

**І.В. Жданов**, канд. техн. наук (ДонНУЕТ, Донецьк)

**А.В. Шульга** (ДонНУЕТ, Донецьк)

**Ю.О. Волков** (ДонНУЕТ, Донецьк)

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК НАСІННЯ СОНЯШНИКУ**

*Наведено результати визначення деяких фізико-механічних характеристик насіння соняшнику із застосуванням математичної статистики.*

*Приведены результаты определения некоторых физико-механических характеристик семян подсолнечника с использованием математической статистики.*

*In article results of definition of some physical and mechanical characteristics of the sunflower seeds whit using mathematical statistic are described.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** Сьогодні в Україні в структурі переробки трьох олійних культур соняшник складає близько 92% (6% – соєві боби, 2% – насіння рапу). У світовому масштабі виробництва насіння соняшнику Україна разом із Росією та Аргентиною складає так званий «соняшниковий трикутник» країн – безперечних лідерів у цій сфері, на частку яких припадає більше 50% від світового виробництва цієї олійної культури [1; 2].

За даними експертів масложирової галузі [3], попит на соняшникову олію у світовому масштабі стабільно зростає. З одного боку, це зумовлено загальними тенденціями збільшення харчового споживання олії різних видів. З іншого, в умовах зростання нехарчового споживання олії і, відповідно, збільшення частки використання пальмової, рапсової та соєвої олії для цих цілей частина харчового споживання також заміщується соняшnikовою олією. Так, за 20 останніх років світове споживання олії удвічі збільшилось, а соняшnikової – зросло на 34%.

Збільшення попиту на насіння соняшнику зумовлюється також зростанням популярності на ринку снеків України й Росії цього продукту в смаженому вигляді. На думку деяких аналітиків [4], це викликано наслідками світової економічної кризи, що знизила купівельну спроможність населення і, як наслідок, підвищила попит на один із найдешевших снекових продуктів – смажене насіння соняшнику.

Таким чином, найближчими роками в Україні очікується підвищення обсягів виробництва насіння соняшнику, причому головним чином не за рахунок збільшення посівних площ під цю олійну культуру, а за рахунок інтенсивних методів, що передбачають застосування більш сучасних агротехнологій [1–3].

З олійних культур насіння соняшнику є найбільш нестійким під час зберігання. Залежно від кліматичних умов його вологість після збирання може досягати 13...20%. При такій вологості та звичайній температурі навколишнього середовища, що характерна для осіннього періоду збирання врожаю, маса насіння переходить у стан інтенсивної життєдіяльності, підвищується інтенсивність дихання насіння. Остання тим вища, чим більший вміст олії. При цьому в масі насіння відбувається інтенсивне окислення олії, що супроводжується виділенням тепла й підвищенням температури. У наслідок цього протягом декількох діб маса насіння майже повністю втрачає свою цінність як харчова сировина. Тому при вологості насіння 13...14 % і вище та температурі навколишнього середовища близько 25° С масу насіння необхідно негайно переробляти. Основний спосіб переробки для тривалого зберігання – сушіння з подальшим охолодженням. Так, зниження вологості високоолійного насіння (30% олії і більше) до 8% із подальшим охолодженням до 15° С і зберіганням при цій температурі забезпечує вихідну якість насіння протягом 3 місяців [5].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Традиційно в Україні та Росії сушіння насіння соняшнику здійснюють конвективним способом у барабанних, тунельних, шахтних, рециркуляційних сушарках, головною перевагою яких є велика продуктивність. Разом із тим, ці сушарки досить енергоємні, габаритні, не забезпечують однорідну теплову обробку насіння, оскільки не враховують специфіку насіння соняшнику як об'єкта сушіння. Ця специфіка полягає в неоднорідності складу насіння, що містить плодову оболонку (лушпиння) чорного кольору з темними або сірими смугами, плодову оболонку (плівку) і насіння (ядро). Різний хімічний склад лушпиння і ядра зумовлює різний ступінь зв'язку води, яку необхідно видалити під час сушіння. Так, лушпиння, що містить велику кількість полісахаридів (клітковини, целюлози тощо), можна вважати капілярно-пористим тілом, а ядро, що містить багато білка, – колоїдним.

