

SYSTEM POMIAROWY DO ANALIZY ROZKŁADU WILGOTNOŚCI NASION

Piotr Makarski

Katedra Podstaw Techniki, Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Streszczenie. W artykule opisano automatyczny system pomiarowy wyznaczający wilgotność i jej rozkład statystyczny w próbce nasion, bez ich uszkodzenia. Znajomość zróżnicowania wilgotności poszczególnych nasion niesie cenną informację o jakości surowca, której nie uzyskamy przy konwencjonalnych metodach pomiaru zawartości wody. Zaprezentowano wyniki pomiarów otrzymane dla próbek nasion soi.

Słowa kluczowe: pomiar wilgotności, statystyczny rozkład wilgotności, metoda mikrofalowa

Wykaz oznaczeń

K	– stała przetwarzania [$V \cdot kg^{-1}$],
m	– masa [kg],
m_s	– masa próbki [kg],
N	– liczba nasion w próbce,
S	– addytywna stała kalibracyjna [kg],
U_o	– napięcie wyjściowe detektora [V],
W	– wilgotność [%],
W_{min}	– wilgotność względna minimalna [%],
W_{max}	– wilgotność względna maksymalna [%],
W_r	– wilgotność względna próbki zmierzona metodą referencyjną [%],
W_{sr}	– wilgotność średnia nasiona,
W_s	– wilgotność średnia próbki,
μ	– wartość oczekiwana,
σ	– odchylenie standardowe,
σ_w	– odchylenie standardowe wilgotności nasion.

Wstęp

Wilgotność nasion jest bardzo istotnym parametrem, który w znacznej mierze decyduje o ich właściwościach i jakości. Zbyt wilgotne ziarno lub za duże różnice wilgotności pojedynczych nasion może powodować pleśnienie materiału podczas przechowywania. Przykładowo dla soi szczególnie podatne na atak grzybów są nasiona o wilgotności powyżej 12,5% [Eys i in. 2004]. Zbyt duża wilgotność to również obniżona wartość handlowa

i odżywcza surowca ze względu na mniejszą zawartość suchych składników pokarmowych przypadających na jednostkę masy.

Określanie zawartości wody stanowi często podstawę badania jakości surowców biologicznych. Stosowane w przechowywaniu i przetwórstwie rolno-spożywczym elektroniczne wilgotnościomierze do nasion zapewniają szybki, nieniszczący i względnie dokładny pomiar, lecz wymagają stosunkowo dużych próbek, a otrzymany wynik jest uśredniony dla całej próbki. Natomiast nieniszczące metody, umożliwiające pomiar wilgotności pojedynczych ziarniaków, pozwalające uzyskać informacje o rozkładzie wilgotności w próbce są czasochłonne i ograniczone głównie do warunków laboratoryjnych [Nelson, Lawrence 1993]. Powyższych wad nie posiada zaproponowana metoda nieniszczącego pomiaru wilgotności i analizy jej rozkładu w próbce nasion, za pomocą promieniowania mikrofalowego. Pomimo iż pomiary własności materiałów dielektrycznych za pomocą promieniowania elektromagnetycznego, w tym zwłaszcza z zakresu mikrofalowego i bliskiej podczerwieni są od lat przedmiotem zainteresowania nauki i techniki oraz technologii produkcji przemysłowej [Kress-Rogers, Brimelov 2001], [Berbert; Stenning 1996], [Nelson i in. 2000], [King i in. 1992], [Lawrence i in. 1998], to jednak badania te dotyczą pomiarów dużych próbek celem wyznaczenia uśrednionej wartości dla całej partii surowca.

