

## WSTĘPNE BADANIA NAD KONWEKCYJNYM SUSZENIEM ZIARNA SŁONECZNIKA OGRZANYM POWIETRZEM

TATIANA GARBUZ

Instytut Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa

Ze wzrostem zapotrzebowania na tłuszcze roślinne, które stanowią nie tylko poważne źródło środków odżywczych, lecz mają różnorodne zastosowanie we wszystkich prawie gałęziach przemysłu jak przemysł konserwowy, skórzany, mydlarski, lakierniczy i margarynowy, wynikła konieczność zwiększenia produkcji słonecznika.

Olej słonecznikowy jest jednym z podstawowych pożądaných przez przemysł, głównie margarynowy, tłuszczem roślinnym.

Wilgotność ziarna słonecznika po zbiorze w naszych warunkach jest około 35%. Wymagana wilgotność ziarna przy przechowywaniu powinna być w granicach od 11—13%. Stąd wniosek, że ziarno słonecznika należy zaraz po zbiorze suszyć.

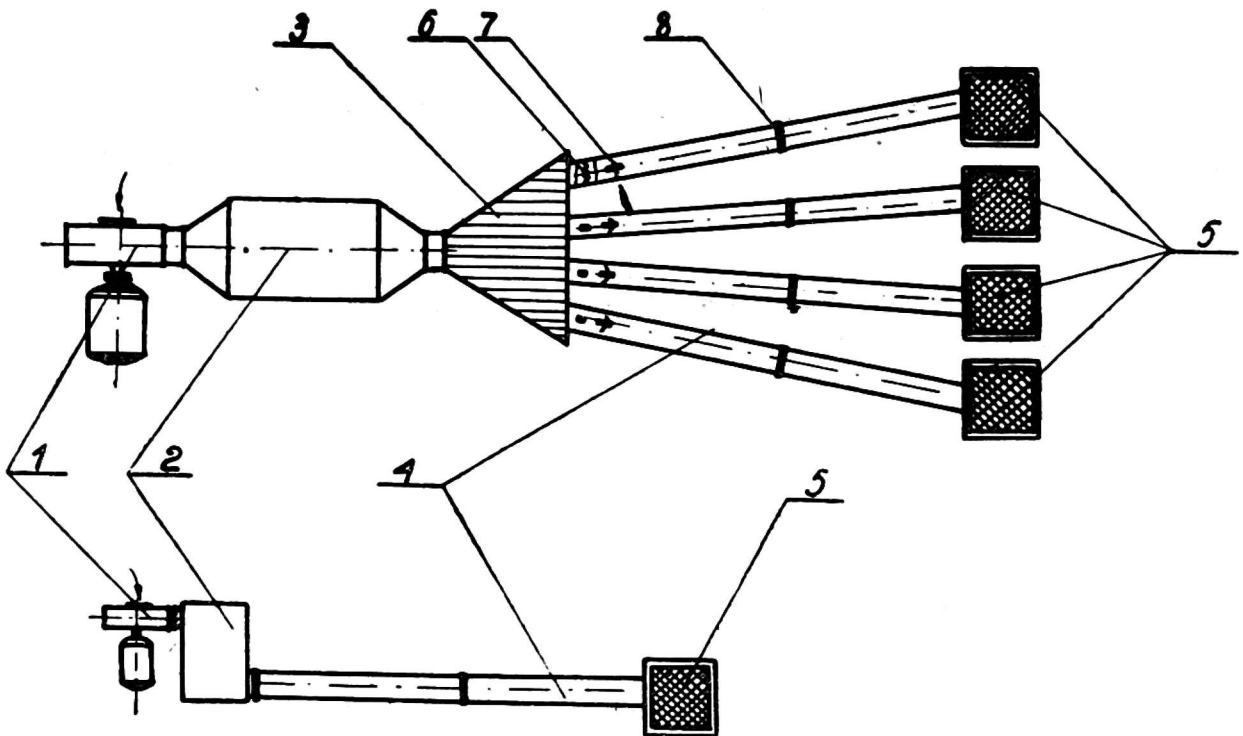
Pierwsze badania nad konwekcyjnym suszeniem ziarna słonecznika podgrzany powietrzem w warunkach laboratoryjnych rozpoczęto w 1958 r. przez Zakład Suszarnictwa Płodów Rolnych w Kłudzienku. Badania te były prowadzone w dalszym ciągu i w 1959 r. Należy zaznaczyć, że technologia procesu suszenia ziarna słonecznika dotychczas nie była opracowana, o czym świadczy zupełny brak z tego zakresu literatury technicznej, zarówno polskiej jak i zagranicznej.

### METODYKA I CEL BADAŃ

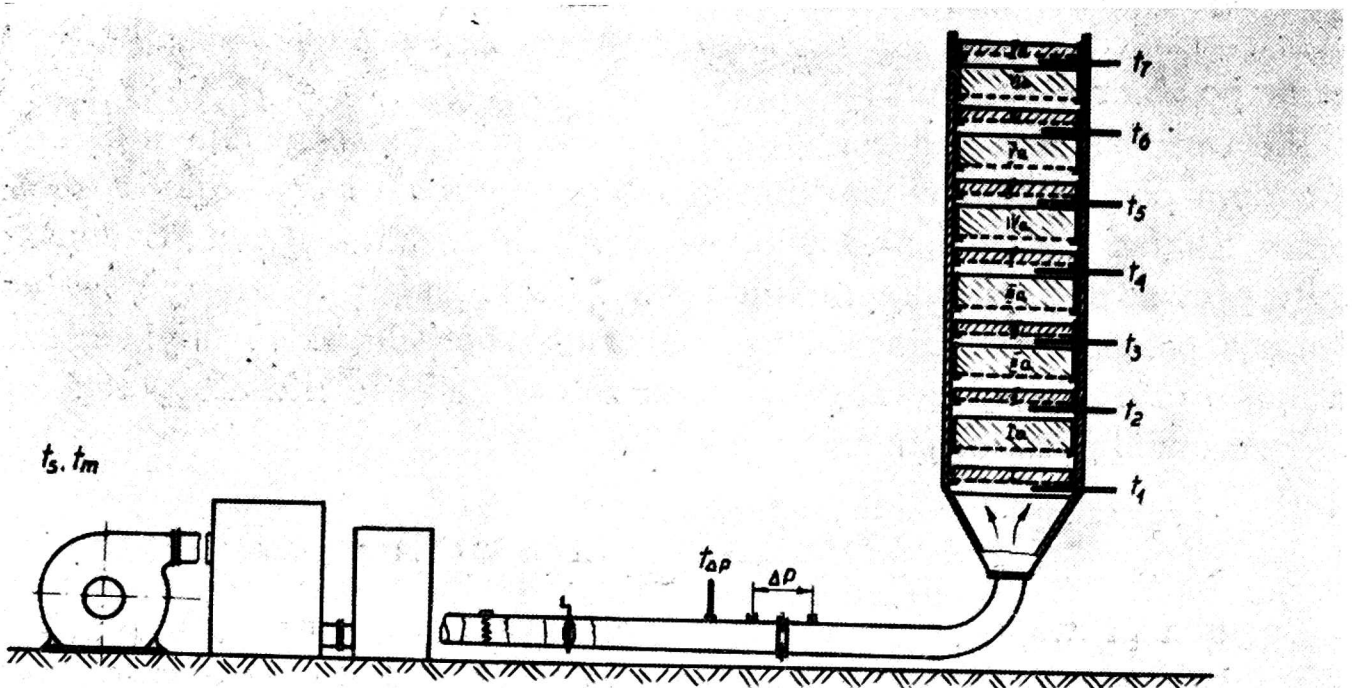
Badania prowadzono w konwekcyjnej suszarni laboratoryjnej (rys. 1), składającej się z wentylatora z silnikiem elektrycznym (1) tłoczącego powietrza do grzejnika elektrycznego (2), skąd do rozdzielacza (3) i poprzez przewody (4) do komór (5). W przewodach umieszczone są dodatkowe grzałki (6) służące do regulacji temperatury powietrza, przepustnice (7) służące do regulacji ilości powietrza oraz kryzy (8) służące do kontroli natężenia przepływu powietrza.

