

Zbigniew Zdrojewski
Instytut Inżynierii Rolniczej
Akademia Rolnicza we Wrocławiu

BŁĘDY OKREŚLANIA W ZAKŁADACH SUSZARNICZYCH MASY KOŃCOWEJ ZIARNA - WYKORZYSTUJĄC WILGOTNOŚCIOMIERZE ZIARNA

Streszczenie

W oparciu o wyprowadzone zależności do określania błędów obliczania masy końcowej ziarna w zakładach suszarniczych, przeprowadzono symulacje wpływu poszczególnych parametrów na wartości tych błędów. Stwierdzono, że największy wpływ na błędy względne ma dokładność wilgotnościomierzy (różnice ok. +/-4%), mniejszy wpływ ma wilgotność początkowa ziarna (+/-0,5-2%), a wpływ pozostałych parametrów powoduje różnice rzędu tylko ok. +/-0,1%. Dla zakresu wilgotności początkowej 20-50%, przy najdokładniejszych urządzeniach pomiarowych, błędy obliczania masy końcowej są najmniejsze, równe +/-1,2%, a przy najmniej dokładnych +/-7,8%.

Słowa kluczowe: ziarno, błędy względne, błędy bezwzględne, wilgotnościomierz, waga, dokładność, wilgotność początkowa, masa początkowa, masa końcowa

Oznaczenia

$BBM-M_{kon}$, $BWM-M_{kon}$ – błąd maksymalny bezwzględny [kg] i względny [%] obliczania masy końcowej,

ddM_{pocz} – dokładność wagi wjazdowej, [kg]

ddw_p , ddw_k – dokładności wilgotnościomierzy przy oznaczaniu wilgotności początkowej i końcowej, [%]

M_{pocz} , M_{kon} , W_{p-k} – masa początkowa i końcowa ziarna po wysuszeniu oraz odparowana woda, [kg]

w_p , w_k – wilgotności ziarna przed i po suszeniu, [%]

Wstęp i cel pracy

Opracowywanie wyników pomiarów powinno zawierać m.in. informacje na temat błędów pomiarowych. W literaturze niewiele jest analiz dotyczących błędów pomiarowych lub obliczeniowych w suszarnictwie. Dotychczas analizowano błędy w pomiarach zawartości wody [Jaros i.in., 1994] oraz błędy w pomiarach kinetyki suszenia [Jaros 1994, Pabis 1994]. Przedstawiono w nich między innymi zależność na dobór wielkości eksperymentalnie suszonej próbki, w celu uzyskaniażądanego błędu względnego.

W literaturze brak jest analizy błędów w przypadku suszarnictwa ziarna zbóż, gdy masa końcowa po wysuszeniu dostarczonego przez rolnika ziarna obliczana jest na podstawie pomiarów wilgotności ziarna początkowej i końcowej po wysuszeniu oraz pomiarów przywiezionej masy ziarna. Istotne znaczenie będzie tu mieć dokładność wskazań wilgotnościomierzy ziarna i przemysłowej wagi wjazdowej do suszarni. Nie znaleziono w literaturze prac zajmujących się błędami takich obliczeń, w szczególności błędami bezwzględnymi, które praktycznie przekładają się np. na błąd obliczenia ilości ziarna do załadowania po wysuszeniu. Stąd celem pracy było: a) opracowanie zależności na obliczenie błędów bezwzględnego i względnego obliczania masy końcowej na podstawie ilości i wilgotności ziarna przed i po wysuszeniu oraz b) wykonanie symulacji określających wpływ poszczególnych składowych na wartość tych błędów.

Spośród istniejących błędów pomiarowych – kwadratowych i maksymalnych, wybrano do analizy błąd maksymalny, wiedząc, że błąd kwadratowy jest mniejszy i stanowi ok. 70 % wartości błędu maksymalnego [Zdrojewski, Peroń 2003].

