

УДК 631.365:633.34

© К.Є. Цизь, Р.В. Кірчук, к.т.н., А.В. Ришко  
Луцький національний технічний університет

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАСІННЯ СОЇ**

*В статті представлені результати фізико-механічних властивостей насіння сої на основі розробленої програми експериментальних досліджень, аналіз яких дозволить вибрати оптимальні параметри пристрою для підготовки матеріалу до сушіння, отримати вихідні дані для моделювання процесу, а також підібрати робочі органи, що безпосередньо виконують технологічну операцію.*

### **ВЛАСТИВОСТІ, НАСІННЯ, СОЯ, СУШІННЯ, ЕКСПЕРИМЕНТ**

**Постановка проблеми.** Фізико-механічні властивості насіння сої є важливими показниками, які слід враховувати у її післязбиральному обробітку, адже, практично, все насіння піддається механічній дії: руйнуванню, перемішуванню, транспортуванню, зберіганню та ін. Проектування та розрахунок обладнання для здійснення технологічних операцій неможливе без знання властивостей матеріалів, що обробляються. Значення граничного напруження зсуву, дотичних напружень, кутів тертя та природнього відкосу і т.д. необхідно знати для формування моделей та емпіричних математичних залежностей, для встановлення оптимальних та раціональних параметрів робочих органів, що використовуються у завантажувальних, дозуючих та обрешуючих пристроях, а також при проектуванні машин та апаратів харчової промисловості. Кути тертя враховуються при виборі матеріалу робочих органів машин.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Визначенню властивостей олійних культур присвячені роботи багатьох дослідників [1, 3, 4]. Відомі в літературі дані щодо фізико-механічних та технологічних властивостей дають загальну характеристику, яку доцільно використовувати при розробці типових моделей процесів сушіння та післязбирального обробітку сої. З метою інтенсифікації процесів сушіння насіння сої пропонується виконувати попередню підготовку матеріалу, що полягає у незначній деформації оболонки насінини. Для розрахунку і моделювання даних процесів слід більш глибоко дослідити фізико-механічні властивості насіння даної культури.

**Мета дослідження.** Визначення фізико-механічних властивостей насіння сої, як об'єкта сушіння і післязбирального обробітку.

**Результати дослідження.** Для вирішення поставлених завдань була розроблена програма експериментальних досліджень, яка передбачала визначення наступних фізико-механічних властивостей насіння сої, а саме:

- показників, що характеризують сипкість насіння сої (граничні дотичні напруження  $\tau$ , кут внутрішнього тертя  $\varphi$  та початкове зусилля зсуву  $\tau_0$ );
- фрикційних властивостей насіння (динамічного  $f_d$  та статичного  $f_c$  коефіцієнтів тертя ковзання);
- пористості (шпаруватості) та щільності;
- кутів природнього відкосу;
- розмірно-масових характеристик насіння сої.

На основі отриманих експериментальних даних було виконано аналіз впливу вологості насіння сої на досліджувані показники.

Результати середніх значень кута внутрішнього тертя та початкового зусилля зсуву насіння сої наведено у табл.1, на основі яких побудована графічна залежність (рис.1).

Таблиця 1 – Результати дослідження початкового зусилля зсуву  $\tau_0$  і кута внутрішнього тертя  $\varphi$  насіння сої

Параметр	Вологість насіння сої W,%			
	9,6	12,7	16,8	20,9
Початкове зусилля зсуву $\tau_0$ , кПа	1,14	0,78	0,54	0,51
Кут внутрішнього тертя $\varphi$ , °	11,2	5,7	4,4	3,9

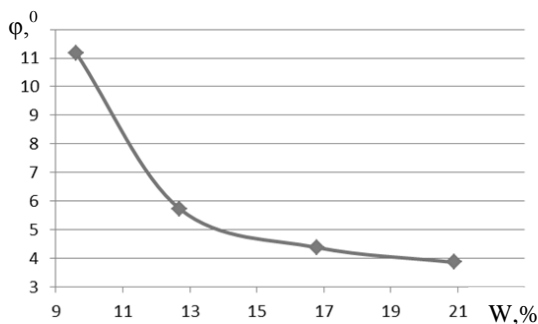


Рис.1 – Залежність зміни кута внутрішнього тертя  $\varphi$  насіння сої від вологості W

Середні значення статичного та динамічного коефіцієнтів тертя ковзання, отриманих у результаті досліджень, наведені у табл. 2.

