1,278 + 0,234 \cdot X_1 - 0,120 \cdot X_2 + 0,007 \cdot X_3 + 0,193 \cdot X_4 - 0,113 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,131 \cdot X_1 \cdot X_3 + 0,239 \cdot X_1 \cdot X_4 - 0,036 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,193 \cdot X_2 \cdot X_4 - 0,196 \cdot X_3 \cdot X_4 + 0,256 \cdot X_1^2 - 0,283 \cdot X_2^2 + 0,281 \cdot X_3^2 + 0,226 \cdot X_4^2. \quad (2)$$

Аналіз отриманих рівнянь регресії проводився із закодованими величинами факторів. Дослідження критеріїв оптимізації у залежності від зміни незалежних факторів було проведено з використанням методу двомірних перетинів.

Почергово прирівнюючи до нуля два фактори, лишаючи нерівними нульовому значенню інші два, отримані рівняння регресії для травмованості та втрат качанів із можливими комбінаціями факторів.

Поєднання таких факторів роботи качановідокремлювального апарату як швидкості руху прогумованої стрічки ( $X_3$ ) та зусилля притискання прогумованої стрічки притискними барабанами ( $X_4$ ) при  $X_1 = 0$  (кут нахилу стріперної пластини =  $70^\circ$ ) і  $X_2 = 0$  (частота обертання протягувальних вальців = 700 об/хв) дозволило одержати рівняння регресії у вигляді:

$$TK = 5,386 - 0,006 \cdot X_3 - 0,081 \cdot X_4 - 0,015 \cdot X_3 \cdot X_4 - 0,793 \cdot X_3^2 + 1,068 \cdot X_4^2; \quad (3)$$

$$BK = 1,278 + 0,007 \cdot X_3 + 0,193 \cdot X_4 - 0,196 \cdot X_3 \cdot X_4 + 0,281 \cdot X_3^2 + 0,226 \cdot X_4^2. \quad (4)$$

Розв'язка системи рівнянь дала координати центрів поверхонь відгуку  $X_3$  і  $X_4$ , а також значення цільової функції  $Y_S$  у знайденому центрі та  $\alpha$  – кут повороту вісей у центрі координат математичної моделі в канонічній формі, які дорівнюють:

- для травмованості качанів  
 $X_3 = -0,004$ ;  $X_4 = 0,037$ ;  $\alpha = -0,23^\circ$ ;  $Y_S = 5,378$ ;

- для втрат качанів  
 $X_3 = -0,190$ ;  $X_4 = -0,509$ ;  $\alpha' = -37,16^\circ$ ;  $Y_S = 1,228$ .

Результати, отримані при поєднанні факторів  $X_3$  та  $X_4$ , приведені на рис. 2, а.

Якщо розглянути побудовані графіки, можна зробити висновок, що зона оптимального поєднання факторів обмежена кривими ТК і ВК у точках А, В, С, D. При цьому травмованість качанів знаходиться у межах  $4,9\% < ТК < 5,3\%$ , а втрати качанів не перевищують  $1,25\%$ .

При даних показниках критеріїв оптимізації швидкість руху прогумованої стрічки складала  $2,63...2,77$  м/с, а зусилля притискання прогумованої стрічки притискними барабанами –  $29...39$  Н. Характер зміни кривих ABCD вказує на те, що із збільшенням швидкості руху прогумованої стрічки зусилля притискання прогумованої стрічки притискними барабанами також збільшується.

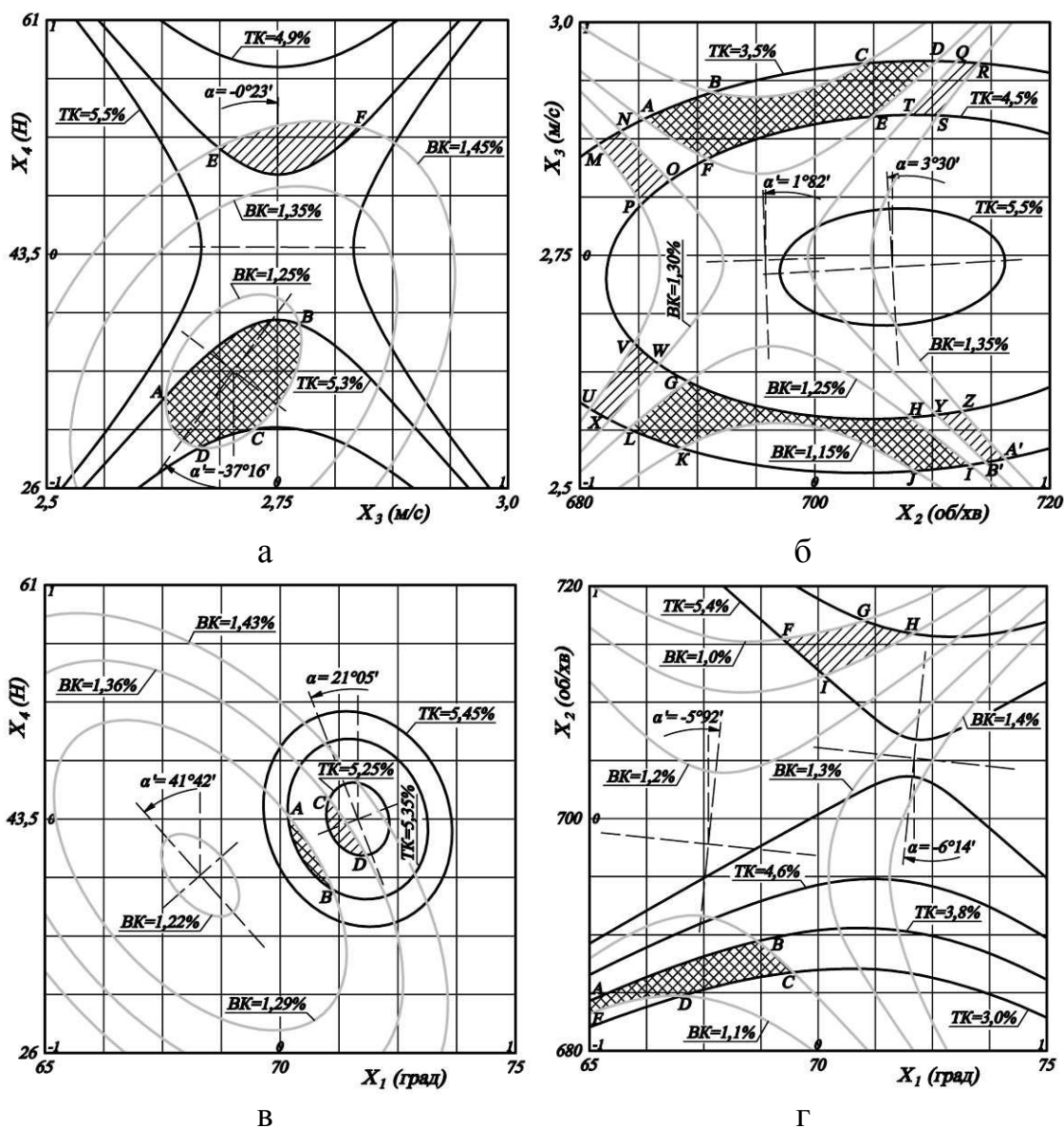


Рис.2. Двомірні перетини поверхонь відгуку:

а – при поєднанні факторів  $X_3$  і  $X_4$ ; б – при поєднанні факторів  $X_2$  і  $X_3$ ; в – при поєднанні факторів  $X_1$  і  $X_4$ ; г – при поєднанні факторів  $X_1$  і  $X_2$ .

Послідовно змінюючи поєднання факторів, отримано двомірні перетини поверхонь відгуку при всіх можливих комбінаціях факторів.

