

УДК 631.365.22

А.А.Ящук, Р.В.Кірчук, О.В.Голій
Луцький національний технічний університет**ДОСЛІДЖЕННЯ ВОРОХУ НАСІННЯ ЛЬОНУ ОЛІЙНОГО ЯК ОБ'ЄКТА СУШІННЯ**

В статті представлено результати дослідження властивостей вороху насіння льону олійного як об'єкта післязбирального обробітку. За результатами досліджень запропоновано конструкцію сушарки з сепаруючою секцією для попереднього очищення вороху.

Ключові слова: льон, насіння, ворох.

Збирання і післязбиральний обробіток є визначальним для одержання високоякісного врожаю різних сільськогосподарських культур, зокрема насіння льону олійного. Саме на цих етапах можливі значні кількісні і якісні втрати продукції.

Насіння, що одержане після збирання, включає різні домішки, такі як частини стебел, насіння бур'янів, частини коробочок і цілі коробочки з насінням, а, відповідно, потребує очищення і сушіння до кондиційної вологості. Сушіння льону олійного має свої особливості. Крупні солом'яні домішки в насінні льону негативно впливають на процес сушіння [1]. Через свою форму і малі розміри, насіння даної культури має низьку пористість і характеризується злипанням [1,2], що необхідно враховувати при сушінні.

Актуальною є розробка засобів післязбирального обробітку вороху насіння льону олійного, з врахуванням його властивостей, які виключають недоліки існуючих сушарок, що використовують для сушіння насіння льону олійного.

Вивченням проблем сушіння різних, у тому числі рослинних матеріалів займалися такі науковці, як Лыков А.В.[3], Птіцин С.Д. [4], Дідух В.Ф.[5], Зеленко В.І.[6] та інші. Питання збирання і післязбирального обробітку льону в основному пов'язані з вивченням властивостей компонентів льону, проблемами сепарації, а також сушіння льоновороху і льоносоломи. Загалом вивченню льону (здебільшого льону-довгунця) присвячені роботи Дідуха В. Ф., Гінзбурга Л. Н., Живетина В.В та інших. Питання післязбирального обробітку, зокрема сушіння, льону олійного залишаються не вивченими.

Метою роботи є дослідити властивості вороху льону олійного, на основі чого запропонувати конструкцію сушарки, яка б забезпечила якісне і ефективне зниження вологості насіння льону олійного, з його попередньою сепарацією.

Льон олійний можна збирати як прямим, так і роздільним способом скошуванням, а також бранням. Пряме комбайнування проводять при повному дозріванні насіння. Вологість стебел при цьому може складати 40% і більше, а збирання льону при цьому ускладнене через намотування вологих стебел на робочі органи комбайнів. Одержане насіння вимагає негайного очищення і сушіння. Перевагу віддають роздільному способу, що дозволяє отримати більш якісне насіння при менших затратах на післязбиральний обробіток [2]. Скошування у валки починають за 10 - 12 днів до побуріння 50 - 75 % коробочок при вологості насіння 25 - 35 % [7]. Якщо вологість вороху насіння після попередньої очистки перевищує 12%, то його необхідно сушити.

Насіння льону віддає вологу швидше, ніж насіння багатьох сільськогосподарських культур, зокрема таких як пшениця або ячмінь. Але через малі розміри і низьку шпаруватість, а також злипання насіння, сушіння їх в нерухомому шарі ускладнене. При сушінні крупні соломисті домішки утворюють застійні зони і осередки займання, тому важливе значення перед сушінням має попереднє очищення [2].

Дослідження проводилися для вороху насіння льону олійного сорту «Айсберг» (рис.1,а), отриманого при роздільному збиранні. Насіння, що одержане після збирання має високу забрудненість, включає різні домішки, такі як частини стебел, насіння бур'янів, частини коробочок і цілі коробочки з насінням. Домішки мають різні розміри, вологість і масу. Ворох було розділено на фракції (рис.2, б), після чого була визначена їх масова частка. Результати дослідження зведені до таблиці 2.

Варто зазначити, що залежно від різних факторів, що впливають на процес збирання (вологість льону на полі, технологічні особливості) ворох може відрізнятися за своєю структурою, зокрема відсотком насіння і непошкоджених коробочок у загальній масі.

