

MODEL MATEMATYCZNY SUSZENIA ZIARNA KUKURYDZY  
W CIENKIEJ WARSTWIE

Eugeniusz Kamiński

Instytut Mechanizacji Rolnictwa AR we Wrocławiu

WSTĘP

Przez suszenie w cienkiej warstwie rozumiemy takie suszenie, przy którym każda cząstka posiada identyczne warunki wymiany ciepła i masy, (jednakowa temperatura czynnika i jego wilgotność, dostęp czynnika do całej powierzchni zewnętrznej wymiany ciepła i masy). Praktycznie można uznać, że suszenie odbywa się w cienkiej warstwie, jeżeli ziarno rozłożone jest np. na sicie, przy czym grubość tej warstwy jest równa wysokości cząstek (monowarstwa) i można pominąć wpływ kontaktowej wymiany ciepła między sitem, a ziarnem. Oczywiście w stosowanych technologiach taki sposób nie jest używany ze względów ekonomicznych (z wyjątkiem suszenia drobnych partii materiału w laboratoriach). Jednakże niektóre metody suszenia wykorzystywane w praktyce charakteryzują się procesami wymiany ciepła i masy zbliżonymi do tych jakie mają miejsce podczas suszenia w cienkiej warstwie. Zdaniem niektórych autorów [6, 11, 12] można np. suszenie w warstwach wyższych obliczać w oparciu o znajomość procesów zachodzących w warstwie leżącej na samym sicie, którą z kolei można traktować jako pojedynczą.

Niektórzy autorzy proponują dla ziarna kukurydzy model suszenia w dwóch okresach [2, 3, 14 i inni]. Pierwszy okres charakteryzuje się stałą prędkością suszenia

$$\left(\frac{du}{d\theta}\right)_I = \text{const.}$$

W okresie tym następuje odparowanie cząstek wody z powierzchni elementu oraz z warstw położonych tuż pod tą powierzchnią. Strumień wody  $m$  uzależniony jest od wartości współczynnika przyjmowania wilgoci  $\alpha_m$  i różnicy ciśnień cząstkowych pary wodnej na powierzchni suszonego ciała i w otaczającym powietrzu:

$$m = \alpha_m \cdot \Delta P_w \quad (1)$$

Wielkość  $\alpha_m$  można wyznaczyć posługując się kryterialnymi liczbami podobieństwa. Zacytować tu można przykładowo równanie Smolskiego i innych [15]:

$$Nu_m = A \cdot Re^B \cdot K^C \cdot \frac{p}{p_s} \quad (2)$$

gdzie:

$$Nu_m - \text{masowa liczba Nusselta } Nu_m = \frac{\alpha_m \cdot d}{\lambda_m},$$

$$Re - \text{liczba Reynoldsa } Re = \frac{g \cdot d}{\nu},$$

$$K = \frac{r}{c} (T_g - T_p)$$

$\frac{p}{p_s}$  - stosunek ciśnienia całkowitego czynnika do ciśnienia nasycenia dla temperatury powierzchni cząstki,

$r$  - ciepło parowania cieczy,

$c$  - ciepło właściwe cieczy,

$T_g, T_p$  - temperatura gazu i powierzchni,

$A, B, C$  - współczynniki stałe.

Drugi okres suszenia zaczyna się wówczas, gdy o tym procesie decydować zaczyna wewnętrzna dyfuzja masy. Wewnętrzny strumień masy można opisać równaniem:

$$m = a_m \varrho_s (\nabla u + \delta \nabla t) \quad (3)$$

a prędkość suszenia w II okresie:

$$\frac{\partial u}{\partial \theta} = a_m (\nabla^2 u + \delta \nabla^2 t) \quad (4)$$

Ponieważ liczba Łykowa dla ziarna kukurydzy ma wartość bardzo małą, więc proces suszenia jest długotrwały w stosunku do procesu nagrzewania. Można więc dla obliczeń praktycznych przyjąć, że odbywa się on w bezgradientnym polu temperatur w obrębie pojedynczego ziarna. Stąd:

$$\frac{\partial u}{\partial \theta} = a_m \nabla^2 u \quad (5)$$

Rozwiązanie równania różniczkowego 5 możliwe jest przy przyjęciu odpowiednich warunków granicznych. Łykw [7] rozpatruje cztery rodzaje tych warunków, z których dla modelowania procesu suszenia produktów rolniczych wydają się być wystarczające warunki graniczne pierwszego rodzaju.

Zakładają one, że:

1. Rozkład wody na początku suszenia jest równomierny

$$u(r, \theta) = \text{const} \quad \text{dla } \theta = 0 \quad 0 < r < R$$

2. Zawartość wody na powierzchni ciała staje się prawie natychmiast po rozpoczęciu suszenia równa 0 lub  $u_r$ .

$$u(\theta, R) - u_r = 0 \quad \text{dla } \theta > 0$$

Warunek ten jest spełniony wówczas gdy:

$$Bi_m = \frac{\alpha_m \cdot l}{\lambda_m} \rightarrow \infty$$

co można przyjąć dla ziarna kukurydzy ze względu na dużą wartość  $\alpha_m$  w stosunku do  $\lambda_m$ .

3. Warunki suszenia, właściwości materiału oraz jego kształt nie ulegają zmianie podczas trwania suszenia. Przy relatywnie niskich temperaturach nagrzania ziarna kukurydzy oraz w ograniczonym zakresie wilgotności można uznać ten warunek za spełniony.

