

CHARAKTERYSTYKA SUSZARNICZA TORFU

Marian Szarycz, Zbigniew Szydło

Instytut Mechanizacji Rolnictwa AR we Wrocławiu

Torf, będący substancją pochodzenia organicznego, jest cennym surowcem w różnych gałęziach gospodarki. Najczęściej bywa wykorzystywany jako paliwo. Czynione są próby wykorzystywania torfu jako: dodatku do pasz, ściółki, nawozu. Wykorzystuje się go również jako surowiec do produkcji leków. Jednakże, ze względu na dużą zawartość wody w stanie naturalnym, torf wykorzystany jest w bardzo ograniczonym zakresie. W zależności od składu torfu, stanu złoża, warunków atmosferycznych zawartość wody w tym materiale jest różna i może wahać się od 3 do ponad $7 \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg sm.}}$. Dlatego też w procesie technologicznym wykorzystania torfu należy przewidzieć obniżenie zawartości w nim wody do wartości umożliwiającej jego przeróbkę.

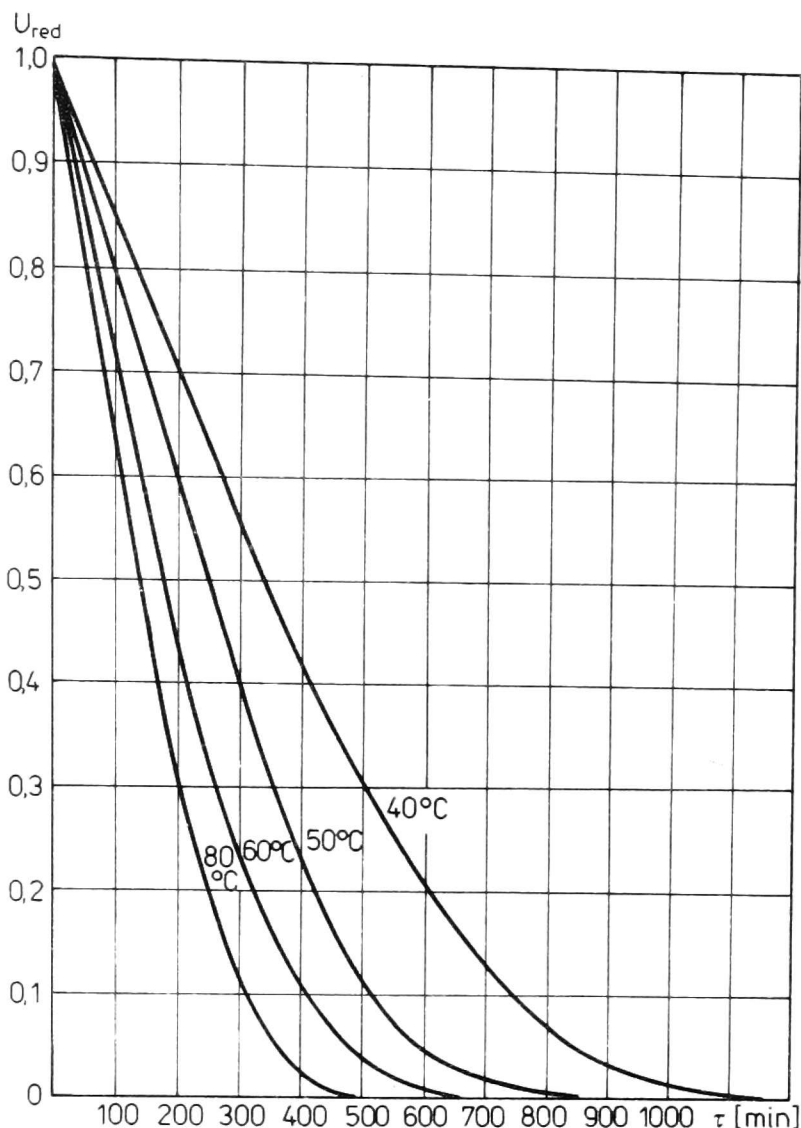
Obecnie stosuje się zazwyczaj naturalne suszenie torfu. Sposób ten jest co prawda niezbyt kosztowny, jednakże w procesie tym znaczna część materiału bywa tracona. Naturalne suszenie torfu jest procesem długotrwałym. Zastosowanie innego sposobu suszenia (np. w suszarkach bębnowych, komorowych itp.) znacznie skróciłoby ten proces i nie powodowałoby tak znacznych strat jak przy suszeniu naturalnym. Energię potrzebną do obniżenia wilgotności można byłoby uzyskiwać spalając torf już wysuszony. Proces ten odbywałby się w zamkniętym obiegu suszarni bez konieczności dostarczania energii z zewnątrz. Suszarnia taka mogłaby być również zbudowana jako przewoźna.