Перспективнішими для сушіння насіння соняшнику виглядають об'ємні способи тепlopідведення, зокрема радіаційний. Нами вже проведені експериментальні дослідження з сушіння насіння соняшнику при радіаційному тепlopідведенні у віброкиплячому шарі

[6–8]. Надалі планується дослідження сушіння насіння соняшнику при радіаційному теплопідведенні у поєднанні з іншими активними режимами руху (псевдозріджений шар, відцентровий псевдозріджений шар).

Моделювання тепломасообміну під час сушіння насіння соняшнику потребує визначення фізико-механічних характеристик продукту, зокрема розмірів насіння, насипної густини шару, питомої поверхні шару тощо. Визначення деяких із цих характеристик потребує застосування методів математичної статистики, адже форма насіння є досить складною і не може бути з великою точністю описана однією з простих форм, які описують, наприклад, насіння рапсу (куля).

Отже, **метою статті** є визначення деяких характеристик насіння соняшнику за допомогою методів математичної статистики для подальшого використання їх під час моделювання тепломасообміну сушіння.

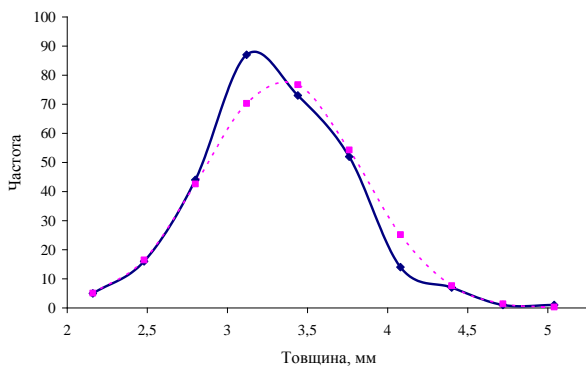
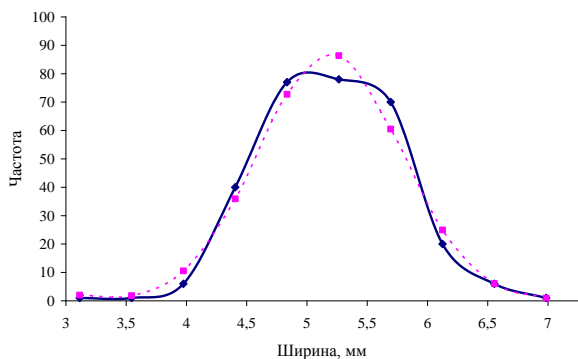
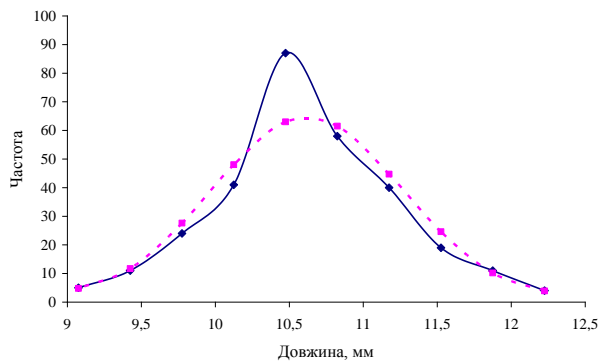
**Виклад основного матеріалу дослідження.** Нами досліджено такі характеристики олійного сорту насіння соняшнику «Титанік»: лінійні розміри, форма, маса 1000 зернят, насипна щільність та фізична густина, порізність. Об'єкт дослідження – вибірка в кількості 300 зернят із вологовмістом 19,4% врожаю 2011 р. Для вимірювання довжини, ширини та товщини насіння використовували штангенциркуль з точністю до 0,1 мм. Для визначення маси 1000 зернят, насипної щільності та фізичної густини, порізності використовували мірний циліндр на 200 мл із ціною ділення 5 мл й електронні ваги з точністю до 0,01 г. Результати вимірювання довжини, ширини й товщини насіння подано у вигляді варіаційних кривих на рисунку.

Отримані варіаційні криві перевірялися на закон нормального розподілу, що спостерігається для інших сортів насіння соняшнику та насіння гарбуза [9].