Wszystkie komory mają identyczną budowę i pojemność. Każda komora (rys. 2) składa się z szeregu sit pomiarowych o pow.  $F = 0,24 \text{ m}^2$  umieszczonych jedno nad drugim. Między każdym sitem pomiarowym są sita

balastowe o tej samej powierzchni lecz o znacznie większej pojemności. Takie rozwiązanie konstrukcyjne komory suszenia umożliwiło w określonym czasie rejestrację ubytków zawartości wody w całej warstwie oraz rozkład temperatury czynnika suszącego.



Rys. 1. Konwekcyjna suszarnia laboratoryjna  
Laboratory convection dryer



Rys. 2. Komora suszarni  
Dryer chamber

Suszono we wszystkich komorach naraz, co umożliwiło stosowanie różnych wartości natężenia przepływu powietrza przy pozostałych parametrach stałych.

Przeprowadzono dwa rodzaje pomiarów a mianowicie:

a) suszono tylko na pierwszych dolnych sitach w cienkiej warstwie przy

obciążeniu sit suchą masą  $M_s/F = 5,1 \text{ kg/m}^2$ , traktując to jako warstwę brzegową,

b) w grubej warstwie przy maksymalnym obciążeniu  $M_s/F = 64 \text{ kG/m}^2$ . Przy suszeniu w grubej warstwie materiał ładowano na sita pomiarowe i balastowe. Sita pomiarowe w trakcie badań były systematycznie ważone.

Do badań brano 3 odmiany słonecznika:

I — odmiana, oleisty prążkowany. Okres dojrzewania druga połowa sierpnia,

II — odmiana, pastewny o niełupkach czarnych. Okres dojrzewania — połowa września,

III — odmiana, pastewny tzw. Olbrzym Borowski. Okres dojrzewania — październik.

Słonecznik w miarę możliwości zbierano w okresie pełnej dojrzałości ze względu na zawartość tłuszczu i liczbę jodową. Wilgotność początkowa była w granicach od 31—44 %.

Stosowano następujące parametry czynnika suszącego:

- natężenie przepływu powietrza  $G_p = 0,03—0,3 \text{ kg/m}^2 \text{ sek}$ ,
- temperaturę czynnika suszącego pod sitem pomiarowym  $t_1 = 35—95^\circ \text{ C}$  przy średniej wilgotności względnej otoczenia  $\varphi = 35—65 \%$ .

Celem badań było ustalenie:

1. Wpływu różnicy psychrometrycznej, natężenia przepływu powietrza i obciążenia sit suchą masą materiału na szybkość suszenia.
2. Wpływu temperatury i natężenia przepływu powietrza na energię i siłę kiełkowania oraz na zawartość tłuszczu i liczbę jodową.

Metodę opracowania wyników przyjęto wg metody stosowanej przez dr inż. St. Pabisa.

## PRZEBIEG PROCESU SUSZENIA W WARSTWIE BRZEGOWEJ ORAZ W GŁĘBI WARSTWY

Ponieważ dotychczas w Polsce są trudności z mechanizacją prac związanych z odziarnianiem (tj. wyłuskaniem ziarna z tarcz) i czyszczeniem wilgotnego ziarna słonecznika, pierwsze próbnе doświadczenia przeprowadzono nad suszeniem ziarna w tarczach. W wyniku tych doświadczeń stwierdzono, że czas suszenia ziarna w tarczach jest bez porównania dłuższy od czasu suszenia ziarna wyłuskanego z tarcz.

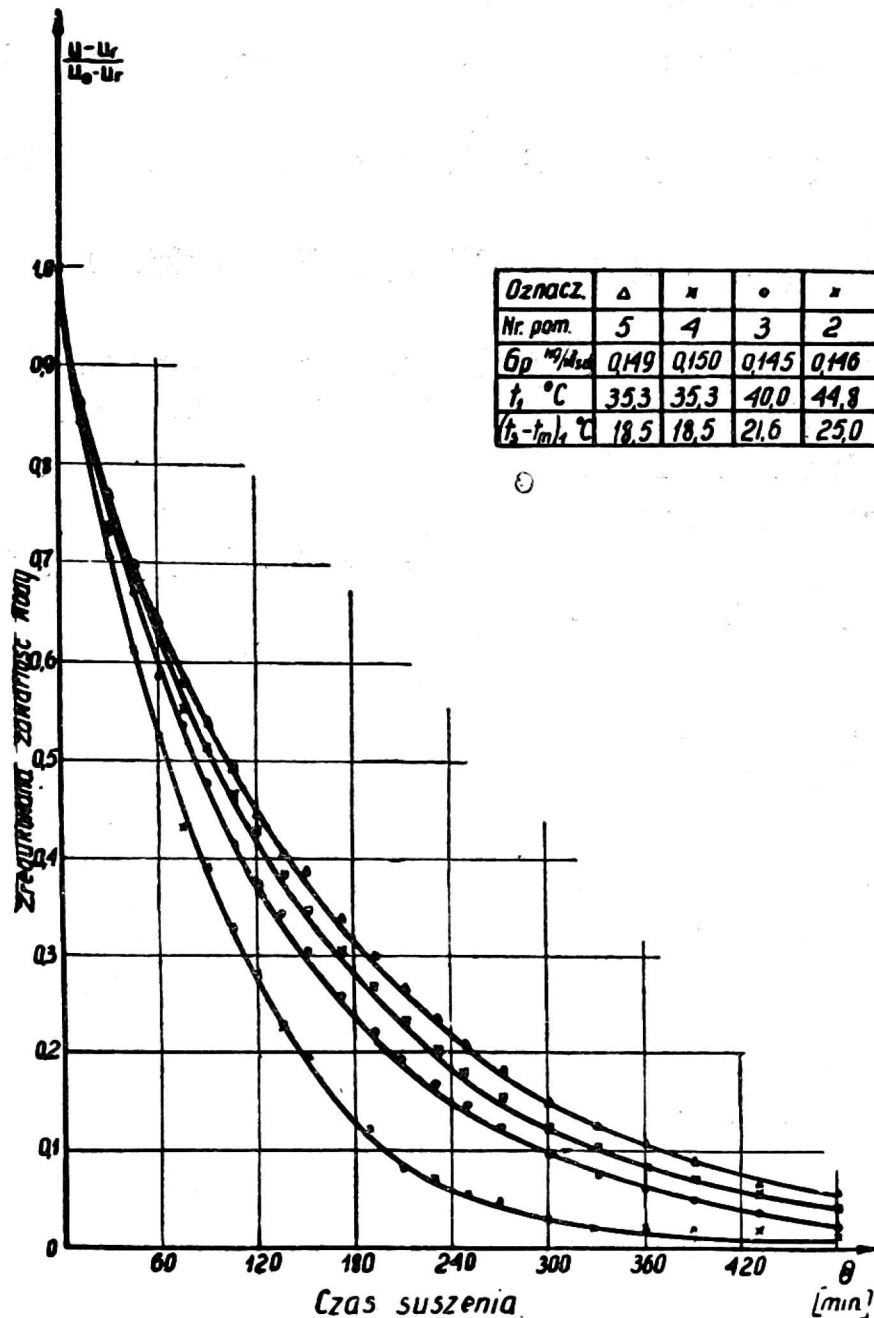
Jest to uzasadnione dużą zawartością wody w samej tarczy. Na przykład przy wilgotności ziarna 44,8% wilgotność jego tarczy wynosiła 89,8%.