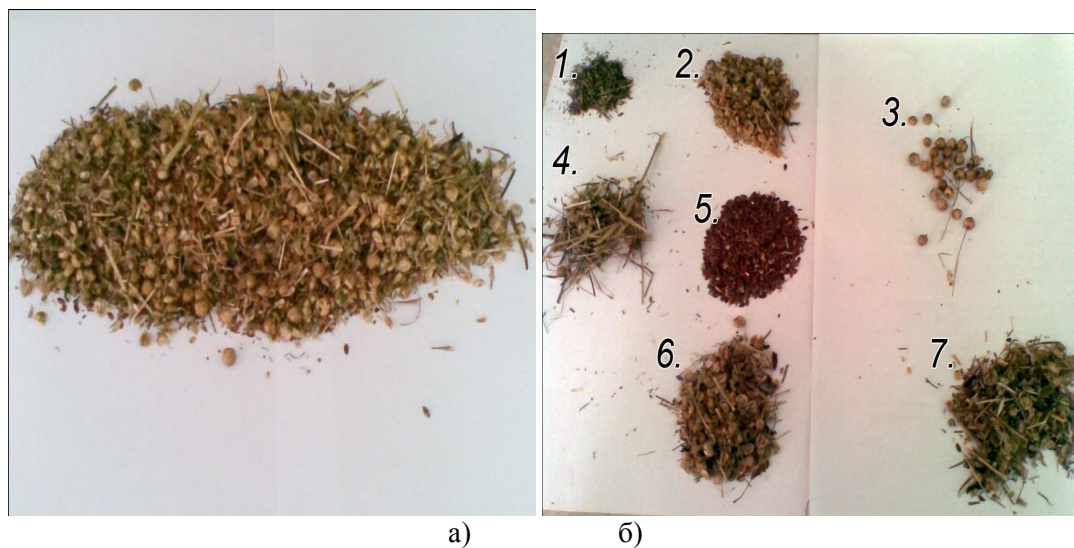


Рис. 1. Ворох насіння льону олійного: а) після збирання, б) розділений на фракції: 1 - дуже дрібні домішки (набагато менші за розмір насінин); 2 – дрібні частинки коробочок; 3 - непошкоджені коробочки з насінням; 4 - крупні домішки; 5 - насіння; 6 - частинки коробочок і дрібні частинки стебел; 7 - дрібні домішки, близькі до розміру насіння.

Отже, насіння, що потребує відокремлення від інших фракцій (очищення), у воросі перебуває як у вільному стані, так і в коробочках.

Плід льону, що являє собою кулеподібну, загострену догори коробочку має висоту 6,1-11,0 мм, ширину 5,7-8,5 мм, з перегородками на 5 гнізд. Кожне гніздо має напівперегородку, утворюючи 10 відділень. Таким чином, в головці знаходиться 10 насінин [8].

Таблиця 1

Структура вороху льону олійного за фракціями при його відносній вологості 12%

Фракція	% загальної маси
дуже дрібні домішки (набагато менші за розмір насінин)	3,7
частинки коробочок	6,8
непошкоджені коробочки з насінням	7,8
крупні домішки	3
насіння	52,8
частинки коробочок і дрібні частинки стебел	21,6
дрібні домішки, близькі до розміру насіння	4,2

Аналізуючи результати існуючих досліджень фізико-механічні властивості насіння льону олійного зведено до таблиці. 2 [9,10].

З зразків вороху насіння льону олійного різної вологості було відділено насіння. Встановлено відносну вологість чистого насіння, одержаного з цих зразків (табл. 3).

Сухим є насіння льону, відносна вологість якого не перевищує 10%. Насіння з вологістю 13,5% і більше вважається сирим. В насінні льону з відносною вологістю 14%, закладеному в бункер на зберігання, присутність плісняви може спостерігатися вже через 10 днів від початку зберігання [11].

При сушінні насіння льону олійного залежно від його призначення ставляться наступні вимоги: температура нагрівання насіння льону при сушінні не повинна перевищувати 45°C для посівних цілей, 80°C для переробки і 80-100°C для кормових цілей [11].