Таблиця 2 – Середні значення статичного  $f_c$  та динамічного  $f_d$  коефіцієнтів тертя ковзання

Досліджуваний матеріал		Матеріал площини тертя					
		Пластмаса		Сталь		Прогумована стрічка	
		$f_c$	$f_d$	$f_c$	$f_d$	$f_c$	$f_d$
Соя вологістю, %	9,6	0,27	0,18	0,32	0,22	0,34	0,24
	12,7	0,25	0,17	0,31	0,2	0,32	0,21
	16,8	0,24	0,15	0,29	0,19	0,31	0,2
	20,9	0,23	0,14	0,28	0,17	0,29	0,17

Для аналізу впливу вологості  $W$  на зміну коефіцієнта тертя побудовано графічну залежність (рис. 2). На графіку на осі абсцис відкладене значення вологості насіння сої, а на осі ординат – значення статичного коефіцієнта тертя ковзання  $f_c$ .

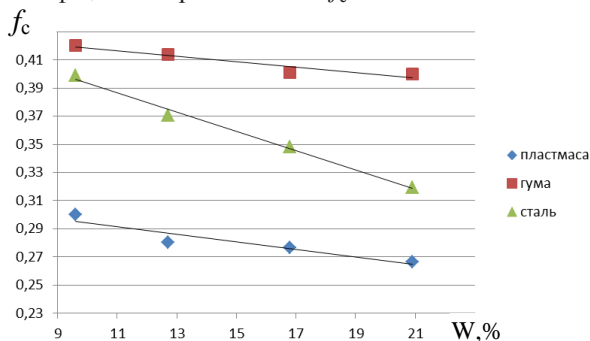


Рис.2 – Залежність зміни коефіцієнта тертя ковзання насіння сої від вологості  $W$

Значення пористості та щільності насінин сої використовуються для розрахунку ємкостей тари, кузовів автомобілів, бункерів комбайнів, місткості завантажувальних пристроїв машин для попередньої підготовки матеріалу до сушіння і ін.

За показником щільності насіння сої можна характеризувати фізико-хімічні властивості зерна, такі як маса 1000 зерен, структура, хімічний склад і т.д. У зв'язку з цим щільність матеріалу перебуває у

тісному взаємозв'язку з основними показниками технологічних властивостей сої.

Середні значення щільності, пористості та об'ємної маси насіння сої, отримані в результаті експериментальних досліджень, наведені у табл. 3.

Таблиця 3 – Середні значення щільності, пористості та об'ємної маси насіння сої

Показник	Вологість, %			
	9,6	12,7	16,8	20,9
Щільність $\rho$ , г/см <sup>3</sup>	1,201	1,194	1,183	1,17
Пористість, $\varepsilon$ г/см <sup>3</sup>	0,803	0,814	0,828	0,845
Об'ємна маса, $\gamma_0$ г/см <sup>3</sup>	0,749	0,728	0,684	0,654

Кут природного відкосу дає загальне уявлення про плинність сипучого матеріалу. В процесі переробки сої величину кута природного відкосу враховують при проектуванні бункерів, транспортних комунікацій і розрахунку місткості складів. За величиною кута природного відкосу аналізують технологічність продукту. Наприклад, знаючи величину кута природного відкосу, можна заздалегідь прогнозувати ризик завалу, зависання насінневого матеріалу чи ризик розсипання. За допомогою кута природного відкосу, утвореного обваленням, можна визначити кут нахилу бічних стінок завантажувального бункера.