Dla takich warunków można znaleźć w literaturze [7, 8, 9] rozwiązania równania różniczkowego 5 dla różnych kształtów.

Dla kuli ma ono postać:

$$U_{red} = \frac{u(\theta) - u_r}{u_0 - u_r} = \frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp(-n^2 \pi^2 Fo_m) \quad (6)$$

gdzie:

$$Fo_m - \text{masowa liczba Fouriera } Fo_m = \frac{a_m \cdot \theta}{R^2}.$$

Ponieważ szereg w równaniu 6 jest szeregiem szybkozbieżnym Pabis [13] uważa, że można go z dostateczną dla celów praktycznych dokładnością zastąpić pierwszym jego wyrazem. Wówczas równanie to przyjmuje postać:

$$U_{red} = \frac{6}{\pi^2} \exp\left(-\pi^2 \frac{a_m \cdot \theta}{R^2}\right). \quad (7)$$

Przyjmując opisane warunki brzegowe, zakładając niezmienność współczynnika  $a_m$  oraz wymiaru  $R$  i określając:

$$\psi = \frac{6}{\pi^2}$$

$$K = \frac{\pi^2 a_m}{R^2}$$

można napisać:

$$U_{red} = \psi \exp(-K \cdot \theta). \quad (8)$$

Stała  $K$  nazywana jest w literaturze współczynnikiem suszarniczym i zależy od właściwości dyfuzyjnych, kształtu i wymiarów cząstek. Według Mühlbauera [10] punkt krytyczny, rozdzielający I i II okres suszenia  $u_K$  zależy od zawartości początkowej wody  $u_1$  i temperatury powietrza suszącego zgodnie z równaniem

$$u_K = c \cdot u_1.$$

Wielkość  $c$  jest współczynnikiem stałym. Dla temperatur suszenia mniejszych od  $120^\circ\text{C}$  wynosi on 0,82 dla wyższych zaś odpowiednio:

Temperatura w $^\circ\text{C}$	$c$
140	0,78
160	0,61
180	0,43
200	0,04

Prędkość suszenia w pierwszym okresie zależy od prędkości przepływu powietrza  $v_p$ , jego temperatury  $t_p$  oraz początkowej zawartości wody  $u_1$  wg wzoru:

$$\left(\frac{du}{d\theta}\right)_I = u_1 \cdot v_p^{0,5} (c_1 t_p + c_2)$$

gdzie:

$$c_1 = 0,0069,$$

$$c_2 = 0,0404.$$

Ziarno kukurydzy nie ma wprawdzie kształtu kulistego, jednakże z prac Hastrulida i Flike'a [5] wynika, że można do opisu jego suszenia stosować równanie (7). Badacze ci przeprowadzili doświadczenie, w którym na podstawie znajomości współczynnika dyfuzji wody  $a_m$  (wyznaczonego laboratoryjnie) i średnicy zastępczej ziarna obliczyli współczynnik suszarniczy  $K$  i w oparciu o równanie 7 wykreślili krzywą suszenia. Stwierdzili oni dużą zgodność krzywej teoretycznej i doświadczalnej.

Współczynnik suszarniczy  $K$  można określić laboratoryjnie lub obliczyć na podstawie krzywych suszenia.

W pierwszym przypadku stosujemy równanie:

$$K = \frac{\Pi^2 \cdot a_m}{R^2} \quad (9)$$

przy czym współczynnik dyfuzji masy  $a_m$  należy wyznaczyć laboratoryjnie, co jest trudne technicznie [4].

W drugim przypadku kreślimy krzywą suszenia w układzie  $\ln U_{red} = f(\theta)$  na podstawie pomiarów laboratoryjnych wysychania próbki. Na krzywej tej (w układzie półlogarytmicznym jest ona prostą) zaznaczamy dwa punkty  $p_1$  i  $p_2$ . Współczynnik  $K$  obliczamy z wzoru:

$$K = \frac{\ln \frac{U_{red1}}{U_{red2}}}{\theta_2 - \theta_1} \quad (10)$$

gdzie:

$U_{red1}$ ,  $U_{red2}$  - zredukowane zawartości wody w dowolnie wybranych punktach  $p_1$  i  $p_2$ ,

$\theta_1$ ,  $\theta_2$  - czasy suszenia odpowiadające punktom  $p_1$  i  $p_2$ .

### CEL I METODYKA BADAŃ

W Instytucie Mechanizacji Rolnictwa przeprowadzono badania laboratoryjne suszenia próbek ziarna kukurydzy, których celem było:

- wyznaczenie krzywych suszenia tych próbek i na ich podstawie znalezienie współczynnika suszarniczego  $K$ ,
- określenie zależności tego współczynnika od temperatury czynnika suszącego.

Próbkę suszono w warunkach konwekcji naturalnej (w suszarce laboratoryjnej typu „Radiex” produkcji francuskiej). Suszarka nastawiona była na temperaturę  $43^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$  (zakres czułości termoregulatora). Do badań użyto ziarna odmiany LG-11.