Wg polskich norm [PN-90/A-74009], dla wilgotnościomierzy typu technicznego dopuszczalny bezwzględny błąd pomiaru przy wilgotności 10% powinien wynosić +/-1%. Analiza testu 12 wilgotnościomierzy ziarna zbóż różnych producentów (poprzez porównanie z metodą suszarkową), przeprowadzonego przez Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft wskazuje, że różne wilgotnościomierze miały różne dokładności dla różnych zbóż. Dla jęczmienia dokładność ta wynosiła od +/- 0,5 do 2% wartości bezwzględnej, dla pszenicy były to wartości 0,5 do 1,5, dla rzepaku 0,5 do 1, a dla pszenżyta, żyta, owsa i kukurydzy 0,5 do >2%. Bliżej nie sprecyzowane jest określenie >2%. Przykłady porównań pokazują dodatkowo, że wraz ze wzrostem wilgotności ziarna zbóż ponad przyjęty zakres, wskazania wilgotnościomierzy różnią się od pomiarów suszarkowych nawet o 3-4%. Nie daje się utrzymać normatywnej dokładności przy wzrastającej wilgotności i jedynym

rozwiązaniem jest wtedy ograniczenie zakresu stosowalności wilgotnościomierza. W szczególności pomiar wilgotności kukurydzy obarczony jest zwiększającym się błędem ze względu na wilgotności dochodzące do 50%. Wagi wjazdowe do zakładu suszarniczego, określane również mianem wag przemysłowych o zastosowaniu w handlu (klasa dokładności III) mają dokładności pomiaru, wg danych technicznych różnych wag, od +/- 2 do +/- 20 kg w zależności od wielkości masy.

Analiza metod pomiarowych i błędów pomiaru

W praktyce ilość koniecznej do odparowania wody W_{p-k} z masy ziarna o masie początkowej M_{pocz} od wilgotności początkowej w_p do żądanej wilgotności końcowej w_k określa się z zależności (1). Według zależności (2) natomiast określić można masę ziarna końcową M_{kon} , którą należy załadować po wykonaniu usługi suszarniczej.

$$W_{p-k} = M_{pocz} \frac{w_p - w_k}{100 - w_k} \quad (1)$$

$$M_{kon} = M_{pocz} \frac{100 - w_p}{100 - w_k} \quad (2)$$

Obie formuły (1) i (2) to w ujęciu matematycznym funkcje, które muszą podlegać różniczkowaniu po poszczególnych zmiennych, w celu określenia błędów bezwzględnych maksymalnych BBM

$$BBM = \pm \left\{ \left| \frac{\partial y}{\partial x_1} \cdot dx_1 \right| + \left| \frac{\partial y}{\partial x_2} \cdot dx_2 \right| + \dots + \left| \frac{\partial y}{\partial x_n} \cdot dx_n \right| \right\} \quad (3)$$

W wyniku obliczeń, uzyskano zależność (4) na określenie błędu bezwzględnego maksymalnego obliczania masy końcowej $BBM-M_{kon}$. Następnie z zależności (5) obliczyć można błąd względny określenia tej masy końcowej.

$$BBM - M_{kon} = \left[\left[(-100 + w_p) * \frac{dM_{pocz}}{(w_k - 100)} \right] + \left[M_{pocz} * \frac{dw_p}{(w_k - 100)} \right] \right] + \left[M_{pocz} (-100 + w_p) * \frac{dw_k}{(w_k - 100)^2} \right] \quad (4)$$

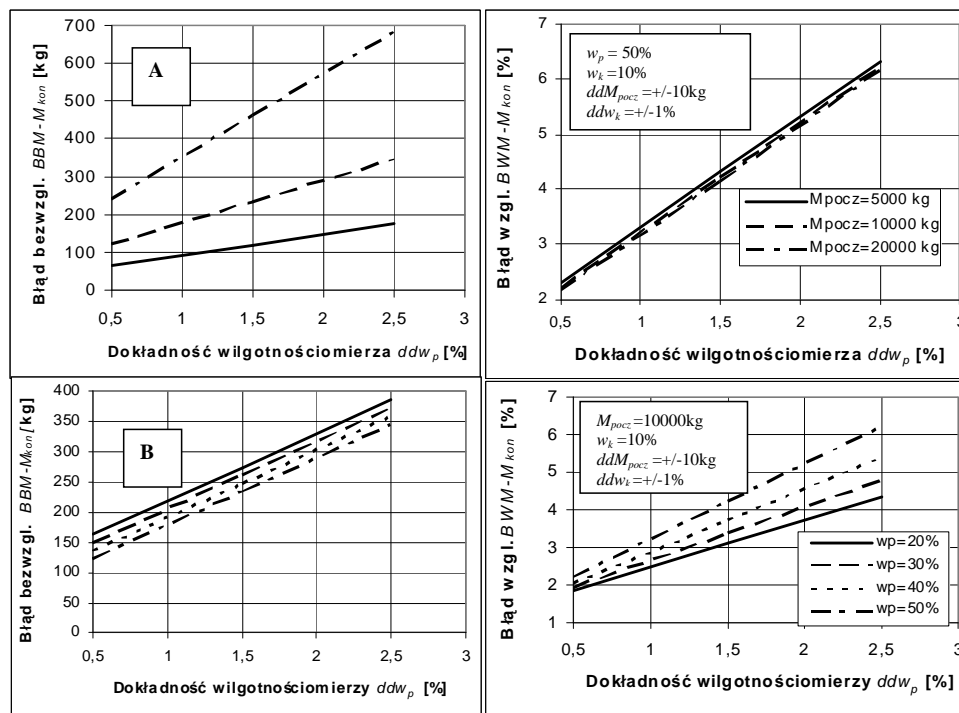
$$BWM - M_{kon} = \frac{BBM - M_{kon}}{M_{kon}} * 100\% \quad (5)$$