Так, при поєднанні факторів частоти обертання протягувальних вальців ( $X_2$ ) та швидкості руху прогумованої стрічки ( $X_3$ ) при  $X_1 = 0$  (кут нахилу стріперної пластини =  $70^\circ$ ) і  $X_4 = 0$  (зусилля притискання прогумованої стрічки притискними барабанами = 43,5 Н) дозволило отримати рівняння регресії у вигляді:

$$TK = 5,386 + 1,831 \cdot X_2 - 0,006 \cdot X_3 - 0,230 \cdot X_2 \cdot X_3 - 2,775 \cdot X_2^2 - 0,793 \cdot X_3^2; \quad (5)$$

$$BK = 1,278 - 0,120 \cdot X_2 + 0,007 \cdot X_3 - 0,036 \cdot X_2 \cdot X_3 - 0,283 \cdot X_2^2 + 0,281 \cdot X_3^2. \quad (6)$$

Обчислені координати центрів поверхонь відгуку:

- для травмованості качанів

$$X_2 = 0,323; X_3 = -0,051; \alpha = 3,30^\circ; Y_S = 5,684;$$

- для втрат качанів

$$X_2 = -0,210; X_3 = -0,025; \alpha' = 1,82^\circ; Y_S = 1,290.$$

На рис. 2, б наведено двомірні перетини поверхонь відгуку. Звідки видно, що зони оптимального поєднання факторів обмежені кривими ТК і ВК у точках А, В, С, D, Е, F та G, Н, I, J, K, L. При цьому травмованість качанів у обох зонах знаходиться у межах  $3,5\% < TK < 4,5\%$ , втрати качанів сягають  $1,15\% < BK < 1,25\%$ . При цьому швидкість руху прогумованої стрічки має два діапазони 2,50...2,60 м/с та 2,85...2,95 м/с, а частоту обертання протягувальних вальців можна змінювати в межах 685...713 об/хв.

При поєднанні факторів кута нахилу стріперної пластини ( $X_1$ ) та зусилля притискання прогумованої стрічки притискними барабанами ( $X_4$ ) при  $X_2 = 0$  (частота обертання протягувальних вальців = 700 об/хв) і  $X_3 = 0$  (швидкість руху прогумованої стрічки = 2,75 м/с) отримані рівняння регресії у канонічній формі, які мають вигляд:

$$TK = 5,386 - 0,936 \cdot X_1 - 0,081 \cdot X_4 + 0,292 \cdot X_1 \cdot X_4 + 1,391 \cdot X_1^2 + 1,068 \cdot X_4^2; \quad (7)$$

$$BK = 1,278 + 0,234 \cdot X_1 + 0,193 \cdot X_4 + 0,239 \cdot X_1 \cdot X_4 + 0,256 \cdot X_1^2 + 0,226 \cdot X_4^2. \quad (8)$$

Обчислені координати центрів поверхонь відгуку:

- для травмованості качанів

$$X_1 = 0,337; X_4 = -0,008; \alpha = 21,05^\circ; Y_S = 5,222;$$

- для втрат качанів

$$X_1 = -0,342; X_4 = -0,246; \alpha' = 41,42^\circ; Y_S = 1,214.$$

На рис. 2, в наведені результати отримані, для (7) та (8), з яких видно, що зони оптимального поєднання факторів обмежені кривими

ТК і ВК у точках А, В і С, D. Аналіз обох зон говорить про їх компромісний характер – при зменшенні травмованості качанів підвищуються їх втрати і навпаки. При травмованості качанів близько 5,35 % втрати качанів складають 1,29 %. При цьому кут нахилу стріперної пластини становить 70...71 град, а зусилля притискання прогумованої стрічки притискними барабанами – 38...44 Н. Якщо збільшити втрати качанів до 1,36 %, то матимемо травмованість качанів 5,25 % з кутом нахилу стріперної пластини 71...72 град та зусиллям притискання прогумованої стрічки притискними барабанами 41...45 Н.

При поєднанні факторів кута нахилу стріперної пластини ( $X_1$ ) та частоти обертання протягувальних вальців ( $X_2$ ) при  $X_3 = 0$  (швидкість руху прогумованої стрічки = 2,75 м/с) і  $X_4 = 0$  (зусилля притискання прогумованої стрічки притискними барабанами = 43,5 Н) отримані рівняння регресії у канонічній формі, які мають вигляд:

$$TK = 5,386 - 0,936 \cdot X_1 + 1,831 \cdot X_2 - 0,907 \cdot X_1 \cdot X_2 + 1,391 \cdot X_1^2 - 2,775 \cdot X_2^2; \quad (9)$$

$$BK = 1,278 + 0,234 \cdot X_1 - 0,120 \cdot X_2 - 0,113 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,256 \cdot X_1^2 - 0,283 \cdot X_2^2. \quad (10)$$

Обчислені координати центрів поверхонь відгуку:

- для травмованості качанів

$$X_l = 0,421; X_2 = 0,261; \alpha = -6,14^\circ; Y_S = 5,421;$$

- для втрат качанів

$$X_l = -0,482; X_2 = -0,115; \alpha' = -5,92^\circ; Y_S = 1,228.$$

На рис. 2, г наведено двомірні перетини поверхонь відгуку. Звідки видно, що зони оптимального поєднання факторів обмежені кривими ТК і ВК у точках А, В, С, D, Е. При цьому травмованість качанів знаходиться у межах  $3,0 \% < ТК < 3,8 \%$ , втрати качанів сягають  $1,1 \% < ВК < 1,2 \%$ . При цьому кут нахилу стріперної пластини дорівнює 65...70 град, а частоти обертання протягувальних вальців можна змінювати в межах 683...690 об/хв.

**Висновки.** Проведені експериментальні дослідження відокремлення качанів кукурудзи від стебел дозволили визначити найбільш результативне поєднання факторів, які суттєво впливають на якість виконання процесу качановідокремлення за таких критеріїв оптимізації, як травмованість та втрати качанів.

Експериментально доведено можливість зменшення ступеню травмованості качанів та підвищення повноти збирання врожаю шляхом поєднання у качановідокремлювальному апараті руйнуючих зусиль розтягування, зламу та кручення, які діють на плодоніжку при відокремленні качанів.

## Література:

1. *Шатилов К.В.* Кукурузоуборочные машины / К.В. Шатилов, Б.Д. Козачок, А.П. Орехов и др. – М.: Машиностроение, 1981. – 224 с.
2. Пат. 71945 Україна, МПК А01D 45/02. Пристрій для відокремлення качанів кукурудзи багатофакторної дії / Бондаренко О.В., Ракул О.І. – № u201203210; заявл. 19.03.2012; опубл. 25.07.2012, Бюл. № 14.
3. *Адлер Ю.П.* Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю.П. Адлер, Е.В. Маркова, Ю.В. Грановский. – М.: Наука, 1976. – 280 с.
4. *Ракул О.І.* Дослідження закономірностей відокремлення качанів кукурудзи від стебел при розтягуванні плодоніжки / О.І. Ракул // Сільськогосподарські машини. – Луцьк: ЛНТУ, 2012. – С.142-147.
5. *Ракул О.І.* Дослідження опору плодоніжки качанів кукурудзи деформації крученням / О.І. Ракул // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, вип. 41, ч. 1. – Кіровоград: КНТУ, 2011. – С.401-405.

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА  
ОТДЕЛЕНИЯ ПОЧАТКОВ КУКУРУЗЫ НА  
ПОЧАТКООТДЕЛИТЕЛЬНОМ АППАРАТЕ  
МНОГОФАКТОРНОГО ДЕЙСТВИЯ**

Ракул А.И.