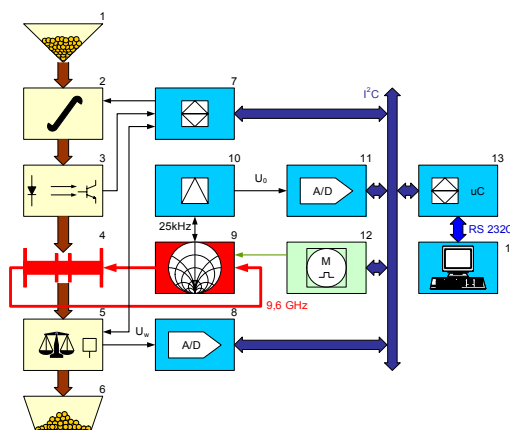
Cel i zakres pracy

Celem niniejszej pracy było wykonanie systemu do automatycznego pomiaru wilgotności próbki nasion oraz badania statystycznego rozkładu tego parametru w próbce. Akwizycja danych pomiarowych, ich obróbka i prezentacja jak również sterowanie systemem dokonuje się za pośrednictwem komputera PC z zaimplementowanym programem w postaci instrumentu wirtualnego, napisanym w środowisku programowania graficznego LabView 7.1.

Stanowisko badawcze

Schemat blokowy systemu do analizy statystycznego rozkładu wilgotności nasion przedstawia rys. 1. Przetwornikiem wilgotności na sygnał pomiarowy jest mikrofalowy mostek homodynowy [Galwas B. 1985] wraz ze specjalnie opracowaną falowodową głowicą pomiarową umożliwiającą pracę w trybie on-line. Pojedyncze ziarna ze zbiornika (1) pobierane są przez czerpak podajnika obrotowego i wrzucane do komory przelotu, gdzie próbka spada swobodnie mijając po kolei fotoelektryczny detektor przelotu (3), głowicę pomiarową (4), by trafić na wagę z systemem ewakuacji (5), skąd po zważeniu wyrzucana jest do zbiornika wylotowego (6). Sygnał z detektora przelotu odczytany przez sterownik (7) powoduje zatrzymanie podajnika. Przemieszczająca się przez głowicę pomiarową próbka zmienia jej transmitancję i refleksję, co prowadzi do rozstrojenia mostka mikrofalowego (9). Sygnał nierównowagi mostka po zdemodulowaniu w układzie modulacji i detekcji (10) zostaje przetworzony na postać cyfrową w układzie 8 bitowego szczytowego przetwornika A/C (11). Dodatkową funkcją układu modulacji i detekcji jest modulacja amplitudowa fali nośnej sygnału pomiarowego. Sygnał analogowy z wagi podczas pobytu na niej próbki zamieniany jest na postać cyfrową przez 12 bitowy przetwornik A/C (8). Po zważeniu próbka jest ewakuowana przez ramię mikrosiłownika do zbiornika wylotowego (6).

Dostrajanie mostka mikrofalowego do stanu równowagi, przed rozpoczęciem pomiaru realizowane jest przez serwomechanizm zbudowany w oparciu o silnik krokowy i specjalny układ sterujący (12). Sterownik mikroprocesorowy (13) komunikujący się z poszczególnymi układami za pomocą magistrali I²C zapewnia synchronizację pracy poszczególnych bloków i odczyt wyników pomiarów z przetworników. Jest on również węzłem komunikacyjnym z komputerem PC (14) po łączu RS 232C. Oprogramowanie komputera PC pełni rolę wirtualnego instrumentu pomiarowego zbierającego dane, jak również sterującego pracą miernika wilgotności.