Zależności na obliczenia błędów byłyby znacznie prostsze, gdyby suszenie wykonywane było np. w systemie porcjowym i masę końcową można było określić poprzez zważenie uzyskanej po wysuszeniu całej masy ziarna.

Symulacja wpływu poszczególnych parametrów na wartości błędów obliczania masy końcowej

Symulacje przeprowadzono posługując się równaniami (4) i (5). Założono, że dostarczana ilość ziarna do suszenia zawiera się w granicach od 5 do 20 ton, wilgotność materiału początkowa w zakresie 20–50%, wilgotność końcowa w zakresie 6–14%. Wpływ dokładności wilgotnościomierzy na wartości błędów obliczeń masy końcowej określano dla zakresu +/-0,5-3%, w zależności od wilgotności ziarna, a wpływ dokładności wjazdowej wagi przemysłowej określano dla zakresu +/-2-20 kg. Określanie wpływu na wartość błędów jednego parametru, wymagało założenia stałości innych parametrów. Stąd przyjęto następujące wartości średnie do obliczeń: masę ziarna - 10000 kg, wilgotność początkową - 30%, wilgotność końcową - 10%, dokładność wilgotnościomierza dla wilgotności końcowej 10% - +/-1% , a dla wilgotności początkowej 30% - +/- 2% i dokładność wagi wjazdowej - +/-10 kg.

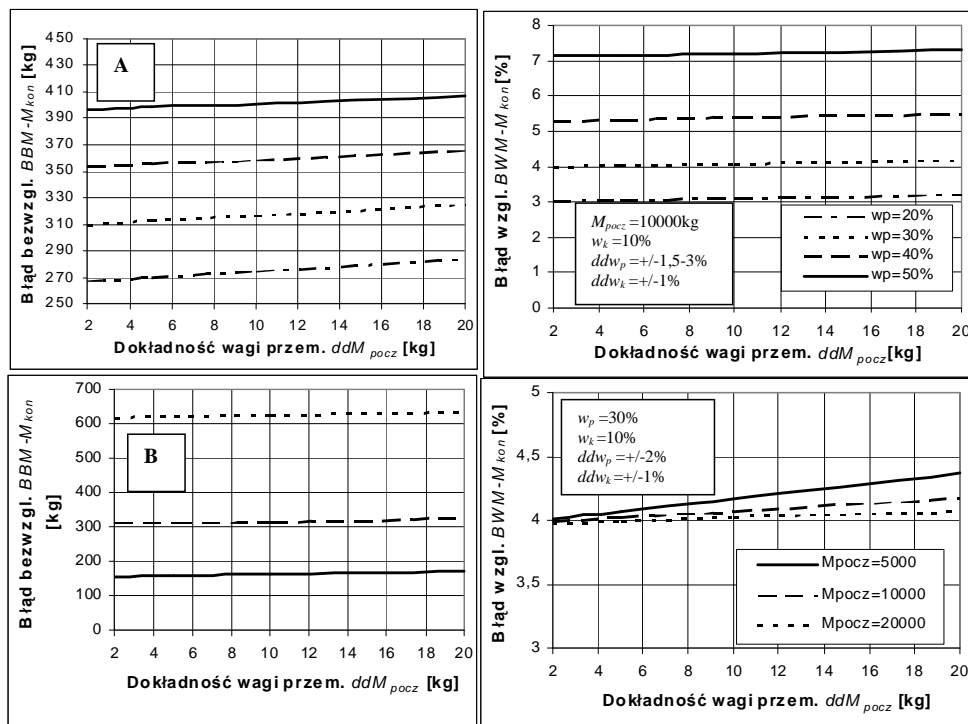
Na rysunku 1 przedstawiono, jaki wpływ na wartość omawianych błędów ma dokładność wilgotnościomierzy do ziarna. Zależności te są rosnące prostoliniowo, a wartości błędów względnych, dla wielkości średnich zmieniają się od +/-6,5% dla wilgotnościomierzy niskiej klasy ($ddw_p = +/-2,5\%$) do ok. +/-2% dla wilgotnościomierzy wysokiej klasy ($ddw_p = +/-0,5\%$). O ile wielkość masy początkowej (rys.1 A) nie ma większego wpływu na wartość błędów względnych, o tyle w błędach bezwzględnych są to wartości znaczne. I tak przy masie 20 ton do suszenia, gdy masa końcowa dla wilgotności $w_p = 50\%$ (np. kukurydza) i $w_k = 10\%$ wynosi 11,110 ton, błąd BBM dla dokładności $ddw_p = +/-2,5\%$ wynosi +/-700 kg. Oznacza to, że masa końcowa podawana razem z błędem powinna zawierać się w zakresie 10,410-11,810 ton. Dla wilgotnościomierzy najwyższej klasy ($ddw_p = +/-0,5\%$) zakres ten byłby niższy, przedstawiany jako 10,870-11,350 ton.