*Аннотация* – приведены основные результаты экспериментальных исследований нового початкоотделительного аппарата многофакторного действия. Определено оптимальное сочетание факторов, которые наиболее существенно влияют на качество процесса отделения початков кукурузы от стеблей.

**EXPERIMENTAL RESEARCHES OF PROCESS OF SEPARATION  
OF CORN-COBS ON VEHICLE FOR SEPARATION OF EARS OF  
MULTIFACTOR ACTION**

O. Rakul

*Summary*

The basic results experimental researches of new vehicle are resulted for the separation of ears multifactor action. Optimum combination of factors which most substantially influence on quality of process separation of corn cobs from stems is certain.

УДК 621.316.1.05:519.85

## ОСНОВНІ НАПРЯМИ ТЕХНОЛОГІЧНО-ОРГАНІЗАЦІЙНОГО РОЗВИТКУ БІБЛІОТЕК У КОМУНІКАЦІЙНОМУ ПРОСТОРИ УКРАЇНИ

Кислюк Л. В., інженер,

Фурман І. О., д.т.н.

*Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка*

Тел. (057) 712-35-37

**Анотація** - аналізується напрями технологічно-організаційного розвитку бібліотек в комунікаційному просторі України.

**Ключові слова** - динаміка, бібліотека, мультимедійні технології.

*Постановка проблеми.* У сучасних умовах бібліотеки перебувають у процесі фундаментальних змін, пов'язаних із докорінними змінами у технології. Упровадження новітніх технологій впливає на процеси трансформації діяльності бібліотек, які стають багатофункціональним інформаційно-культурним центром, що інтегрує до сучасної системи соціальних комунікацій.

Інформатизація як визначальний чинник розвитку сучасного суспільства сприяє трансформації функцій бібліотечних установ, які мають усувати будь-які перешкоди в одержанні інформації. Рівень розвитку бібліотек стає сьогодні одним з індикаторів стану розвитку країни й суспільства в цілому. Якісні зміни в області розвитку сучасних інформаційних технологій і засобів передачі даних привели до необхідності пошуку нових підходів і рішень проблем створення сховищ інформаційних ресурсів, їхньої організації, засобів і способів доступу до них користувачів.

*Аналіз останніх досліджень і публікацій.* Невипадково цьому питанню присвячені наукові праці провідних українських та зарубіжних дослідників І.О. Давидової, К.В. Лобузної, Л.Я. Філіпової, Ф.С. Воройского, К.В.Тараканова, Я.Л. Шрайберга. Д.І. Соловяненко зроблено короткий огляд прогресивних тенденцій у розвитку технологій бібліотечного сервісу, які розробляються у провідних бібліотеках світу та мають узагальнену назву «Бібліотека-2.0». Здійснений аналіз рівня впровадження Web 2.0 в українському сегменті мережі Інтернету Д.С. Соловяненко, дозволив йому зробити

висновок про те, що ступінь його застосування в українських бібліотеках можна вважати середнім [6]. Потік нових інформаційних технологій, що виникають в бібліотеці, побудованих на сервісах Інтернету та особливості Web 2.0 в бібліотечній діяльності проаналізувала Т. Ярошенко [8].

Феномен мультимедіа осмислюють провідні політологи, філософи, соціологи, культурологи, бібліотечні та інформаційні фахівці сучасності. До питань використання мультимедійних технологій в бібліотеках звертається багато українських та зарубіжних дослідників, зокрема Л.І. Алешин, Т.О Колесникова, С.А. Тавальбех, Г.В. Шемаєва, О.В. Шликова та інші. Автори розкривають сучасні підходи до їх визначення; досліджують можливості та функції; пропонують напрями застосування. Сфери використання мультимедіа досить чітко визначають російські відомі дослідники А. Б. Антопольский, О.В. Шликова [1]. Мультимедіа розглядається як мова соціальної комунікації, як інструмент формування віртуальної реальності і художньої творчості, як засіб соціальної організації людей, як форма прояву домінуючої ідеології сучасного суспільства [7].

Між тим, практично відсутні роботи, в яких розглядаються та узагальнюються питання динаміки організаційно-технологічного процесу в бібліотеках з точки зору теорії соціальних комунікацій.

*Метою* статті є узагальнення основних напрямів технологічно-організаційного розвитку бібліотек в комунікаційному просторі України.

*Основні матеріали дослідження.* Методологічною основою дослідження динаміки організаційного й технологічного розвитку бібліотеки є соціально-комунікаційний підхід, з точки зору якого бібліотечна діяльність розглядається як складова системи соціальних комунікацій (ССК). До основних характеристик ССК відома українська дослідниця В.О. Ільганаєва відносить генетичну, цільову, організаційну, функціональну, структурну і технологічну єдність [2, С. 285]; прояв різноманітних зв'язків й просторових відношень її елементів [2, С. 286]. В основі еволюції ССК знаходиться різноманітність відносин у суспільстві за формою, способами фіксації, розповсюдження й збереження знань.

Сучасну бібліотеку неможливо уявити без таких інформаційно-комунікаційних систем і технологій:

- автоматизованої бібліотечно-інформаційної системи; електронного каталогу; системи внутрішніх баз даних;
- організації доступу до зовнішніх електронних ресурсів на засадах мережевих технологій;
- бібліотечного веб-сайту;
- корпоративної бібліотечної мережі.



Зазначені технології істотно змінили традиційні бібліотечні технології та організаційну структуру бібліотек.

Сучасні бібліотеки активно застосовують мультимедійні технології, зокрема розміщують на власних сайтах різноманітні мультимедійні продукти. Тобто нова модель ЕБ засновується на засадах мультимедійності. Мультимедіа – це сума технологій, що дозволяють комп'ютеру вводити, обробляти, зберігати і відображати такі типи даних, як текст, графіка, анімація, оцифровані нерухомі зображення, відео, звук, мова [3, с.38-39].

Продукти мультимедіа та послуги у бібліотеках України розпочали використовувати наприкінці 90-х рр. ХХ ст. Сьогодні набуває поширення використання мультимедійних видань на засадах інтеграції навчальної, наукової та організаційної діяльності [5], зокрема відбувається :

Модернізація українських публічних бібліотек сприяла застосуванню мультимедійних технологій у напрямках:

- організації доступу до мультимедіа видань засобами мережових технологій, Інтернету;
- створення власних мультимедійних презентацій, мультимедійних продуктів;
- використання мультимедійних продуктів в тренінгах;
- формування умов для вивчення іноземних мов, прослуховування аудіо книг;
- проведення відеолекторіїв, інтелектуальних ігор;
- підготовки й організації майстер-класів зі створення презентацій, відео кліпів, мультимедійних казок тощо;
- проведення віртуальних подорожей, екскурсій;
- використання мультимедіаавтобуса;
- створення мультимедійних читальних залів, мультимедійних центрів, медіатек [4].

Про різноманітність форм і методів застосування мультимедіа свідчить бібліотечні веб-сайти. Значних успіхів у застосуванні ММТ досягли ОУНБ України, що пов'язане з їх активною участю в реалізації програм і проектів Української бібліотечної асоціації. Їх веб-сайти, які презентують різноманітні форми і методи бібліотечного обслуговування користувачів із застосуванням мультимедіа. Наприклад, на сайті Кіровоградської ОУНБ у розділі «віртуальні виставки» представлено ряд найцікавіших матеріалів, серед яких звертає увагу аудіопроект «ГОЛОСИ З ВІЙНИ», мультимедійний on-line проект «Слисаветградський абрис. Персони українського театру».