### WYNIKI BADAŃ

Na rysunku 1 przedstawiono dwie krzywe suszenia (dwa powtórzenia) w układzie:

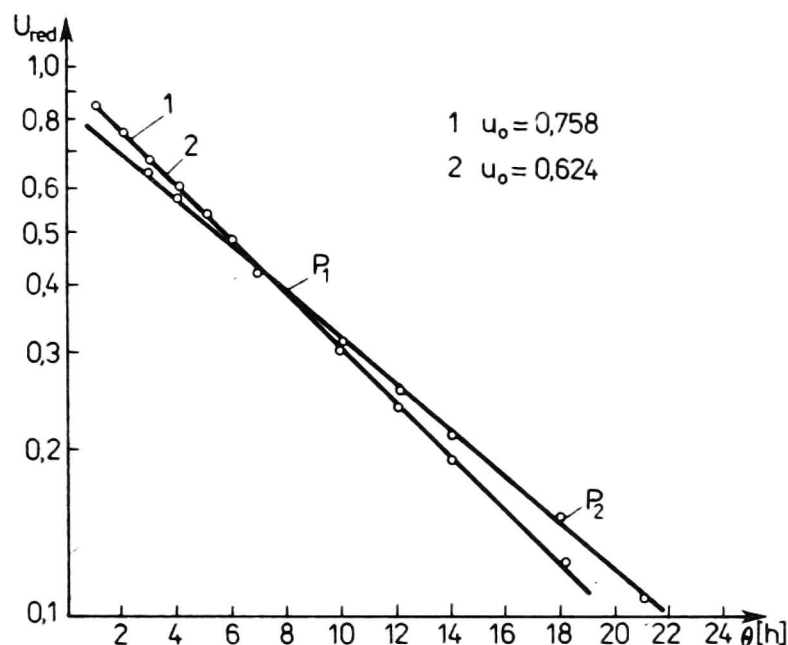
$$U_{red} = \frac{u(\theta) - u_r}{u_0 - u_r} = f(\theta)$$

Na prostej 1 wybrano dowolnie dwa punkty  $p_1$  i  $p_2$ , dla których wartości  $U_{red}$  i  $\theta$  przedstawiają się następująco:

$$\text{dla } p_1 \quad U_{red1} = 0,4 \quad \theta_1 = 8 \text{ h}$$

$$\text{dla } p_2 \quad U_{red2} = 0,15 \quad \theta_2 = 18 \text{ h}$$

Współczynnik suszarniczy  $K$  obliczono z wzoru (10)



Rys. 1. Krzywe suszenia ziarna odmiany LG-11 w temperaturze 316 K (43 °C) w układzie półlogarytmicznym

$$K = \frac{\ln \frac{0,4}{0,15}}{18 - 8} = 0,093 \text{ h}^{-1}.$$

Podobne obliczenia dla prostej 2 dają wartość współczynnika  $K = 0,11 \text{ h}^{-1}$ . Dla ziarna użytego do prób zmierzono i obliczono następujące wielkości:

Masa tysiąca ziarn

$$M_{1000} = 0,368 \text{ kg}$$

Gęstość

$$\rho = 1198 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$$

Promień zastępczy  $R_z = \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{6 \cdot M_{1000}}{1000 \cdot \rho}} = \frac{1}{2} \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 0,368}{1000 \cdot 1198}} = 0,0042 \text{ m}$

Współczynnik dyfuzji wody wg [13]

$$a_m = 4,89 \cdot 10^{-4} \exp(0,0355 t) \quad (11)$$

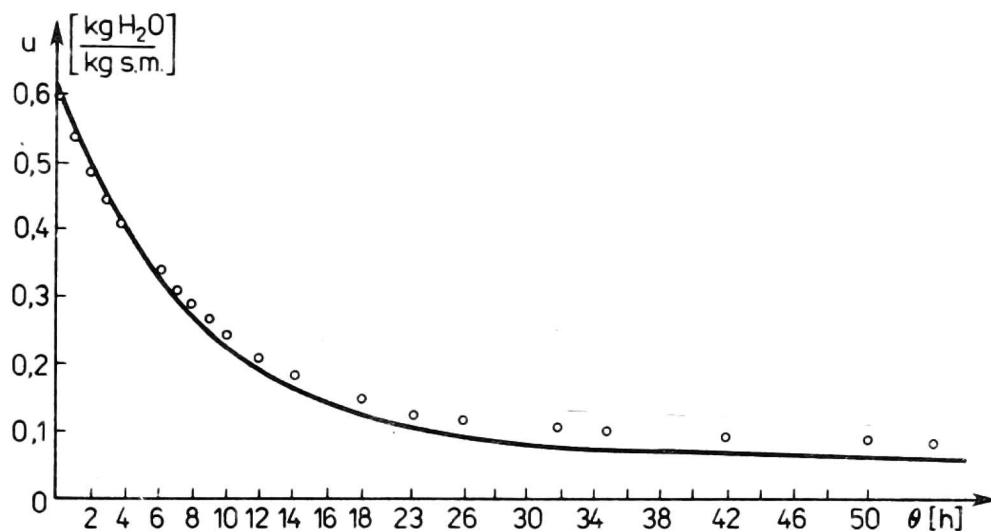
$$a_m = 4,89 \cdot 10^{-4} \exp(0,0355 \cdot 43) = 2,25 \cdot 10^{-7} \frac{\text{m}^2}{\text{h}}$$

Współczynnik  $K$  wyznaczono z równania (10)

