

УДК 677. 11. 021:677.1=83

Л.А.ЧУРСІНА, *д-р техн. наук*
(Херсонський національний технічний університет),
Ю.В.МОХЕР, *канд. техн. наук*
(Інститут луб'яних культур НААНУ),
Є.О.КАЛІНСЬКИЙ, *канд. техн. наук*
(Херсонський національний технічний університет)

Вологість як основний показник якості лубоволокнистої сировини

The modern methods of determination of humidity are considered in the article. The new method of determination of humidity of bast raw material is offered on the index of activity of water.

Вступ і постановка завдання. Вологість будь-якої сировини завжди була і лишається показником, який є основним в державних стандартах на продукцію легкої та харчової промисловості. В стандартах, серед іншого, обов'язково зазначено нормативні значення вологості, за яких необхідно провадити зберігання і переробку сировини. Гігроскопічність лубоволокнистої сировини та вміст у ній волиги значною мірою зумовлюють її фізико-механічні показники: масу, об'єм, еластичність, міцність, здатність зберігати цінні властивості під час зберігання та ін. У даній статті термін «лубоволокниста сировина» характеризує різновид урожаю льону та конопель (солома, треста, довге та коротке волокно), в якому господарськоцінною складовою є волокно [1, 2].

Вологість лубоволокнистої сировини – важливий показник якості, який впливає як на технологічний процес перероблення, так і на збереженість, тому його контролюють на всіх технологічних переробках первинної переробки (рис.1).

Солома		Треста		Довге волокно	
льняна	конопляна	льняна	конопляна	льняне	конопляне
ГОСТ 2885	ГОСТ 11008	ДСТУ4149	ГОСТ 6729	ДСТУ 4015	ГОСТ 10679
$W_w \leq 19\%$	$W_w \leq 25\%$ **	$W_w \leq 19\%$	$W_w \leq 25\%$	$W_w \leq 12\%$	$W_w \leq 13\%$
$W_w \leq 25\%$ *	$W_w \leq 33\%$ **	$W_w \leq 25\%$ *	$W_w \leq 33\%$ ***	$W_w \leq 16\%$	$W_w \leq 18\%$

Коротке волокно	
льняне	конопляне
ДСТУ 5015	ГОСТ 9993
$W_w \leq 12\%$	$W_w \leq 13\%$
$W_w \leq 16\%$	$W_w \leq 16\%$

Рис. 1 – Вимоги до вологості лубоволокнистої сировини у процесі первинної переробки:

- * – показники для волокнистої сировини у снопах;
- ** – показники для середньоросійської зони коноплярства;
- *** – показник для літнього періоду (квітень–вересень).

Метою дослідження авторів статті був пошук і вдосконалення методів визначення вологості лубоволокнистої сировини.

Аналіз останніх досліджень і формулювання проблеми. В різних галузях промисловості використовують багато методів визначення вологості. Розглянемо основні з них.

Метод висушування дуже надійний, проте має велику похибку і достатньо обмежену галузь застосування. Витрати на висушування матеріалів достатньо високі й тривалість визначення рівноважної вологості за цим методом зазвичай становить від декількох годин до діб. Існують варіації даного методу, наприклад, метод вимірювання вологості за температурою висушування [1].

Дистиляційний метод має багато недоліків, такі як: вогнебезпечне і крихке устаткування, велика похибка вимірювання.

Екстракційний метод дуже складний в своїй постановці й передбачає використання витратних матеріалів.

Хімічний метод, на відміну від інших методів, враховує вміст зв'язаної води в матеріалі, достатньо простий, проте потребує використання витратних матеріалів.

НВЧ-технологія вимірювання вологості надійна, дає змогу безконтактно вимірювати вологість матеріалу, проте порівняно з кондуктометричним методом складніша у виконанні.

Радіометричні та теплофізичні методи занадто складні й дорогі для використання в поточному контролі на підприємствах.

Нейтронний метод вимірювання вологості має дуже маленьку похибку (0,3-1%), зручний для вимірювання (наприклад, вологість ґрунту). Проте його використання пов'язане з великим об'ємом матеріалів для зважування (шар 10-20 см або сфера $D=15-40$ см). Вплив на результати визначення вологості органічних домішок і фонові радіоактивність роблять його незастосовним до поточного технічного контролю [3].

Прилади на основі методу інфрачервоної спектроскопії є дуже перспективними і розробляються для поточного контролю вологості льонотрести [4]. Проте такий вологомір дуже складний і вимагає додаткового дорогого устаткування (спектрометр, монохроматор).

Кондуктометричні методи є дуже чутливими (зміна питомого опору на 10-12 порядків), конструктивно прості, не вимагають додатково дорогих приладів і, до речі, використовуються для експрес-аналізу вологості льняної соломи. Методику визначення вологості за допомогою вологомірів ВЛР-1 (рис. 2) і ВЛК-1 наведено в ГОСТ 28285-89 «Солома льняная. Требования при заготовках».