Aby wybrać najlepszy wariant suszenia torfu, należy poznać jego charakterystykę suszarniczą. Niniejsze badania miały na celu opis matematyczny suszenia torfu w warunkach konwekcji naturalnej.

SUSZENIE TORFU W WARUNKACH NATURALNEJ KONWEKCJI

Metodyka badań była następująca. Próbkę materiału odważoną z dokładnością 0,05 g umieszczono na szalce wagi analitycznej

w suszarce zaopatrzonej w termoregulator utrzymujący żadaną temperaturę z dokładnością $\pm 1^{\circ}\text{C}$. Wykonano pomiary dla temperatur: 40, 50, 60, 80 $^{\circ}\text{C}$ mierząc co 15 min. ubytki masy próbki, do czasu gdy nie obserwowano zmian masy. Ostatnie pomiary traktowano po przeliczeniach jako równowagowe zawartości wody.

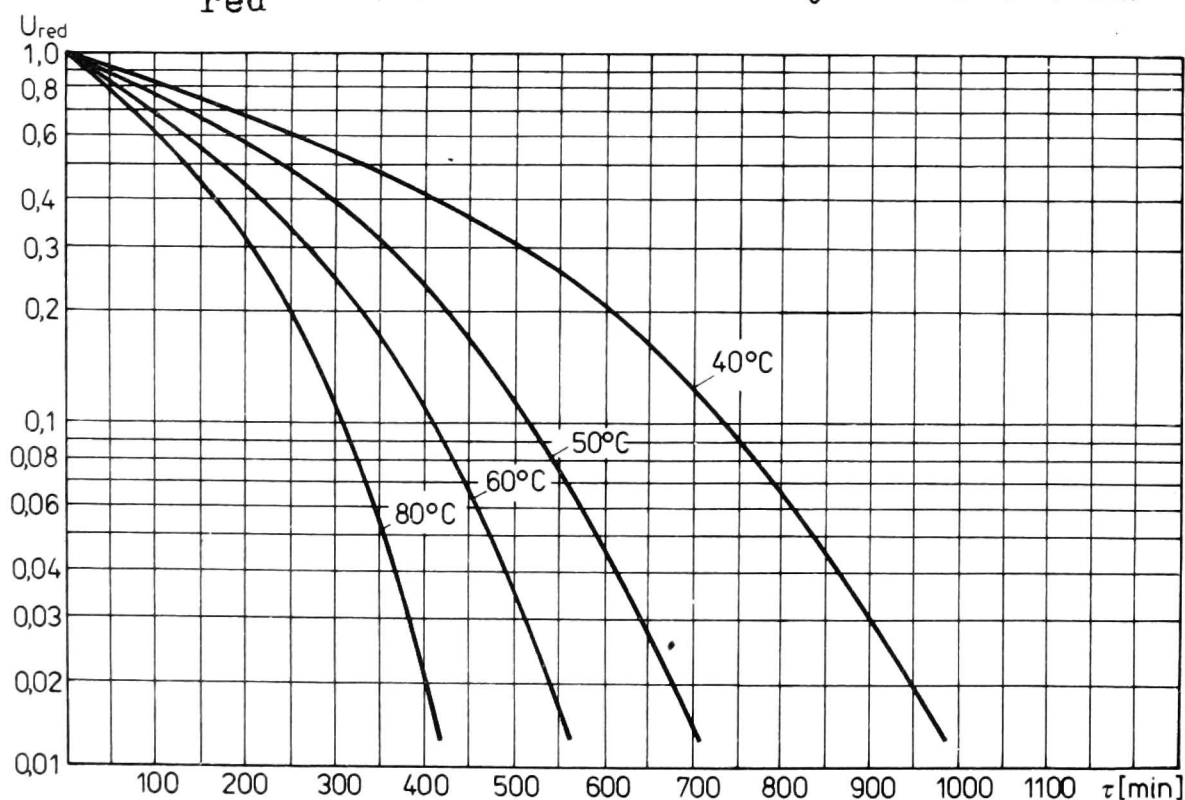


Rys. 1. Krzywe suszenia torfu w układzie $U_{\text{red}} = f(\tau)$

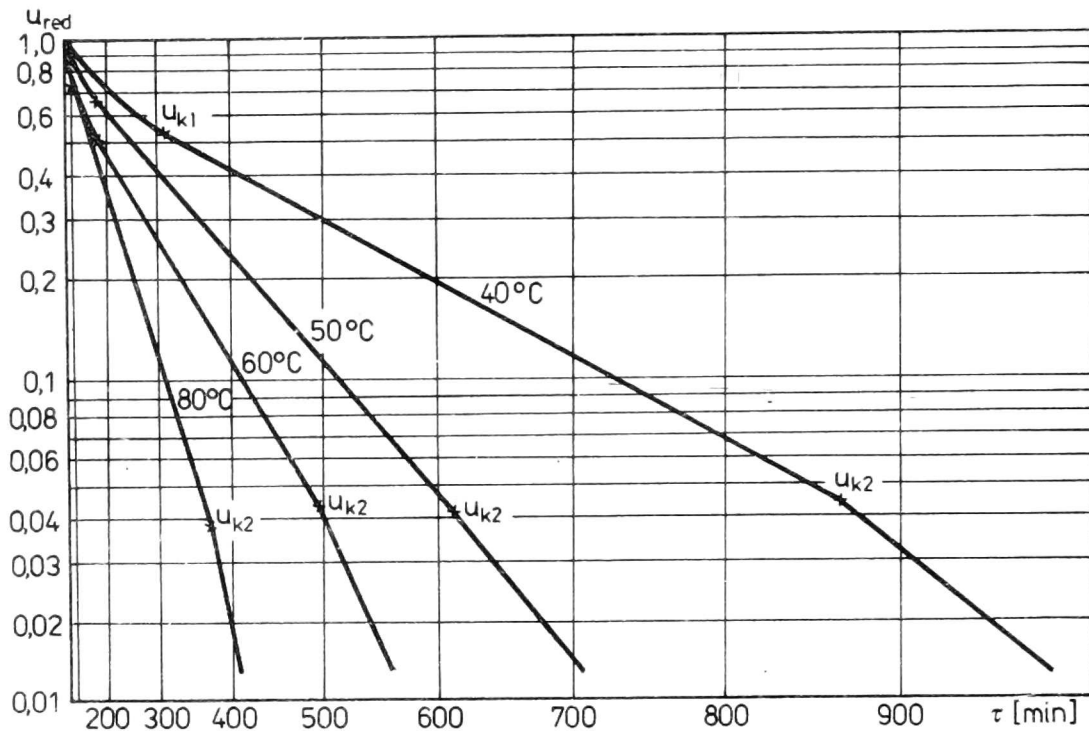
Na podstawie pomiarów sporządzono wykresy zależności $U_{\text{red}} = f(\tau)$ w skali równomiernej (rys. 1) i równomierno-logarytmicznej (rys. 2).

Analizując otrzymane na rysunku 2 krzywe nie obserwuje się linii prostych, co świadczy, że krzywe suszenia torfu nie odpowiadają ogólnie przyjętej formule matematycznej $U_{\text{red}} = \psi e^{-K\tau}$.

Rysunek 3 przedstawia krzywe suszenia torfu w



Rys. 2. Krzywe suszenia torfu w podziałce równomierno-logarytmicznej $U_{\text{red}} = f(\tau)$



Rys. 3. Krzywe suszenia torfu w podziałce kwadratowo-logarytmicznej $U_{red} = f(\tau)$

