

SUSZENIE KOLB KUKURYDZY W SUSZARCE DZIAŁAJACEJ
NA ZASADZIE WARSTWY OKRESOWO-PRZESUWNEJ

Zbigniew Zdrojewski

Instytut Mechanizacji Rolnictwa AR we Wrocławiu

WSTĘP I CEL BADAŃ

Obecnie w praktyce kolby kukurydzy suszone są w suszarkach działających na zasadzie grubej nieruchomej warstwy. Czynnikiem suszącym jest zatem wykorzystywany jednokrotnie, po czym uchodzi do atmosfery. Suszenie w grubej warstwie ma tę wadę, że gdy dolna część warstwy jest już wysuszona, górna partia jest jeszcze wilgotna. Prowadzi to w efekcie do przesuszania kolb leżących na spodzie warstwy i do strat energetycznych, których można by uniknąć, usuwając dolną część i zasypując od góry świeże kolby.

Pierwszy w kraju model takiej suszarki skonstruowano w IMER w Warszawie w 1962 roku. Dla warstwy o grubości 3-4 m stosowano prędkość przepływu czynnika suszącego około 0,5 m/s. Gdy kolby na dnie komory uzyskały wilgotność około 16%, wyładowywano je i dosypywano świeże od góry.

Badania [1] pozwoliły stwierdzić, że można uzyskać znacznie korzystniejsze warunki eksploatacyjne niż w tradycyjnych suszarkach komorowych. Uzyskano wówczas przy temperaturze czynnika 40°C średnie jednostkowe zużycie ciepła około $1300 \frac{\text{kcal}}{\text{kg H}_2\text{O}} = (5460 \frac{\text{kJ}}{\text{kg H}_2\text{O}})$ i objętościowy strumień wilgoci $2,4 \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{m}^3 \cdot \text{h}}$.

Korzystniejsze rezultaty takiego suszenia sprawiły, że w roku 1977 w Instytucie Mechanizacji Rolnictwa Akademii Rolniczej we Wrocławiu skonstruowano model podobnej suszarki [2], w której suszone kolby przesuwane były pionowo w dół poprzez kolejne opuszczanie z dołu do góry sit, na których znajdowały się poszczególne porcje zasypów. Badania tej suszarki poprzedzone były badaniami laboratoryjnymi na stanowisku mniejszym [2], gdzie kolby znajdowały się

w zbiornikach (razem 5 sztuk) z dnami sitowymi ustawianymi w kolumnie jeden na drugim. Gdy kolby w dolnym zbiorniku osiągały odpowiednią wilgotność, zbiornik ten usuwano z kolumny, opróżniano, załadowywano świeżym materiałem i umieszczano na górze kolumny. Badania te wykazały wiele korzyści w porównaniu z wynikami suszenia na tym samym stanowisku pomiarowym, ale traktowanym jako gruba nieruchoma warstwa. Na tej podstawie skonstruowana została suszarka o większych rozmiarach (3-komorowa), w której materiał przemieszczany był poprzez opuszczanie sit w komorach, a nie opuszczanie całych komór pionowo do dołu.

Przemieszczanie kolb kukurydzy w taki sposób eliminuje tworzenie się ewentualnych lejów (co może mieć miejsce przy wygarnianiu) i pozwala traktować jedną część komory jako pewną całość. Suszarka ta jest pierwszą od 1962 roku, w której poprzez zastosowanie warstwy okresowo-przesuwnej zmierza się do obniżenia kosztów suszenia, skrócenia procesu, a zatem zwiększenie wydajności suszarki. Dla suszarki takiego typu nie trzeba zatem, co ma miejsce w suszarce jednokomorowej stopniować wartości temperatury od trzydziestu kilku do czterdziestu dwóch stopni Celsjusza, aby nie obniżyć wartości biologicznych ziarna siewnego.

Suszarkę przebadano w Instytucie Mechanizacji Rolnictwa Akademii Rolniczej we Wrocławiu. Celem badań było wstępne określenie:

- jednostkowego zużycia ciepła,
- zmian zawartości wody kolb w trakcie suszenia,
- średniego strumienia wilgoci.