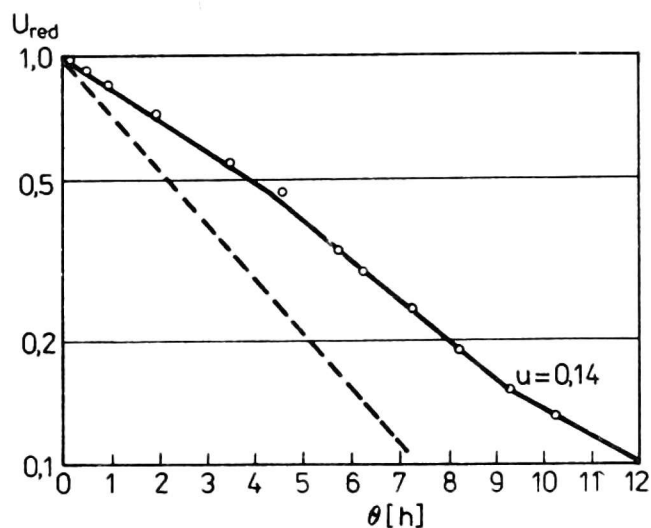
$$K = \frac{2,25 \cdot 10^{-7} \cdot \Pi^2}{0,0042^2} = 0,126 \cdot \text{h}^{-1}$$

Na rysunku 2 pokazano linią ciągłą krzywą suszenia, wykreśloną na podstawie obliczonego współczynnika  $K = 0,126 \text{ h}^{-1}$  i równania 8, natomiast punktami oznaczono rzeczywiste wyniki pomiarów. Jak widać, do zawartości wody  $u = 0,3$ , punkty pokrywają się dość dokładnie z krzywą, poniżej tej wartości istnieje różnica rzędu

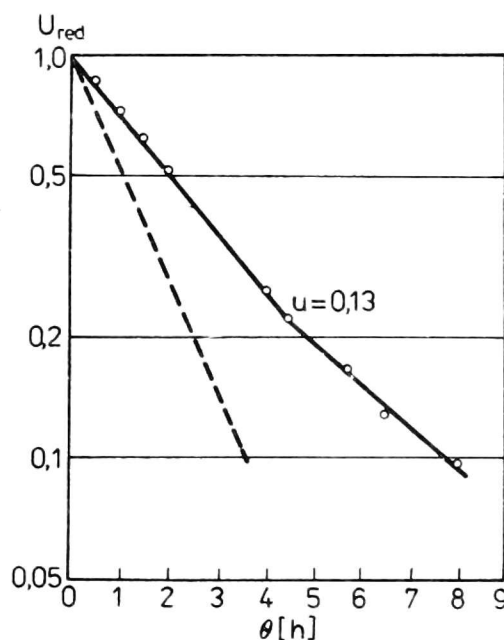




Rys. 2. Porównanie teoretycznej krzywej suszenia z punktami doświadczalnymi



Rys. 3. Krzywa suszenia ziarna odmiany Kb-270 w temperaturze 343 K



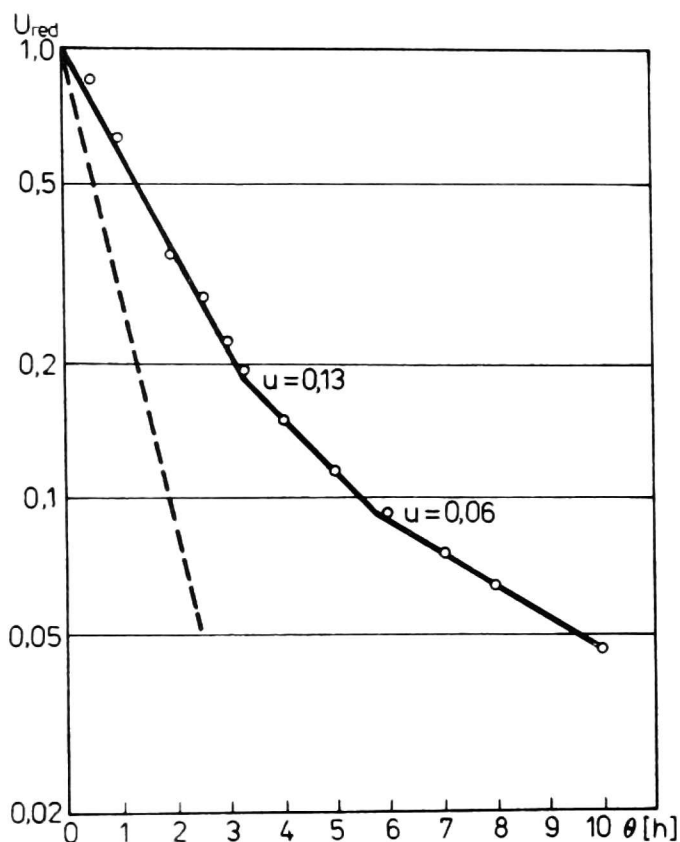
Rys. 4. Krzywa suszenia ziarna odmiany Kb-280 w temperaturze 363 K

$0,025 \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg s.m.}}$ . Wynika to prawdopodobnie stąd, że wzór (11) dotyczy innej odmiany. Należy również wziąć pod uwagę, że współczynnik  $a_m$  zmienia się wraz z zawartością wody.

