

NIEKTÓRE PRAWIDŁOWOŚCI WYMIANY CIEPŁA I MASY W PROCESIE SUSZENIA

A. W. ŁYKOW, P. S. KUC — ZSRR

Kinetykę procesu suszenia materiałów wilgotnych opisuje się poprzez zmianę średnio całych wielkości zawartości wody \bar{u} i temperatury \bar{t} materiału z biegiem czasu τ .

Zmiany tych wielkości zależą od wzajemnego oddziaływania mechanizmu przenoszenia wody i ciepła wewnątrz wilgotnego materiału i od wymiany ciepła i masy powierzchni ciała z otoczeniem.

Wartości tych wielkości można otrzymać drogą rozwiązania równań różniczkowych wymiany ciepła i masy w ciałach koloidalnych kapilarno-porowatych. Jednak liczbowe rozwiązanie jest możliwe tylko przy znanych współczynnikach przenoszenia ciepła i masy substancji. Same współczynniki przenoszenia ciepła i masy substancji zależą od zawartości wody i temperatury i dlatego rozwiązanie systemu nieliniowych równań różniczkowych sprawia trudności. Wymaga to poszukiwania uproszczonych metod obliczania kinetyki procesu suszenia wilgotnych materiałów.

Ponieważ w okresie obniżającej się prędkości intensywność suszenia j i wymiany ciepła q_n stale się zmniejsza, z biegiem czasu na skutek zmiany współczynników wymiany ciepła i masy, określenie intensywności wymiany ciepła według wzorów Newtona i Daltona nie jest możliwe.

Intensywność wymiany wody w pierwszym przybliżeniu, w okresie spadającej prędkości suszenia, można określić według wzoru, zaproponowanego przez jednego z autorów [1]:

$$j = \left(\frac{d\bar{u}}{d\tau} \right) R_v \varrho_0 = \varrho_0 R_v K(u - u_p) = \varrho_0 R_v \frac{\varkappa N}{100} (u - u_p), \quad (1)$$

gdzie:

K — współczynnik suszenia,

N — prędkość suszenia w okresie stałej prędkości,

R_v — stosunek objętości ciała do jego powierzchni,

ϱ_0 — gęstość suchego ciała,

\varkappa — względny współczynnik suszenia.

\varkappa może być obliczone w pierwszym przybliżeniu, według stosunku $\varkappa = 1,81 u_0$, gdzie u_0 — początkowa średnia zawartość wody.

Dla bardziej dokładnego określenia intensywności wymiany wody, w drugim okresie Krasnikow [2] zaproponował, aby krzywą okresu spadającej prędkości podzielić na dwie strefy. W każdej z nich prędkość suszenia zmniejsza się ze zmniejszeniem zawartości wody liniowo. Przy tej metodzie trzeba znać κ_1 i κ_2 .

Wykorzystując te zależności można wystarczająco dokładnie obliczyć intensywność wymiany wody w procesie suszenia różnych materiałów.

Na podstawie prawa zachowania energii można określić związek między intensywnością wymiany ciepła i masy w procesie suszenia i w ten sposób obliczenie wymiany ciepła sprowadzić do obliczenia wymiany masy i odwrotnie. Zależność ta ma następującą postać:

$$q(\tau) = j(\tau) \left(r + c \frac{d\bar{t}}{d\bar{u}} \right) = \varrho_0 R_v r \left(\frac{d\bar{u}}{d\tau} \right) \left[1 + \frac{c}{r} \frac{d\bar{t}}{d\bar{u}} \right]. \quad (2)$$

gdzie:

r — jednostkowe ciepło parowania,

c — podana jednostkowa pojemność ciepła wilgotnego ciała $c = c_0 \pm c_z u$.

Stosunek $\frac{d\bar{t}}{d\bar{u}}$ charakteryzuje podniesienie średniej temperatury ciała przy zmianie zawartości wody na jednostkę w procesie suszenia. Określmy $\frac{d\bar{t}}{d\bar{u}}$ jako b i nazwiemy tę wielkość współczynnikiem temperatury suszenia. Uogólniona zmienna wielkość $Rb = \frac{bc}{r}$ zwana liczbą Rebindera jest liczbą bezwymiarową i służy za podstawową charakterystykę kinetyki procesu, liczbowo równą stosunkowi ilości ciepła potrzebnego dla wyparowania wody w ciągu nieskończonego małego czasu. $Rb = \frac{bc}{r}$ zależy od współczynnika temperatury suszenia b , jednostkowej pojemności ciepła ciała c i jednostkowego ciepła wyparowywania wody r , natomiast wielkość c i r — od formy związku wody z materiałem; ciepło parowania zawiera nie tylko ciepło parowania płynu r_z , lecz i ciepło zwilżania r_c ($r = r_z + r_c$). Zatem równanie (2) można napisać następująco:

$$q_n(\tau) = \varrho_0 R_v r \frac{d\bar{u}}{d\tau} (1 + Rb). \quad (3)$$

Równanie (3) w formie kryterialnej można napisać:

$$Ki_q(\tau) = Ki_m(\tau) Lu \cdot Ko (1 + Rb), \quad (4)$$

gdzie $Ki_q(\tau)$, $Ki_m(\tau)$ — odpowiednie kryteria Kirpiczewa wymiany ciepła i masy są równe

$$Ki_q(\tau) = \frac{q(\tau) R_v}{\lambda T_c}; \quad Ki_m(\tau) = \frac{j_n(\tau) R_v}{a_m \varrho_0 \bar{u}_0}. \quad (5)$$