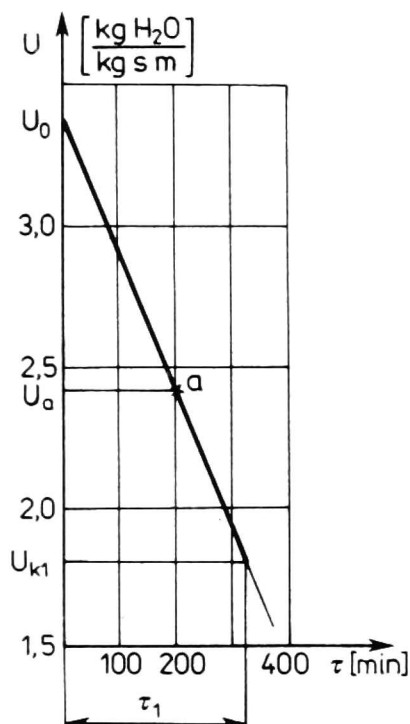
skali kwadratowo-logarytmicznej. Otrzymano pęk krzywych, których fragmenty można potraktować jako linie proste, tzn., że dla wybranych okresów suszenia torfu przebiega według równania $U_{red} = \psi e^{-K\tau^2}$.

Z wykresów tych wynika, że w trakcie suszenia torfu możemy wyróżnić trzy okresy. Granicami dzielącymi okresy suszenia są punkty: $u_{k1} = 1,8 \left[\frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg sm.}} \right]$ i $u_{k2} = 0,21 \left[\frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg sm.}} \right]$.

W I okresie suszenia (od $u_0 - u_{k1}$), charakteryzującym się stałą prędkością suszenia, prędkości te dla różnych temperatur wynosiły:

t	$\frac{du}{d\tau}$
$^{\circ}\text{C}$	$\frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg s m min}}$
40	$4,8 \cdot 10^{-3}$
50	$5,4 \cdot 10^{-3}$
60	$7,2 \cdot 10^{-3}$
80	$12,0 \cdot 10^{-3}$

co obrazuje wykres przedstawiony na rysunku 4. Szybkość suszenia w I okresie w badanym zakresie temperatur opisuje równanie:

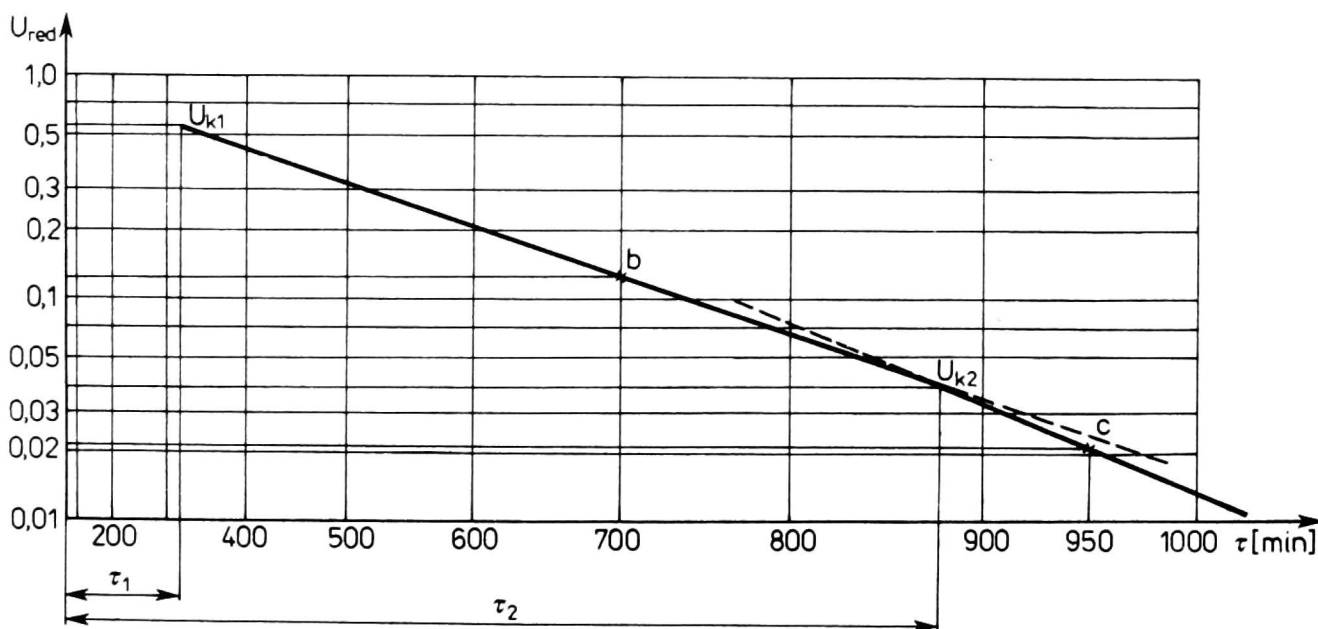


$$\left(\frac{du}{d\tau}\right)_I = 67 \cdot 10^{-6} \cdot t^{2,86} + 3,74 \cdot 10^{-3} \left[\frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg sm min}} \right]$$