Opierając się na tym stwierdzeniu dalszy cykl doświadczeń prowadzono nad procesem wysychania samego ziarna słonecznika.

Na podstawie wartości otrzymanych drogą pomiarów wykonano dla każdego pomiaru wykresy krzywych suszenia

$$\tilde{u} = f(\Theta) \quad (1)$$

czyli zredukowaną zawartość wody w funkcji czasu suszenia. Z wykresów wynika, że większy wpływ na szybkość suszenia ziarna słonecznika w warstwie brzegowej ma temperatura czynnika suszącego (rys. 3), mniejszy natomiast ma wpływ natężenia przepływu  $G_p$  (rys. 4). Wpływ ten występuje najbardziej w początkowym okresie i prawie zanika pod koniec suszenia.



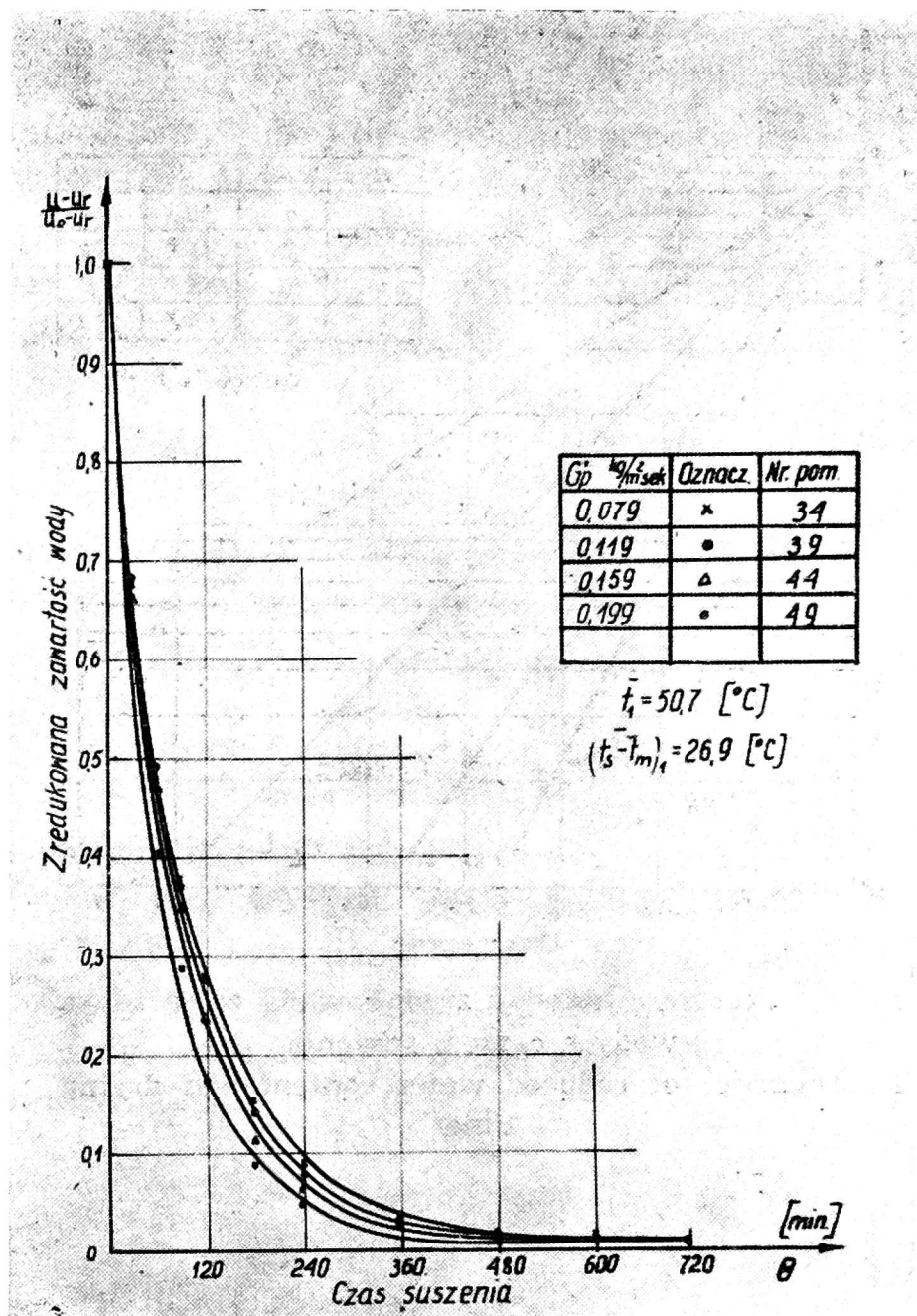
Rys. 3. Wpływ temperatury czynnika suszącego na szybkość suszenia ziarna słonecznika w warstwie brzegowej  
Influence of temperature of drying factor on drying rate of sunflower grain in marginal layer

Na podstawie analiz krzywych suszenia można stwierdzić, że suszenie ziarna słonecznika przebiega tylko przy malejącej szybkości suszenia zwanym II okresem suszenia.

Takiego przebiegu należało się spodziewać ponieważ ziarno brane do badań miało wilgotność początkową prawdopodobnie niższą od wilgotności krytycznej.