Rys. 1. Zależność błędów określania masy końcowej od dokładności wilgotnościomierzy przy pomiarze wilgotności początkowej ddw_p dla różnych ilości suszonego materiału M_{pocz} (A) i różnych wartości tej wilgotności w_p (B)

Fig. 1. Influence of accuracy of moisture meter at the measuring of initial moisture content ddw_p on the errors of calculation of end dried mass for different, initial dried mass M_{pocz} (A) and initial moisture content w_p (B)

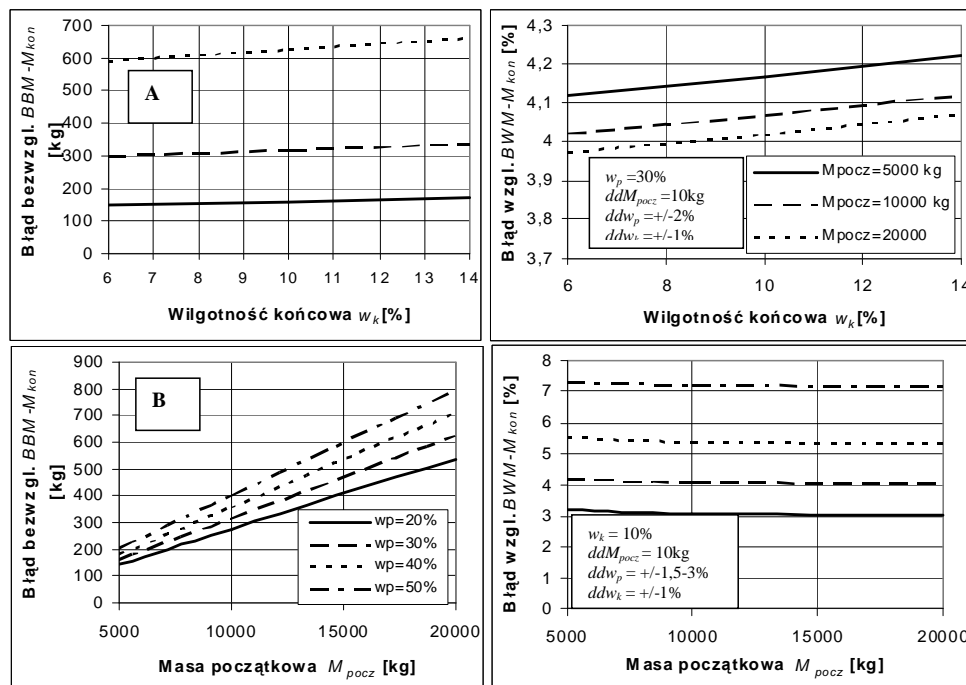
Wpływ dokładności przemysłowej wagi wjazdowej pokazują rysunki 2A i 2B. Jest on wręcz bardzo mały bez względu na wilgotność początkową w_p i masę początkową M_{pocz} , ponieważ dla wartości średnich błędy względne $BWM - M_{kon}$ dla wag o dokładności $ddM_{pocz} = \pm 20$ kg i 2kg wynoszą odpowiednio 4,2 i 4,0%. Im większe jest masa początkowa M_{pocz} i mniejsza wilgotność początkowa w_p , tym wpływ dokładności wagi na błędy względne jest nieznacznie mniejszy (różnica jedynie do 0,1%, co odpowiada ok. 10 kg w błędzie bezwzględnym).