Jak wynika z wykresów przedstawionych na rysunku 3, w II i III okresie suszenie torfu przebiegało według równania: $U_{\text{red}} = \psi e^{-K \tau^2}$. Obliczone współczynniki ψ i K przedstawia tabela:

Lp	t °C	II okres		III okres	
		ψ_{II}	K_{II}	ψ_{III}	K_{III}
1	40	0,791	$3,92 \cdot 10^{-6}$	2,160	$5,26 \cdot 10^{-6}$
2	50	0,816	$7,67 \cdot 10^{-6}$	1,522	$9,28 \cdot 10^{-6}$
3	60	0,723	$11,38 \cdot 10^{-6}$	2,560	$16,44 \cdot 10^{-6}$
4	80	0,752	$22,48 \cdot 10^{-6}$	1,633	$28,22 \cdot 10^{-6}$

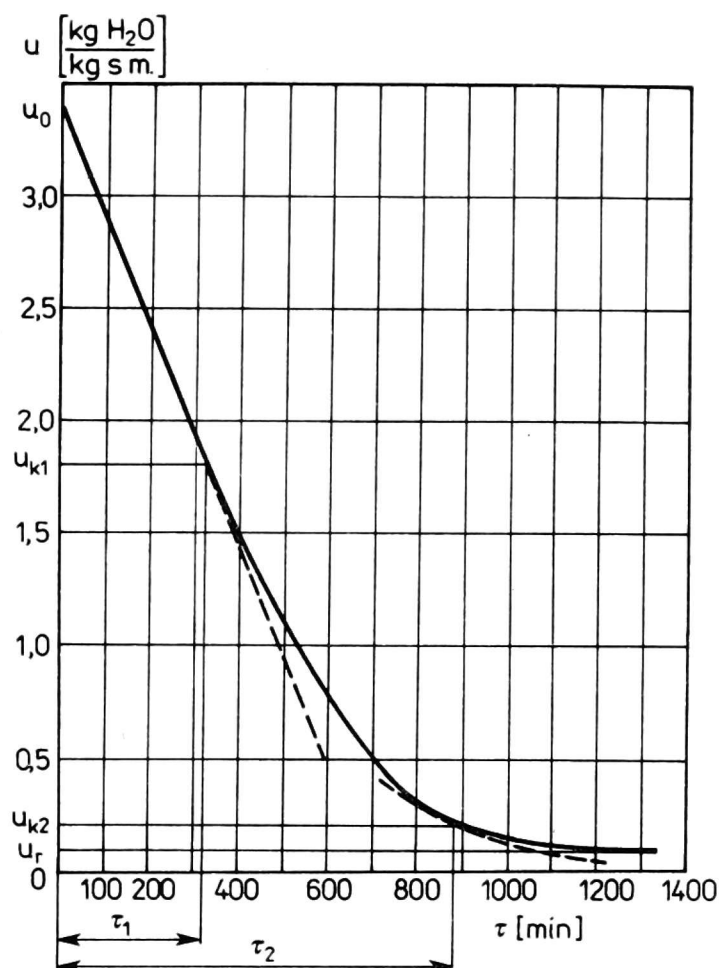
Rys. 4. Zależność szybkości suszenia od temperatury $\frac{du}{d\tau} = f(t)$