Wobec tego, że proces odbywa się w II okresie suszenia nie miało zastosowania opracowywanie wyników badań polegające na wyznaczeniu





Rys. 4. Wpływ natężenia przepływu  $G_p$  na szybkość suszenia ziarna słonecznika w warstwie brzegowej  
 Influence of intensity of flow  $G_p$  on drying rate of sunflower grain in marginal layer

szybkości suszenia w I okresie drogą graficznego różniczkowania krzywych suszenia i ustalenia krytycznej zawartości wody. Wg danych z teorii suszenia, przybliżone równanie krzywej suszenia w II okresie może mieć postać:

$$\frac{du}{d\Theta} = -K(u - u_r) \quad (2)$$

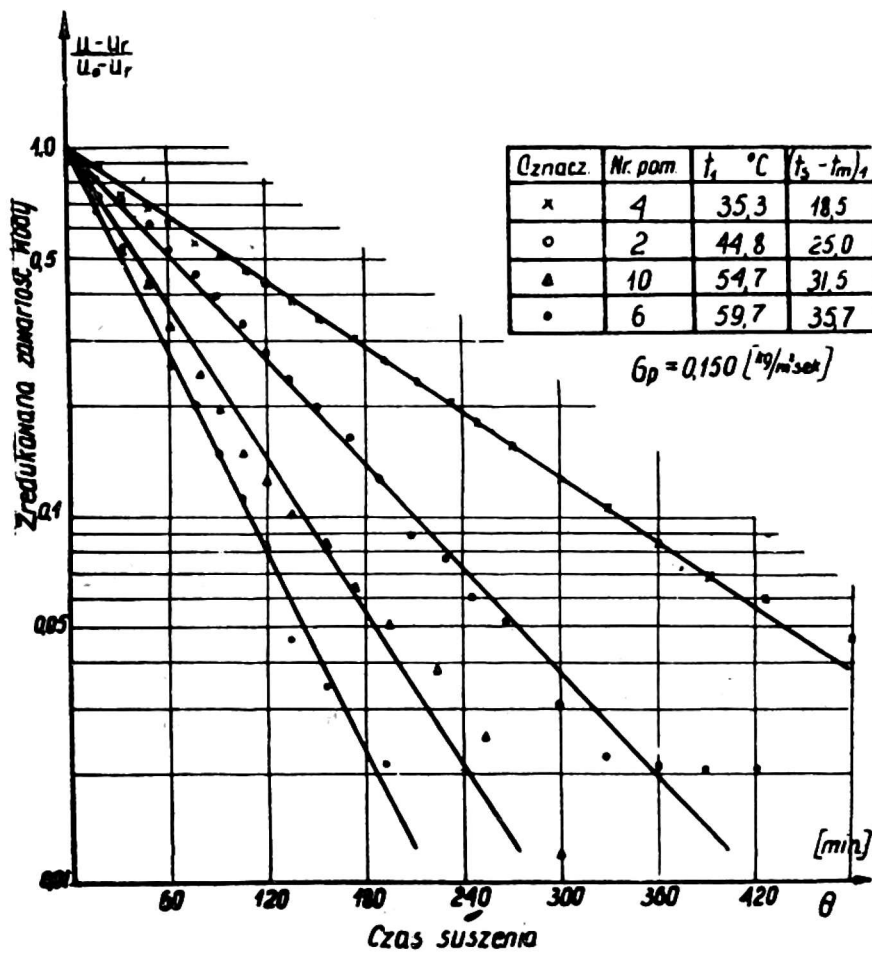
gdzie

$K$  — współczynnik suszarniczy,

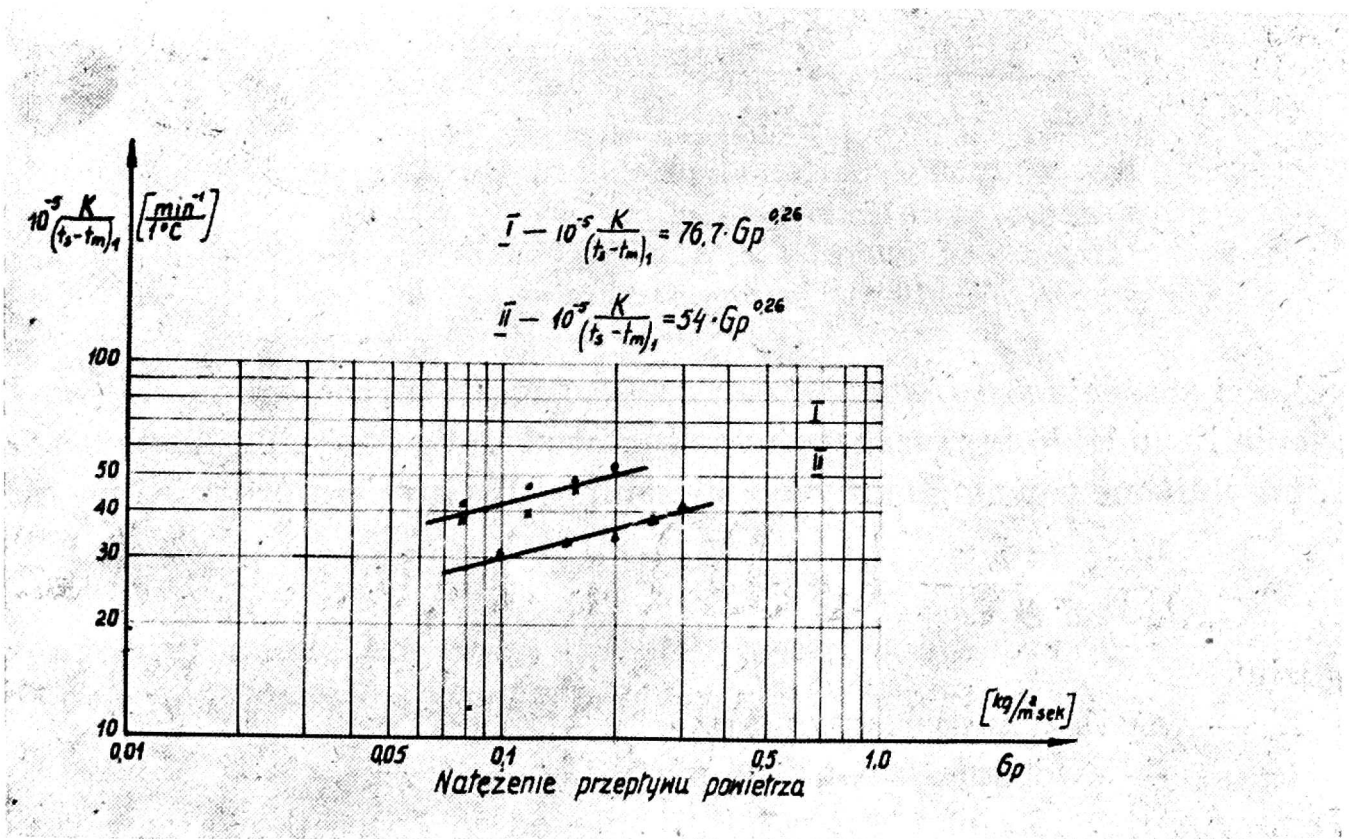
$u - u_r$  — swobodna zawartość wody.

Logarytmując to równanie w przedziale od  $u_1$  (początkowa zawartość wody) do  $u_2$  (końcowa zawartość wody) otrzymamy:

$$\ln \left( \frac{u_1 - u_r}{u_2 - u_r} \right) = K \Theta \quad (3)$$



Rys. 5. Zależność między zredukowaną zawartością wody a czasem suszenia  
Interdependence of reduced water content and drying time



Rys. 6. Zależność między współczynnikiem K (odniesionym do 1°C różnicy psychrometrycznej) a natężeniem przepływu  $G_p$   
Interdependence of coefficient K (referred to 1°C degree of psychrometric difference) and flow intensity  $G_p$

Wiadomo, że zależność między  $\ln \left( \frac{u_1 - u_2}{u_2 - u_r} \right)$  a czasem  $\Theta$  graficznie przedstawiona jest linią prostą, której tangens kąta nachylenia jest liczbowo równy współczynnikowi suszarniczemu  $K$ .