Kryterium Lu równa się stosunkowi współczynnika dyfuzji wody a_m do współczynnika dyfuzji i ciepła a ($Lu = \frac{a_m}{a}$). Kryterium Kossowicza $Ko = \frac{ru_0}{cT_c}$ różni się od liczby Rebindera tym, że Rb charakteryzuje stosunek lokalnych wartości ciepła, potrzebnego na nagrzanie i parowanie wody, natomiast Ko równa się stosunkowi ciepła, potrzebnego dla parowania całej wody, do ciepła nagrzewania od 0 do T_c .

Między kryterium Kossowicza a liczbą Rebindera jest wzajemny związek, a mianowicie:

$$Ko = \frac{B}{Rb}, \quad (6)$$

gdzie B — bezwymiarowy współczynnik temperatury suszenia.

Dla obliczenia intensywności wymiany ciepła trzeba znać zależność między liczbą Rb i zawartością wody w ciele $Rb = f(\bar{u})$. Liczba Rebindera może być obliczona według wielkości pojemności ciepła wilgotnego ciała $Rb = \left(\frac{cb}{r}\right)$ i według wielkości pojemności ciepła suchego ciała Rb_0 ($Rb_0 = \frac{c_0 b}{r}$).

Między tymi wielkościami liczby Rebindera istnieje bezpośredni związek

$$Rb = Rb_0 \left(1 + \frac{c_z}{c_0} u\right). \quad (7)$$

Ze stosunku

$$Rb = \frac{bc}{r} = \frac{c}{r} \left(\frac{d\bar{t}}{d\bar{u}}\right) \quad (8)$$

wynika, że liczba Rb w okresie stałej prędkości suszenia równa się zero, wtedy z (2) mamy:

$$q_n = r\varrho_0 R_v \frac{N}{100} = \text{const.} \quad (9)$$

Współzależność między prądami ciepła w obu okresach suszenia można zapisać w sposób następujący:

$$q_n^*(\tau) = \frac{q_n(\tau)}{q_n(0)} = \left(\frac{d\bar{u}}{d\tau}\right)^* (1 + Rb), \quad (10)$$

gdzie $\left(\frac{d\bar{u}}{d\tau}\right)^* = \frac{100}{N} \left(\frac{d\bar{u}}{d\tau}\right)$ — względna prędkość suszenia.

Równanie (10) określa związek między wymianą ciepła q a wymianą wody $\left(\frac{d\bar{u}}{d\tau}\right)$ za pomocą kryterium Rb i jest podstawowym równaniem kinetyki procesu suszenia.

Zastosowanie liczby Rb dla obliczenia kinetyki procesu suszenia jest bardzo wygodne i znacznie upraszcza obliczenia, gdyż jak wykazały wielokrotne doświadczenia [1] w większości przypadków nie zależy od parametrów procesu suszenia. Tak więc, przy suszeniu płyty ceramicznej o wymiarach $30 \times 40 \times 6,5$ mm i wojłoku, zmiana względnej wilgotności nośnika ciepła w granicach $\varphi = 20-85\%$ oraz zmiana temperatury środowiska w granicach $T_c = 343-393^\circ\text{K}$ nie wpływa na liczbę Rb . Istotnym jest również i to, że prędkość ruchu nośnika ciepła zmieniająca się w eksperymentach w granicach $v = 0-25$ m/s przy konwekcyjnym suszeniu sukna, płyty ceramicznej, płyty torfowej, marchwi, wojłoku, jak też przy kombinowanym termoradiacyjnym konwekcyjnym suszeniu polimerów z prędkością ruchu w granicach $v = 0,3-2,8$ m/s również nie wpływa na wielkość kryterium Rb . Przeprowadzone eksperymenty dotyczące wpływu grubości materiału na Rb wykazały, że dla takich materiałów jak glina i ceramika o grubości do 20 mm, a dla drewna o grubości do 5 mm kryterium Rb nie zależy od grubości materiału.