Rys. 1. Schemat blokowy systemu do pomiaru wilgotności pojedynczych nasion: 1 – Zasobnik; 2 – Podajnik; 3 – Czujnik przelotu; 4 – Falowód pomiarowy; 5 – Waga z ewakuatorem; 6 – Zbiornik wylotowy; 7 – Sterownik; 8 – Przetwornik analogowo cyfrowy; 9 – Mikrofalowy mostek homodynowy; 10 – Modulator i detektor m. cz.; 11 – Przetwornik analogowo cyfrowy; 12 – Serwomechanizm korektora fazy; 13 – Sterownik mikroprocesorowy; 14 – Komputer PC

Fig. 1. Block diagram showing the system for humidity measurement in single seeds: 1 – Container; 2 – Feeder; 3 – Passage sensor; 4 – Measuring wave-guide; 5 – Scales with evacuator; 6 – Outlet tank; 7 – Controller; 8 – Analog-to-digital converter; 9 – Microwave homodyne bridge; 10 – Modulator and detector; 11 – Analog-to-digital converter; 12 – Phase corrector servo-mechanism; 13 – Microprocessor controller; 14 – Personal computer

Metodyka badań

Przed przystąpieniem do właściwych badań przeprowadzono kalibrację przyrządu.

Napięcie wyjściowe detektora, powstałe na skutek przelotu próbki przez falowód pomiarowy, w dużym zakresie zmian wilgotności wyraża się wzorem (1):

$$U_0 = K \cdot (m \cdot W + S) \quad (1)$$

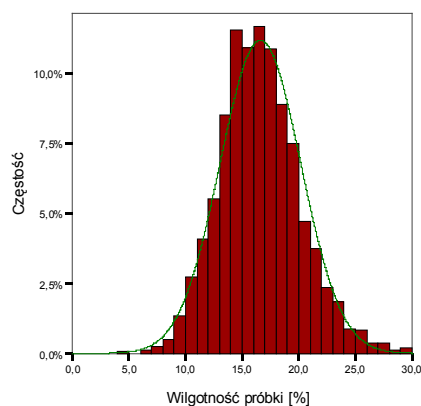
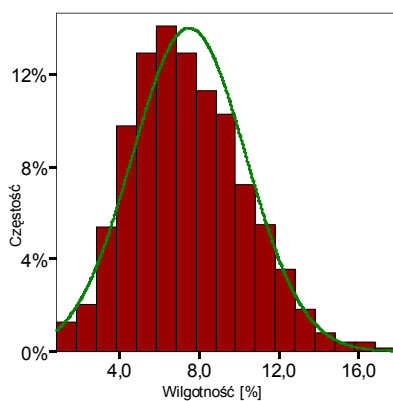
Najpierw wycechowano moduł ważący przy pomocy wagi analitycznej. Następnie dobrano współczynniki kalibracyjne K i S , posługując się próbkami o znanej wilgotności.

Po dokonaniu kalibracji przeprowadzono pomiary na próbkach różnych rodzajów nasion. W artykule zaprezentowano wyniki uzyskane dla ziarna soi. Wybór materiału poddyktowany był jego popularnością jako surowca żywnościowego i paszowego. Przygoto-

wano partie próbek, każda o masie ok. 300 g i różnej wilgotności. W tym celu część z nich poduszano w piecu laboratoryjnym z regulacją temperatury, a część nawilżano w sposób kontrolowany wodą destylowaną i zamykano w hermetycznych naczyniach na kilka dni dla wyrównania rozkładu wilgotności. Po tym czasie dokonywano pomiarów rozkładu wilgotności z użyciem prezentowanego systemu, dla wszystkich próbek po kolei oraz dla mieszanki dwóch próbek o istotnie różniących się wilgotnościami średnich. W celu porównywania otrzymanych wyników wilgotności średniej z wartością poprawną przed każdym badaniem nowej próbki, po dokładnym jej wymieszaniu pobierano 10 g materiału i wyznaczano jego wilgotność metodą referencyjną termograwimetryczną przyjmując otrzymany wynik za rzeczywistą wilgotność badanej próbki.