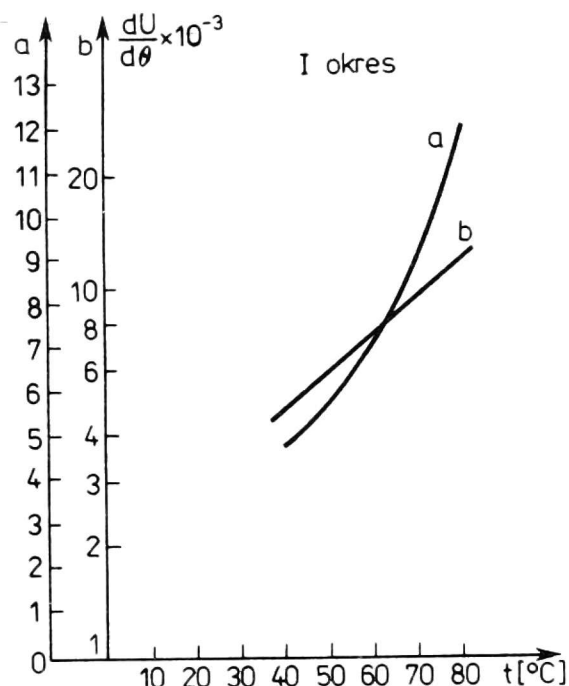
Rys. 5. Konstrukcja wykresu suszenia torfu (temperatura 40°C) w I okresie suszenia

Korzystając z obliczonych współczynników $\frac{du}{d\tau}$, ψ , i K skonstruowano przykładową krzywą suszenia torfu dla 40°C w sposób następujący: na podziałce równomiernej z punktu u_0 , $\tau = 0$ wykreślono prostą przechodzącą przez punkt a $\tau_a = 200 \text{ min}$ $u_a = 2,388 \left[\frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg sm}} \right]$

do punktu $u_{k1} = 1,8$. Punkt u_{k1} prosta osiągnie po upływie czasu $\tau_1 = 320$ min (rys. 5). Następnie na podziałce kwadratowo-logarytmicznej



Rys. 6. Konstrukcja wykresu suszenia torfu (temperatura 40°C) w II i III okresie suszenia



Rys. 7. Skonstruowana krzywa suszenia torfu w układzie $u = f(\tau)$ a - podziałka równomierno-równomierna, b - podziałka równomierno-logarytmiczna

micznej wykreślono z tego punktu ($\tau_1 = 320$ min $U_{k1} = 1,8$) prostą przechodzącą przez punkt b ($\tau_b = 700$ min $U_b = 0,53 \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg sm}}$) do punktu $U_{k2} = 0,21 \left[\frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg sm}} \right]$. Prosta osiągnie punkt U_{k2} po upływie czasu $\tau_2 = 880$ min. Z punktu tego ($\tau_2 = 880$ min $U_{k2} = 0,21 \left[\frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg sm}} \right]$) wykreślono prostą przechodzącą przez punkt c ($\tau_c = 950$ min) $U_c = 0,15 \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg sm}}$. (Rys. 6). Po wykreśleniu tych prostych przeniesiono odpowiednie punkty na podziałkę równomierną (rys. 7).

W ten sposób otrzymano krzywą suszenia torfu, która daje opisać się formułami matematycznymi dla trzech różnych okresów:

okres I $\frac{du}{d\tau} = \text{const.}, a \quad u = u_0 - \left(\frac{du}{d\tau}\right)_I \tau,$