Rys. 2. Wpływ dokładności wagi wjazdowej ddM_{pocz} na błędy określania masy końcowej w zależności od wilgotności początkowej materiału w_p (A) i masy początkowej M_{pocz} (B)

Fig. 2. Influence of accuracy of initial mass weighing ddM_{pocz} on the errors of calculation of end dried mass, in dependence of initial moisture content w_p (A) and initial dried mass M_{pocz} (B)

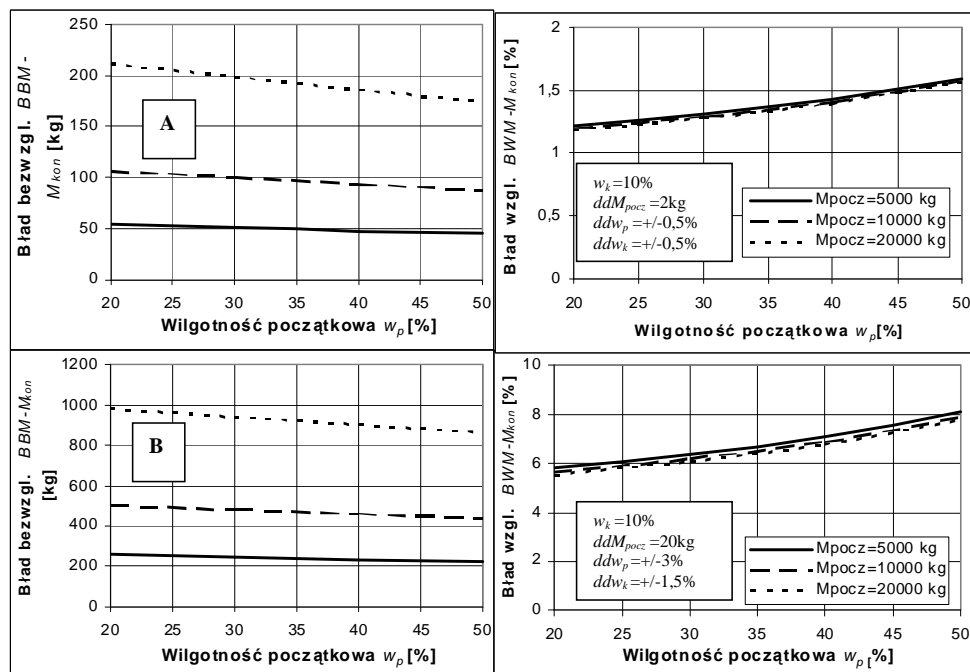
Końcowa wilgotność ziarna w_k ma również pewien, jednak mały wpływ na wartość błędu $BWM - M_{kon}$ (rys. 3A). Błąd względny zmniejsza się o ok. 0,1% prowadząc proces suszenia do 6% zamiast do 14%. Wpływ masy początkowej przed suszeniem M_{pocz} , przedstawia rys. 3B. Zwiększenie masy 4-krotne (5 a 20 ton), zmniejsza błąd względny $BWM - M_{kon}$ jedynie o ok. 0,1%. Odpowiada to błędom bezwzględnym $BBM - M_{kon}$, w zakresie wilgotności początkowej $w_p = 20-50\%$ ok. ± 50 kg dla masy początkowej 5 ton i ok. ± 260 kg dla masy 20 ton.



Rys. 3. Wpływ wielkości wilgotności końcowej w_k (A) i masy początkowej M_{pocz} (B) na błędy określania masy końcowej

Fig. 3. Influence of values of final moisture content w_k (A) and initial dried mass M_{pocz} (B) on the errors of calculation of end dried mass

Jeżeli założyć dokładności wilgotnościomierzy i wagi wysokiej klasy (rys. 4A) i niskiej klasy (rys. 4B) można stwierdzić, że zakład suszarniczy może dokonywać obliczeń masy końcowej z błędem względnym co najmniej $BWM-M_{kon}=\pm 1,2\%$ (dla wilgotności początkowej $w_p=20\%$), a maksymalnie $\pm 7,8\%$ dla $w_p=50\%$. W zakresie założonych wartości wilgotności, dokładności i masy, najmniejsze błędy bezwzględne to ok. ± 50 kg, a największe to ok. ± 1000 kg. Zależność wpływu wilgotności początkowej na błędy względne $BWM-M_{kon}$, jako jedyna jest tutaj krzywoliniowa – opisuje ją krzywa potęgowa o współczynniku determinacji $R^2=0,992$ lub wielomian drugiego stopnia o współczynniku determinacji $R^2=0,999$.



