

УДК 655+551.508.7

## МЕТОДИ ВИМІРЮВАННЯ ВОЛОГОСТІ ПАПЕРУ

О.Г. Хамула

*Стаття присвячена проблемам визначення вологості поліграфічних матеріалів безконтактним методом. Оперативне визначення вологості є актуальним і в даний час, незважаючи на велику різноманітність приладів. Розглядається залежність між здатністю вбирати вологу і природою та структурою паперу.*

*Статья посвящена проблемам определения влажности полиграфических материалов бесконтактным методом. Оперативное определение влажности является актуальным и в данное время, несмотря на большое разнообразие приборов. Рассматривается зависимость между способностью воспринимать влагу, природой и структурой бумаги.*

Одним з актуальних завдань поліграфічного виробництва є створення засобів для вимірювання вологості паперу чи картону. Виробництво, зберігання, транспортування, продаж і використання сировини, напівфабрикатів і готової продукції потребують контролю за вологістю, а в багатьох випадках і її регулювання. Відсутність інформації про вологість призводить до неправильного режиму технологічних процесів, псування матеріалів на складах, додаткових затрат при транспортуванні і неточному визначенні справжньої ваги при покупці чи продажу продукції.

На практиці відомі прямі і непрямі методи вимірювання вологості. В основі прямих методів лежить розподілення паперу на вологу і сухий залишок. При непрямому методі вологість паперу визначають за фізичними властивостями або за величинами, що функціонально пов'язані з вологістю [1].

Найбільш розповсюджений з прямих методів ваговий. Це повітрянотеплове висушування паперу до постійної ваги. Взірець висушують, періодично зважуючи його. Сущіння закінчується тоді, коли два наступних зважування дають однаковий результат, який вважають рівним масі  $m_0$  абсолютно сухого тіла. Вологість  $U$  визначають за формулою  $U = (m - m_0) / m_0$ , де  $m$  – результат першого зважування. Цей метод часто використовують як взірцевий для вологомірів непрямого визначення вмісту води. Точність його досить висока, однак суттєвим недоліком є значний час вимірювання (від 20 до 40 хв).

До прямих відносять і дистильційний, екстракційний та хімічний методи. Апаратне оснащення їх більш громіздке і менш придатне в роботі, що обмежує використання цих методів у промисловості [1].

Непрямі методи ґрунтуються на тому, що вміст води в речовині впливає на її фізичні, теплові, оптичні, механічні, електрофізичні й інші властивості. Функціональний зв'язок цих властивостей із вмістом води служить основою побудови різних типів вологомірів, які працюють за принципом непрямого визначення вологості паперу. Найбільш поширені діелектричний, кондуктометричний, надвисокочастотний (НВЧ), радіаційний, теплофізичний та оптичний методи [3].

Кондуктометричний метод базується на тому, що оцінку вологості проводять за результатами вимірювання електричного опору (об'ємного чи поверхневого). Використовується для визначення вологості в межах від 2 до 30%. Головна перевага його – простота схеми і конструкції вимірювального прилада. Однак вплив на результати вимірювання хімічного

складу паперу, температури, щільності, а також вузькі межі вимірювання обмежують сферу використання цього методу.

Діелектричний метод ґрунтується на вимірюванні діелектричної проникності і тангенса кута діелектричних втрат вологого паперу. Основними характеристиками паперу тут є залежність діелектричної проникності, діелектричних втрат від вологості, частоти змінного поля, температури, щільності і т. д. Перевагою цього методу по відношенню до кондуктометричного є менша чутливість до щільності і температури матеріалу, більша швидкість і висока точність (похибка близько 0,5%). На результати вимірювання впливають: щільність матеріалу, гранулометричний склад, співвідношення кількості води в різних станах і видів зв'язку, велика провідність і інше.

Наявність механічних контактів в обох цих методах суттєво обмежує їх використання у виробництві [3].

НВЧ методи визначення вологості відзначаються високою чутливістю, точністю і можливістю безконтактного вимірювання. Принцип дії НВЧ вологомірів ґрунтується на визначенні вологості за електромагнітними хвилями, які відбиваються чи проходять через папір. Як інформаційний параметр використовуються: амплітуда, фаза, кут повороту площини поляризації лінійно-поляризованої площини електромагнітної хвилі. Безсумнівно, перевагою НВЧ приладів є незначна чутливість до фізико-хімічних властивостей паперу. Однак НВЧ вологоміри не отримали поки що широкого розповсюдження через складність і високу вартість обладнання [2].