Analiza eksperymentów wykazuje, że zależność między Rb i średnio różniczkową wielkością zawartości wody może być opisana przez współzależność:

$$Rb = A \exp[-n(W - W_p)], \quad (11)$$

przy czym dla sukna i płyty ceramicznej $A = 10^{-2}$ i n nie zależy od temperatury otoczenia. Dla płyty torfowej zależność $R = f(\bar{u})$ ma postać

$$Rb_0 = K(W - W_p)^m, \quad (12)$$

gdzie m nie zależy od parametrów prędkości ruchu nośnika ciepła, względnej wilgotności i jego temperatury, natomiast współczynnik K zależy od temperatury nośnika ciepła, przy czym zależność ta ma charakter liniowy

$$K = aT_c; \quad (13)$$

w ten sposób zamiast (12) mamy

$$Rb_0 = aT_c(W - W_p)^m. \quad (14)$$

Tak więc znając wzajemny stosunek między liczbą Rb i średnią zawartością wody w ciele, można obliczyć również temperaturę tego ciała. Z równania (11) wyniknie

$$\frac{dt}{dW} = \frac{r}{c} A \exp[-n(W - W_p)], \quad (15)$$

stąd

$$t = t_\varphi - \frac{r}{c} \cdot \frac{A}{n} \left\{ \exp[-n(W_{\varphi 2} - W_p)] - \exp[-n(W_{\varphi 1} - W_p)] \right\}, \quad (16)$$

gdzie t_φ i W_φ oznacza ustaloną wielkość temperatury i wilgotności ciała. Współzależność (16) daje możliwość określenia średnio różniczkowej temperatury ciała według znanej zawartości wody. Czasem dla uproszczenia obliczeń temperatury materiału w okresie spadającej prędkości suszenia współzależność $\bar{t} = f(\bar{u})$ można warunkowo podzielić na strefy i w każdej zależności między \bar{t} i \bar{u} przyjąć jako liniową.

Tak więc w każdej strefie współczynnik temperatury suszenia będzie wielkością stałą i równą średniej jego wartości dla danego przedziału zawartości wody, tj.:

$$b = \frac{d\bar{t}}{dW} = \text{const.} \quad (17)$$

Różniczkując równanie (17) w określonym przedziale otrzymamy

$$\Delta\bar{t} = -b\Delta W; \quad (18)$$

dla pierwszej strefy wyniknie warunek

$$W_{k_2} < W < W_{k_1},$$

a przy $W = W_{k_1}$

$$\bar{t} = \bar{t}_M,$$

wtedy zamiast (18)

$$\bar{t} = t_M + b_1(W_{k_1} - W); \quad (19)$$

dla drugiej strefy przy $W = W_p$ jest $\bar{t} = \bar{t}_c$

i w ten sposób otrzymamy

$$\begin{aligned} \bar{t} &= t_c - b_2(W - W_p), \\ W_p &< W < W_{k_2}. \end{aligned} \quad (20)$$

Tak więc dla określenia temperatury materiału w okresie opadającej prędkości suszenia wystarczy znać współczynniki temperatury suszenia b_1 i b_2 dla każdej ze stref. Eksperymentalne badania T. M. Fiodorowa i P. D. Lebiediewa [3, 4] ustaliły, że współczynnik wymiany ciepła w procesie suszenia jest większy, niż współczynnik czystej wymiany ciepła w tych samych warunkach. Lebiediew udowodnił, że współczynnik wymiany ciepła jest wielkością stałą tylko w okresie stałej prędkości suszenia, a w okresie malejącej prędkości wraz ze zmniejszeniem się zawartości wody zmniejsza się, zbliżając do współczynnika wymiany ciepła absolutnie suchego ciała. Lebiediew zaproponował, aby wnieść poprawkę do wzoru Newtona i uważać, że w okresie malejącej prędkości suszenia współczynniki wymiany ciepła α_q zmieniają się w zależności od zawartości wody W według następującego wzoru empirycznego:

$$\frac{\alpha_{bn}}{\alpha_k} = \left(\frac{W}{W_{kp}} \right)^n, \quad (21)$$

gdzie:

α_k — współczynnik wymiany ciepła w okresie stałej prędkości suszenia,

W_{kp} — krytyczna zawartość wody w ciele,

n — wskaźnik stopnia zależny od właściwości suszonego materiału.

W wyniku opracowania pomiarów suszenia różnych materiałów został ustalony następujący wzór empiryczny dla kryterium wymiany ciepła Nusselta:

$$Nu = A Re^p \left(\frac{T_c}{T_M} \right)^m \left(\frac{T_u}{T_c} \right)^k \left(\frac{W}{W_{kp}} \right)^n, \quad (22)$$

gdzie:

$\frac{T_c}{T_M}$ — zmodyfikowane kryterium Guchmana,

$\frac{W}{W_{kp}}$ — kryterium, wyrażające stosunek średniej wilgotności materiału w dowolnym momencie czasu do średniej krytycznej wilgotności,

$\frac{T_u}{T_c}$ — kryterium parametryczne, uwzględniające stosunek temperatury promienika T_u i temperatury otoczenia komory suszenia T_c .