okres II $U_{\text{red}} = \psi_{II} e^{-K_{II} \tau^2},$

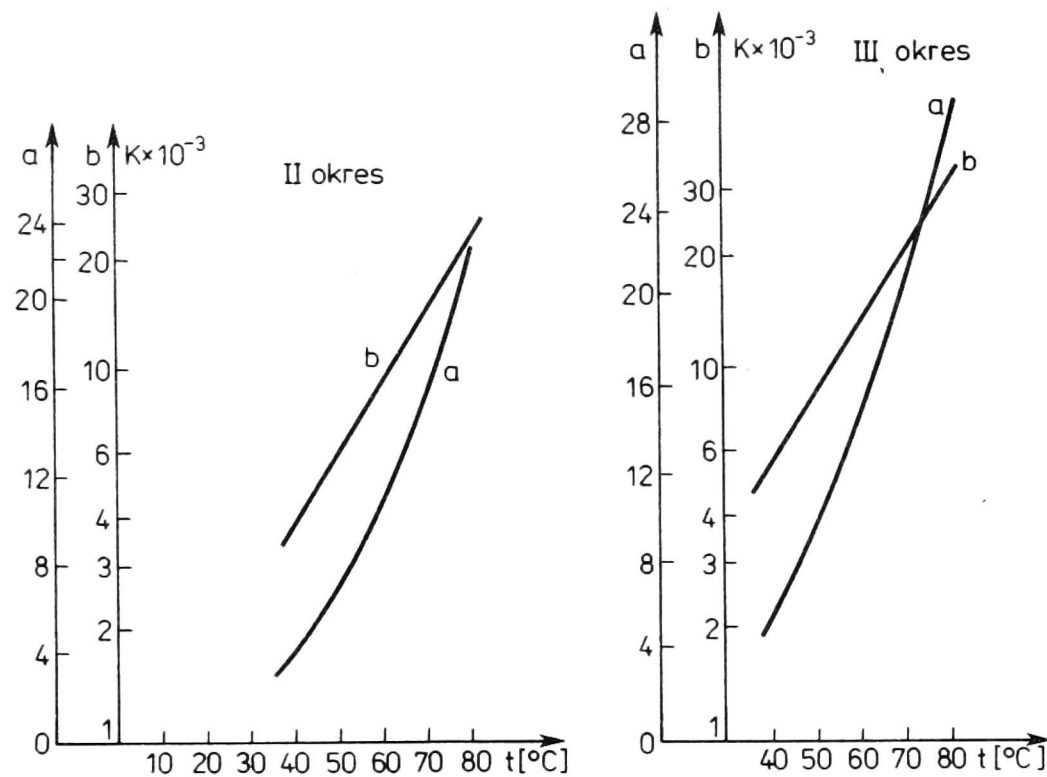
okres III $U_{\text{red}} = \psi_{III} e^{-K_{III} \tau^2}.$

W analogiczny sposób otrzymuje się krzywe suszenia torfu dla pozostałych temperatur przy czym K jest funkcją temperatury i wynosi:

w II okresie $K_{II} = (0,66 \cdot 10^{-3} \cdot t^{2,4} - 0,762) \cdot 10^{-6},$

w III " $K_{III} = (24,4 \cdot 10^{-3} \cdot t^{1,65} - 5,76) \cdot 10^{-6}.$

Zależności te pokazuje rysunek 8.



Rys. 8. Zależność $K = f(t)$ w II i III okresie suszenia

Ponieważ torf nadaje się do wykorzystania przy wilgotności 20-25%, dlatego też w dalszych badaniach nad suszeniem tego materiału (w grubej nieruchomej warstwie) wystarczającym będzie określenie równań suszenia do zawartości wody w suchej masie $u = 0,25-0,33 \left[\frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg sm}} \right]$. Uwzględniając powyższe ograniczenie, można stwierdzić, że dla celów praktycznych wystarczy określić formułę opisującą suszenie torfu dla I i II okresu, ponieważ drugi punkt krytyczny $u_{k2} = 0,21 \left[\frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg sm.}} \right]$ odpowiada wilgotności $w = 17\%$, czyli niższej niż torfu nadającego się do wykorzystania.

Мариян Шарич, Збигнев Шидло

ХАРАКТЕРИСТИКА СУШКИ ТОРФА

Р е з ю м е

Содержанием статьи являются результаты исследований сушки торфа в условиях естественной конвекции.

В ходе исследований установлено, что в процессе сушки торфа можно выделить три периода: период I - постоянная скорость сушки, II и III периоды - переменная скорость сушки. Установлено, что во II и III периодах сушки кривые сушки торфа не соответствуют общепринятой математической формуле и приобретают следующий вид:

$$U_{\text{red}} = \psi e^{-K\tau^2}$$

Исследования позволили определить коэффициенты ψ и K для II и III периодов сушки и математическое описание сушки торфа в условиях естественной конвекции для всего процесса в виде отдельных уравнений для разных периодов сушки.

Marian Szarycz, Zbigniew Szydło

DRYING CHARACTERISTICS OF PEAT

S u m m a r y

The article contains the results of experiments on peat drying under conditions of natural convection.

It was found that the three periods in process of peat drying can be marked off: I - with the constant speed of drying, II and III - with changing speed of drying. In the periods II and III the curves of peat drying did not conform to generally accepted mathematical formula and could be expressed in the following form:

$$U_{\text{red}} = \psi e^{-K\tau^2}$$

The research enabled to state the coefficients ψ and K for periods II and III, and to describe in mathematical form the drying of peat under conditions of natural convection, as the separate equations for different periods of drying.