Wyniki badań i ich analiza

Na rysunkach 2-3 przedstawiono przykładowe otrzymane histogramy rozkładu wilgotności dla 2 próbek o istotnie różnej zawartości wody. Długość przedziału klasyfikacji wilgotności wynosiła 1%. Liczba N nasion w każdej próbce przekraczała 1000 sztuk. Dla porównania otrzymanych wyników z rozkładem normalnym, na histogramy naniesiono krzywe rozkładu Gaussa o parametrach μ , σ^2 , równych wynikom pomiarów. Łatwo zauważyć, że krzywe te z dobrym przybliżeniem tworzą obwiednie histogramów, a więc rozkład wilgotności w próbkach ma cechy rozkładu normalnego. W tabeli 1 umieszczono wyznaczone parametry statystyczne rozkładu wilgotności. Różnice pomiędzy wilgotnością średnią ważoną W_w , czyli wilgotnością średnią całej próbki a wilgotnością zmierzoną metodą referencyjną W_r , nie przekraczają 1%.



Źródło: badania własne autora

Rys. 2. Histogram wilgotności próbki soi o wilgotności średniej 7,2%

Fig. 2. Humidity histogram for soybean sample with average humidity 7.2%

Rys. 3. Histogram wilgotności próbki soi o wilgotności średniej 16,3%

Fig. 3. Humidity histogram for soybean sample with average humidity 16.3%

Otrzymane wyniki są więc stosunkowo dokładne, zważywszy że pomiar wilgotności odbywa się metodą pośrednią. Natomiast wyznaczone odchylenia standardowe są nieco zawyżone. Spowodowane jest to głównie ograniczoną precyzją przelotu próbki wzdłuż osi głowicy pomiarowej.

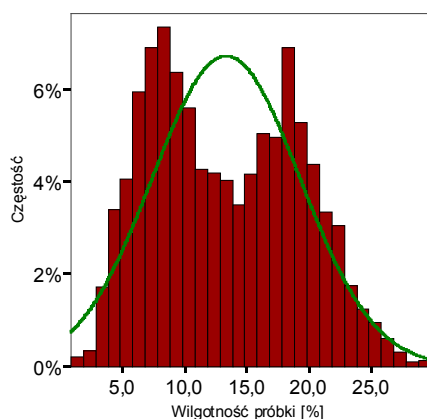
Tabela 1. Statystyczne parametry rozkładu wilgotności próbek nasion soi

Table 1. Statistical parameters of humidity distribution for soybean seed samples

Statystyczne parametry rozkładu wilgotności próbek nasion soi							
W_r [%]	W_s [%]	W_{min} [%]	W_{max} [%]	$W_{\bar{s}}$ [%]	σ_w [%]	N	m_s [g]
7,2	7,5	0,8	17,8	7,5	2,85	1312	301,0
12,0	11,5	4,2	28,3	11,6	3,19	1113	272,3
16,3	16,7	4,8	30,0	16,6	3,57	1574	400,2
20,5	19,7	0,6	29,9	19,8	3,37	1299	352,3

Źródło: badania własne

Na szczególną uwagę zasługują wyniki zebrane dla próbki przygotowanej przez zmieszanie dwóch próbek o wilgotnościach średnich 7,2% i 20,0%, dających wypadkową wilgotność 13,9%. Otrzymany histogram prezentuje rys. 4. Powstały wykres rozkładu wilgotności, jak się należało spodziewać, jest dwumodalny. Maxima gęstości przypadają w pobliżu wilgotności średnich próbek składowych. Obwiednia histogramu nie pokrywa się z pojedynczą krzywą Gaussa. Do aproksymacji należałoby użyć sumy dwóch funkcji, każdej odpowiadającej rozkładowi wilgotności próbki składowej.



Źródło: badania własne autora

Rys. 4. Histogram wilgotności próbki mieszaniny soi o wilgotnościach 7,2% i 20% średniej 13,9%, przygotowanej bezpośrednio przed pomiarem

Fig. 4. Humidity histogram for a mix of soybean samples with humidity 7.2% and 20% - average 13.9%, prepared immediately before measurement

Wartości liczbowe parametrów statystycznych wyników pomiarów zawarte są w tabeli 2. Wynik pomiaru wilgotności średniej bardzo dobrze pokrywa się z wynikiem otrzymanym metodą wzorcową. Wyznaczone odchylenie standardowe wilgotności, zgodnie z przewidywaniami, jest istotnie większe, niż w przypadku próbek składowych.