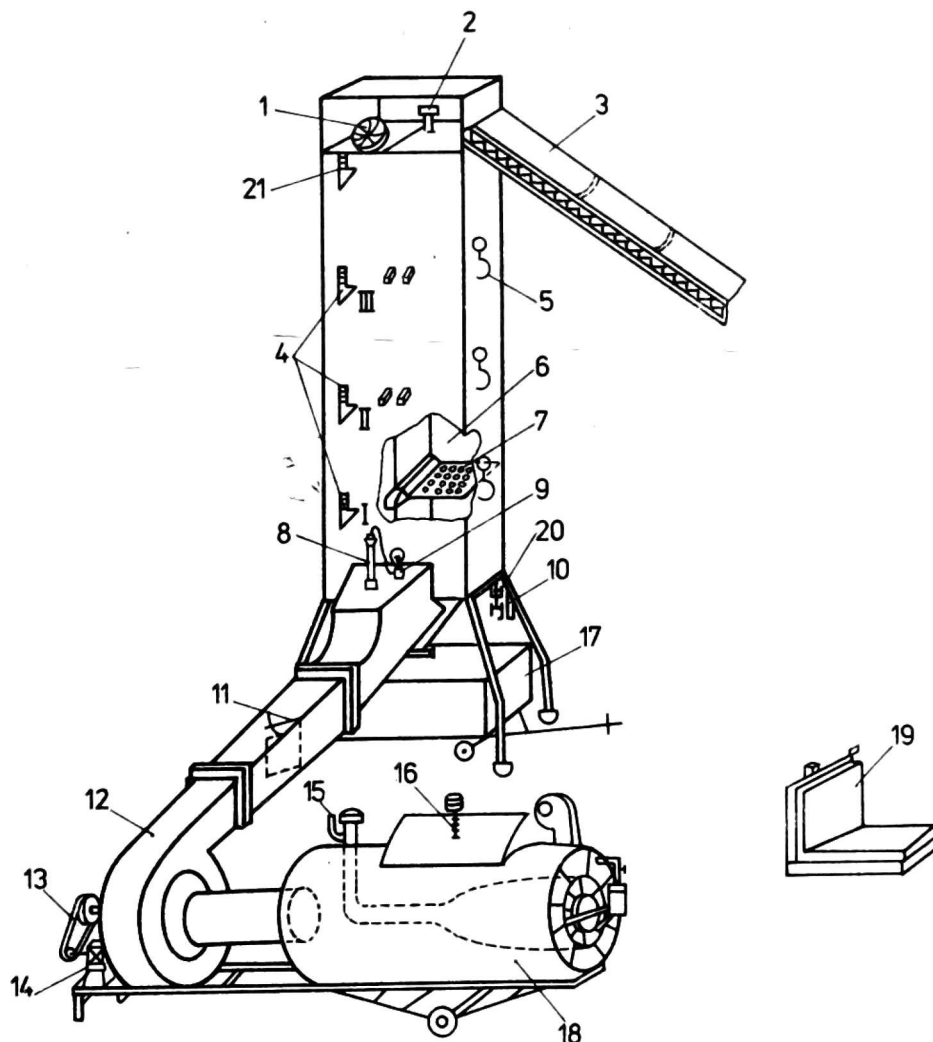
PRZEDMIOT BADAŃ

Schemat suszarki i stanowiska pomiarowego przedstawiono na rys. 1 i 2. Ogrzane powietrze z nagrzewnicy 18 wchodzi przez dolne sito komory suszenia składającej się z trzech części. Przekrój jej wynosi 1 m^2 , a wysokość zasypu kolbami świeżymi wynosi $0,8 \times 3 \text{ m}$.

Praktycznie można zasypać do górnej części komory około 350 kg kolb o wilgotności 35%. Sita między poszczególnymi częściami komory posiadają oczka o średnicy 6 mm, co zapobiega przesypywaniu się ziarna kukurydzy. Suszarka podzielona jest pionowo na dwie części, co umożliwia prowadzenie badań na dwóch rodzajach kukurydzy.