Поряд з технологіями автоматизації використання мультимедійних технологій змінює роль бібліотеки в системі соціальних комунікацій. Рівень інтерактивності мультимедійних ресурсів разом зі складністю моделей, що використовуються, визначає ступінь взаємодії

користувача з об'єктами ресурсу, його вплив на процеси. Мультимедійні технології забезпечують на новий рівень комунікацій, розширюють спектр форм та засобів інформаційного обміну, посилюють елемент творчого підходу.

Застосування мультимедіа складає новий рівень впровадження технологічних змін, що, в свою чергу зумовлює організаційні зміни в бібліотеках та сприяє розвитку бібліотеки як інформаційної соціально-комунікаційної структури. Про це свідчить створення в бібліотеках мультимедійних центрів, медіатек, що дозволяє вдосконалювати соціально-комунікаційну інфраструктуру суспільства, в якій можуть взаємодіяти одночасно декілька моделей комунікацій; дозволяє виявляти, аналізувати, структурувати, зберігати, поширювати предметно-орієнтовані наукові дані і фрагменти знань; розробляти інформаційно-когнітивні модулі управління електронними ресурсами.

Таким чином, мультимедійні технології поєднують пізнавальну, наукову, культурологічну, антропологічну, навігаційну та комунікаційну функції, що розширює та розвиває комунікаційну функцію бібліотеки :

- інформаційно-комунікаційне середовище бібліотеки набуває ознак нелінійного інформаційно-когнітивного середовища;
- мультимедіа створює підвалини для розгортання інтелектуальної діяльності, орієнтує бібліотеки на опанування нових технологій роботи та посилення аналітичної діяльності;
- когнітивні можливості мультимедіа розкриваються через доповнення логіко-структурних елементів образно-інтуїтивними засобами, що сприяє розвитку просвітницької функції бібліотеки;
- для мультимедіа продуктів характерним є багатовимірність доступного знакового простору, наявність внутрішніх ; зовнішніх (з іншими електронними виданнями) динамічних зв'язків, забезпечення інтерактивної роботи, що дозволяє бібліотекам здійснювати обслуговування на новому рівні.

Упровадження мультимедійних технологій відкриває нові можливості у створенні, зберіганні, розповсюдженні і використанні інформації. Їх застосування приє медіації комунікаційного простору, що пов'язано з можливістю не опису реальності в символічних абстракціях, не аудіо-, не відеозображення об'єктів і процесів, а принципово нову модель, яку можна охарактеризувати як адекватне подання реальності. Розвиток ММТ змінює діяльність бібліотек, сприяє її трансформації в складну систему, яка вирізняється багатоконпонентністю, інтегральністю, поєднанням лінійного і нелінійного подання інформації. З іншого боку, у зв'язку з тим, що бібліотека існує в динаміці інших каналів комунікації, на її діяльність впливають і тенденції розвитку усіх сфер суспільства.

Застосування мультимедійних технологій та забезпечення доступу до мультимедійної інформації потребує створення не тільки чітко організованої структури, але й вимагає гнучкості з метою часткової її перебудови та перерозподілу функцій між окремими елементами для вирішення пріоритетних на даний момент завдань інформаційного обслуговування користувачів.

В освітніх установах медіатека є структурним підрозділом, який найчастіше базується на базі комп'ютерного або Інтернет класу чи центру. Бібліотека та медіатека співвідносяться як частина і ціле. Найголовніше відмінність між двома системами знаходиться в області посередництва та об'єкту інформації : у разі бібліотеки це : здебільшого текстовий документ – бібліотекар – комп'ютер – читач; в разі медіатеки це : різні види інформації – бібліотекар (медіатекар) – технічні засоби – користувач, що пов'язане з поєднанням в медіатеці усього розмаїття сучасних технологій роботи з інформацією і знанням.

Організаційні зміни, які пов'язані з впровадженням ІКТ в бібліотечну діяльність, перебудовують форми комунікації, формують нові комунікаційні моделі, характеризуються переходом від внутрішнього контуру бібліотечної діяльності до інтелектуалізації комунікаційного простору. Їх основні етапи узагальнюємо у таблиці 1.

Таблиця 1 - Динаміка організаційних змін під впливом впровадження ІКТ

Етапи	Технології	Процеси	Організаційні зміни	Зміни в бібліотечній парадигмі
I	Автоматизації	Реєстрації, каталогізації організації доступу до власних ЕК	Відділи, сектори автоматизації	Автоматизована бібліотека
II	Інтернет технології	Доступ до зовнішніх ЕР, сайтобудування	Інтернет-центри	Бібліотечно-інформаційний центр
III	Мультимедійні технології	Створення мультимедійних ресурсів, продуктів	Медіатеки	Інтегрований багатофункціональний центр

*Висновки.* Освоєння бібліотечними установами новітніх інформаційних технологій, мультимедіа відкривають широкі можливості для розширення бібліотечних послуг; впливають на організаційні зміни; сприяють перегляду фундаментальних уявлень про роль і місце бібліотек у суспільстві, основних принципів організації бібліотечної справи.

## Література:

1. Антопольский А.Б. Информационные ресурсы России. Ч.1 Информационные ресурсы инновационного развития : учеб. пособие. / А. Б. Антопольский О.В. Шлыкова - М. : ИПКИР МГУКИ, 2006. — 270 с.
2. Ильганаева В.А. Социальные коммуникации (теория, методология, деятельность) : словарь-справочник / В. А. Ильганаева. — Х.: КП «Город. тип.», 2009. — 392 с.
3. Киселев, С.В. Средства мультимедиа: учебное пособие для нач. проф. образ. / С.В. Киселев. — М.: ИЦ «Академия», 2009. — 64с.
4. Кислюк Л.В. Опанування мультимедійних технологій у бібліотеках України/ Л. В. Кислюк // Вісн. Харк. держ. акад. культури : зб. наук. пр. — Х. : ХДАК, 2012. — Вип. 37. — С. 136–143.
5. Осетрова Н.В. Книга и электронные средства в образовании: научно-популярная литература / Н. В. Осетрова, А. И. Смирнов, А. В. Осин. — М. : Логос, 2003. — 144 с.
6. Соловяненко Д. Бібліотека – 2.0: концепція бібліотеки другого покоління / Д. Соловяненко // Бібліотечний вісник. - 2007. - № 5. - С. 10–20.
7. Шлыкова О.В. Феномен мультимедиа. Технологии эпохи электронной культуры: монография / О. В. Шлыкова. — М. : МГУКИ, 2003. — 268 с.
8. Ярошенко Т. Бібліотека, бібліотекарі та користувачі бібліотек в епоху Веб 2.0: виклики часу [Текст] / Т. Ярошенко // Бібліотечна планета. — 2011. — № 1 (51). — С. 17–22.

## ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧНО-ОРГАНИЗАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ БИБЛИОТЕК У КОМУНІКАЦІЙНОМУ ПРОСТОРІ УКРАЇНИ

Л.В. Кислюк, И.А. Фурман

***Аннотация*** - Анализируются направления технологическо-организационного развития библиотек в коммуникационном пространстве Украины.

## THE MAIN TRENDS OF BIBLIOTHECAE TECHNOLOGICAL AND ORGANIZATIONAL DEVELOPMENT INTO UKRAINIAN COMMUNICATIVE UNIVERSE

L.Kisluk, I. Furman

### *Summary*

**Has been analyzed trends of technology and organizational development of libraries in the communication space of Ukraine.**

УДК 621.316.1.05:519.85

## СТРУКТУРНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗВЕТВЛЕННОЙ СЕКЦИОНИРОВАННОЙ СЕТИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ В УСЛОВИЯХ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОСТИ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Тимчук С. А., к.т.н.,

Фурман И. А., д.т.н.,

Сиротенко М. А.

*Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. Петра Василенко*

Тел. (057) 712-35-37

**Аннотация** – приведены результаты математического моделирования технико – экономических показателей эффективности сети электроснабжения в нечеткой форме, модернизированный генетический алгоритм многокритериальной оптимизации разветвленной секционированной сети электроснабжения, эффективность которых проиллюстрирована на конкретном примере.

**Ключевые слова** – распределительные сети электроснабжения, технико-экономические показатели, нечеткое моделирование, многокритериальность, генетические алгоритмы

*Постановка проблемы.* При проектировании и реконструкции систем электроснабжения (СЭС) в оптимизационных задачах для оценки технико-экономической эффективности применяются такие показатели, как годовой недоотпуск электроэнергии потребителям вследствие поломок и аварий ( $W$ ), приведенные затраты на сооружение и эксплуатацию СЭС ( $Z$ ), годовые транспортные потери в СЭС ( $N$ ). Данные показатели используются в качестве целевых функций при формировании отношения предпочтения. То есть оптимизационная задача является многокритериальной. Расчет этих показателей осложнен неопределенностью исходной информации. А выбор метода оптимизации дополнительно осложнен большой размерностью множества альтернатив ( $>10^{30}$  элементов), что делает неэффективным применение методов попарных сравнений альтернатив и традиционных поисковых методов.

*Анализ последних исследований.* Существует математический аппарат, корректно описывающий неопределенность типа случайности (теория вероятностей), который целесообразно

применять к процессам, связанным с ожиданием появления событий, последствия которых нам неизвестны, и неопределенность типа нечеткости (теория нечетких множеств), который связан с проблемой неоднозначного решения последствий событий, которые уже состоялись, или лингвистической неопределенностью целей [1, 4].

Приведенные выше технико – экономические показатели интегральные. Поэтому применение стохастических моделей в данном случае не является корректным. Традиционно применяемые детерминированные математические модели вносят существенные упрощения и порождают проблему точности, которую для достаточно сложных систем определить весьма. Детерминированные математические модели приведены в справочниках по проектированию СЭС [1]. Параметры, входящие в эти модели, определяются на основе статистических данных, т. е. по сути каждый параметр имеет не одно, а множество значений. Если же статистические данные из разных источников имеют разную степень доверия, то это множество органично представляется в виде нечеткого множества, где степень доверия к значению параметра является степенью принадлежности его к нечеткому множеству. Поскольку данная форма представления параметров существенно усложняет проведение математических операций, то нечеткие множества представляются в виде аналитической аппроксимации с помощью так называемых  $(L-R)$ -функций, а конкретнее – в виде треугольных нечетких чисел [2].

*Целью данной работы* является презентация одного из подходов к решению указанных проблем на основе разработки новых методик и методов моделирования СЭС, использующих теорию нечетких множеств, нечеткий анализ, векторную оптимизацию, сочетающую детерминированный, эволюционный и нечеткий подход.

*Основная часть.* Носитель треугольного нечеткого числа определяется достаточно просто:

$$p_{\min} = \min_i p_i, \quad p_{\max} = \max_i p_i, \quad p_i \in P, \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где  $P$ - множество значений параметра.

Для получения модального значения треугольного нечеткого числа применен метод нечеткого усреднения [2].

$$p_m = \frac{\sum_{i=1}^n \mu_i \cdot p_i}{\sum_{i=1}^n \mu_i}. \quad (2)$$

Таким образом, вместо множества нечетких значений параметра получим треугольное нечеткое число с носителем  $\{p_{min}, p_{max}\}$  и ядром (модальным значением)  $p_m$ .

Функция принадлежности треугольного нечеткого числа имеет вид:

$$\mu_{\Delta} = \max(0, \min(\frac{p - p_{min}}{p_m - p_{min}}, \frac{p_{max} - p}{p_{max} - p_m})) \quad (3)$$

Если хотя бы один из параметров, входящих в детерминированную математическую модель расчета технико – экономических показателей эффективности СЭС является нечетким числом, то, согласно обобщенным операциям Задэ [2], результаты математических операций будут нечеткими числами. Соответственно, полученные в результате расчетов нечеткие значения технико – экономических показателей эффективности СЭС содержат в себе как значения с наибольшим доверием (модальные), так и интервалы неопределенности (носители множеств).

Таким образом, данный подход является более общим, чем детерминированный, автоматически решает проблему точности и может использовать наработки, полученные в рамках детерминированного подхода.

Задача принятия решений в общем виде может быть описана множеством допустимых выборов (альтернатив) и заданным на этом множестве отношением предпочтения, которое отражает интересы лица (организации), принимающего решение (ЛПР). Принятие решения заключается в выборе допустимой альтернативы, которая лучше или не хуже остальных альтернатив в смысле заданного отношения предпочтения.

В случае анализа системы электроснабжения задача принятия решений содержит конечный набор функций полезности ( $W, Z, N$ ). В этом случае тяжело определить единственное решение, поскольку эти функции противоречивы. Обычно процесс сводится к определению множества Парето.

Задача математического программирования для конечного числа функций цели формулируется следующим образом [3]:

$$\begin{aligned} f_i(x) \rightarrow \max, \varphi_j(x) \leq 0, x \in X, \\ i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, m, \end{aligned} \quad (4)$$

где  $X$  – заданное множество альтернатив,  $f_i : X \rightarrow R^1, \varphi_j : X \rightarrow R^1$  - функции цели и ограничений.

Принцип Парето в общем случае определяет эффективное решение (недоминируемое) таким, которое не может быть улучшено одновременно по всем целевым функциям при заданных условиях. Т.е. альтернатива  $x_0$  будет недоминируемой, если

$$f_i(x_0) \geq f_i(x), i = 1, \dots, n, \quad (5)$$

причем, по крайней мере при одном  $i$ , неравенство (5) строгое.

Все недоминируемые решения образуют множество Парето  $X_0 \subset X$  и, если  $X_0 \neq \emptyset$ , то задача (4) имеет решение.

В случае нечетко заданных целевых функций неравенство (5) однозначно решается только в случае, если сравниваемые нечеткие числа не пересекаются. В противном случае указанное неравенство по сути является нечетким и эта нечеткость должна быть раскрыта, например, вводом индекса ранжирования [4], который для случая треугольных нечетких чисел имеет вид:

$$f_1 \geq f_2, \text{ если } f_{1min} \geq f_{2min}, f_1 \leq f_2, \text{ если } f_{1max} \leq f_{2max}, \quad (6)$$

где  $f_1 = \langle f_{1min}, f_{1m}, f_{1max} \rangle$ ,  $f_2 = \langle f_{2min}, f_{2m}, f_{2max} \rangle$ .

Основной проблемой при выборе метода оптимизации для конкретной задачи является размерность множества альтернатив.

При структурной оптимизации СЭС, состоящей из 10 участков, число возможных вариантов построения составит  $3,57 \cdot 10^{32}$ . Решение подобного рода задач прямыми поисковыми методами и методами, требующими предварительного определения всего множества альтернатив технически нереализуемо.

В данной ситуации возникает необходимость применения эволюционных алгоритмов [5]. Для рассматриваемого класса задач представляется перспективным применение генетического алгоритма с внедренными операторами местного поиска, основанными на методах математического программирования.

Типовой генетический алгоритм состоит из следующих операций.

1. Формирование начальной популяции объема. Для каждой особи генерируются коды генов случайным образом.

2. Оператор скрещивания. Каждой отцовской особи случайно подбирается материнская особь. Случайно выбирается ген материнской особи и заменяет соответствующий ген отцовской особи, образуя особь ребенка. Особь ребенка, превосходящая в данной системе критериев обоих родителей, добавляется в популяцию. Процедура скрещивания ведет к улучшению жизнеспособности (в системе принятых критериев) особей популяции.