Rys. 4. Zależność błędów obliczania masy końcowej od wilgotności początkowej w_p dla mierników najwyższej (A) i najniższej klasy dokładności (B)

Fig. 4. Influence of initial moisture content w_p , for all the meters of the highest (A) and the the slowest (B) accuracy, on the errors of calculation of end dried mass

Dla dostawcy nie jest obojętnym, z jaką dokładnością określana jest masa końcowa. Konieczność podawania przez zakład suszarniczy nie tylko obliczonej masy końcowej ziarna, ale i analizy błędów jej obliczania, powinna skłaniać do stosowania przyrządów o lepszych parametrach. Przykładowo dla zboża o masie początkowej 20 ton, wilgotności początkowej 25% i wilgotności końcowej 10% (a zatem masie końcowej $M_{kon}=16,67$ ton), odpowiada to błędom obliczania masy końcowej ziarna równym $\pm 1,23\% = 205$ kg dla przyrządów dobrej klasy i $\pm 5,77\% = 961$ kg dla przyrządów gorszej klasy. Innym zagadnieniem jest określanie wilgotności ziarna łącznie z błędami przy użyciu metody suszarkowej.

Wnioski

1. Zaprezentowane zależności (4) i (5) pozwalają zakładom suszarniczym podawać obok masy końcowej po suszeniu (2), wartości błędów obliczania tej masy.

2. Dokładność wilgotnościomierzy najbardziej wpływa na wartości błędów względnych (różnica ok. +/-4%) i zależność ta jest liniowa. Wpływ wilgotności początkowej jest już mniejszy (różnica ok. +/- 0,5-2%), a wpływ masy początkowej, wilgotności końcowej czy dokładności wagi jest natomiast bardzo mały (różnica ok. +/-0,1%).
3. Zakład suszarniczy, posiadając wilgotnościomierze i wagę wjazdową najwyższej klasy, może obecnie dokonywać obliczeń masy końcowej z błędem względnym, co najmniej +/- 1,2% i błędem bezwzględnym np. +/- 50 kg przy masie początkowej 5 ton. Dla najniższej klasy przyrządów są to odpowiednio +/- 7,8% i np. +/- 1000 kg przy masie początkowej 20 ton.

Bibliografia

12 Feuchtigkeitsmessgeraete für Getreide im Vergleich. 2004. Profi Veredlungstechnik, nr 6, 58-61. Deutsche Landwirtschafts-Gesellschaft e.V. (DLG).

Jaros M. 1994. Rachunek błędów w badaniach procesów suszenia. Część II : Analiza błędów w pomiarach kinetyki suszenia. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, z.415, 303-312.

Jaros.M., Kaleta A., Markowski M. 1994. Analiza błędów i opracowania wyników pomiarów zawartości wody w warzywach suszonych konwekcyjnie. VIII Sympozjum Suszarnictwa, Warszawa: 32-40.

Pabis S. 1994. Rachunek błędów w badaniach procesów suszenia Część I: Wybrane zagadnienia rachunku błędów. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych, z.415, 291-302.

PN-90/A-74009 – Ziarno zbóż, nasion roślin strączkowych i rzepaku oraz przetwory zbożowe. Oznaczanie wilgotności za pomocą wilgotnościomierzy elektrycznych.

Zdrojewski Z., Peroń S. 2001. Błędy obliczania wybranych parametrów powietrza jako czynnika suszącego przy wykorzystaniu wilgotnościomierzy z czujnikiem wilgotności względnej. Inżynieria Rolnicza, 12(32), 323-329.

ERRORS IN THE CALCULATION OF DRIED MASS IN THE DRYING PLANTS - USING THE MOISTURE METERS

Summary

Paper presents equations for calculation of absolute and relative errors of calculation of end dried mass in the drying plants, if the technical moisture meters are used. After words the simulations were held. It was stated, that for relative errors, the highest influence had the accuracy of moisture meters (differences +/-4%), the middle influence had the initial moisture content (differences +/-0,5-1%), and the slowest influence had all other parameters (differences +/-0,1%). Using moisture meters and industrial balance with the highest accuracy, the relative errors of calculation of final drying mass are about +/- 1,2%. In contrary, with the slowest accuracy, are about +/-7,8%.

Key words: grain, errors relative, errors absolute, moisture meters, balance, accuracy, initial moisture, initial mass, final mass