Радіаційні методи поділяються на нейтронні, рентгенівські та ядерного магнітного резонансу. Фізичною основою нейтронного методу є сповільнення ядрами водню, що є у вологому папері, швидких нейтронів, які гублять частину своєї енергії і перетворюються в повільні чи теплові із значно меншою енергією. Джерелами нейтронів слугують ізотопні джерела на базі берилію. До переваг нейтронного методу відносяться можливість вимірювання вологості в широкому діапазоні, дослідження динаміки сушіння і зволоження, нечутливість до розподілу води, складу і щільності.

Основним недоліком є вплив на покази вологоміра вмісту елементів – ефективних поглиначів нейтронів, а також необхідність біологічного захисту.

Рентгенівський метод більш чутливий – через сильне поглинання вологою рентгенівського випромінювання. Джерелом випромінювання є рентгенівська трубка. Метод придатний для дослідження розподілу води по об'єму взірця в процесі сушіння чи зволоження.

Радіаційні методи категорично заборонені для визначення вологості продукції харчової промисловості та сільського господарства.

Ядерний магнітний резонанс – один із перспективних методів аналізу матеріалів тваринного і рослинного походження. Основою його є резонансне поглинання радіочастотної енергії ядрами водню води при внесенні вологого матеріалу в постійне магнітне поле. Ядра атомів водню мають гіромагнітні властивості і ведуть себе у зовнішньому магнітному полі як мініатюрні процесуючі магніти. Висока вартість, складність, і, відповідно, потреба у висококваліфікованому обслуговуванні обмежують поки що сферу використання таких вологомірів [4].

Серед оптичних приладів для вимірювання вологості найбільший інтерес викликають інфрачервоні фотометричні вологоміри, в основу яких покладено вимірювання відбіркового поглинання вологою ІЧ-випромінювання певної довжини хвилі, відбивання чи проходження через поверхню паперу. Діапазон вимірювання вологості лежить у межах від  $10^{-4}$  до 100%, причому температурні впливи, як і в інших спектральних методах, невеликі. Зміна температури на  $10^{\circ}\text{C}$  еквівалентна зміні вмісту води на 0,002%.

Характерними особливостями ІЧ-методів є їх висока відбірковість, чутливість, точність і відтворення вимірів, безконтактність та швидкість проведення аналізу. Для виключення впливу на результат вимірювання розсіювальних властивостей матеріалів і, відповідно, підвищення чутливості звично використовують двохвильову структурну схему. Використання співвідношення двох сигналів опорного і вимірювального каналів дозволяє звести до мінімуму вплив нестабільності приймача і джерела випромінювання, а також зменшити вплив насипної щільності взірця. Абсолютна похибка результатів вимірювання вмісту води складає близько 0,05%.

Складна оптична частина, диск з дорогішими фільтрами, системи дзеркал, використання висококваліфікованих працівників – усе це суттєво обмежує використання вологомірів даного типу [5].

Отже, на поліграфічних підприємствах найбільш поширені ваговий, кондуктометричний, НВЧ і ІЧ методи вимірювання вологості паперу. Однак, як показує вищеподаний аналіз, сьогодні немає вимірювальних систем, які б дали можливість проводити

вимірювання паперу в процесі роботи машини з потрібними характеристиками. Тому завдання оперативного вимірювання вологості паперу залишається актуальним. Для розв'язання цієї проблеми проводяться роботи в УАД.

1. Берлинер М.А. Электрические измерения, автоматический контроль и регулирование влажности. М., 1965.
2. Исмагулаев П.Р. и др. Микроволновые методы измерения влажности материалов. Ташкент, 1976.
3. Кодрашкова Г.А. Технологические измерения и приборы целлюлозно-бумажной промышленности. М., 1974.
4. Кричевский Е.С. и др. Контроль влажности твердых и сыпучих материалов. М., 1987.
5. Мухитдинов М., Мусаев Э.С. Оптические методы и устройства контроля влажности. М., 1986.