3. Оператор мутации. Для каждой особи случайно выбирается ген и его код генерируется заново. Жизнеспособный (удовлетворяющий ограничениям) мутант заменяет особь в популяции. Процедура мутации может как улучшать, так и ухудшать жизнеспособность особей. Это не позволяет процессу свестись к поиску локального оптимума.

4. Оператор ранжирования и отсева. Из популяции удаляются наименее жизнеспособные особи.

5. Формирование множества элитарных особей. Из текущей популяции отбираются наиболее жизнеспособные особи и те из них, которые не хуже элитарных, добавляются в это множество.

Для рассматриваемого класса задач типовой генетический алгоритм доработан. Вместо традиционной жесткой процедуры ранжирования и отсева особей введен возраст особей, измеряемый числом поколений. Особи, возраст которых превышает срок жизни, удаляются из популяции. Популяция может развиваться или угасать, поэтому срок жизни может по ходу развития популяции изменяться в ту или иную сторону в зависимости от ресурса ареала (возможности конкретного компьютера). Если число особей превысило верхний предел (приемлемое время обсчета популяции), то срок жизни уменьшается и популяция угасает до нижнего предела по численности, после чего срок жизни снова увеличивается. Для каждого конкретного компьютера верхний предел размера популяции определяется индивидуально. В автоматическом режиме он может быть определен по времени расчета популяции (по опыту оно не должно превышать 5 минут). Нижний предел размера популяции должен быть не ниже размера множества элитарных особей.

Для выделения элитарных особей в генетический алгоритм внедрена процедура нелинейного программирования на основе метода попарных сравнений альтернатив по условию (6).

Условием прекращения поиска является отсутствие пополнения множества элитарных особей в течение заданного числа поколений.

При структурной оптимизации СЭС множество альтернатив является четким поскольку на данный момент известны конкурентные варианты технического исполнения элементов СЭС и их возможные сочетания в рамках единой сети. Нечеткость же содержится в описании целевых функций и функций ограничений.

Проиллюстрируем эффективность приведенного подхода на конкретном примере. Пусть СЭС содержит 25 абонентских ТП10/0,4 кВ, 29 участков линии электропередачи, среднегодовая мощность электропотребления по каждой ТП задана. Топология сети определена. Необходимо для каждого участка СЭС определить следующие структурные параметры: наличие секционирующего аппарата, тип ЛЭП, сечение проводов, тип коммутирующего аппарата на входе ТП, Число трансформаторов в ТП и наличие и тип резервирования. То есть для

каждого участка может быть рассмотрено 160 вариантов построения, а для всей СЭС число альтернатив составляет  $160^{29}$ .

Введем следующие ограничения на структурные параметры проектируемой сети:

- рассматриваются варианты только воздушных линий электропередач;
- сечения проводов берутся из номенклатурного ряда (25, 35, 50, 70, 95) мм<sup>2</sup>;
- сечение проводов последующего по ходу подачи электроэнергии участка не выше сечения проводов предыдущего участка;
- в качестве коммутирующего аппарата на входе в ТП10/0,4 кВ рассматриваются разъединители и масляные выключатели;
- напряжение на входе каждой ТП10/0,4 кВ должно находиться в пределах  $10 \pm 0,5$  кВ;
- ТП10/0,4 кВ могут иметь один или два трансформатора, в последнем случае по нижнему напряжению возможно резервирование, выполняемое оперативно-выездной бригадой, дежурным диспетчером дистанционно или аппаратурой автоматического ввода резерва.

Для работы генетического алгоритма зададим систему кодирования особи. Особь в данном случае – это альтернатива (вариант построения СЭС).

Ген особи (участок сети) однозначно определяется вариантом секционирующего аппарата ( $n_{CA}$ ), типом ЛЭП ( $n_{ЛЭП}$ ), вариантом коммутирующего аппарата на входе в ТП ( $n_{КА}$ ), вариантом ТП ( $n_{ТП}$ ), сечением проводов ЛЭП ( $n_F$ ).

Таким образом, особь определяется следующим выражением:

$$G = [N, \Psi] = (g_j), j = \overline{1, n_u}, \quad (7)$$

где  $n_u$  – число участков СЭС.

Фенотип особи имеет следующий вид:

$$N = (n_j); n_j = (n_{CA}^j, n_{ЛЭП}^j, n_{КА}^j, n_{ТП}^j, n_F^j), j = \overline{1, n_u}. \quad (8)$$

Здесь

$$\begin{aligned} n_{CA}^j &= (n_{CA_{i_{CA}}}), i_{CA} = \overline{0, k_{CA}}, n_{ЛЭП}^j = (n_{ЛЭП_{i_{ЛЭП}}}), i_{ЛЭП} = \overline{0, k_{ЛЭП}}, \\ n_{КА}^j &= (n_{КА_{i_{КА}}}), i_{КА} = \overline{1, k_{КА}}, n_{ТП}^j = (n_{CA_{i_{ТП}}}), i_{ТП} = \overline{0, k_{ТП}}, \\ n_F^j &= (n_{CA_{i_F}}), i_F = \overline{0, k_F}. \end{aligned}$$

Все составляющие гена дискретные и целочисленные, поэтому рационально применить десятичную систему кодирования (генотип почти совпадает с фенотипом). Операторы преобразования фенотипа к генотипу (кодирования) и обратного преобразования имеют вид:

$$\Psi : g_j = (g_j^1, g_j^2, g_j^3, g_j^4, g_j^5) = (i_{CAj}, i_{ЛЕПj}, i_{KAj}, i_{ТПj}, i_{Fj}), \quad j = \overline{1, n_u}. \quad (9)$$

$$\Psi^{-1} : n_j = (n_{CA_{i_{CAj}}}, n_{ЛЕП_{i_{ЛЕПj}}}, n_{KA_{i_{KAj}}}, n_{ТП_{i_{ТПj}}}, n_{F_{i_{Fj}}}), \quad j = \overline{1, n_u}. \quad (10)$$

В качестве целевых функций приняты технико – экономические показатели эффективности СЭС ( $W, Z, N$ ) в нечеткой форме.

Поиск решения осуществлялся с помощью программной реализации разработанного генетического алгоритма. В течение 31,5 часов найдено множество Парето, состоящее из 338 решений (рис. 1).