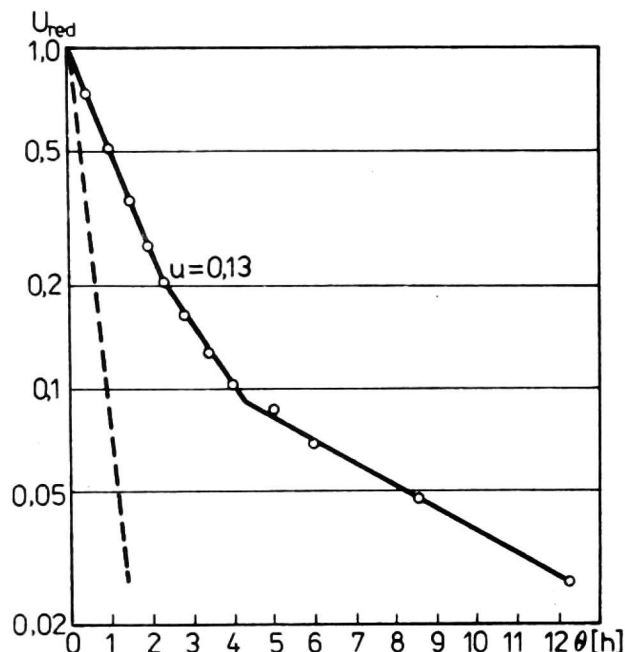
Reasumując, przeprowadzony eksperyment wykazał dużą zbieżność między obliczonym i wyznaczonym doświadczalnie współczynnikiem suszarniczym. Zdaniem niektórych badaczy [10] różnica między obliczoną a rzeczywistą krzywą suszenia o temperaturach wyższych niż  $80^\circ\text{C}$  jest bardziej znaczna.

Dla sprawdzenia prawidłowości tych poglądów autor wykreślił krzywe suszenia na podstawie pomiarów wysychania próbki w warun-

kach konwekcji naturalnej (w suszarce laboratoryjnej). Badania przeprowadzone były w temperaturach 70, 90, 110 i 130 °C na ziarnie kukurydzy odmiany Kb-280 o gęstości 1136 kg/m<sup>3</sup>, masie tysiąca ziarn 396,2 g i pro-



Rys. 5. Krzywa suszenia ziarna odmiany Kb-280 w temperaturze 383 K



Rys. 6. Krzywa suszenia ziarna odmiany Kb-280 w temperaturze 403 K

mieniu zastępczym 0,0044 m. Wyniki pomiarów pokazano na rysunkach 3, 4, 5 oraz 6. Na rysunkach tych linią przerywaną zaznaczono teoretyczny przebieg zmian zredukowanej zawartości wody w czasie, obliczonych przy zastosowaniu wzorów (11) oraz (9) i założeniu niezmienności współczynnika  $a_m$ .

Analiza wyników wskazuje, że im wyższa temperatura, tym bardziej rzeczywisty proces suszenia odbiega od obliczonego przy wyżej omówionych założeniach.

Na rysunku 7 przedstawiono wykresy trzech powtórzeń suszenia ziarna odmiany Kb-280 w temperaturze 130 °C. Wykresy przedstawiono w układzie półlogarytmicznym. Analizując rysunek można wyróżnić trzy wyraźne okresy suszenia, z których każdy określony jest równaniem:

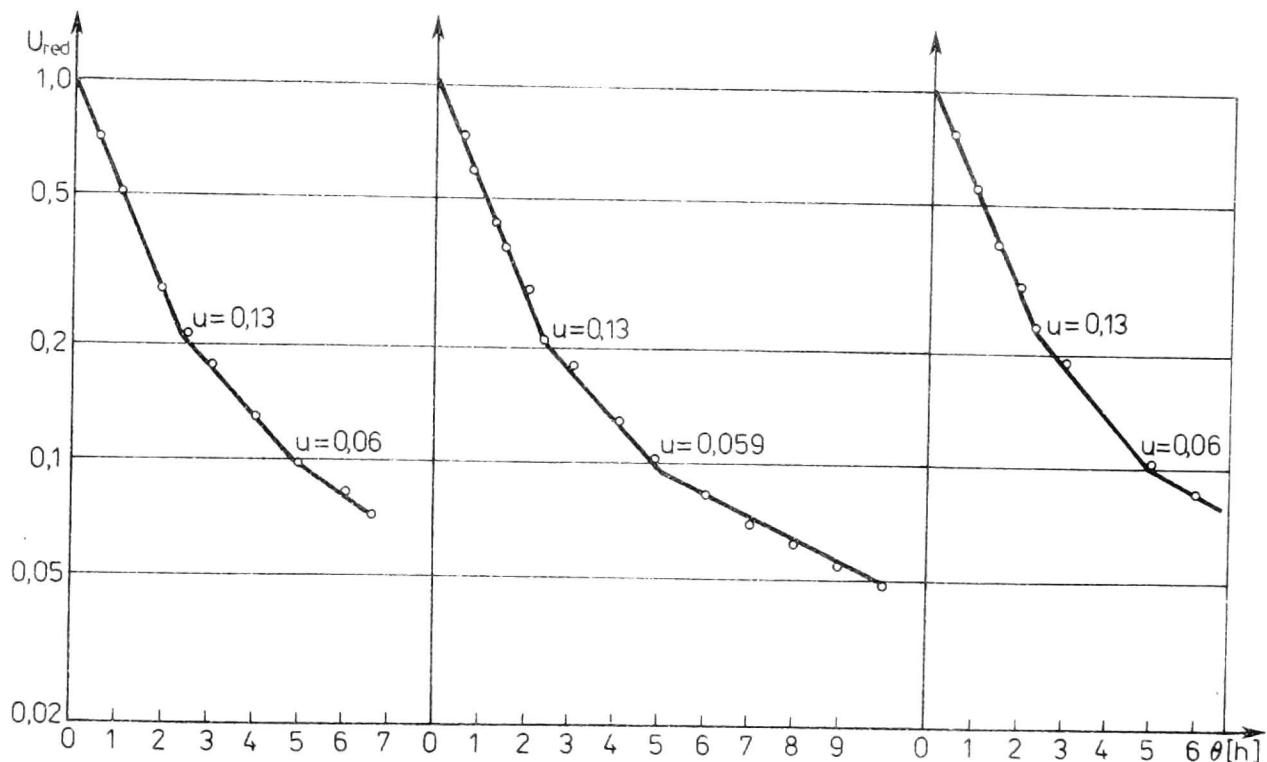
$$U_{red} = \psi_i \cdot e^{-K_i \cdot \theta} \quad (11)$$