Zależność tę ilustruje rys. 5. Jak widać z rysunku analitycznie wprowadzona zależność potwierdza się danymi z pomiarów.

Ponieważ współczynnik suszarniczy  $K$  występujący w równaniu (2) charakteryzuje szybkość suszenia, dalszy ciąg rozumowania polega na ustaleniu zależności między  $K$  a różnicą psychrometryczną pod sitem i natężeniem przepływu powietrza  $Gp$ .

Zależność między współcz.  $K$  odniesionym do  $1^\circ \text{C}$  różnicy psychrometrycznej a natężeniem przepływu przedstawia rys. 6. Zależność ta jest liniowa i dla ziarna słonecznika ma postać następującą:

$$10^{-5} \frac{K}{(t_s - t_m)_1} = B Gp^{0,26} \quad (4)$$

$B$  — współcz. zależny od cech fizycznych mater.

Krzywa I z rys. 6 przedstawia zależność między  $K$  a  $Gp$  dla I i II odmiany, krzywa II dla III odmiany. Tym tylko można tłumaczyć, że te obie proste nie pokryły się. Wstawiając wyprowadzoną zależność w równanie (2) otrzymamy wzór na obliczenie szybkości suszenia w II okresie dla ziarna słonecznika:

$$\frac{du}{d\Theta} = - C Gp^{0,26} (t_s - t_m)_1 \tilde{u} \quad (5)$$

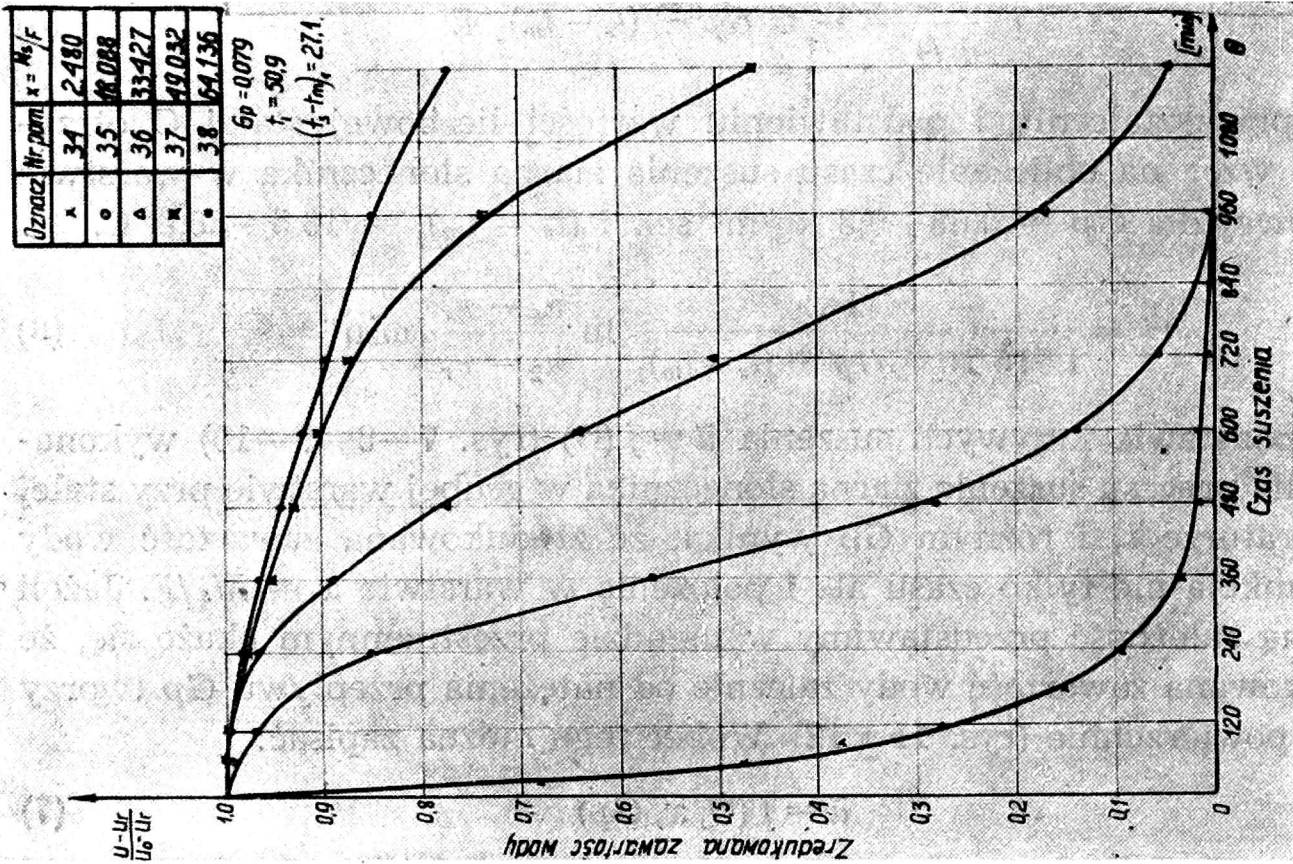
Po przekształceniu i podstawieniu wartości liczbowej stałej  $C$  otrzymamy wzór na obliczenie czasu suszenia ziarna słonecznika w warstwie brzegowej dla  $Gp = 0,08 \div 0,3 \text{ kg/m}^2 \text{ sek}$  i  $(t_s - t_m)_1 = 18,5 \div 38,6^\circ \text{C}$ .

$$\Theta = \frac{1}{1,815 \cdot 10^{-4} Gp^{0,26} (t_s - t_m)_1} \ln \frac{u_1 - u_r}{u_2 - u_r} [\text{min}] \quad (6)$$