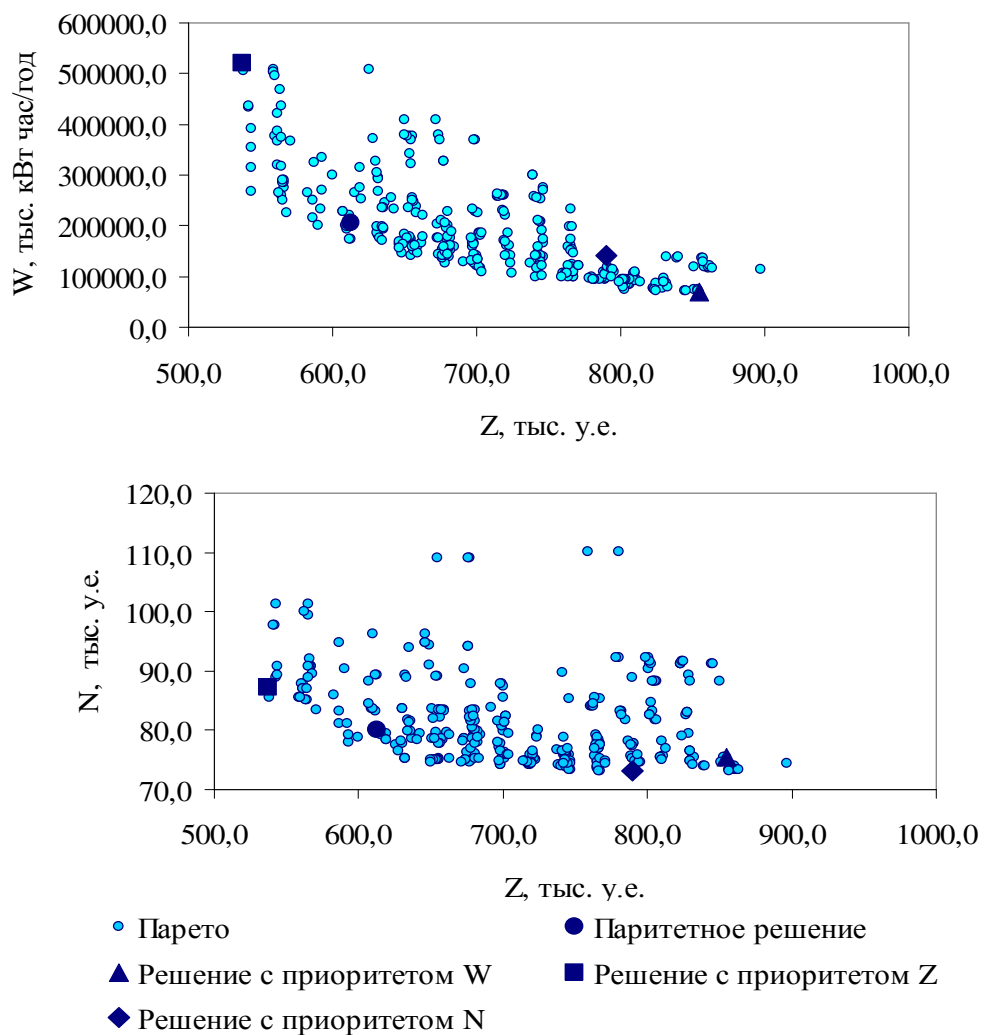


Рис. 1. Решения задачи в пространстве целевых функций.

Поскольку из такого множества ЛПР трудно выбрать единственное решение, то для его поиска применен нечеткий метод [6]. Данный метод основан на вводе нечеткой свертки целевых функций эллипсоидной формы. С его помощью на множестве Парето определено паритетное по всем целевым функциям решение, а также решения с приоритетом по каждой из целевых функций (рис. 1). Последнее необходимо для обоснования принятого решения.

Паритетное решение после процедуры декодирования приведено на рис. 2.

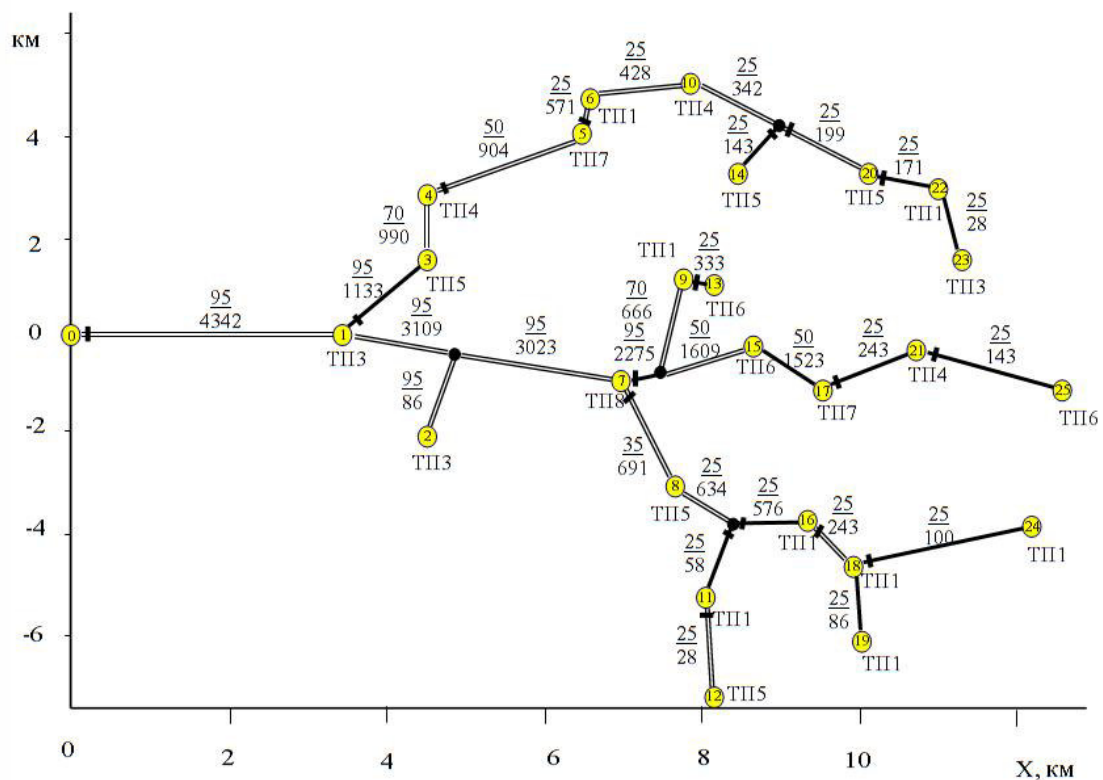


Рис. 2. Паритетное решение после декодирования.

Здесь кружочками с номерами обозначены трансформаторные подстанции, двойной линией обозначена двухцепная ЛЭП, одинарной – одноцепная, короткая линия – наличие на участке секционного аппарата. Цифра в числителе над каждым участком – сечение проводов, в знаменателе – среднегодовая мощность на участке. Варианты трансформаторных подстанций: ТП1, ТП5 – однострансформаторная соответственно с разъединителем и выключателем на входе, ТП2-ТП4 – двухтрансформаторные с разъединителем на входе и резервированием соответственно оперативно-выездной бригадой, дежурным диспетчером, автоматикой; ТП6-ТП8 – двухтрансформаторные с выключателем на

входе и резервированием соответственно оперативно-выездной бригадой, дежурным диспетчером, автоматикой.

*Выводы.* Таким образом, предложенный методический аппарат позволяет решать задачи поиска оптимальных проектных решений в условиях неопределенности исходной информации, многокритериальности для систем, обладающих достаточно большим множеством альтернатив. Данный методический аппарат позволяет использовать разработанные ранее детерминированные математические модели и преобразовать их в нечеткие. Разработанный вариант генетического алгоритма с внедренными операторами местного поиска, основанными на методах математического программирования, и оригинальным оператором ранжирования позволяет за приемлемое время решать многокритериальные оптимизационные задачи, которые технически невозможно решить другими методами без существенных упрощений. Поскольку теоретическая и алгоритмическая часть разработаны в общем виде, данный аппарат может применяться для решения оптимизационных задач не только в области энергетики.

#### Литература:

1. Справочник по проектированию электрических сетей / Под ред. Д. Л. Файбисовича.- М.: Издательство НЦ ЭНАС, 2006.- 348 с.
2. Zadeh L.A. Fuzzy sets / Lotfy Zadeh // Information and Control, 1965. - Vol. 8. - P. 338 — 353.
3. Орловский С.А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации / С. А. Орловский.- М.: Наука, 1981.- 208 с.
4. Раскин Л.Г. Нечеткая математика. Основы теории. Приложения / Лев Григорьевич Раскин, Оксана Владимировна Серая. – Х.: Парус, 2008. – 352 с.
5. Carrano E.G. Electric Distribution Network Multiobjective Design Using a Problem-Specific Genetic Algorithm / Eduardo G. Carrano, Luiz A. E. Soares, Ricardo H. C. Takahashi, Rodney R. Saldanha, and Oriane M. Neto // IEEE Transactions on power delivery. - V. 21. - №. 2. - 2006. – P. 995 – 1005.
6. Тимчук С.А. Метод поиска множества недоминируемых решений в нечеткой форме [Текст] / С. А. Тимчук // Обчислювальний інтелект (результати, проблеми, перспективи): Матеріали 1-ї Міжнар. наук.-техн. Конф. - Черкаси: Маклаут, 2011.- С. 129.