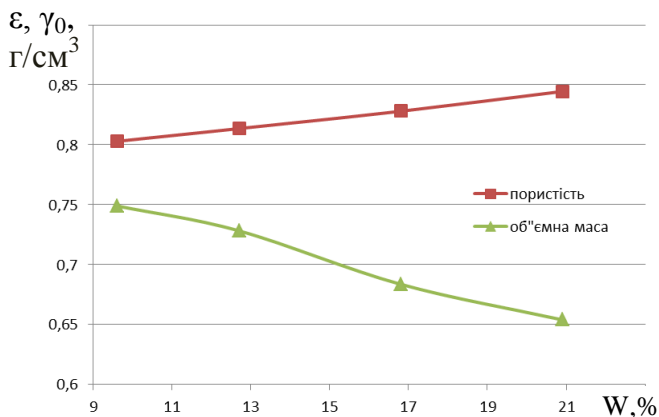


Рис.3 – Залежність зміни пористості та об'ємної маси насіння сої від вологості

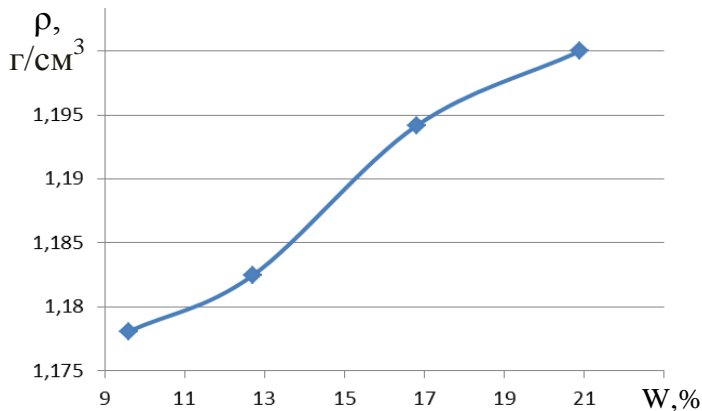


Рис.4 – Залежність зміни щільності насіння сої від вологості

Середні значення отриманих у результаті досліджень кутів природнього відкосу наведені у табл. 4.

Таблиця 4 – Середні значення кутів природнього відкосу

Вологість насіння сої, %	$\alpha^0$	$\alpha_{обв}^0$
12,7	30,2	33,3
16,4	31,2	38,8
20,9	32,4	42,6

Для аналізу впливу вологості насіння сої на зміну кута природнього відкосу побудовано графічну залежність (рис. 5).

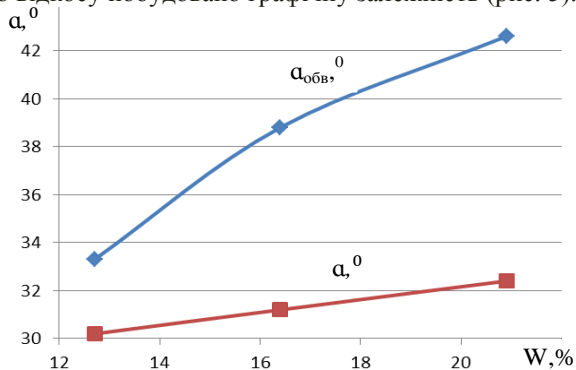


Рис. 5 – Залежність впливу відносної вологості насіння сої на зміну кутів природного відкосу, утвореного насипанням  $\alpha$  та обваленням  $\alpha_{обв}$ .

При визначенні розмірно-масових характеристик було одержано інтервальні статистичні ряди у вигляді таблиць для вологості, що досліджувалась.

Результати досліджень розмірно-масових характеристик насіння сої (товщини –  $a_s$ , ширини –  $b_s$ , довжини –  $c_s$  та маси  $m_s$ ) наведені на гістограмах, полігонах та кривих накопичених дослідних ймовірностей (рис.6...рис.9).

