

УДК 620.16.63

© Р.Д. Кузьмінський, д.т.н., В.О. Василькевич, Р.Б. Шеремета
Львівський національний аграрний університет

ВИЗНАЧЕННЯ КОЕФІЦІЄНТА ТЕРТЯ КОВЗАННЯ МАКУХИ НАСІННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНИХ СОРТІВ ПО ПОВЕРХНЯХ РІЗНИХ МЕТАЛІВ

В даній роботі викладено методику та результати досліджень коефіцієнта тертя ковзання макухи насіння льону олійних сортів по поверхнях різних металів на приладі RST-01.РС.

НАСІННЯ ЛЬОНУ, МАКУХА, ПОВЕРХНІ МЕТАЛІВ, СУХЕ ТЕРТЯ, КОЕФІЦІЄНТ ТЕРТЯ КОВЗАННЯ.

Постановка проблеми. На ефективність процесів отримання високоякісної рослинної олії, що призначена для використання у харчовій промисловості й фармакології, суттєво впливають конструктивно-технологічні параметри машин та обладнання, зокрема параметри шнекових пресів. Ці параметри визначаються фізико-механічними властивостями сировини, у першу чергу значеннями коефіцієнтів тертя сировинного матеріалу по робочих поверхнях машин обладнання.

З метою забезпечення належного виходу олії з насіння льону використовують дво- або ж триразове відтискання [1; 8] зокрема шнековими пресами [4; 5]. Якщо під час першого проходу сировиною для отримання олії є насіння льону, то під час другого та третього проходів – макуха. В умовах дрібного виробництва дво- або ж триразове відтискання реалізують переважно одним пресом [7; 9], який повинен уможливити реалізацію раціональних технологічних режимів отримання олії як з насіння, так і з макухи, властивості якої є недостатньо вивчені.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню фізико-механічних властивостей олійної сировини присвячено багато робіт. Зокрема, стосовно насіння льону встановлено розміри насінин, коефіцієнти зовнішнього та внутрішнього тертя [2; 3; 6], досліджено технологічні режими та енергомісткість процесів отримання лляної олії з цільного та попередньо лушеного насіння льону [11; 12].

Водночас відсутні дані про значення коефіцієнтів тертя лляної макухи по матеріалах, що використовуються для виготовлення машин і обладнання в харчовій та переробній промисловості, в фармакології.

Мета дослідження. Завданням досліджень було визначити коефіцієнти тертя ковзання макухи насіння олійного льону по поверхнях різних металів.

Результати дослідження. Досліджувалась макуха, отримана після першого відтискання насіння олійного льону сорту Айсберг шнековим пресом ПО-50 [4].

Відносну вологість макухи визначали на аналізаторі вологості *Mettler Toledo HG 63* (рис. 1, а), який містить два інструменти – точну електронну вагу та нагрівальний модуль з контрольованою температурою нагріву. Прилад виконує вимірювання за термогравіметричним принципом, тобто вологість визначається за зміною ваги зразка в процесі нагрівання внаслідок випаровування вологи.



а



б

Рис. 1 – Аналізатор вологості *Mettler Toledo HG 63* (а) і роздруковані результати експерименту

Для вимірювань відносної вологості готували зразок макухи масою 2...10 г. Підготований матеріал рівномірно розподіляли в чашці приладу, щоб збільшити площу поверхні зразка та полегшити поглинання тепла. Далі обирали температуру, до якої зразок нагрівається і при якій утримується аж до закінчення досліду.

Під час сушіння неперервно контролюється маса зразка. Коли впродовж часу, заданого програмою, втрата маси зразка під час сушіння не перевищує наперед заданої величини Δm , то випробування вважають завершеними, а результати можуть бути роздруковані (рис. 1, б).

Вміст вологи MC , (%) розраховували за формулою

$$MC [0 - 100\%] = - \frac{WW - DW}{WW} \cdot 100\% \quad (1)$$

де WW – початкова маса зразка, г; DW – маса висушеного зразка, г.

