

Kozar V.S., Terexov S.S. Экономический анализ использования солнечной энергии для сушки древесины

Проанализированы типы основных вариантов гелиосистем и гелиосушильных установок, их конструкция и область применения. Проведен финансовый анализ использования солнечных технологий в сушильной отрасли деревообработки. Разработан бизнес-план по введению в производство гелиосушильной камеры.

Kozar V.S., Terekhov S.S. Economical analysis of the use of solar energy is for drying of wood

The types of basic variants of solar systems and devises for the sunny drying of wood, their construction and area of the use, are in-process analysed. The financial analysis of the use of sunny technologies is conducted in drying industry of woodworking. The business plan of applying in industry the sunny drying chamber is worked out.

УДК 551.501.771

Доц. А.Д. Кузик, канд. фіз.-мат. наук;

доц. В.О. Балицька, канд. фіз.-мат. наук;

доц. Л.І. Ярицька, канд. фіз.-мат. наук – Львівський ДУ БЖД

ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ВІДНОСНОЇ ВОЛОГОСТІ ПОВІТРЯ ПСИХРОМЕТРИЧНИМ МЕТОДОМ

Проведено аналіз наявних сучасних методів вимірювання та оцінки точності відносної вологості повітря. Запропоновано два методи розрахунку відносної вологості повітря на основі емпіричних формул Всесвітньої метеорологічної організації, які дають змогу підвищити точність вимірювання психрометричним методом без використання відповідних таблиць та h-d- діаграм. Відповідні обчислення здійснюються за допомогою комп'ютерних програм. Розрахункові методи також можуть застосовуватися в автоматизованих системах вимірювання вологості повітря.

Ключові слова: відносна вологість повітря, психрометричний метод.

На сучасному етапі розвитку електронна сенсорика є невід'ємним атрибутом людського суспільства, сфера застосування якої постійно розширюється, і там, де вчора суспільство ще обходилося природним сприйняттям зовнішніх впливів, сьогодні вже неможливо уявити собі його функціонування без сенсорів. Трансформуючи ту чи іншу фізичну величину в електричний сигнал, ці сенсорні пристрої забезпечують людину життєво важливою інформацією про стан навколишнього середовища. Сенсори температури, тиску, вологості, іонізуючої радіації, газових забруднень атмосфери – ось далеко неповний перелік сенсорів за їх основним функціональним призначенням.

Особливе місце в цьому переліку належить сенсорам вологості повітря (електронним пристроям для кількісного визначення абсолютної або відносної вологості), оскільки моніторинг і контроль цих параметрів стану навколишнього середовища на сьогодні є важливим економічним завданням, актуальність успішного вирішення якого важко переоцінити. Ці сенсорні пристрої широко використовуються в автоматизованих системах контролю та регулювання вологості на підприємствах харчової і легкої промисловості, лісового та сільського господарства, в нафто- та газопроводах. Вони є практично незамінними в медицині, системах забезпечення життєдіяльності на об'єктах гірничодобувної промисловості, метеорології, автомобільній промисловості та

ін. Вони досить поширені і в різноманітних засобах побутової техніки (сушильних шафах, кухонних плитах, кондиціонерах, НВЧ-печах, відеомагнітофонах та ін.), де сфера їх застосування неухильно зростає з року в рік.

Проблемі моніторингу параметрів навколишнього середовища присвячено низку оглядів, опублікованих спеціалістами найвідоміших світових електронних компаній, зокрема таких як MATSUSHITA ELECTRONIC INDUSTRIAL Co., Ltd., TEXAS INSTRUMENTS, Inc. та ін. Ця проблема набула надзвичайної ваги в Японії та США – країнах, де коливання вологості в умовах тропічного та субтропічного кліматів сягають інколи катастрофічних масштабів. Вимірювання метеорологічних параметрів широко застосовуються в різноманітних мікрокліматичних дослідженнях, а тому питання точності вимірювання відносної вологості є, поза сумнівом, актуальним.

Метою роботи є аналіз існуючих методів визначення відносної вологості повітря та розроблення розрахункових методів на основі даних Всесвітньої метеорологічної організації.