Рис. 2 – Вологомір ВЛР-1 для визначення вологості льняної соломи

У **дієкометричному методі** найчастіше використовують середньохвильовий і короткохвильовий діапазони частот або надвисокі частоти. Для вимірювання вологості лубоволокнистої сировини сучасний цифровий аналізатор WILE-25 (фірма «FARMCOMP», Фінляндія) – прилад з автоматичною термокомпенсацією і компенсацією щільності вимірюваного матеріалу (рис. 3). Заявлена виробником точність вимірювання вологості – 2%.



Рис. 3 – Цифровий вологомір WILE-25 з трьома видами насадок

Метод гігротермічної рівноваги базується на тому, що між вмістом волиги гігроскопічних речовин і відносною вологістю навколишнього середовища за умов рівноваги існує тісна залежність, що описується ізотермою сорбції даної речовини. Якщо велику пробу вологого матеріалу помістити в капсулу, ізольовану від повітряних потоків, і вимірювати відносну вологість повітря, яка поволі встановиться у малому об'ємі капсули, за ізотермою сорбції цієї речовини можна мати інформацію про волигу, що міститься в ньому. Цей простий метод дає змогу визначити волигу, що міститься в матеріалі, з похибкою 1%.

У легкій промисловості [5] для характеристики волокнистих матеріалів за вмістом вологи використовують поняття – вологість (W_ϕ) [6–8], яку визначають у відсотках як відношення маси вологи до маси сухої сировини [9]:

$$W_\phi = \frac{m - m_c}{m_c} \times 100, \quad (1)$$

де m і m_c – маса вологої та сухої сировини.

Необхідно зазначити, що цей показник дещо відрізняється від поняття «масова частка вологи», який широко використовують у інших сферах виробництва, і визначається як відношення маси вологи до маси вологої сировини [10]:

$$w_a = \frac{m - m_c}{m} \times 100. \quad (2)$$

Стандартами встановлено унормовані (W) і гранично допустимі (W_c) її значення. Сировину з вологістю, більшою за гранично допустиму, не приймають, що обумовлено вимогами довгострокового зберігання. Підвищена вологість може спричинити самозігрівання та псування її, тому даний показник постійно контролюють. Крім того, переробка сировини з підвищеною вологістю потребує значних витрат теплової та механічної енергії, яку витрачають для доведення її до оптимальної (10–12%).

На даний час не існує міжнародного стандарту, який би регламентував процедуру визначення вологості лубоволокнистої сировини. Однак, у сфері текстильного виробництва діють нормативні документи різних рівнів, у яких даний параметр частково уніфіковано.

Так, міжнародний стандарт ISO 6741 [10] спрямований на визначення торгової маси текстильного вантажу з урахуванням маси домішок та вологи. Безпосередньо вологість матеріалу в ньому не визначається. Однак, він вміщує розділи щодо визначення маси сухої проби з метою коригування торгової маси, яка, до речі, входить до формули (1) для розрахунку вологості. Крім того, даний міжнародний нормативний документ стандартизує вимоги до сушіння проби у потоці гарячого повітря та до технічних характеристик сушильних приладів і температури, за якої відбувається висушування лабораторних проб. У ньому також передбачається коригування маси сухої проби у разі проведення випробувань за нестандартних кондиційних умов.

На базі міжнародного стандарту ISO 6741 розроблено й введено у дію національні стандарти у багатьох країнах [11–13].

Таким чином, під час розроблення національного стандарту України на методи визначення вологості лубоволокнистої сировини необхідно враховувати норми міжнародного стандарту ISO 6741 щодо сушіння лабораторних проб та визначення маси сухої проби, оскільки в ньому найповніше відображено розвиток стандартизації у даній сфері та вміщено вимоги, прийняті всіма зацікавленими сторонами.

Нині в Україні діє міждержавний стандарт ГОСТ 25133 [14], який поширюється на луб'яні волокна та встановлює метод визначення фактичної вологості. Однак він потребує адаптування під час визначення вологості соломи та трести. Національні стандарти США на текстильну волокнисту сировину [15, 16] регламентують розрахунки як фактичної вологості, так і масової частки вологи у волокнистій сировині, що відповідає формулам (1) та (2). Крім того, під час розрахунків передбачено використання коригуючих коефіцієнтів, які залежать від умов проведення та стану випробуваного волокна.

Отже, найпоширенішим уніфікованим методом визначення вологості волокнистої сировини є сушіння її у потоці гарячого повітря за температури 105 ± 2 °C.

Проте, як вже зазначалось, за найбільш поширеного методу сушіння (у сушильних шафах) є похибки, що залежать від застосованої апаратури і техніки висушування. Так, результати визначення вологості залежать від тривалості сушки, від температури і атмосферного тиску, за яких відбувалось сушіння.