Jak wykazały badania wykładnik m w równaniu (2) przy konwekcyjnym suszeniu nie zależy od rodzaju suszonego materiału i równa się 2. W związku z tym, że dla szeregu materiałów uzyskano z literatury [1, 4] współczynniki równania (22), określiliśmy wzajemny stosunek między podstawowym równaniem kinetyki suszenia (3) a empirycznym wzorem dla kryterium wymiany ciepła Nusselta (22). Jak wiadomo, prędkość suszenia w pierwszym okresie można określić, znając gęstość strumienia ciepła według wzoru:

$$N = \frac{q_{nn}}{r \rho_0 R_v}, \quad (23)$$

gdzie q_{nn} — gęstość strumienia ciepła w pierwszym okresie suszenia.

Gęstość strumienia ciepła lub intensywność wymiany ciepła w pierwszym okresie można określić, wykorzystując wzór Newtona, według równania (23) będzie miało postać:

$$N = \frac{q_{nn}}{r \rho_0 R_v} = \frac{\bar{\alpha}_k (T_c - T_{MOK})}{r \rho_0 R_v}, \quad (24)$$

gdzie T_{MOK} — temperatura mokrego termometru.

Prędkość suszenia w drugim okresie równa się

$$\frac{d\bar{u}}{d\tau} = -\kappa N (\bar{u} - u_p), \quad (25)$$

gdzie κ — względny współczynnik suszenia zależy od właściwości materiału, wilgotności początkowej i równa się

$$\kappa = \frac{1}{\bar{u}_{kn} - u_p}, \quad (26)$$

gdzie \bar{u}_{kn} — krytyczna zawartość wody.

Gęstość strumienia ciepła w okresie malejącej prędkości suszenia według wzoru Newtona dla konwekcyjnej wymiany ciepła równa się

$$q_n = \bar{\alpha} (T_c - T_s). \quad (27)$$

Podstawiając wielkości (25), (26) do równania (3), otrzymano

$$\bar{\alpha} (T_c - T_s) = \rho_0 R_v r \kappa N (\bar{u} - u_p) (1 + Rb). \quad (28)$$

Zastępując N wyrażeniem (24) uzyskano

$$\bar{\alpha}(T_c - T_s) = \kappa(\bar{u} - u_p)\alpha_k(T_c - T_{MOK})(1 + Rb)$$

lub

$$\frac{\bar{\alpha}(T_c - T_s)}{\bar{\alpha}_k(T_c - T_{MOK})} = \kappa(\bar{u} - u_p)(1 + Rb). \quad (29)$$

Zgodnie z zależnością (21) uzyskano

$$\frac{Nu}{Nu_k} = \frac{\bar{\alpha}}{\bar{\alpha}_k} = \frac{\bar{u}}{\bar{u}_k}, \quad (30)$$

wtedy

$$(1 + Rb)\kappa(\bar{u} - u_p) = \left(\frac{T_c - T_s}{T_c - T_{MOK}} \right) \left(\frac{\bar{u}}{\bar{u}_k} \right)^n, \quad (31)$$

podstawiając zależność z równania (26) do (31) otrzymano

$$(1 + Rb) = \left(\frac{\bar{u}_{kn} - u_p}{\bar{u} - u_p} \right) \left(\frac{T_c - T_s}{T_c - T_{MOK}} \right) \left(\frac{\bar{u}}{\bar{u}_k} \right)^n. \quad (32)$$

Zastępując $\left(\frac{\bar{u}}{\bar{u}_k} \right)^n$ przez $\frac{Nu}{Nu_k}$ otrzymamy związek kryterium Rebindera z kryterium Nusselta dla drugiego okresu malejącej prędkości suszenia, a mianowicie:

$$Nu = Nu_k \left(\frac{T_c - T_{MOK}}{T_c - T_s} \right) \left(\frac{\bar{u} - u_p}{\bar{u}_{kn} - u_p} \right) (1 + Rb) \quad (33)$$

lub wykorzystując zależność

$$Nu = \frac{\bar{\alpha}l}{\lambda_{pow}}, \quad (34)$$

skąd

$$\bar{\alpha} = Nu \frac{\lambda_{pow}}{l}, \quad (35)$$

gdzie:

l — rozmiar określający,

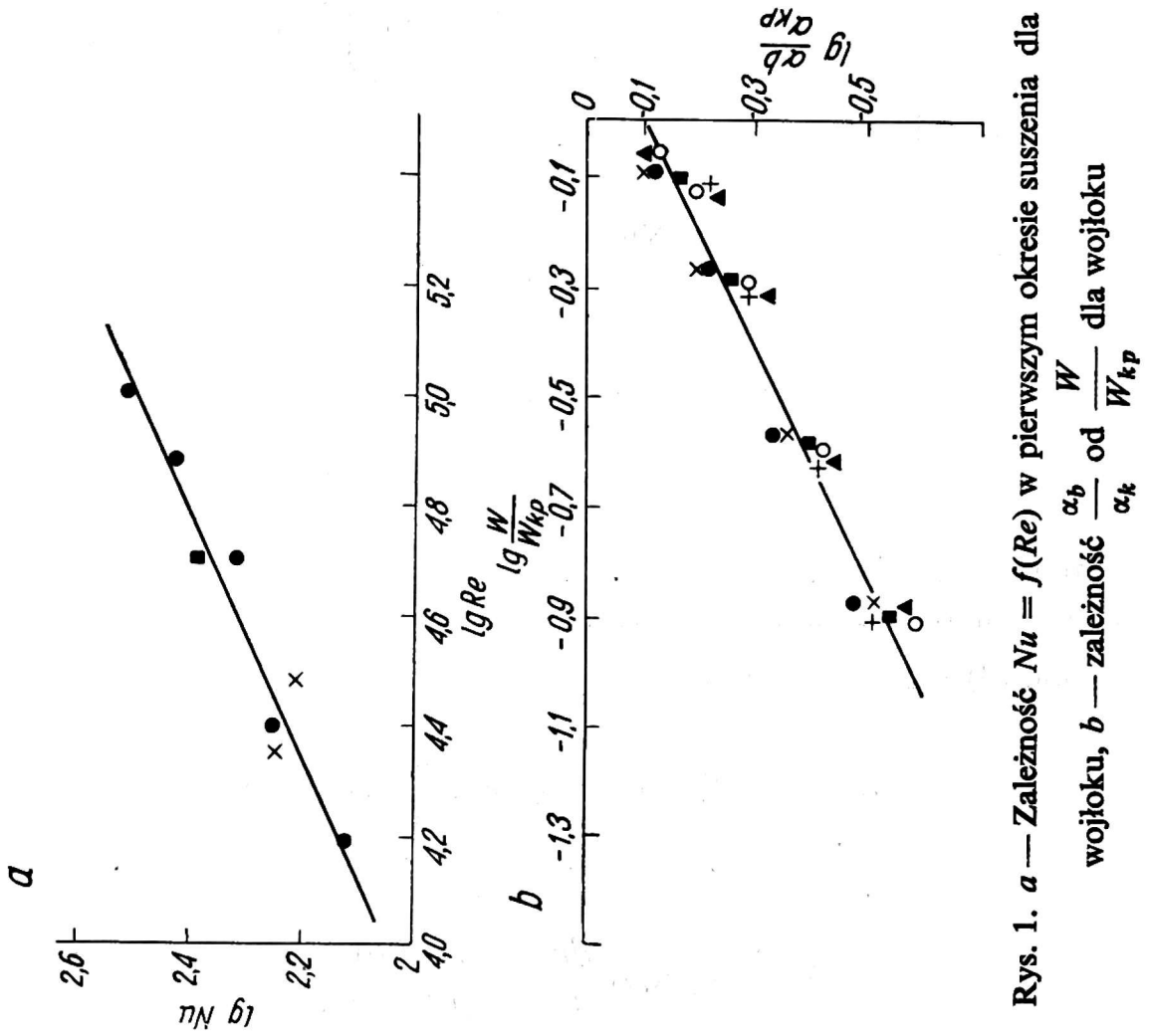
λ_{pow} — przewodnictwo cieplne powietrza.

Wykorzystując (3) i (27) otrzymamy:

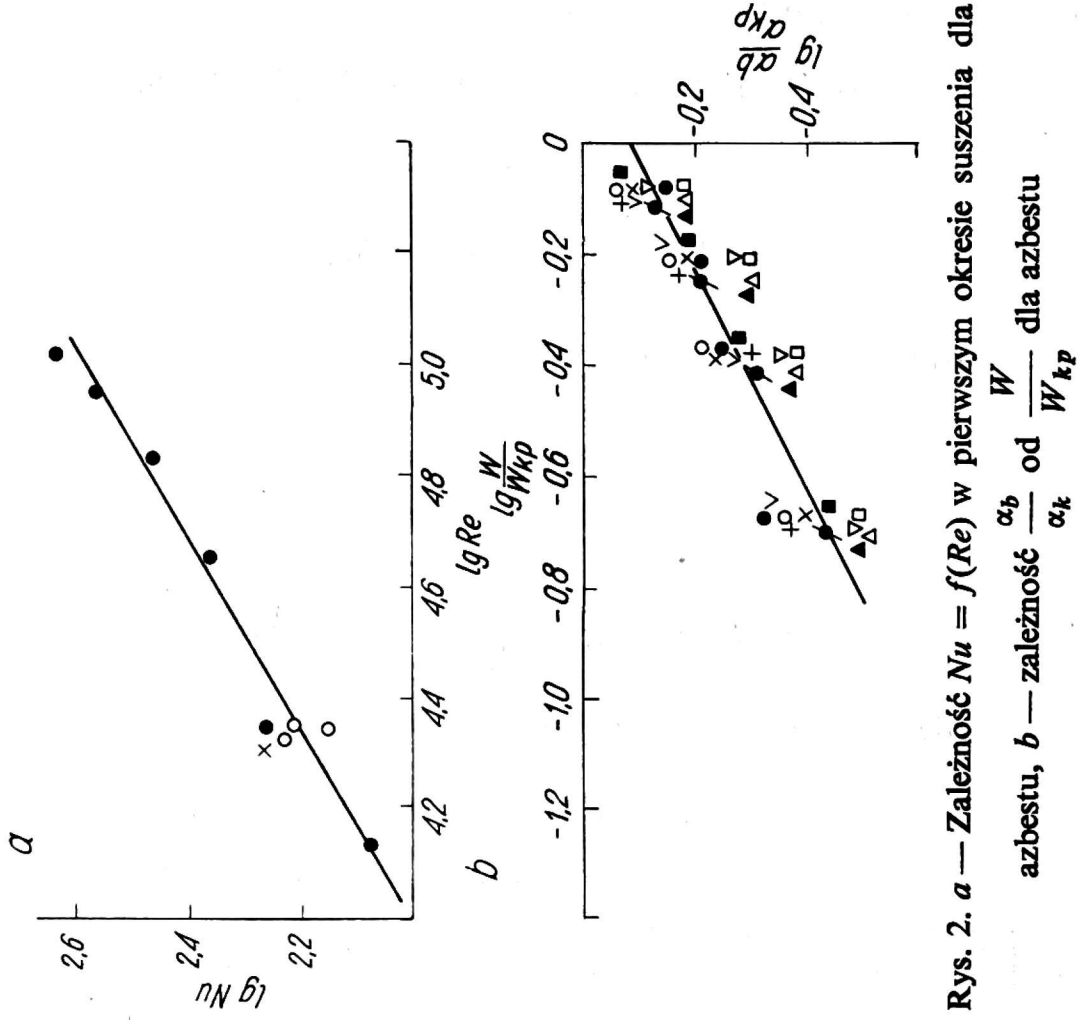
$$Nu \frac{\lambda_{pow}}{l} (T_c - T_s) = \varrho_0 R_v r \frac{d\bar{u}}{d\tau} (1 + Rb) \quad (36)$$

lub

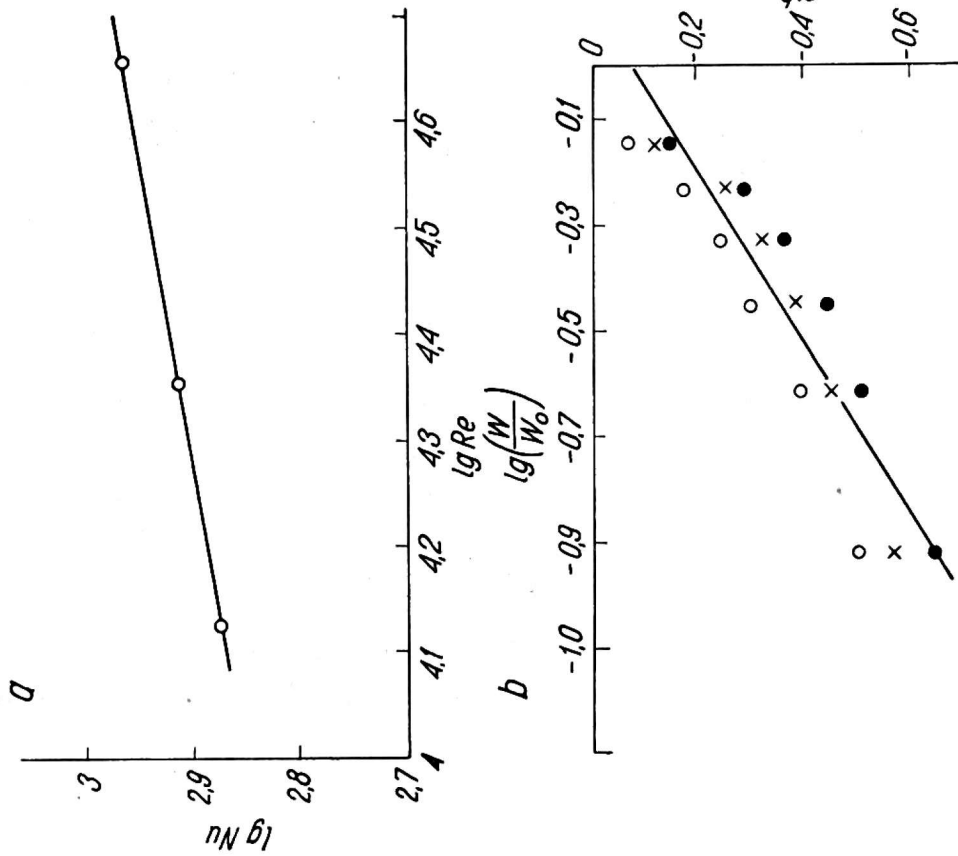
$$Nu = \varrho_0 R_v r l \frac{d\bar{u}}{d\tau} \frac{(1 + Rb)}{\lambda_{pow}(T_c - T_s)}. \quad (37)$$