W czasie pomiaru zasypywano do górnej komory 333 kg kolb (za wyjątkiem pierwszego zasypu, który wynosił 320 kg). Co około 6 go-

dzin wysypywano dolny zbiornik do wózka, przesypano kukurydzą ze środkowego zbiornika do dolnego, z górnego do środkowego, a gór-



Rys. 1. Schemat ogólny stanowiska pomiarowego: 1 - anemometr, 2 - psychrometr Assmana, 3 - taśmociąg, 4 - termometry, 5 - dźwignia, 6 - komora suszenia, 7 - sito, 8 - termometr kontaktowy, 9 - sygnalizator świetlny, 10 - termometr otoczenia, 11 - przepustnica, 12 - wentylator, 13 - przekładnia, 14 - silnik elektryczny, 15 - termometr spalinowy, 16 - poziomowskaz, 17 - wózek odbiorczy, 18 - podgrzewacz powietrza, 19 - waga, 20 - psychrometr otoczenia, 21 - termometr wylotowy

ny zasypywano świeżą kukurydzą za pomocą transportera. Przy pomocy przepustnicy 11 ustalono prędkość przepływu na 0,2 m/s (prędkość tę określano anemometrem 1 nad górnym zbiornikiem). Temperaturę czynnika suszącego regulowano ręcznie na $50 \pm 5^{\circ}\text{C}$.

Przed każdorazowym zasypem mierzono następujące wielkości:

- temperaturę czynnika suszącego t_K termometrem kontaktowym 8,
- temperaturę czynnika t_I , t_{II} i t_{III} termometrami rtęciowymi 4,
- temperaturę wylotową czynnika t_w termometrem rtęciowym 21,
- temperaturę otoczenia t_{ot} ,
- wilgotność względną i bezwzględną powietrza otaczającego



Rys. 2. Widok stanowiska pomiarowego

oraz czynnika wylotowego z komory suszenia za pomocą psychrometru Assmana 2 i 20.

- zużycie paliwa między kolejnymi zsypani za pomocą poziomo-wskazu 16.

Określano również:

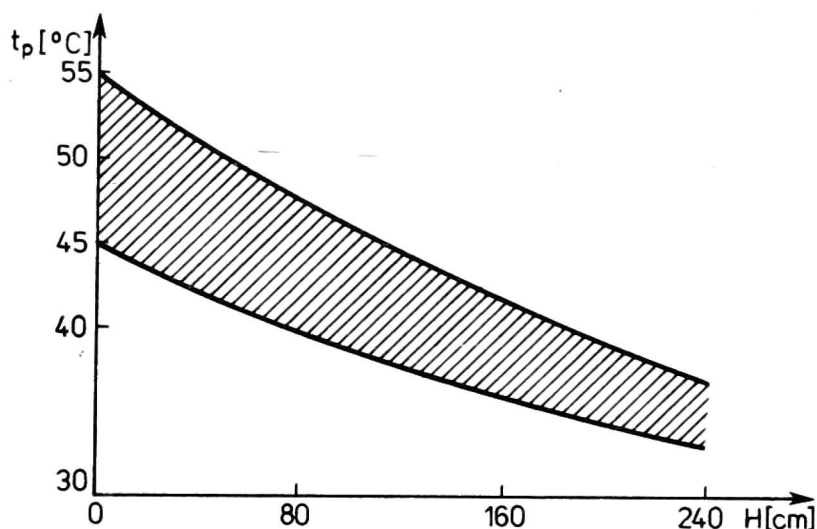
- ubytki masy każdej partii po opuszczeniu suszarki,
- wilgotności kolb świeżych i wysuszonych (ziarna, osadki i kolb całych).

Do badań użyto kolb kukurydzy odmiany IG-11.

WYNIKI BADAŃ

Łączny czas badań wyniósł 127 godzin, w czasie których dokonano 20 zasypów, a wysuszono łącznie 6288 kg kukurydzy o wilgotności początkowej kolb 36-41% (ziarna 32-37%).

Wykres spadków temperatury czynnika suszącego na wysokości komory przedstawia rys. 3. Widać z niego wyraźnie, że spadek temperatury jest dość równomierny i wynosi około 5°C na 1 m wysokości komory. Wszystkie krzywe układają się w pewnym obszarze temperaturowym. Wyniki badań przedstawiono w tabeli 1.



Rys. 3. Wykres spadków temperatury na różnych wysokościach komory suszenia

Średnia wilgotność końcowa kolb wynosiła 15-25%, a odparowało łącznie 1614 kg wody. Temperatura powietrza w czasie badań wynosiła $5-12^{\circ}\text{C}$, a jego wilgotność dochodziła nawet do 90%. Wilgotność czynnika suszącego na wylocie z komory wahała się w granicach 35-60% przy jego średniej temperaturze około 35°C .