Таблиця 2

Властивості насіння льону олійного

Показник	Величина	Одиниці вимірювання	Примітка
Розміри		мм	
- довжина	3,2 - 4,8		
- ширина	1,5 - 2,8		
- товщина	0,5 - 1,2		
Площа проекції насінини	6,4	мм ²	
Периметр	10,1	мм	
Площа поверхні Еквівалентний діаметр насінини	11,34	мм ²	
Об'єм насінини	1,9	мм	
Кути природного відкосу	3,59	мм ³	
- насипу		градусів	
- спорожнення	26		при відносній вологості 7%
Коефіцієнт тертя поверхнями	30		
- гальванізована сталь			
- бетон			
- фанера	0,27		при відносній вологості 7%
Аеродинамічні властивості:	0,42-0,44		
швидкість витання	0,33		
Шпаруватість			
Об'ємна вага	4,7	м/с	
	35...45	%	
	580...680	г/м ³	

Таблиця 3

Співвідношення між загальною відносною вологістю вороху і відносною вологістю насіння

Матеріал	Ворох льону	Очищене насіння
Відносна вологість, %	32,7 →	21,49
	24,2 →	19,1
	19,02 →	11,1
	15,7 →	9,7
	12,92 →	8,7

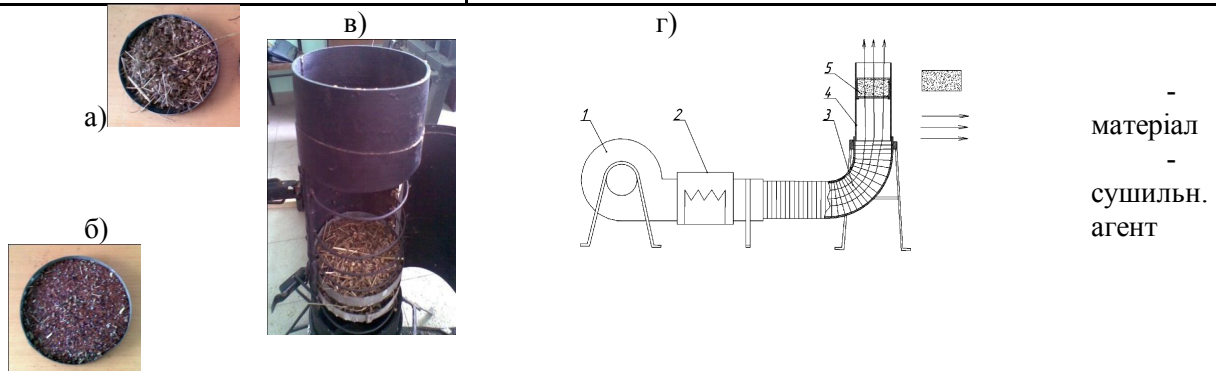


Рис. 2. Дослідження зниження вологості вороху і насіння льону олійного: а) зразок вороху; б) насіння; в) сушильна камера установки, на якій проводилось сушіння; г) конструкція установки: 1 – вентилятор, 2 – калорифер з регулятором температури нагріву, 3 – гнучкий трубопровід, 4 – сушильна камера, 5 – секція зі зразком матеріалу.

Для зразків вороху насіння льону олійного з початковою вологістю 19%, а також очищеного насіння, відносна вологість якого становила 13%, проводилось сушіння при температурах сушильного агента 30-35 і 40-45°C на установці зображеній на рис.2. Дослідження проводились з трикратною повторюваністю, після чого визначено середні значення одержаних величин. Отримані в результаті дослідження значення відносної вологості, що відображають зниження вологості з часом, представлені у вигляді графіків. на рис.3.

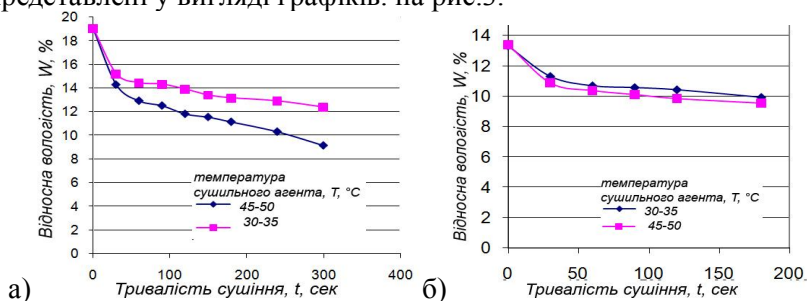


Рис.3. Зниження вологості з часом при сушінні з температурами сушильного агента 30-35 і 40-45°C: а) вороху насіння льону олійного і б) насіння льону олійного.