Існують різноманітні методи визначення вологості. Найбільш точним є ваговий метод (точність вимірювань до 1 %), суть якого полягає в тому, що повітря пропускають через ампули, що містять речовини, які добре поглинають вологу. Знаючи збільшення маси ампул і об'єм пропущеного повітря, визначають відносну вологість.

Наступним є гігromетричний метод, суть якого полягає в тому, що деякі волокна змінюють свою довжину залежно від вологості повітря. Використання приладів, в основі яких лежить гігromетричний метод вимірювання вологості, обмежене насамперед через досить високу неточність (точність вимірювань близько 5 %) у нормальних умовах, проте за низьких температур (нижче від -10°C) цей метод є найбільш оптимальним.

Для визначення відносної вологості використовують також метод дзеркала точки роси. У цьому випадку використовується поверхня з металевим напиленням, яка охолоджується до точки роси (температури, за якої з повітря починає випадати роса). Орієнтуючись на температуру довколишнього повітря, можна розрахувати вологість (точність, яка досягається за такого методу, становить 1 %, проте він є дорогим і складним у плані технічного виконання).

Останнім часом дедалі поширенішими стають ємнісні датчики вологості, основними перевагами яких є забезпечення дуже точних вимірювань, відносна дешевизна та простота у використанні. Основу таких датчиків становлять вологочутливі елементи – скляні або керамічні підкладки, що є основою для електродної системи волого чутливого полімерного шару і шару золота, через який проникає вологість. Полімерний гігроскопічний шар може адсорбувати молекули води, які змінюють його діелектричну проникність, утворюючи таким чином вологочутливий конденсатор, ємність якого є мірою відносної вологості повітря. Точність вимірювання такими приладами становить близько 2 %, а температурний діапазон використання перебуває в межах від -20°C до $+80^{\circ}\text{C}$.

До досить поширених методів вимірювання вологості належить також інфрачервоний метод [1], суть якого полягає у використанні характерних лі-

ній поглинання води при вимірюванні вологості повітря, перевагами якого є незначний вплив температури.

Найпоширеніший метод (і історично найстаріший) – психрометричний, в основу якого покладено визначення вологості за різницею температур вологого і сухого термометрів. За показами термометрів визначають різницю температур, а за психрометричною таблицею визначають відносну вологість повітря. Точність визначення відносної вологості в разі використання точних термометрів, а також за акуратного обслуговування становить близько 1%. Іноді відносну вологість визначають за допомогою h-d-діаграм (діаграми Ра-зіна). За допомогою h-d-діаграм можна також визначити такі фізичні характеристики, як: ентальпію, парціальний тиск водяних парів у повітрі, точку роси, проте точність визначення відносної вологості зростає до 2%.

У цій роботі запропоновано такі методи обчислення відносної вологості повітря, які використовували у мікрокліматичних дослідженнях [2]. За показами сухого та вологого термометрів визначали відносну вологість повітря. Для її обчислення застосовували формулу [3]

$$\varphi = \frac{e}{E} \cdot 100\%, \quad (1)$$

де: e – пружність водяної пари у повітрі, Па, E – пружність насиченої водяної пари, Па.

Величину e визначали за психрометричною формулою

$$e = E_M + AP(t_C - t_B), \quad (2)$$

де: $A=0,000662 K^{-1}$ – психрометрична стала для аспіраційних психрометрів, E_M – максимальна пружність насиченої водяної пари за температури вологого термометра t_B (°C), Па, t_C – температура сухого термометра, °C, P – атмосферний тиск, Па.

Визначення пружності насиченої водяної пари E_B (у мілібарях) для заданої температури T (K) здійснювали за емпіричною формулою, рекомендованою Всесвітньою метеорологічною організацією [4]

$$\lg E_B = 10,79574 \left(1 - \frac{T_0}{T} \right) - 5,028 \lg \frac{T}{T_0} + 1,50475 \cdot 10^{-4} \left(1 - 10^{-8,2969 \left(\frac{T}{T_0} - 1 \right)} \right) + 0,42873 \cdot 10^{-3} \left(10^{4,76955 \left(1 - \frac{T_0}{T} \right)} - 1 \right) + 0,78614, \quad (3)$$

де $T_0 = 273,16$ К – температура плавлення льоду.