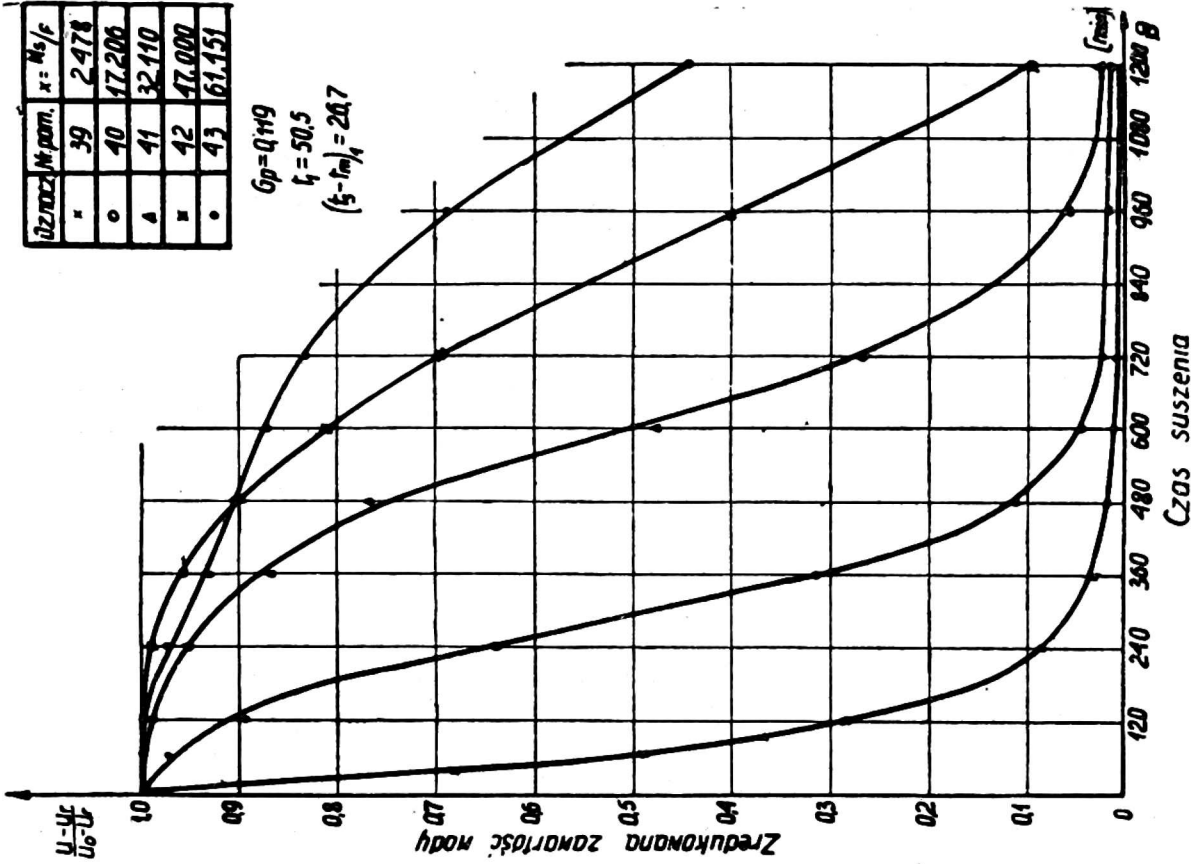
Na podstawie krzywych suszenia  $\tilde{u} = f(\Theta)$  (rys. 7—8—9—10) wykonanych dla procesu suszenia ziarna słonecznika w grubej warstwie przy stałej temperaturze  $t_1$  i różnym  $Gp$  wynika, że zredukowana zawartość wody jest funkcją nie tylko czasu ale i położenia w warstwie  $x = M_s/F$ . Jeżeli tą samą zależność przedstawimy w układzie przestrzennym okaże się, że zredukowaną zawartość wody zależnie od natężenia przepływu  $Gp$  tworzy różne powierzchnie (rys. 11 i 12). Wobec tego można zapisać:

$$\tilde{u} = f(\Theta, x, Gp) \quad (7)$$

Zależność ta była analizowana, lecz wobec zbyt dotychczas szczupłej liczby doświadczeń nie jest celowe podawanie jej w formie matematycznej.

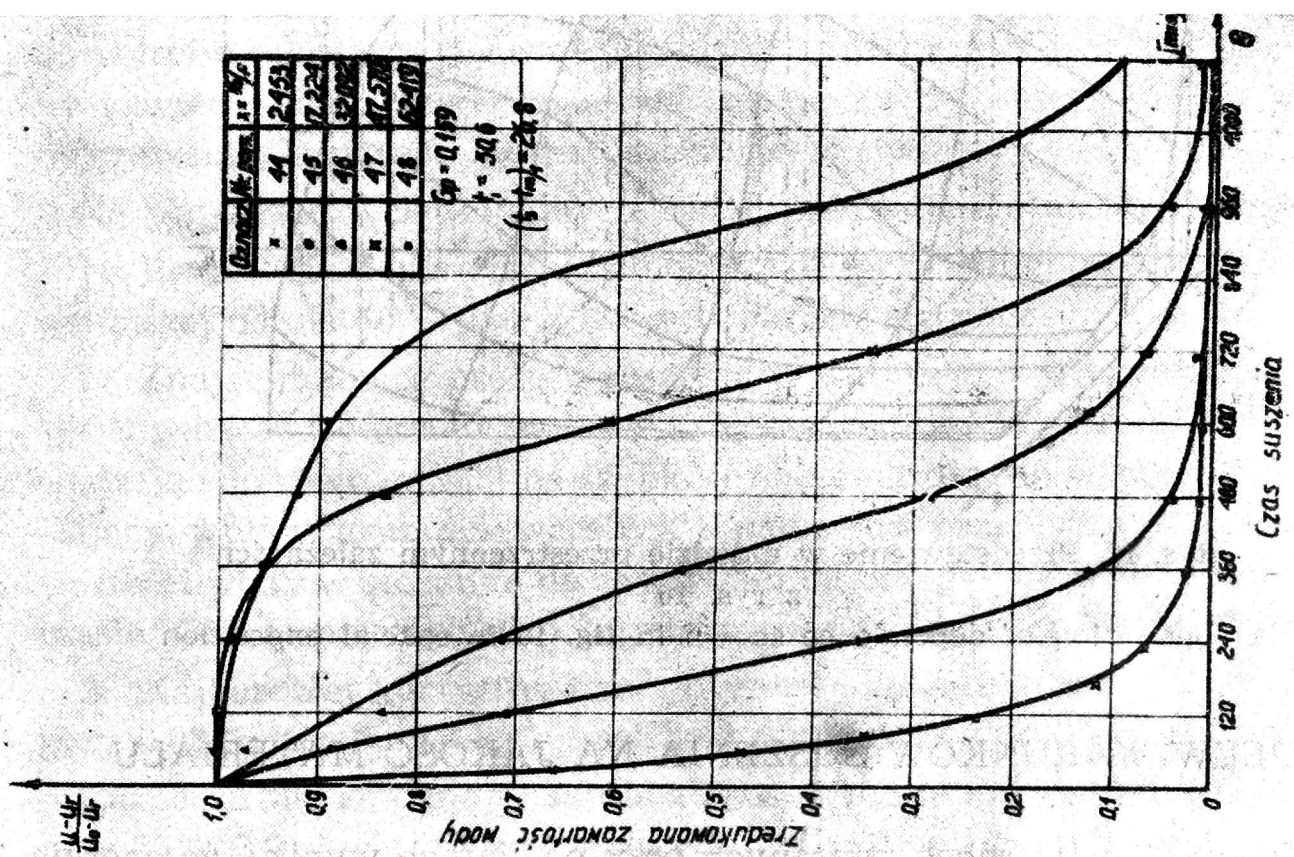


Rys. 7. Krzywe suszenia ziarna słonecznika przy  $G_p = 0,079$   
 Drying curves of sunflower grain at  $G_p = 0,079$