Температура має особливо велике значення у разі використання прискорених методів, коли зниження температури сильно впливає на кількість видаленої вологи. На результати висушування впливають також форма і розміри бюкс сушильної шафи, розподіл температури, швидкість руху повітря в ній, можливість віднесення пилу або дрібних частинок зразка тощо. Визначення вологості, виконане за неоднакових умов, дає погано зіставні результати. Всі ці похибки деякою мірою враховуються введенням поправкових коефіцієнтів, проте все одно висушування є чисто емпіричним методом, яким визначається не дійсне значення вологості, а умовне, більш-менш близько до нього. Цього висновку можна дійти на основі таких причин:

- ◆ Під час висушування органічних матеріалів разом з втратою гігроскопічної вологи відбувається втрата летючих; водночас у разі сушіння на повітрі спостерігається поглинання кисню внаслідок окислення речовини
- ◆ Припинення сушіння відповідає не повному видаленню вологи, а рівновазі між тиском водяної пари в матеріалі та повітрі
- ◆ Видалення зв'язаної вологи в колоїдних матеріалах неможливе без руйнування колоїдної частинки і не досягається під час сушіння

Деякі з вказаних похибок можна зменшити сушінням у вакуумі за зниженої температури, зніженому тиску (25 мм рт. ст. і нижчому) або в потоці інертного газу. Проте для вакуумного сушіння потрібна громіздка і складніша апаратура, ніж для теплової.

Незважаючи на це, метод сушіння є найточнішим, а у разі вимірювання залишкової вологості (менше 1%) не має альтернативи.

Аналіз вищезазначеного свідчить, що найпоширеніший метод визначення вологості сушінням має певні недоліки і тому є необхідність розроблення нових та вдосконалення існуючих методів.

Теоретичне обґрунтування запропонованого методу. Під час вимірювання вологості необхідно враховувати форми її зв'язку з матеріалом, а також особливості гіротермічної рівноваги матеріалу з навколишнім повітряним середовищем. Природні та промислові вологі матеріали належать до колоїдних, капілярно-пористих або капілярно-пористих колоїдних тіл. Лубоволокниста сировина належить до капілярно-пористих колоїдних тіл. Здатність матеріалів поглинати і віддавати вологу визначається, з одного боку, властивостями твердого «скелета» матеріалу, а з іншої – формою зв'язку з ним вологи. Наукові дослідження довели, що попереднє оцінювання волокна льону можна провадити за показником його гігроскопічності [17].

Давно встановлено, що, наприклад, різні харчові продукти з одним і тим самим вмістом вологи псуються по-різному. При цьому має значення, наскільки вода асоційована з неводними компонентами: зв'язана вода менше здатна підтримувати такі процеси, як зростання мікроорганізмів і гідролітичні хімічні реакції. Щоб врахувати ці чинники для аналізу якості харчових продуктів, введено термін «активність води» *aw*. Цей показник, безумовно, краще характеризує вплив вологи на псування продукту, ніж просто вміст вологи [18]. Природно, існують й інші чинники, які у низці випадків можуть сильніше впливати на руйнування продукту. Проте, водна активність добре корелює із швидкістю багатьох руйнівних реакцій, її можна виміряти і використати для оцінювання стану води у харчових продуктах і визначення причетності щодо хімічних і біохімічних змін. Показник активності води вже має визнання і його включають до міжнародних стандартів [19].

Із літературних джерел відомо, що процес перетворення соломи луб'яних культур на тресту є наслідком діяльності специфічних мікроорганізмів, а саме *Cladosporium herbarum* link і *Alternaria linicola* [20, 21]. Наприклад, гриби роду *Cladosporium* не розвиваються за *aw*, меншого 0,88. Тобто інтенсивність розвитку корисної мікрофлори залежить від вмісту саме вільної вологи у соломі луб'яних культур. Тому дана методика і показник активності води *aw* можуть бути застосовані для аналізу вологості соломи і трести лубоволокнистої сировини. Для визначення *aw* харчових продуктів існує серія приладів Aqualab, Pawkit, AquaSorp (фірми «Decagon»), HygroLab (фірми «Rotronic AG») робота, яких ґрунтується на методі гіротермічної рівноваги. Час вимірювання *aw* в даних приладах не перевищує 5 хв. Проте, на жаль, ці прилади, внаслідок конструктивних особливостей, непридатні для аналізу лубоволокнистої сировини.