За результатами вимірювань трьох зразків відносна вологість макухи становила $\psi = 10...13\%$.

Визначення кута ϕ та коефіцієнта тертя ковзання f проведено на приладі *RST-01.PC* (рис. 2) [2; 4; 10] в лабораторії Інституту агрофізики Польської академії наук (м. Люблін, Республіка Польща).

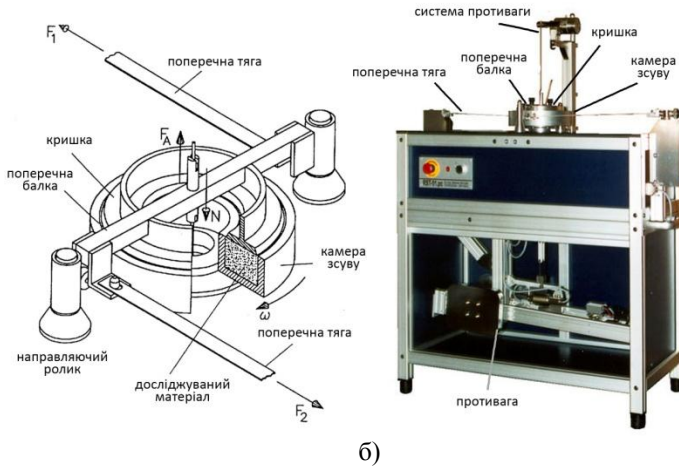


Рис. 2 – Прилад кільцевого зсуву Шульца *RST-01.PC* для визначення коефіцієнта тертя (а – схема, б – загальний вигляд)

Перед початком роботи проводили налаштування програмного забезпечення приладу Шульца *RST-01.PC*, вказуючи кількість різних значень нормальних навантажень та тиск для кожного значення. У всіх випадках було обрано п'ять значень нормальних навантажень, які відповідали тискам (нормальним напруженням) $\sigma_n = 1000$ Па, $\sigma_n = 2000$

Па, $\sigma_n = 4000$ Па, $\sigma_n = 8000$ Па і $\sigma_n = 16000$ Па. Оскільки площа контакту матеріалу з металевими пластинами однакових розмірів була відома, то для кожного значення тиску автоматично розраховувалось потрібне нормальне навантаження N .

Перед початком кожного дослідження на електронній вазі *Axis* з точністю до 0,01 г визначали масу камери зсуву з металевою пластиною, засипали матеріал (макуху) у камеру зсуву та визначали масу матеріалу разом з камерою (рис. 3). Дані зважувань також заносили у відповідні текстові поля програмного середовища приладу Шульца. Таким чином враховувався вплив маси макухи, яка кожен раз була неоднаковою, а також вплив мас пластини різних матеріалів, які також були неоднаковими, на зміну нормального навантаження, що враховувалось під час розрахунку кутів і коефіцієнтів тертя.

Далі робота приладу відбувалась в автоматичному режимі у такій послідовності: камера із матеріалом попередньо навантажувалась



Рис. 3 – Зважування досліджуваного матеріалу на електронній вазі *Axis*

нормальним зусиллям N для створення тиску 500 Па з метою ущільнення досліджуваного матеріалу; нормальне навантаження N збільшували до досягнення чергового (із попередньо визначеного списку) значення нормальних напружень стиску σ_n ; коли необхідне нормальне навантаження було створено, камера зсуву розпочинала рух за годинниковою стрілкою зі швидкістю 30 мм/хв., який тривав 3 хв.; далі напрямок руху змінювався на протилежний та з іншою швидкістю 10 мм/хв.; впродовж дослідження неперервно в часі давачами фіксувались значення критичної сили зсуву $F(t)$, розраховувались критичні напруження $\tau(t)$ та кути деформацій зсуву γ , які їм відповідали; дані вимірювань та розрахунків виводились на монітор (рис. 4) та записувались в окремий файл результатів для заданого значення σ_n ; цикл зміни напрямку та швидкості переміщення повторювали тричі для кожного значення σ_n .