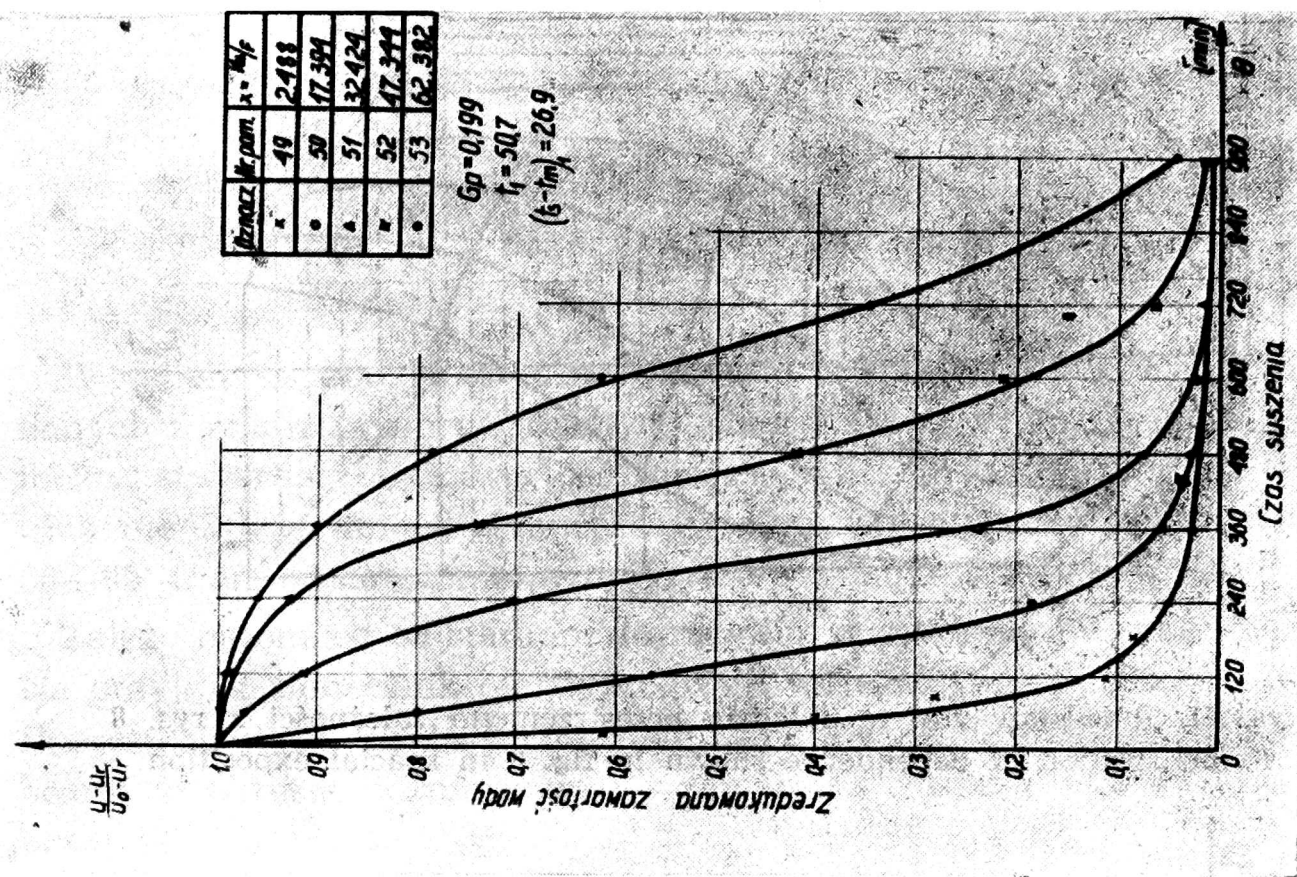


Rys. 8. Krzywe suszenia ziarna słonecznika przy  $G_p = 0,119$   
 Drying curves of sunflower grain at  $G_p = 0,119$



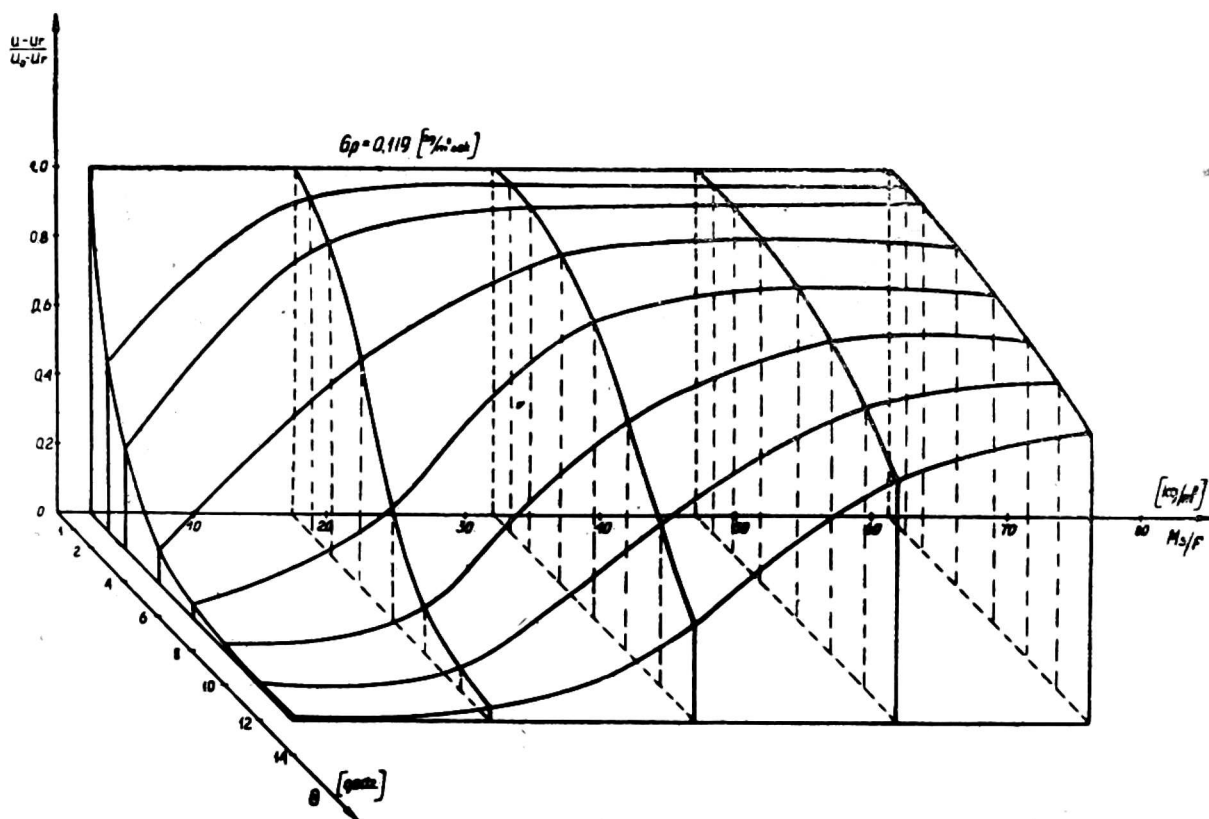


Rys. 9. Krzywe suszenia ziarna słonecznika przy  $G_p = 0,159$   
 Drying curves of sunflower grain at  $G_p = 0,159$