przy czym  $i = 1, 2, 3$  odpowiada 1, 2 i 3-ciemu okresowi suszenia. Stosując metodę regresji liniowej za pomocą najmniejszych kwadratów wyznaczono wartości  $\psi_i$  i  $K_i$  zebrane w tabeli.



Wartości współczynników  $\psi_i$  i  $K_i$  w równaniu 11 dla trzech okresów suszenia

Okres suszenia	$\psi_i$	$K_i$
I	1,0056	0,635
II	0,448	0,300
III	0,181	0,132



Rys. 7. Krzywe suszenia (3 powtórzenia) ziarna odmiany Kb-280 w temperaturze 403 K

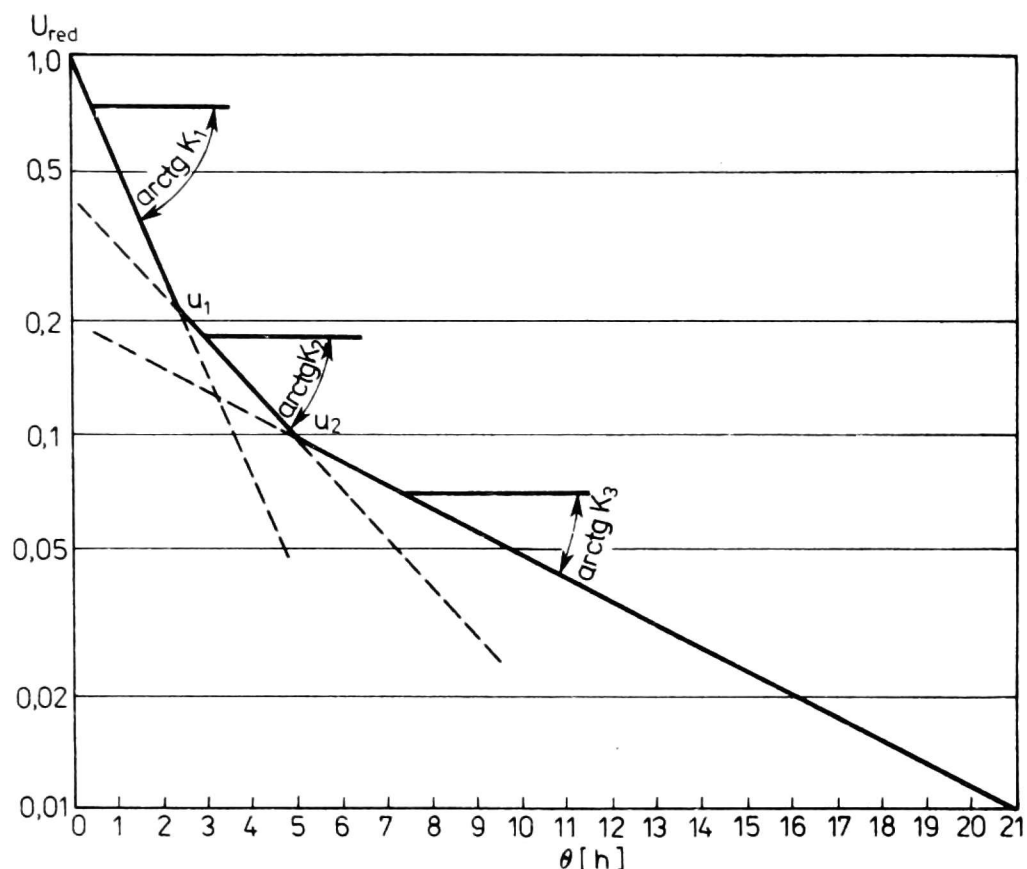
Z rysunków widać jednocześnie, że pierwszy okres kończy się wówczas, gdy zawartość wody uzyskuje wartość  $u_1 = 0,130$ , drugi zaś przy  $u_2 = 0,06$ . Na tej podstawie można skonstruować wykreslenie dowolną krzywą suszenia w sposób następujący:

$$U_{red} = \frac{u(\theta)}{u_0} \quad \text{dla } t > 100 \text{ } ^\circ\text{C}$$

stąd

$$u(\theta) = U_{red} \cdot u_0.$$

Na papierze z podziałką półlogarytmiczną wykreślamy z punktu o współrzędnych (0, 1) prostą pod kątem równym  $\text{arc tg } K_1$  (rys.8).