Tabela 2. Statystyczne parametry rozkładu wilgotności mieszaniny próbek nasion soi
Table 2. Statistical parameters of humidity distribution for a mix of soybean seed samples

Statystyczne parametry rozkładu wilgotności mieszaniny próbek nasion soi							
W_r [%]	W_s [%]	W_{min} [%]	W_{max} [%]	W_{sr} [%]	σ_w [%]	N	m_s [g]
13,9	13,7	0,8	29,9	13,3	5,94	2338	538,3

Źródło: badania własne autora

Podsumowanie

Zaproponowana metoda wyznaczania wilgotności nasion umożliwia precyzyjny, automatyczny i nieniszczący pomiar wartości średniej tego parametru nawet dla stosunkowo niewielkich próbek (tab. 1 i 2). W porównaniu do innych metod posiada tę cenną zaletę, iż podaje informację na temat statystycznych parametrów rozkładu wilgotności w próbce. Dzięki temu istnieje możliwość dokładniejszego określenia jakości surowca, gdyż w przypadku nasion nie tylko wilgotność średnia, ale również równomierność jej rozkładu decyduje o jakości partii materiału. Analizę ułatwia graficzna prezentacja wyników pomiarów zaimplementowana w instrumencie wirtualnym.

Bibliografia

- Berbert P. A., Stenning B. C.** 1996. On-line Moisture Content Measurement of Wheat. Departamento de Engenharia Agricola. Universidade Federal de Vicosa, 36571-000 Vicosa MG. Brazil. s. 287-296.
- Eys J.E., Offner A., Bach A.** 2004. Metody analityczne oceny jakości surowców sojowych w przemyśle paszowym. Podręcznik dla praktyków. ASA International Marketing. s. 32-33.
- Galwas B.** 1985. Miernictwo mikrofalowe. WKiŁ, Warszawa. ISBN 83-206-0587-3.
- King R. J., King K. V., Woo K.** 1992. Microwave Moisture Measurement of Grains. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. vol. 41. No. 1. s. 111-115.
- Kress-Rogers E., Brimelov Ch. J.B.** 2001. Instrumentation and sensors for the food industry. Woodhead publishing limited. Cambridge 2001. s. 213-228, 233-273.
- Lawrence K. C., Windham W. R., Nelson S. O.** 1998. Wheat Moisture Determination by 1 - to 110-MHz Swept-frequency Admittance Measurements. American Society of Agricultural Engineers. vol. 41(1). s. 135-142.
- Nelson S. O., Lawrence K. C.** 1993. Nondestructive Single-seed Moisture Determination in Soybeans by RF Impedance Measurements. vol. 36(6). s. 1855-1859.
- Nelson S.O., Kraszewski A. W., Trabelsi S., Lawrence K. C.** 2000. Using Cereal Grain Permittivity for Sensing Moisture Content. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement. vol. 49. No. 3. s. 470-474.

MEASUREMENT SYSTEM FOR SEEDS HUMIDITY DISTRIBUTION ANALYSIS

Abstract. The article describes automatic measurement system, which determines humidity and its statistical distribution in seed samples without damaging them. Knowledge of humidity diversification for individual seeds provides valuable information regarding material quality, which cannot be obtained when we use conventional water content measurement methods. The work presents measurement results obtained for soybean seed samples.

Key words: humidity measurement, statistical distribution of humidity, microwave method

Adres do korespondencji:

Piotr Makarski; e-mail: rzaruwa1@tlen.pl
Zakład Elektrotechniki i Systemów Pomiarowych
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie
ul. Doświadczalna 50 A
20-280 Lublin