У початковий момент зрушування, а також після відновлення руху в зміненому напрямі та зі зміненою швидкістю, критичне зусилля зсуву $F(t)$, що фіксувалось здавачами, і, відповідно, напруження зсуву $\tau(t)$, що розраховувались, досягали максимальних значень, які відповідали третю спокою. Після початку руху критичні зусилля зсуву $F(t)$ і, відповідно, критичні напруження зсуву $\tau(t)$ дещо зменшувались та стабілізувались на рівні, що відповідають третю ковзання (рис. 4).

Після закінчення експериментів для кожного із п'яти прийнятих значень σ_n програмне забезпечення розраховує середні (за шістьома значеннями) критичні напруження зсуву τ , зберігає результати розрахунків у файл і виводить на монітор графік (рис. 4) для розрахунку кута тертя φ та коефіцієнта тертя μ . Під час розрахунків програмне забезпечення приймає лінійний характер залежності критичних напружень зсуву τ від нормального тиску σ_n . Екстраполяція ліній регресії для $\sigma_n = 0$ дає $(\tau = c) > 0$.

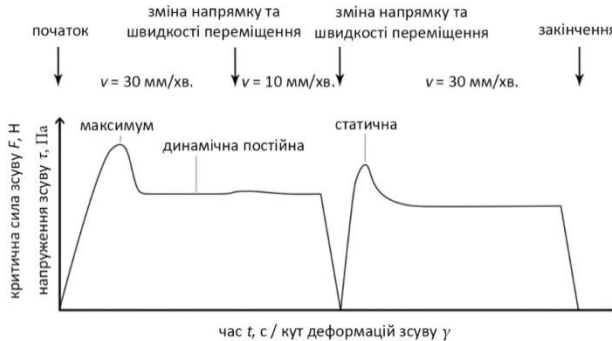


Рис. 4 – Графік зміни напружень для сипучих матеріалів



Рис. 5 – Залежність середніх критичних напружень зсуву τ від нормального напруження (тиску) σ_n

Величину c , яка характеризує щільність матеріалу під певним початковим тиском (у нашому випадку 500 Па), називають когезією [10].

Коефіцієнт μ і кут тертя φ визначались з співвідношення

$$\mu = \frac{\Delta\tau}{\Delta\sigma_n} \operatorname{tg}\varphi. \quad (2)$$

Оскільки робочі органи шнекових пресів (шнек, зеєр, живильний бункер, нагнітальний шнек), виготовлені переважно із різних металів, то для досліджень використано листові поверхні необробленої сталі, оцинкованої сталі, нержавіючої сталі та алюмінію.

Результати експерименту опрацьовувались програмним забезпеченням вимірювального приладу *RST-01.PC* і виводились у вигляді залежностей (рис. 6).

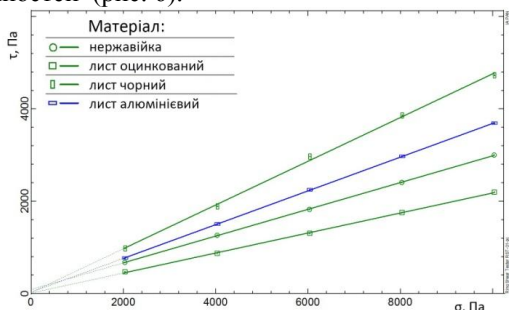


Рис. 6 – Залежності для визначення кутів тертя ковзання макухи по поверхнях різних металів

Результати аналізу отриманих значень коефіцієнта тертя ковзання макухи насіння льону по поверхнях різних матеріалів показали, що найвищий коефіцієнт тертя має місце по поверхні необробленої сталі, а найнижчий – по поверхні оцинкованої сталі (табл.).