Rozpatrując proces suszenia całościowo obliczono, że strumień wilgoci wynosił $5,3 \frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{m}^3 \cdot \text{h}}$, a jednostkowe zużycie ciepła wyniosło $3300 \frac{\text{kcal}}{\text{kg H}_2\text{O}}$, (1 cal = 4,19 J).

Jak zaznaczono, temperatura czynnika suszącego na wlocie wynosiła średnio 50°C (podyktowane to było możliwością i własnościami nagrzewnicy). Nagrzewnica podczas całego procesu suszenia spaliła 612 litrów oleju napędowego, co daje około 5 litrów na godzinę.

Czynnik suszący nawilgocił się po przejściu przez wszystkie części komory od ok. 5-7 do ok. 11-16 $\frac{\text{g H}_2\text{O}}{\text{kg s.p.}}$, co dało średni przyrost zawartości wody w powietrzu równy $\Delta x = 7 - 8 \frac{\text{g H}_2\text{O}}{\text{kg s.p.}}$.

Z tabeli pomiarów widać również, że różnica wilgotności ziarna i kolb kukurydzy wynosiła kilka procent i była większa dla kolb wilgotniejszych. W celu orientacyjnego porównania niektórych pa-

Tabela wyników

Godz	Temp. otoczenia	Temp. czynnika	Wilgotność czynnika		Woda odprowadzona	Zużycie paliwa między zasyp.	Wilgotność kukurydzy		Strum. wilgoci	Jedn. zużycie ciepła			
			wlot	wylot			ziarno osadka	kolba					
h	t _{ot} °C	t _k °C	φ _{ot} %	x _{ot} %	φ _w %	x _w %	1	10	11	12	13	14	
godz	°C	°C	%	$\frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg s.p.}}$	%	$\frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{kg s.p.}}$	kg	%	%	%	$\frac{\text{kg H}_2\text{O}}{\text{m}^3 \cdot \text{h}}$	$\frac{\text{kcal}}{\text{kg H}_2\text{O}}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
22	-	-	-	-	-	-	97 ^x		16,8	19,9	18,7		
26	-	-	-	-	-	-	98,5 ^x		13,9	24,5	15,6		
30	-	-	-	-	-	-	94,0 ^x	170	17,0	22,5	19,0		
36	-	-	-	-	-	-	79,2		20,4	29,8	23,1		
42	12	53	90	7,2	49	22	137,8	50	25,8	41,5	29,1		
50	-	-	-	-	-	-			19,7	38,2	22,2		
55	12	55	88	6,8	50	14,2	98,2	40	21,5	25,6	24,2		
61	11	54	83	7,0	36	12,8	106,5	33	11,0	22,1	12,3	5,3	3298
67	6	54	80	4,8	33	14,2	100,4	24	14,2	15,0	16,0		
73	7	48	90	5,6	60	16,3	97,9	23	18,5	32,3	21,3		
79	6	46	87	5,7	63	15,2	96,4	25	20,1	37,3	22,5		
85	8	53	82	4,8	43	22,4	88,8	20	17,6	28,7	20,0		
91	9	51	100	7,2	-	-	89,0	25	12,2	29,6	13,8		
97	7	57	98	6,2	-	-	78,8	30	18,7	36,0	21,2		
103	5	54	95	5,3	-	-	66,4	30	15,6	37,8	17,4		
109	6	54	94	6,0	-	-	61,4	30	12,2	29,6	13,8		
115	6	49	-	-	-	-	74,7	30	25,2	41,0	28,6		
121	6	45	-	-	-	-	75,2	30	21,7	41,1	24,3		
127	-	-	-	-	-	-	74,1	30	28,8	37,7	25,9		