Для експериментальних варіаційних кривих визначено вибірку середню  $\bar{x}^*$  та середньоквадратичне відхилення  $\sigma^*$  [10]:

$$\bar{x}^* = \frac{\sum n_i x_i}{n}, \quad \sigma^* = \sqrt{\frac{\sum n_i (x_i - \bar{x}^*)^2}{n}}, \quad (1)$$

де  $x_i$  –  $i$ -те середнє значення часткового інтервалу відповідного лінійного розміру;  $n_i$  – частота, що відповідає  $i$ -му середньому значенню часткового інтервалу;  $n$  – обсяг вибірки.



**Рисунок – Варіаційні криві лінійних розмірів насіння соняшнику олійного сорту «Титанік»**

Обчислені статистичні оцінки наведено в табл. 1.

**Таблиця 1 – Статистичні оцінки експериментальних вибірок лінійних розмірів насіння соняшнику**

Лінійний розмір, мм	Вибіркова середня, мм	Вибіркове середньоквадратичне відхилення
Довжина	10,61	0,618
Ширина	5,19	0,335
Товщина	3,30	0,469

За визначеними статистичними оцінками були побудовані теоретичні варіаційні криві за законом нормального розподілу (штрихові криві на рис.):

$$n = \frac{1}{\pi\sigma^*} e^{-\frac{x - \bar{x}^*}{2\sigma^*}}. \quad (2)$$

Перевірку генеральної сукупності насіння соняшнику на закон нормального розподілу при рівні значимості 0,05 проводити за критерієм Пірсона. Його критичне значення для числа ступенів свободи 7 становить  $\chi^2_{кр}(0,05 ; 7)=14,1$  [10]. Розрахункове значення критерію Пірсона  $\chi^2_p$  є такими: для довжини 12,7, для ширини 6,8, для товщини 11,1. Тобто для всіх лінійних розмірів виконується нерівність  $\chi^2_p < \chi^2_{кр}$ , що з вірогідністю 95% підтверджує гіпотезу про нормальний закон варіаційних кривих лінійних розмірів.

За визначеними вибірковими середніми довжини  $l$ , ширини  $a$  і товщини  $b$  насіння можна, використовуючи відомі залежності [11], визначити його площу поверхні  $S$  (мм<sup>2</sup>), об'єм  $V$  (мм<sup>3</sup>) та коефіцієнт форми  $\varphi$ :

$$S = 0,385 \cdot l^{2,0364} \cdot a^{0,7298} \cdot b^{0,0267}, \quad (3)$$

$$V = 2,382 \cdot l^{0,12} \cdot a^{1,7} \cdot b^{0,36}, \quad (4)$$

$$\varphi = 0,7295 \cdot l^{0,3069} \cdot a^{0,1692} \cdot b^{-0,3311}. \quad (5)$$

Для визначення тісноти зв'язку між лінійними розмірами насіння соняшнику обчислено відповідні коефіцієнти кореляції [10]: довжини з шириною 0,360; довжини з товщиною 0,204; ширини з товщиною 0,602. Останній із них свідчить про досить тісний зв'язок ширини насіння з товщиною.

Інші характеристики, визначені за методикою [12], наведено в табл. 2.

*Таблиця 2 – Фізико-механічні характеристики насіння соняшнику олійного сорту «Титанік»*

<b>Характеристика</b>	<b>Значення</b>
Насипна щільність, кг/м <sup>3</sup>	453,3
Фізична густина, кг/м <sup>3</sup>	779,3
Маса 1000 зернят, г	65,85
Порізність нерухомого шару	0,42

**Висновки.** У результаті експериментальних досліджень та статистичних обчислень визначено низку фізико-механічних характеристик насіння соняшнику олійного сорту «Титанік». Підтверджено нормальний закон варіаційних кривих лінійних розмірів насіння.

Перспективи подальших досліджень полягають у використанні отриманих результатів для математичного моделювання процесу сушіння насіння соняшнику олійного сорту «Титанік» з використанням радіаційного теплопідведення. Окрім того, отримані експериментальні значення основних фізико-механічних характеристик насіння дозволяють оцінити можливі межі їх зміни, що важливо для визначення раціональних режимів технологічних процесів переробки вищевказаної сировини.