**СТРУКТУРНА ОПТИМІЗАЦІЯ РОЗГАЛУЖЕНОЇ  
СЕКЦИОНІРОВАНОЇ МЕРЕЖІ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ В  
УМОВАХ МНОГОКРИТЕРІАЛЬНОСТІ Й НЕВИЗНАЧЕНОСТІ  
ВИХІДНОЇ ІНФОРМАЦІЇ**

Тимчук С.О., Фурман І. О., Сиротенко М.О.

*Анотація* - Наведені результати математичного моделювання техніко – економічних показників ефективності мережі електропостачання в нечіткій формі, модернізований генетичний алгоритм багатокритеріальної оптимізації розгалуженої секціонованої мережі електропостачання, ефективність яких проілюстрована на конкретному прикладі.

**STRUCTURAL MULTICRITERIA OPTIMIZATION OF  
BRANCHED PARTITIONED POWER NETWORK UNDER  
UNCERTAINTY INITIAL INFORMATION**

S. Tymcuk, I. Furman, M. Sirotenko

*Summary*

The results of mathematical modeling of techno - economic performance power supply network in a fuzzy form, modernized multiobjective genetic algorithm optimization partitioned extensive supply network, the effectiveness of which is illustrated by a specific example.

## Зміст

	стор.
<i>Ялпачик В.Ф.</i> Моделювання і розрахунок теплофізичних властивостей харчової сировини рослинного походження	3
<i>Ялпачик Ф.Ю., Янаков В.П., Човпило А.П.</i> Визначення технічної ефективності сучасних тістомісильних машин	17
<i>Паламарчук І.П., Полевода Ю.А.</i> Дослідження основних факторів, що визначають процес вібровідцентрового розділення сирого гліцерину	26
<i>Гвоздєв О.В., Ялпачик О.В.</i> Енергоємність процесу подрібнення зерна в дробарці з вертикальним ротором	34
<i>Шпиганович Т.О.</i> Спосіб гравітаційної сепарації зерна	40
<i>Самойчук К.О., Котенко В.І., Іванова В.В.</i> Вдосконалення конструкції матриці шнекової машини для формування цукеркових виробів	47
<i>Паляничка Н.О.</i> Визначення градієнту швидкості потоку молока при імпульсній гомогенізації	56
<i>Янчева М.О., Дроменко О.Б., Рудніченко Л.Л.</i> Аналіз сучасного стану застосування добавок кріопротекторної дії у технологіях замороженої м'ясної продукції	63
<i>Сербій Є.К., Новохацький М.Л.</i> Можливості пролонгованого використання елементів дражувальної оболонки насіння овочевих культур	70
<i>Товма Л.Ю., Горальчук А.Б.</i> Встановлення закономірностей стабілізації піноемальсійних систем	81
<i>Большакова В.А., Камсуліна Н.В.</i> Розробка технології м'ясних біфштексів з використанням полісахаридів	88
<i>Зенькова М.Л., Назарова О.О.</i> Новый вид консервированных продуктов из зернового сырья	97
<i>Думенко К.М., Павлюченко І.С., Полянський П.М., Шевченко К.С.</i> Розробка машини транспортерного типу для подрібнення насінників гарбуза	104
<i>Бренч А.А., Дацук І.Е.</i> Исследование процесса разделения мясокостного сырья птицы в шнековых обвалочных прессах	109
<i>Болгова Н.В., Удяньська Ю.О.</i> Аналіз використання какао-замінників вітчизняними виробниками шоколаду	119
<i>Горальчук А.Б., Троций Т.В., Сабадош Г.О.</i> Аналітичне обґрунтування розробки молочних десертів	124
<i>Єрьоменко Д.О., Лебедев І.М.</i> Напрямки використання вторинних енергоресурсів на підприємствах харчової промисловості	133

<i>Федак Н.В., Дихтярь А.М., Кириченко В.В., Тимчук С.М., Поздняков В.В., Тимчук В.М.</i> Динаміка вмісту токоферолів в оліях соняшнику з різним жирнокислотним складом в процесі нагрівання	139
<i>Горбенко О.А., Чебан О.Я., Норинський О.І.</i> Дослідження фізико-механічних і технологічних властивостей томатів та технологічної маси	146
<i>Коляновська Л.М.</i> Визначення коефіцієнта дифузії для системи «тверда олієвмісна структура – розчинник»	151
<i>Вікуль С.І., Мельник І.В., Вікуль О.О.</i> Порівняльна характеристика якості кагорів за показником біологічної активності	158
<i>Кирик И.М., Василевская С.И.</i> Исследование процесса инфракрасного нагрева в бытовых тепловых аппаратах	164
<i>Кіріченко В.О.</i> Діагностика обладнання харчових виробництв за шумовими характеристиками	172
<i>Лавріненко Н.М., Бескровний О.І.</i> Моделювання перемішування в'язкопластичних харчових середовищ	178
<i>Молоканова Л.В., Лукомський Ю.О.</i> Оптимізація складу м'ясних січених напівфабрикатів математичними методами	186
<i>Сильченко О.Є.</i> Моделювання розподілу деформацій епокситіранових клеїв з металевими наповнювачами	193
<i>Шейна А. В.</i> Вплив швидкості деформації на пружні властивості овочів	200
<i>Кольцов А.Г., Шамутдинов А.Х., Дмитриев Ю.А.</i> Экспериментальные исследования механизма параллельной кинематики типа «платформа Стюарта»	206
<i>Червоткіна О.О., Олексієнко В.О., Фучаджи Н.О.</i> Раціональне використання відходів виробництва морквяного соку	216
<i>Самойчук К.О., Ковальов О.О., Івженко А.О.</i> Аналіз методів оцінювання якості гомогенізації молока	222
<i>Волошина А.А.</i> Математическая модель предохранительного клапана непрямого действия	230
<i>Білонога Ю.Л., Корнієнко О.Я., Варивода Ю.Ю., Ціж Б.Р., Максисько О.Р.</i> Доцільне співвідношення найбільш поверхнево-активної композиційної суміші на основі рослинних олій	240
<i>Олексієнко В.О., Самойчук К.О., Буденко С.Ф., Свірень М.О.</i> Допоміжні енергозберігаючі системи опалення для малих підприємств	246
<i>Ракул О.І.</i> Експериментальні дослідження процесу відокремлення качанів кукурудзи на качановідокремлювальному апараті багатофакторної дії	251



- Кислюк Л. В., Фурман І. О.* Основні напрями технологічно-організаційного розвитку бібліотек комунікаційному просторі України 259
- Тимчук С.А. , Фурман І.А., Сиротенко М.А.* Структурная оптимизация разветвленной секционированной сети электроснабжения в условиях многокритериальности и неопределенности исходной информации 265

Наукове фахове видання

Праці Таврійського державного агротехнологічного  
університету

Випуск 12. Том 4

Свідоцтво про державну реєстрацію – Міністерство юстиції  
13503-2387 ПР від 03.12.2007 р.

Відповідальний за випуск – Ялпачик Ф.Ю.  
Коректор – Котенко В.І.

---

Підписано до друку 20.12.2012 р. друк Rizo. Друкарня ТДАТУ.  
16,3 умов. друк. арк. тираж 100 прим.

73312 ПП Верескун.  
Запорізька обл., м. Мелітополь, вул. К. Маркса, 10  
тел. (06192) 6-88-38