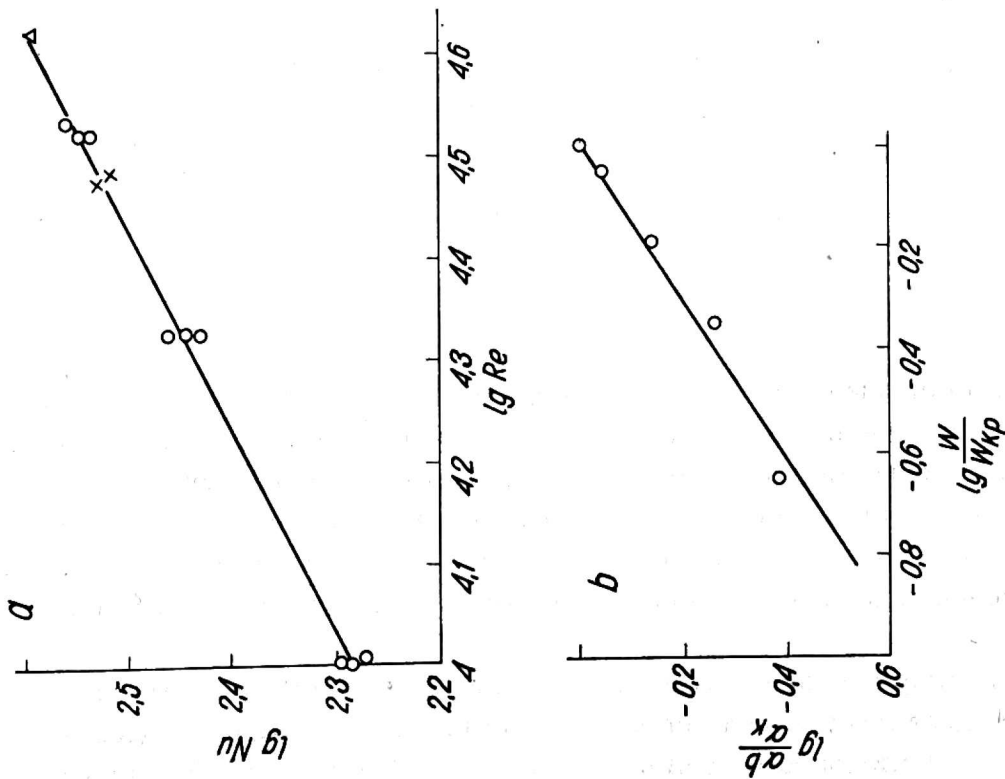
Rys. 1. a — Zależność $Nu = f(Re)$ w pierwszym okresie suszenia dla wójtku, b — zależność $\frac{\alpha_b}{\alpha_k}$ od $\frac{W}{W_{kp}}$ dla wójtku



Rys. 2. a — Zależność $Nu = f(Re)$ w pierwszym okresie suszenia dla azbestu, b — zależność $\frac{\alpha_b}{\alpha_k}$ od $\frac{W}{W_{kp}}$ dla azbestu



Rys. 4. a — Zależność $Nu = f(Re)$ dla marchwi, b — zależność $\frac{\alpha_k}{\alpha_p}$ od $\frac{W}{W_0}$ dla marchwi



Rys. 3. a — Zależność $Nu = f(Re)$ w pierwszym okresie suszenia dla płyty torfowej, b — zależność $\frac{\alpha_k}{\alpha_p}$ od $\frac{W}{W_{kp}}$ dla płyty torfowej

Przeprowadzone przez nas eksperymenty dały możliwość otrzymania zależności o postaci (22) dla wojłoku (rys. 1), azbestu (rys. 2), płyty torfowej (rys. 3) i marchwi (rys. 4).

Wielkości współczynników we wzorze (22) są podane w tabeli. W tej samej tabeli są podane dane z obliczeń kryterium Nusselta według wzoru (22) i (23).

T a b e l a

Nazwa materiału	A	m	p	n	Nu (22)	Nu (33)
Wojłok	0,435	2	0,5	0,5	28	30,3
Azbest	0,75	2	0,5	0,5	83	77
Płyty torfowe	1,1	2	0,5	0,55	143	154
Marchew	40	2	0,2	0,65	552	560

Jak widać z tabeli, wielkości kryterium Nusselta obliczone według wzoru (22) i (23) pokrywają się dostatecznie dokładnie. Wielkość Nusselta dla marchwi obliczona jest według wzoru (22) i (37).

LITERATURA

1. Fiedorow I. M.: Obliczenia procesu nagrzewania wilgotnych materiałów, Izwiestija WT I, 1950.
2. Krasnikow W. W.: IFEŻ, 1966, nr 3.
3. Lebediew P. D.: Suszenie promieniami podczerwonymi. Gosenergoizdat, 1955.
4. Łykow A. W.: Teoria suszenia. Energia, 1968.

ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ТЕПЛО- И МАССООБМЕНА В ПРОЦЕССЕ СУШКИ

А. В. ЛЫКОВ, П. С. КУЦ — СССР

Р е з ю м е

1. Процесс сушки влажных капиллярно-пористых коллоидных тел является нестационарным процессом тепло- и массообмена. Кинетика процесса сушки описывается изменением интегральных значений (среднего влагосодержания и средней температуры) с течением времени. В процессе сушки между скоростью нагрева влажного тела и скоростью сушки его существует взаимосвязь, полученная на основе уравнения баланса тепла.

В это уравнение в качестве основного параметра входит число Ребиндера (критерий Rb).

2. Получены эмпирические формы для вычисления числа Ребиндера при разных влагосодержаниях, что дает возможность определить температуру тела в процессе сушки.

3. Для расчёта длительности сушки используются формулы обобщенного регулярного режима влагоотдачи, которые могут быть уточнены методом двухзонального расчёта в периоде падающей скорости сушки.

4. В периоде падающей скорости сушки коэффициент теплообмена, а следовательно, и число Нуссельта уменьшается с понижением влагосодержания. Дано объяснение указанной закономерности на основе новых представлений о механизме внешнего тепло- и влагообмена.

5. Предложена новая система гиперболических уравнений тепло- и массообмена, описывающих углубление поверхности испарения внутри тела в процессе сушки. Это дает возможность более точно найти поле влагосодержания и температуры тела, что имеет большое практическое значение для технологии сушки.

FUNDAMENTAL LAWS OF HEAT AND MASS TRANSFER IN THE PROCESS OF DRYING

A. V. LUIKOV, P. S. KUC — USSR

S u m m a r y

1. The process of drying of capillary-porous colloidal bodies is an unsteady heat and mass transfer process. The kinetic of the process of drying is described by a time change of the integral values (average moisture content and average temperature). In the process of drying there is a dependence between the rate of heating of moist bodies and the rate of their drying, which is obtained on the basis of the heat balance equation.

This equation includes the Biot number (Rb) as the basic parameter.

2. The empirical formulae are obtained for calculating the Biot number at various moisture contents. This makes it possible to determine the temperature of the body in the process of drying.

3. To calculate the time of drying the equations of generalized regular regime of moisture removal are used, which may be specified by the method of bi-zonal calculation in the period of the falling rate of drying.

4. In the period of the falling rate of drying the heat transfer coefficient and, consequently, the Nusselt number decrease with the fall of moisture content. This regularity is explained on the basis of new concepts of the mechanism of external heat and moisture transfer.

5. A new system of hyperbolic heat and mass transfer equations is suggested which describe the deepening of the evaporation surface inside the body in the process of drying. This makes it possible to specify more exactly the field of moisture content and the temperature of the body which has great practical importance for the technology of drying.

GRUNDGESETZMÄSSIGKEITEN DES WÄRME UND STOFFAUSTAUCHES BEI DER TROCKNUNG

A. W. LYKOW, P. S. KUC — UdSSR

Z u s a m m e n f a s s u n g

1. Die Trocknung feuchter kapillar-poröser Kolloidkörper ist ein stationärer Wärme und Stoffaustausch. Die Kinetik des Trocknungsvorganges wird durch die Veränderung der Integralwerten (des mittleren Feuchtegehaltes und der mittleren Temperatur) beschrieben. Für den Trocknungsvorgang findet eine Wechselbeziehung zwischen der Erwärmungsgeschwindigkeit eines feuchten Körpers und deren Trocknungsgeschwindigkeit statt, die auf Grund der Wärmebilanz-

gleichung ermittelt wird. Zu dieser Gleichung zählt als Grundparameter die Rehbinder-Zahl (*Rb*-Kriterium).

2. Ermittelt wurden empirische Formen zur Berechnung der Rehbinder-Zahl bei verschiedenen Feuchtigkeitsgehalt, was die Ermittlung der Temperatur im Körper während der Trocknung gestattet.

3. Zur Berechnung der Trocknungsdauer werden Formeln des regulären Verallgemeinerungszustandes der Wasserabgabe verwendet, die an Hand der Methode der Zweizonenberechnung im Laufe der abnehmenden Trocknungsgeschwindigkeit präzisiert werden können.

4. Während der fallenden Trocknungsgeschwindigkeit nimmt die Wärmeaustauschzahl und folglich auch die Nusselt-Zahl ab mit der abnehmenden Feuchtigkeit. Erläutert wird die genannte Gesetzmässigkeit auf Grund der neuen Auffassungen über den Mechanismus des Aussenwärme- und Wasseraustausches.

5. Vorgeschlagen wird ein neues System von hyperbolischen Gleichungen für den Wärme- und Stoffaustausch, die Vertiefung der Verdampfungsfläche im Innern des Körpers während der Trocknung umschreiben. Dies gestattet das Feuchtigkeitsfeld und die Temperatur des Körpers exakter zu bestimmen, was von grosser praktischer Bedeutung ist für die Trocknungstechnologie.