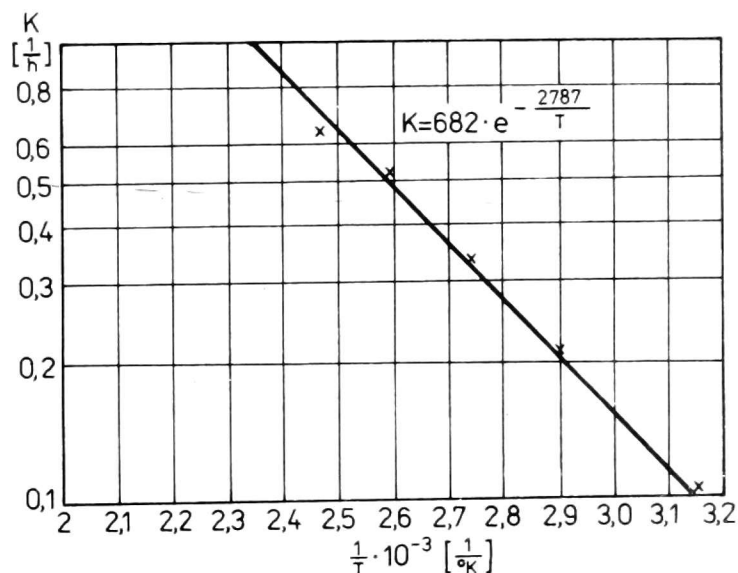
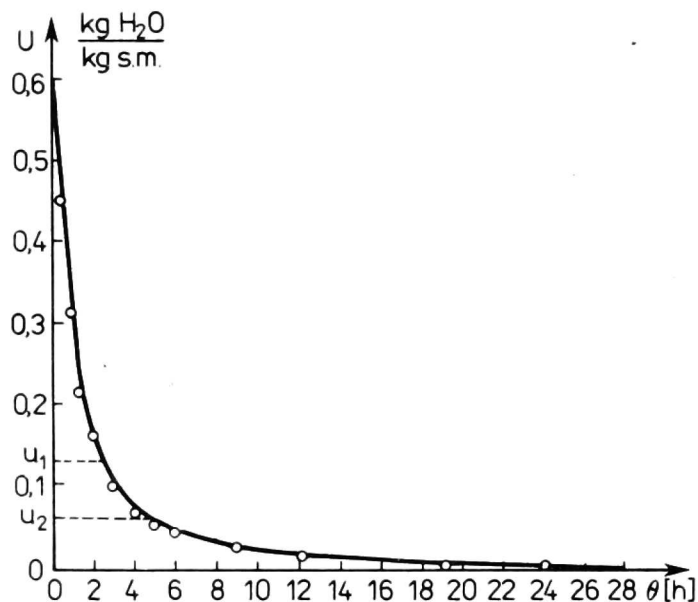
Rys. 8. Sposób konstruowania krzywych suszenia

Na prostej wybieramy kilka punktów, które przenosimy następnie na zwyczajną podziałkę milimetrową (rys. 9), przy czym rzędna każdego punktu mnożymy przez wartość  $u_0$ . Krzywą ucinamy w miejscu, w którym zawartość wody uzyskuje wartość  $u_1 = 0,13$  i punkt ten przenosimy z powrotem na podziałkę półlogarytmiczną. Z punktu  $u_1$  na tej podziałce kreślimy następnie prostą pod kątem  $\text{arc tg } K_2$ , przy czym w identyczny sposób przenosimy punkty na podziałkę milimetrową, aż do uzyskania wartości  $u_2 = 0,06$ . Postępując podobnie wykreślamy trzeci okres suszenia pod kątem  $\text{arc tg } K_3$ .

Na rysunku 9 pokazano linią ciągłą krzywą suszenia wykreśloną za pomocą wyżej omówionej metody, zaś punktami zaznaczono rzeczywiste wyniki pomiarów. Jak widać punkty pomiarowe pokrywają się z krzywą dość dokładnie.

Powyższe przykłady obliczeń mogą być praktycznie wykorzystane dla określenia niezbędnego czasu ekspozycji próbek suszonych w suszarkach laboratoryjnych w celu wyznaczenia suchej masy (wilgotności) metodą suszarkową. Nasze normy zakładają suszenie dwuetapowe, tzn. podsuszenie do wilgotności ok. 20%, następnie mienie i dosuszanie w temperaturze  $105^{\circ}\text{C}$  do suchej masy. Natomiast we Francji wyznacza się suchą masę próbek wkładając je bez rozdrabniania do suszarki nastawionej na temperaturę  $130^{\circ}\text{C}$  na 38 godzin. Według źródeł francuskich [1] metoda ta daje dokładność

w określeniu wilgotności  $\pm 0,4\%$ . Rysunek 9 wskazuje, że 38-godzinny okres suszenia w temperaturze  $130^{\circ}\text{C}$  daje dużą rezerwę na ewentualną wysoką wilgotność początkową ziarna.



Rys. 9. Porównanie skonstruowanej krzywej suszenia z punktami doświadczalnymi

Rys. 10. Zależność współczynnika K od temperatury

Podczas suszenia w warunkach konwekcji naturalnej współczynnik suszarniczy zależy od temperatury i zawartości wody. Jak wykazały wyżej opisane badania w zakresie zawartości wody wyższej niż  $0,13$  można go traktować jako stały dla stałej temperatury. Jest to przedział interesujący z punktu widzenia praktycznego, gdyż suszenie ziarna odbywa się na ogół do wilgotności  $12\%$  ( $u = 0,136$ ).