Таблиця – Результати визначення коефіцієнта тертя ковзання макухи насіння льону

Поверхня листового металу	Матеріал – лляна макуха	
	Кут тертя ковзання, φ	Коефіцієнт тертя ковзання, μ
Необроблена сталь	25,3°	0,47
Алюміній	20,1°	0,36
Нержавіюча сталь	16,1°	0,28
Оцинкована сталь	12,2°	0,21

Висновки. 1. Значення коефіцієнта тертя ковзання макухи насіння льону суттєво змінюється в залежності від того, по поверхні якого матеріалу проходить ковзання, що слід враховувати під час проектних розрахунків машин і обладнання. 2. Отримані результати уможливають вибір матеріалу для робочих органів машини, а також є підставою для обґрунтування раціональних режимів багаторазового відтискання олійної сировини шнековими пресами.

Література

1. Акаева Т.К. Основы химии и технологии получения и переработки жиров. Ч.1. Технология получения растительных масел: Учеб. пособие / Т.К. Акаева, С. Н. Петрова. – Иваново : ГОУВПО Иван. гос. хим.-технол. ун-т, 2007. – 124 с.
2. Василькевич В.О. Визначення геометричних параметрів насіння олійного льону різних сортів / В.О. Василькевич, Р.Д. Кузьмінський // Перспективна техніка і технології – 2011 : Матеріали VII-ї міжнар. конференції молодих учених, аспірантів і студентів (Миколаїв, 13-16 вересня 2011 р.). – Миколаїв: МДАУ, 2011. – С. 75 – 78.
3. Кузьмінський Р.Д. Визначення коефіцієнта тертя насіння олійного льону по сталевих поверхнях різної шорсткості / Р.Д. Кузьмінський, В.О. Василькевич // Збірник наукових статей ЛНТУ : Сільськогосподарські машини. – Вип. 21. – Т. 1. – Луцьк, 2011. – С. 222 – 228.
4. Патент №42802 У України, МПК В30В 9/02. Олійний прес із системою активованої подачі насіння / Р.С. Шевчук, В.О. Василькевич, В.В. Том'юк. – Заявл. 08.01.2009; опубл. 27.07.2009, бюл. №14. – 4 с.
5. Шевчук Р.С. Шнековый маслоджимной пресс /Р.С.Шевчук, В.О. Василькевич, В.В. Том'юк // Тракторы и сельхозмашины. – 2009. – №10 – С 11-12.
6. Хайлис Г.А. Механика растительных материалов / Г.А. Хайлис. – Киев : УААН, 1994. – 150 с.
7. Bargale P.C. Oil expression characteristics of rapeseed for a small capacity screw press / P.C. Bargale, J. Singh // Journal of food science technology, 2000. – V. 37. – P. 130 – 134.
8. Singh J. Mechanical expression of oil from linseed (linum usitatissimum L) / J. Singh, P.C. Bargale // Journal of oilseeds Research, 1990. – V. 7. – p. 106 – 110.
9. Singh J. Development of a small capacity double stage compression screw press for oil expression / J. Singh, P.C. Bargale // Journal of food engineering, 2000. – V. 43. – P. 75 – 82.

10. Schulze D. Powders and bulk solids / D. Schulze. – Verlag: Springer, 2007 – 517 p.
11. Zheng Y.I. Screw pressing of whole and dehulled flaxseed for organic oil / [Y.I. Zheng, D.P. Wiesenborn, K. Tostenson, N. Kangas] // Journal of the American Oil Chemists' Society, 2003. – V. 80. – P. 1039-1045.
12. Zheng Y.I. Energy analysis in the screw pressing of whole and dehulled flaxseed / [Y.I. Zheng, D.P. Wiesenborn, K. Tostenson, N. Kangas] // Journal of food engineering, 2005. – V. 66. – P. 193 – 202.

Рецензент д.т.н., проф. В.Ф. Дідух