#### *Список літератури*

1. Литвиненко В. С. Рынок семян подсолнечника и продуктов переработки в Украине [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <<http://www.apk-inform.com>>.
2. Пунда И. Подсолнечник. Подсолнечное масло рафинированное и нерафинированное : учеб. пособие / И. Пунда, Д. Приходько. – Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН (FAO), 2010. – 43 с.
3. Аргентина, Россия, Украина: конкурентная среда на рынке семян подсолнечника и продуктов переработки [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <<http://www.masla.net>>.
4. Арахис сменили семечки [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <<http://www.ukrrudprom.ua>>.
5. ГОСТ 22391-89. Подсолнечник. Требования при заготовках и поставках.
6. Поперечний А. М. Кінетика радіаційного сушіння насіння олійних культур у віброкиплячому шарі / А. М. Поперечний, І. В. Жданов, А. В. Шульга // Сучасні технології та обладнання харчових виробництв : Міжнар. наук.-техн. конф. : [тези доп.]. – Х. : ХДУХТ, 2011. – С. 27–28.

7. Поперечний А. М. Перспективи сушіння насіння соняшнику при радіаційному підведенні теплоти / А. М. Поперечний, І. В. Жданов, А. В. Шульга // Проблеми енергоефективності та якості в процесах сушіння харчової сировини : Всеукр. наук.-практ. конф. : тези доп. – Тернопіль : ТНТУ ім. І. Пулюя, 2011. – С. 244–245.

8. Поперечный А. Н. Экспериментальное исследование сушки семян подсолнечника при радиационном теплоподводе / А. Н. Поперечный, И. В. Жданов, А. В. Шульга // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Х., 2011. – Вип. 119. – С. 281–287.

9. Деревинко В. В. Физико-механические и аэродинамические характеристики семян тыквы [Электронный ресурс] / В. В. Деривенко, А. С. Коробченко, И. Н. Аленкина // Процессы и аппараты пищевых производств / СПбГУНиПТ. – Сентябрь, 2010. – Вып. 2. – Режим доступа: <[http:// www.processes.open-mechanics.com](http://www.processes.open-mechanics.com)>.

10. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учеб. пособие для вузов / В. Е. Гмурман. – М. : Высшая школа, 2003. – 479 с.

11. Кошевой Е. П. Технологическое оборудование предприятий производства растительных масел : учеб. пособие для студ. вузов / Е. П. Кошевой. – СПб. : ГИОРД, 2001. – 368 с.

12. Поперечний А. М. Лабораторний практикум за курсом «Процеси і апарати харчових виробництв» / А. М. Поперечний, С. О. Чернишов. – Донецьк : ДонНУЕТ, 2001. – 38 с.

Отримано 30.03.2012. ХДУХТ, Харків.

© І.В. Жданов, А.В. Шульга, Ю.О. Волков, 2012.

УДК 537.612

**Т.В. Капліна**, канд. техн. наук, проф. (ПУЕТ, Полтава)

**Д.А. Миронов**, асп. (ПУЕТ, Полтава)

## **ВПЛИВ ВЕЛИЧИНИ МАГНІТНОЇ ІНДУКЦІЇ, РОЗМІРУ ТА МАСИ ФЕРОМАГНІТНИХ ЧАСТИНОК ПІД ЧАС ПОДРІБНЕННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ У ВИХРОВОМУ ШАРІ ФЕРОМАГНІТНИХ ЧАСТИНОК**

*Розглянуто робочі параметри апарата ВА-100. Визначено вплив величини магнітної індукції, маси та розміру ферромагнітних частинок під час подрібнення рослинної сировини в процесі підготовки її до екстрагування. Визначено та подано раціональні параметри процесу.*

*Рассмотрены рабочие параметры аппарата ВА-100. Исследовано влияние величины магнитной индукции, массы и размеров ферромагнитных частиц при измельчении растительного сырья в процессе подготовки его к экстрагированию. Исследованы и представлены рациональные параметры процесса.*