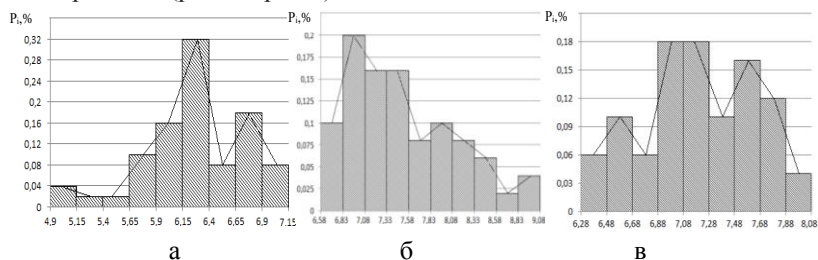


Рис. 6 – Гістограма розподілу насіння сої по довжині  $c_s$ : а)  $W=9,8\%$ ; б)  $W=12,9\%$ ; в)  $W=20,4\%$

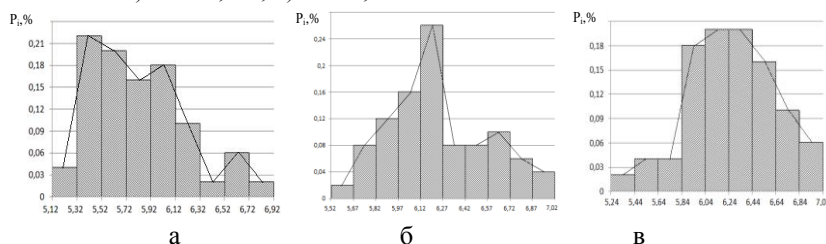


Рис. 7 – Гістограма розподілу насіння сої по ширині  $b_s$ : а)  $W=9,8\%$ ; б)  $W=12,9\%$ ; в)  $W=20,4\%$

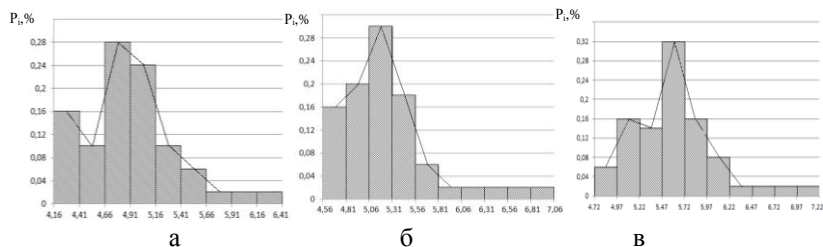


Рис. 8 – Гістограма розподілу насіння сої по товщині  $a_s$ : а)  $W=9,8\%$ ; б)  $W=12,9\%$ ; в)  $W=20,4\%$

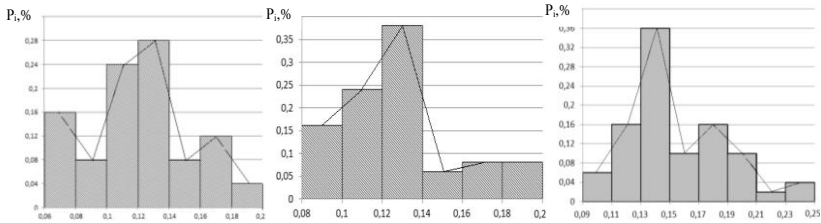


Рис. 9 – Гістограма розподілу насіння сої за масою  $m_s$ : а)  $W=9,8\%$ ; б)  $W=12,9\%$ ; в)  $W=20,4\%$

**Висновки.** Аналізуючи одержані табличні дані та побудовані на основі них експериментальні криві, можна зробити ряд висновків та встановити вплив вологості насіння сої на досліджувані показники.

Вологість насіння сої має істотний вплив на значення початкового зусилля зсуву та кута внутрішнього тертя. Криві отриманих значень свідчать, що зі збільшенням вологості матеріалу дані показники зменшуються. Такий характер кривих пояснюється тим, що при збільшенні вологості форма насінини наближається до кулястої, що в свою чергу призводить до збільшення кривини поверхні і зменшення точок контакту між насінинами. Як наслідок відбувається зменшення коефіцієнта внутрішнього тертя.