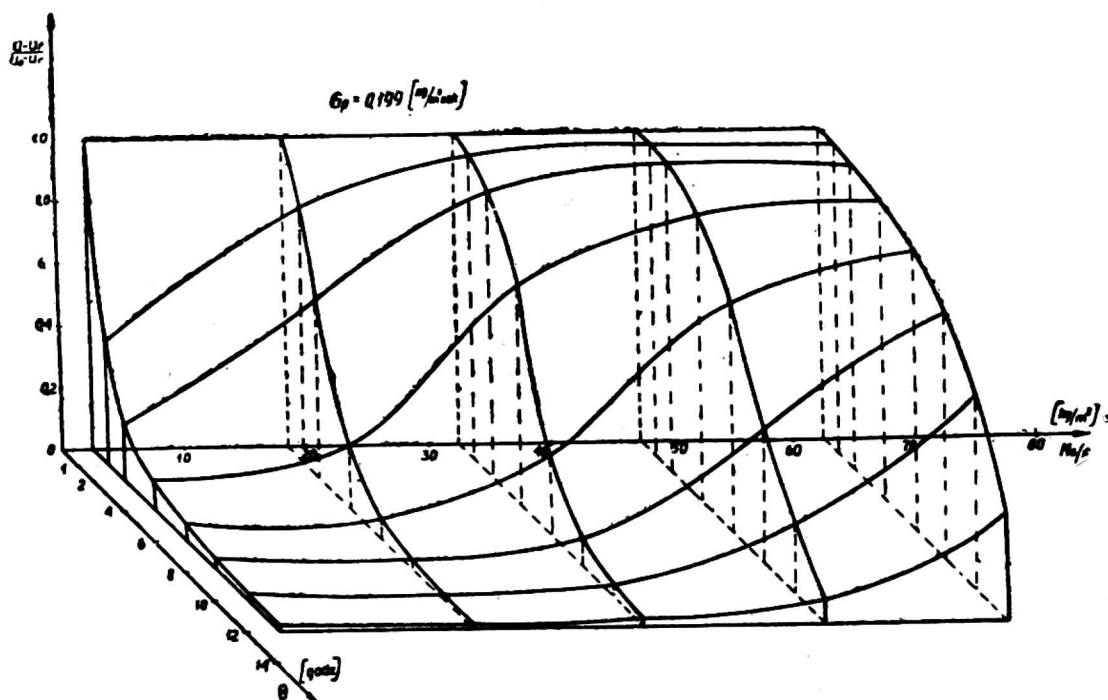


Rys. 10. Krzywe suszenia ziarna słonecznika przy  $G_p = 0,199$   
 Drying curves of sunflower grain at  $G_p = 0,199$





Rys. 11. Przedstawienie w układzie przestrzennym zależności z rys. 8  
 Demonstration of dependence shown in fig. 8 in spacial exposition



Rys. 12. Przedstawienie w układzie przestrzennym zależności  
 z rys. 10

Demonstration of dependence shown in fig. 10 in spacial exposition

## WPLYW WARUNKÓW SUSZENIA NA JAKOŚĆ MATERIAŁU

Według analizy z próbek pobranych przy pomiarach wynika, że energia i siła kiełkowania ziarna słonecznika nie zależy od natężenia przepływu powietrza w granicach najczęściej stosowanych od 0,03—0,3 kg/m<sup>2</sup> sek. Zależy natomiast od temperatury czynnika suszącego.

Na przykład:

Temp. gazu t, °C	Energia kiełk. %	Siła kiełk. %	Uwagi
18	97	97	próbka kontrolna
35—45	98	98	przy wilg. początk. ok. 35%
55—63	91	92	
80	0	0	

W tabeli są podane średnie wartości z kilku próbek. Na podstawie danych z analiz przeprowadzonych przez Laboratorium Chemiczne IMER można stwierdzić, że zawartość tłuszczu i liczba jodowa\* ziarna słonecznika nie zależy ani od temperatury czynnika suszącego w granicach od 35—95° C ani od natężenia przepływu  $G_p = 0,03—0,3 \text{ kg/m}^2 \text{ sek}$ .

Zależy natomiast od stadium dojrzałości, w jakim zostało zebrane z pola. Na przykład słonecznik oleisty zebrany wcześniej miał średnią zawartość tłuszczu w stosunku do suchej masy 26,8% i liczbę jodową 129,6% a zebrany w okresie późniejszym — zawartość tłuszczu 42,9% i liczbą jodową 143,3%.

Ma to duże znaczenie zwłaszcza w celu przeznaczenia tłuszczu słonecznikowego. Tłuszcze z dużą liczbą jodową są pożądane w przemyśle, natomiast tłuszcze z małą liczbą jodową dla celów konsumpcyjnych, głównie do wyrobu margaryny. Zarówno tłuszcze jadalne jak i techniczne, powinny zawierać małą liczbę kwasową (wolne kwasy), która maleje w miarę dojrzewania, zwiększa się natomiast liczba jodowa.

Na podstawie tych wstępnych badań nasuwają się następujące wnioski:

1. Proces suszenia ziarna słonecznika przy wilgotności początkowej mniejszej od ok. 40% przebiega w II okresie suszenia.

2. Znając przebieg procesu suszenia w warstwie brzegowej można określić zawartość wody w dowolnym miejscu warstwy i czasie suszenia, wprowadzając do równania (5) na szybkość suszenia pewien współczynnik określający wpływ grubości warstwy i natężenia przepływu na zmianę zawartości wody w stosunku do zawartości na brzegu warstwy w tym samym czasie. Określenie tego współczynnika będzie tematem dalszych badań.

3. Najbardziej korzystną temp. czynnika suszącego dla ziarna siewnego przy  $0,03 \leq G_p \leq 0,3 \text{ kg/m}^2 \text{ sek}$  jest temperatura od 35—55° C.

Zaznacza się, że dane te są dla ziarna o wilgotności początkowej w granicy 35%. Możliwie, że przy mniejszej wilgotności początkowej, zakres ten będzie większy. Praktycznie w naszych warunkach to się rzadko zdarza,

\* Jest to wskaźnik zawartości kwasów nienasyconych w tłuszczu ( $C_n H_{2n-2} O_2$ ) i wskazuje na ilość gramów jodu łączącego się z 100 g tłuszczu.

ponieważ ze względu na duże opady zaczynają gnić tarcze, co uniemożliwia otrzymanie ziarna o mniejszej wilgotności.

Na marginesie należy poruszyć pewien problem nie dotyczący bezpośrednio suszarnictwa, ale związany ściśle z produkcją słonecznika. Chodzi mianowicie o to, że produkcją słonecznika zainteresowany jest zarówno Przemysł Spożywczy jak i Związek Plantatorów Roślin Oleistych i w związku ze zwiększeniem produkcji słonecznika w 1960 r. istnieje wiele trudności z mechanizacją jego zbioru.

Brak jest odpowiednio przystosowanych maszyn do zbioru, odziarniania, czyszczenia i suszenia ziarna słonecznika.

Wypływa stąd konieczność zainteresowania się tym zagadnieniem odnośnych placówek, które podjęłyby badania nad dobozem odpowiednich maszyn i urządzeń stanowiących zaplecze techniczne dla podniesienia produkcji słonecznika i zmniejszenie nakładu robocizny.

#### LITERATURA

1. Bekasow A. G. i Denisow — „Rukowodstwo po suszkie ziarna“. Moskwa — 1952 r.
2. Falkowski J. W. — „Suszka i uwłaznienie łubowołknistych materiałów“. Moskwa — 1954 r.
3. Łykov A. W. — „Teoria suszki“. Moskwa, 1950 r.
4. Minkiewicz i Borkowski — „Rośliny oleiste“. Warszawa.
5. Pabis St. — „Wpływ różnicy psychrometrycznej, natężenia przepływu powietrza i obciążenia sit na szybkość suszenia lucerny“ IMER Warszawa, 1959 r.