Підсумовуючи вищезазначене і на основі проведених експериментальних досліджень можна стверджувати наступне:

- масова частка насіння в одержаному після збирання воросі насіння льону олійного, склала близько 50% від загальної маси вороху, непошкоджених коробочок з насінням – близько 8%, до складу вороху льону олійного входила досить значна частина дрібних легких частинок, які можливо відокремити повітряним потоком від решти вороху (на рис.1.б фракції позначені 1, 2, 6, 7);

- домішки мають значно більшу вологість, ніж саме насіння, суттєвого зниження вологості можна досягти за рахунок попереднього очищення вороху;

- вологість вороху насіння льону олійного в значній мірі визначає його фізико-механічні властивості, очищення вороху з високою вологістю ускладнене в порівнянні з ворохом низької вологості, у той же час попереднє очищення є важливою операцією, оскільки, зумовлює видалення надлишкової вологи разом з домішками, вологість яких значно перевищує вологість насіння, а також видалення крупних соломистих домішок, які негативно впливають на технологічний процес сушіння;

- при відносній вологості попередньо очищеного вороху, яка перевищує 12%, вимагається його сушіння. Для зберігання насіння льону олійного, його відносна вологість в чистому вигляді не повинна перевищувати 10%;

- малі розміри насіння льону, висока щільність і злипання ускладнюють переміщення повітря крізь його нерухомий шар при сушінні, що зумовлює необхідність його перемішування в процесі сушіння.

Виходячи з вищесказаного запропонована конструкція сушарки з сепаруючою секцією для попередньої очистки вороху насіння льону олійного (рис.4.). Сушарка складається з завантажувального пристрою 1, сепаруючої секції 2, вентилятора 3, сушильної камери утвореної перфорованими стінками 4, вентилятора і нагрівальної камери 5, пристрою для відвантаження вороху після очищення насіння 6, пристрою відвантаження сухого насіння 7. Сушильна камера містить в центрі вздовж своєї осі перфорований трубопровід 8 для підведення сушильного агента, а також лопаті 9 для перемішування. Сушарка працює наступним чином. Ворох насіння льону олійного завантажувальним пристроєм 1 подається в сепаруючу секцію 2. Після сепарації насіння заповнює сушильну камеру 4, а решта вороху відводиться пристроєм, для відвантаження вороху 6. Після заповнення сушильної камери, процес подачі вороху і сепарації припиняється і відбувається процес сушіння до досягнення кондиційної вологості. При цьому повітря нагнітається вентилятором 5, нагрівається і сформований сушильний агент подається на перфорований трубопровід 8, проходить крізь насіння забираючи надлишкову вологу і відводиться через перфоровані стінки сушильної камери 4. В процесі сушіння для інтенсифікації процесу сушіння

відбувається перемішування насіння льону олійного лопатями 9, які встановлені на вертикальних осях за всією висотою сушильної камери 4

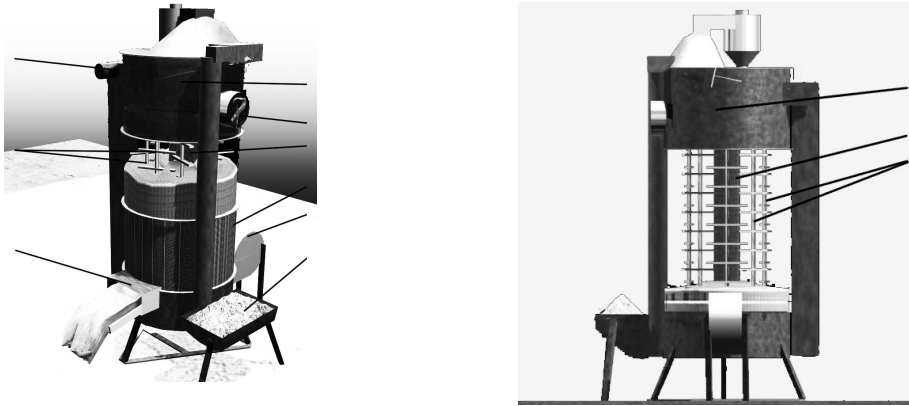


Рис. 4. Сушарка вороху насіння льону олійного з сепаруючою секцією.

На рис.5. зображена функціональна схема сепаруючої секції сушарки. Процес сепарації проходить наступним чином: ворох подається завантажувальним пристроєм 1 в камеру 2, де відбувається процес відокремлення легких частинок від вороху повітряним потоком, що створюється вентилятором 4. Після відокремлення легких частинок ворох потрапляє на решето 3 для просіювання насіння, що здійснює коливальний рух. Насіння, що просіюється, заповнює сушильну камеру, розташовану нижче. Після просіювання ворох у вигляді крупних домішок, непошкоджених коробочок з насінням і решти домішок не відокремлених повітряним потоком потрапляє між ролики 7, які призначені для роздушування і перетирання непошкоджених коробочок і обертаються з різною кутовою швидкістю. Після проходження між роликами здійснюється додаткове просіювання насіння з маси вороху, після чого ворох відводиться за допомогою пристрою 6. Повітря разом з легкими частинками відводиться з камери 3 після чого циклоном 5 відбувається відокремлення легких домішок.