Tabela porównawcza parametrów różnych suszarni

Wyszczególnienie	A	B	C	D	E	F	G*
Wysokość warstwy m	0,9	2,6	1	1,5	1,25	3	2,4
Wilgotność początkowa %	37	44 - 48	51	44	50 - 61	44	32 - 37
Wilgotność końcowa %	10	13 - 16	6 - 16	16	17 - 35	16	15 - 25
Wydajność suszarki z 1 m ³ warstwy suszonej w kg materiału wilgotnego na godz.	4,05	3,6	5,98	-	7,39	-	-
Objętościowy strumień wilgoci kg H ₂ O w $\frac{\text{m}^3 \cdot \text{h}}$	1,25	1,54	1,65	2,4	4,82	2,4	5,3
Jednostkowe zużycie ciepła w $\frac{\text{kcal}}{\text{kg H}_2\text{O}}$	2450	3080	3220	8150	4127	1320	3300

A - suszarka podłogowa w Kobierzycach,
 B - suszarka komorowa w Kobierzycach (produkcji radzieckiej),
 C - suszarka kontenerowa Emile-Marot w Kobierzycach (francuska),
 D - suszarka laboratoryjna w IMR - nieruchoma warstwa,
 E - suszarka laboratoryjna w IMR - ruchoma warstwa (5 zbiorników),
 F - suszarka kolumnowa IMER z 1962 roku,
 G* - suszarka badana (warstwa okresowo-przesuwana) - temperatura początkowa czynnika suszącego około 50°C.

parametrów tej suszarki z innymi suszarkami stosowanymi do suszenia kolb kukurydzy lub suszarkami laboratoryjnymi, na których prowadzono podobne badania wykonano zestawienie parametrów omawianej suszarki z danymi tych urządzeń według literatury [3] w tabeli 2. W zestawieniu tym suszarki D i E są właśnie tymi na których przeprowadzono pierwsze badania laboratoryjne.

WNIOSKI

Wyniki uzyskane w suszarce z warstwą ruchomą były korzystniejsze w porównaniu z warstwą nieruchomą. Objętościowy strumień wilgoci i jednostkowe zużycie ciepła były dwukrotnie korzystniejsze. Korzystnie przedstawiają się również wyniki osiągnięte w suszarce badanej oznaczonej przez G^X . Na tle suszarek przemysłowych A, B, C oraz suszarki kolumnowej IMER z 1962 roku widać, że objętościowy strumień wilgoci jest tutaj największy.

Zużycie ciepła można znacznie zmniejszyć przez zaizolowanie zarówno komory suszenia jak i przewodów pneumatycznych oraz zastosowanie nagrzewnicy powietrza o wyższej sprawności cieplnej.

LITERATURA

1. Pabis S., Biłowicka E.: Badania procesu suszenia w przeciwnym kierunku kaczanów kukurydzy na wybranym w IBMER modelu suszarki. B.I. - IBMER, Nr 3/1964.
2. Kamiński E., i inni: Wymiana ciepła i masy rozdrobnionych ciał w złożach nieruchomych i ruchomych w procesach suszenia płodów rolnych oraz suszenia i granulowania pasz. Opracowanie. Maszynopis w IMR - A.R. we Wrocławiu, 1978.
3. Kamiński E.: Teoria i technologia suszenia kukurydzy. Wyd. IBMER, Warszawa, 1979.

Збигнев Здроевски

СУШКА КОЧАНОВ КУКУРУЗЫ В СУШИЛКЕ, ДЕЙСТВУЮЩЕЙ ПО ПРИНЦИПУ ПЕРИОДИЧЕСКИ ПЕРЕДВИЖНОГО СЛОЯ

Р е з ю м е

Применяемые в настоящее время сушильные установки для кочанов кукурузы действуют по принципу толстого неподвижного слоя. В статье представлено решение сушилки, которая является посредственной формой между толстым неподвижным слоем и противотоком, так как ко-

чаны передвигаются периодически на всё более низкий уровень, а сверху всыпают новую порцию.

Во вступительных испытаниях этой сушилки были анализированы её наиболее важные эксплуатационные параметры. В таблицах были сравнены результаты сушки в этой сушилке и в других.

Zbigniew Zdrojewski

DRYING CORN EARS IN A DRIER WORKING ON PRINCIPLE
OF PERIODICALLY DISPLACED LAYER

S u m m a r y

Driers working on the principle of thick stationary layer are commonly used for drying corn ears.

Drying system presented in the paper works on the principle intermediate between thick stationary layer and counter-flow; the ears are displaced periodically lower and lower while the new batches are loaded from the top.

The principal operating parameters of a drier were investigated during preliminary tests. The results of drying were compared in tables with the results obtained in other types of driers.