ВИСНОВКИ

Наразі є нагальна необхідність розроблення нових методик і приладів для визначення вологості лубоволокнистої сировини, які б, з одного боку, об'єктивно визначали вміст вологи, а з іншого – визначали кількість саме вільної, незв'язаної вологи. Таким методом може стати метод визначення вологості, що базується на методі гігро-термічної рівноваги. Дана методика і устаткування для визначення вологості, яку розробляють у науково-дослідній лабораторії кафедри переробки, стандартизації і сертифікації сировини Херсонського національного технічного університету (ХНТУ) є складовою частиною науково-дослідних робіт за темами «Розробка ресурсозберігаючих технологій первинної переробки льону та конопель для створення екологічно чистих товарів народного вжитку» і «Нові ресурсозберігаючі технології поглибленої переробки конопель в південно-му регіоні з метою одержання целюлозних напівфабрикатів».

Вимірювання активності води – це неструктивний, простий метод аналізу, який може бути використаний як в лабораторних, так і виробничих умовах. Показник активності води може доповнювати, а в деяких випадках і замінити розповсюджений тепер метод визначення вологості сушінням. Результати попередніх досліджень свідчать, що дана методика менш енергоємна і більш експресна порівняно з сушінням. Таким чином показник активності води може мати широке використання для визначення якісних показників лубоволокнистої сировини і прогнозування мікробіологічного пошкодження її під час зберігання.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Борушон Б.П., Городов В.В., Скворцов А.Г. Товароведение лубяных волокон. – М.: Легкая индустрия, 1974. – 184 с.
2. Испытание лубоволокнистых материалов/Городов В.В., Лазарева С.Е., Лунев И.Я. и др. – М.: Легкая индустрия, 1969. – 208 с.
3. Берлинер М.А. Измерения влажности. – М.: Энергия, 1973. – 400 с.
4. А.А.Катков, А.С.Ефремов Автоматический контроль влажности льонотресты//Актуальні питання розвитку галузей льонарства та коноплярства: матеріали науково-технічної конференції молодих вчених (м.Глухів, 7 грудня 2006р.) – Суми: «Нота бене», 2007. – С. 109
5. ДСТУ 3998-2000 Матеріали та вироби текстильні, трикотажні, швейні та шкіряні. Терміни та визначення. – К.: Держспоживстандарт України, 2000. – 96 с.
6. DIN 53826, Bestimmung des Handelsgewichts von Bast – und Hartfasern – Deutschland, 1974. – 3 p.
7. ГОСТ 25133-82. Волокна лубяные. Метод определения влажности. – Введ. 10.02.1982. – М.: Изд-во стандартов, – 5 с.
8. DIN 53826, Bestimmung des Handelsgewichts von Bast – und Hartfasern – Deutschland, 1974. – 3 p.
9. ДСТУ 2575-94. Олії рослинні. Сировина та продукти переробки. Показники якості. Терміни та визначення. – К.:Держспоживстандарт України, 1994. – 25 с.
10. ISO 6741-1:1987. Textiles – Fibres and yarns – Determination of commercial mass of consignments. – Part 1: Mass determination and calculations. – International Standards Organization, 1989.
11. ES 2448-1. Textiles-Fibers and Yarns-Determination of Commercial Mass of consignments Part I. Mass Determinations and Calculations. – Egyptian Organization for Standardization and Quality Control, 2005.

12. BS 4784-1:1988, ISO 6741-1:1987 Methods for determination of commercial mass of consignments of textiles. Mass determination and calculations. – British Standards Institution, 1988.
13. DIN 53800-1 Textiles-Determination of commercial mass – Part 1: Determination of dry mass by dessication in hot air. – Deutsches Institut fur Normung (DIN), 2003.
14. ГОСТ 25133-82 Волокна лубяные. Метод определения влажности – М.: Издательство стандартов, 1982. – 8 с.
15. ASTM D 2495 Standard Test Method for Moisture in Cotton by Oven-Drying. -American Society for Testing and Materials: West Conshohocken, PA., 2001.
16. ASTM D 2654 Test Methods for Moisture in Textiles (Withdrawn 1998).-American Society for Testing and Materials: West Conshohocken, PA, 989.
17. Логинов М.И., Логинов А.М. Оценка качества волокна селекционного материала льна-долгунца за показателем его гигроскопичности // Сборник научных трудов Института лубяных культур УААН.- Выпуск 4.- Глухов: 2007.- С. 183-186.
18. Значение показателя «активность воды» в оценке сельскохозяйственного сырья: Обзорная информация / Розов И. А., Чоманов У. Ч. и др. – М.: АгроНИИТЭИММП, 1987. – 44с.
19. ISO 21527-1 Microbiology of food and animal feeding stuffs – Horizontal 2008-07 method for the enumeration of yeasts and moulds – Part 1: Colony count technique in products with water activity greater than 0,95. – International Standards Organization, 1989.
20. Возняковская Ю.М. Микробиология мочки льна. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 231 с.
21. Мишустин Е.Н., Емцев В.Т. Микробиология. – М.: Агропромиздат, 1987. – 386 с.

Одержано 17.02.2010