Коефіцієнт тертя насіння сої спадає в незначних межах внаслідок підвищення вологості матеріалу і значно залежить від шорсткості поверхні тертя. Це пояснюється тим, що при збільшенні вологості зменшуються сили молекулярного притягання оболонки насінини до поверхні матеріалу, тобто коефіцієнт тертя ковзання спадає. Це підтверджує графік зміни початкового зусилля зсуву  $\tau_0$  та коефіцієнта внутрішнього тертя  $\phi$  насіння сої від його вологості  $W$ , що теж має спадний характер.

Оскільки спадання одержаних графіків незначне, то можна стверджувати, що характер кривих залежності коефіцієнта тертя від зміни вологості близький до прямолінійного. Це підтверджують результати апроксимації (рис.2). Емпіричні залежності для дослідних матеріалів мають вигляд: пластмаса:  $f_c = -0,0027W + 0,3208$ , гума:  $f_c = -0,0019W + 0,4377$ , сталь:  $f_c = -0,0068W + 0,4617$ .

Зміна якості обробки поверхні призводить до збільшення коефіцієнта тертя. З одержаних графічних залежностей видно, що

числові значення даного коефіцієнта для гуми знаходяться в таких межах: 0,39...0,42, коли для пластмаси вони значно менші: 0,27...0,3.

Збільшення вологості матеріалу призводить до зменшення об'ємної маси та зростання пористості насіння сої. Це пояснюється тим, що збільшення пористості, а значить збільшення порожнин між насінням призводить до того, що для заповнення необхідного об'єму потрібна менша кількість насінин, в результаті цього і загальна вага матеріалу буде нижчою.

Підвищення вологості насіння сої – суб'єктивний визначальний фактор її щільності. Зі збільшенням вологості, щільність сої зростає. Цілком очевидно, що поглинання вологи матеріалом, тягне за собою збільшення сумарної ваги насінини і, як наслідок – збільшення її питомої ваги.

Кут природнього відкосу насіння сої зростає внаслідок підвищення вологості матеріалу. Це пояснюється тим, що зі збільшенням вологості сипучість будь-якого сільськогосподарського матеріалу зменшується, а це в результаті і призводить до збільшення кута природнього відкосу.

Розміри основної маси насіння не суттєво відхиляється від середніх розмірів, проте вплив вологості на досліджувані параметри прослідковується.

Результати досліджень розмірно-масових характеристик насіння сої показують, що розміри основної маси насіння не суттєво відхиляється від середніх розмірів, проте вплив вологості на досліджувані параметри прослідковується. На основі проведених досліджень, можна стверджувати, що при проектуванні та розрахунку машини для попередньої підготовки насіння сої до сушіння в якості вихідних розмірних показників зерна можуть бути прийняті їх середні значення. Також дані дослідження зі встановлення фізико-механічних властивостей дозволять отримати вихідні дані для моделювання процесу сушіння сої, вибору оптимальних параметрів пристрою для підготовки матеріалу до сушіння, вибору матеріалу робочих органів, що безпосередньо контактують з насінням.

#### Література

1. Белобородов В.В. *Основные процессы производства растительных масел.* – М.: Пищевая промышленность. – 1966. – 478 с.
2. Егоров Г.А. *Технологические свойства зерна.* – М.: Агропромиздат, 1985. – 334с.



3. *Копейковский В.М., Данильчук С.И. и др. Технология производства растительных масел. – М.: Легкая и пищевая промышленность, – 1982. – 416 с.*

4. Пешук Л. В., Носенко Т. Т. Біохімія та технологія оліє-жирової сировини. Навч. посіб. – К. : Центр учбової літератури, 2011. – 296 с.

5. Кавецький Г.Д., Васильєв Б. В., Процеси та апарати харчової технології. – М.: Колос, 2007. –555с.

6. Фізико–механічні властивості сировини і продукції. Навчальний посібник / С.Д. Руднев. Кемеровський технологічний інститут харчової промисловості. – Кемерово, 2004. – 117 с.

7. *Физико-механические свойства растений, грунтов и удобрений (Методы испытаний, приборы, характеристики).* – М.: Колос, 1970. – 424 с.

*Рецензент д.т.н., проф. Г.А. Хайліс*