Na rysunku 10 pokazano zależność współczynnika K w pierwszym okresie suszenia, tj. do zawartości wody  $u = 0,13$  od temperatury. Zależność tę można ująć wzorem:

$$K = 682 \cdot e^{-\frac{2787}{T}} \quad (12)$$

gdzie:

T - temperatura w skali bezwzględnej.

Współczynniki stałe w równaniu (12) są bardzo zbliżone do uzyskanych przez Hendersona i Pabisa [6].

#### WNIOSKI

Przeprowadzone badania suszenia ziarna kukurydzy w cienkiej warstwie wykazały istnienie 3 charakterystycznych odcinków suszenia opisanych ogólnym równaniem

$$U_{\text{red}} = \psi_i \cdot e^{-K_i \theta}$$

Wartości  $\psi_i$  i  $K_i$  są różne dla każdego z tych odcinków. Dla zawartości wody większej od 0,13 współczynnik suszarniczy  $K$  można obliczyć z zależności

$$K = 682 \cdot e^{-\frac{2787}{T}}$$

#### LITERATURA

1. A.F.N.O.R. - Mais: Evaluation de la teneur en eau. Norme experimentale NF-V-03-708, Paryż, 1973.
2. Allen J. R.: Application of grain drying theory to the drying of maize and rice, Journal of Agricultural Engineering Research. Vol. 5, Nr 5, str. 363-385, 1960.
3. Chittenden D. H., Hastrulid A.: Determining drying constants for shelled corn. Trans. A.S.A.E., Nr 9, r. 1, s. 52-55, 1960.
4. Ginzburg A. S. i inni: Właga w ziarnie. Izdatelstwo Kołos, Moskwa 1969.
5. Hastrulid A., Flike A.: Theoretical drying curve for shelled corn. Trans A.S.A.E., Nr 2, s. 112-114, 1959.
6. Henderson S. M., Pabis S.: J. Agr. Ing. Research, t. 6, s.169-174, 1961.
7. Łykow A. W.: Teoria ciepłoprowodności. Gosudarstwiennoje Izdatelstwo Techniko Teorieticzeskoj Literatury, Moskwa, 1952.
8. Łykow A. W., Michajłow J. A.: Teoria pierienosa energii i wieszczestwa. Izdat. Akad. Nauk B.S.S.R. - Mińsk, 1959.
9. Michejew M.: Zasady wymiany ciepła. PWN Warszawa 1953.
10. Mühlbauer W.: Untersuchungen uber die Trocknung von Kornermais unter besonderer Berücksichtigung des Gleichstromtrocknungsverfahrens. A.K.U. - Druck Bamberg Hoheuheim, 1974.
11. Pabis S.: Der Einfluss der Trocknungsgasmenge bei der Trocknung von Maiskolben. Archiv fur Land - technik, 3 Band, Heft I, s. 62-69, 1962.
12. Pabis.: Wykreślno-analityczna metoda obliczania procesu suszenia kaczanów kukurydzy w grubych warstwach. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. Zesz. 26, PWRiL, Warszawa, 1961 s. 8-23.
13. Pabis S.: Suszenie płodów rolnych. PWRiL, Warszawa 1968.
14. Pabis S.: Obliczanie procesu konwekcyjnego suszenia ziarna w cienkiej warstwie w drugim okresie suszenia. B.I. - I.M.E.R. Nr 9, s. 7-19, 1966.
15. Smolskij B.M., i inni: Konwektywnyj tepło i massoobmien w procesach isparenia iz poristych teł. Tepło i massoobmien pri fazowych i chemiczeskich prewraszczeniach, Izdat. Akad. Nauk B.S.S.R. - Mińsk, 1968.

Эугениуш Каминьски

## МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СУШКИ ЗЕРНА КУКУРУЗЫ В ТОНКОМ СЛОЕ

## Р е з ю м е

В реферате представлены результаты испытаний по сушке зерна кукурузы в тонком слое. На основании в опыте проверенных кривых сушки, разработанных для температур 70, 90, 110 и 130<sup>0</sup>Ц, и при натуральной конвекции было найдено присутствие трёх периодов сушки, которые были описаны эмпирическими уравнениями.

Испытания дали информации относительно возможности определения сухой массы в лабораторных сушилках без измельчения зерна, как это принято, например, во французских стандартах. Было найдено, что 39-часовое время экспозиции зерна в температуре 130<sup>0</sup>Ц даёт вероятные результаты, относящиеся к сухой массе.

Eugeniusz Kamiński

## MATHEMATICAL MODEL OF MAIZE GRAIN DRYING IN THIN LAYER

## S u m m a r y

Results of investigation on maize grain drying in thin layer are presented in the paper. On the basis of drying curves, determined experimentally for temperatures of 70, 90, 110 and 130 deg.C at natural convection, the three drying periods were found and described by empirical equations.

An information was obtained on the possibility of dry matter determination in laboratory driers without previous grinding of grain, as it was accepted e.g. by French standards. It was stated that 38 hours of grain exposure to the temperature of 130 deg.C gives reliable results for dry matter determination.