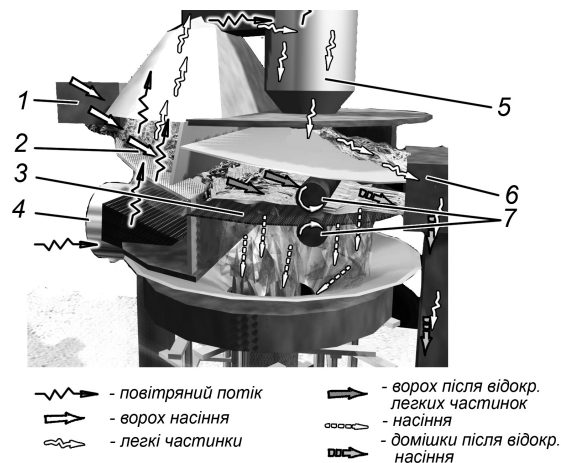


Рис. 5. Сепаруюча секція: 1 – завантажувальний пристрій; 2 – камера відокремлення легких частинок; 3 – решето, для просіювання насіння; 4 – вентилятор; 5 – циклон; 6 – пристрій відведення вороху після відокремлення насіння.

Можна виділити наступні переваги запропонованої конструкції сушарки:

- попереднє очищення вороху і видалення за рахунок цього частини вологи разом з непотрібними домішками;
- інтенсивне перемішування насіння в процесі сушіння, що забезпечує більш ефективне і рівномірне просушування матеріалу;

- контрольований час сушіння, що забезпечить зниження вологості до необхідної величини незалежно від початкових параметрів матеріалу;
- високий рівень механізації процесу, що виключає невиправдані затрати ручної праці.

Висновки: Ворох насіння льону олійного після збирання потребує попереднього очищення, масова частка насіння у воросі, що досліджувався склала близько 50% від загальної маси вороху. Сушіння насіння льону олійного пов'язане з труднощами у зв'язку з властивостями насіння (в першу чергу з його малими розмірами і формою) і забрудненістю. Попереднє очищення забезпечує видалення надлишкової вологості, разом з більш вологими, ніж насіння, домішками. Запропонована конструкція сушарки з сепаруючою секцією передбачає попереднє очищення вороху перед сушінням і забезпечує ефективне сушіння за рахунок перемішування насіння і контролювання тривалості сушіння.

1. Рогаш А. Р. Льноводство. - М.: Колос, 1967. - 583с.: ил., схем.
2. Санин А.А., Косых Л.А. Технология возделывания льна масличного в зоне Среднего Поволжья. Рекомендации – Кинель, 2006.
3. Лыков А.В. Теория сушки. М., «Энергия», 1968. 472с. ил.
4. Птицын С.Д. Зерносушилки.– М.: Машиностроение, 1966, 180 с.
5. Дідух В.Ф. Підвищення ефективності сушіння сільськогосподарських матеріалів. Монографія. – Луцьк: ЛДТУ, 2002. – 165 с.
6. Зеленко В.И. Конвективная сушка сельскохозяйственных материалов в плотном слое. Основы теории.-Тверское областное книжно-журнальное издательство, 1998. –96с.
7. Зінченко О.І. Рослинництво: за ред. О.І. Зінченка / О.І. Зінченко., В.Н. Салатенко, М.А. Білоножко. – К.: Аграрна освіта, 2001. – 591с.
8. Живетин В. В. Гинзбург Л. Н. «Масличный лен и его комплексное использование» Центральный научно-исследовательский институт комплексной автоматизации легкой промышленности, 2000, 92с.
9. Mujumdar M.S. (ed.) - Handbook of Industrial Drying. Third Edition. Edited by Arun S. Mujumdar CRC Press 2007.
- 10.Карташевич С.М. Механико-технологические основы повышения эффективности механизированных комплексов для послеуборочной обработки зерна и семян (теория, расчет, результаты проектирования и испытаний технологических комплексов). - Минск, 2001. – 288 с.
- 11.Mills, J.T. (John T.) Spoilage and heating of stored agricultural products: prevention, detection and control. Research Branch Agriculture and Agri-Food Canada, 1989.