Підставивши в формулу (3) замість E_B почергово значення E_M і E , визначимо за формулою (2) пружність водяної пари в повітрі. Після цього за формулою (1) можна визначити відносну вологість повітря.

Інший метод, запропонований дещо пізніше Всесвітньою метеорологічною організацією [5], замість формул (2) та (3) передбачає обчислення значень e та E за іншими формулами:

$$E = e'_w(P, t_C), \quad (4)$$

$$e = e'_w(P, t_M) - 6,53 \cdot 10^{-4} (1 + 0,000944 t_M) \cdot P \cdot (t_C - t_M), \quad (5)$$

у яких тиск насиченої водяної пари за температури t та атмосферному тиску P визначають за формулою

$$e'_w(P, t) = f(P)e'_w(t), \quad (6)$$

де $f(P)$ – функція атмосферного тиску,

$$f(P) = 1,0016 + 3,15 \cdot 10^{-6}P - 0,074P^{-1}, \quad (7)$$

а $e'_w(t)$ – парціальний тиск насиченої водяної пари за температури t ($^{\circ}\text{C}$)

$$e'_w(t) = 6,112e^{\frac{17,62t}{243,12+t}}. \quad (8)$$

Висновки. На основі аналізу існуючих методів визначення відносної вологості повітря з'ясовано, що найбільш оптимальним для метеорологічних та мікрокліматичних досліджень навколишнього середовища є психрометричний метод. Для підвищення точності запропоновано два методи розрахунку відносної вологості на основі емпіричних формул Всесвітньої метеорологічної організації. Ці методи уможливають визначення вологості без використання психрометричних таблиць та h-d-діаграм.

Література

1. Мухитдинов М. Оптические методы и устройства контроля влажности / М. Мухитдинов, Э.С. Мусаев. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 96 с.
2. Кузык А.Д. Мікрокліматичні параметри повітря поблизу вогню та їх вплив на висушування лісових горючих матеріалів / А.Д. Кузык // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2010. – Вип. 20.15. – С. 310-317.
3. Берлинер М.А. Измерения влажности. – Изд. 2-ое, [перераб. и доп.] / М.А. Берлинер. – М. : Изд-во "Энергия", 1973. – 400 с.
4. Algorithms used by electronic logbooks for the computation of dew point temperature. // World Meteorological Organization. [Electronic resource]. – Mode of access <http://www.wmo.int/pages/prog/amp/mmop/JCOMM/OPA/SOT/documents/Dew-point-algorithm-OBSJMA.pdf>.
5. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. – 7-th edition. – WMO, 2008. – No. 8. – 680 p.

Кузык А.Д., Балицкая В.А., Ярицкая Л.И. Повышение точности определения относительной влажности воздуха психрометрическим методом

Проведен анализ имеющихся современных методов измерения и оценки точности относительной влажности воздуха. Предложены два метода расчета относительной влажности воздуха на основе эмпирических формул Всемирной метеорологической организации, позволяющие повысить точность измерения психрометрические методом без использования таблиц и h-d-диаграмм. Соответствующие вычисления осуществляются с помощью компьютерных программ. Расчетные методы также могут применяться в автоматизированных системах измерения влажности воздуха.

Ключевые слова: относительная влажность воздуха, психрометрический метод.

Kuzyk A.D., Balitska V.O., Yarytska L.I. The problem of increasing the accuracy of air relative humidity using psychrometric method

The analysis of the available modern methods of measuring and evaluating the accuracy of relative humidity is carried out. Two methods of relative humidity calculation using the empirical formulas of the World Meteorological Organization were proposed. The above formulas will improve to increase the accuracy of psychrometric method without tables and h-d diagrams. The corresponding calculations are provided via computer programs. Calculating methods can be used in automated systems for humidity measuring also.

Keywords: Relative humidity, psychrometric method.