

RZECZYWISTE WSKAŹNIKI TECHNICZNE, EKSPLOATACYJNE
I ENERGETYCZNE ROLNICZYCH SUSZAREK DO ZIARNA ZBÓŻ
STOSOWANYCH W POLSCE

Tadeusz Kulik

Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa
w Warszawie

WSTĘP

W rolnictwie polskim eksploatowana jest obecnie znaczna liczba suszarek jugosłowiańskich firmy CER Čačak typu VSZ-3P i IVSK-9, jedna suszarka francuska firmy "Rivierre - Casalis" typu GPZ model S14E oraz jedno urządzenie suszarnicze USA firmy "Shivvers" typu SC-20. Ponadto Fabryka Maszyn Rolniczych "Rofama" podjęła produkcję krajowych suszarek typu SD-20 (M820).

Ustalenie warunków ekonomicznego suszenia ziarna zbóż, przy których zachowana byłaby dobra jakość ziarna, wymaga określenia pewnych wymagań technicznych. Wymagania te dotyczą głównie wydajności suszarki i jednostkowego zużycia ciepła przy zachowaniu dobrej jakości suszonego produktu.

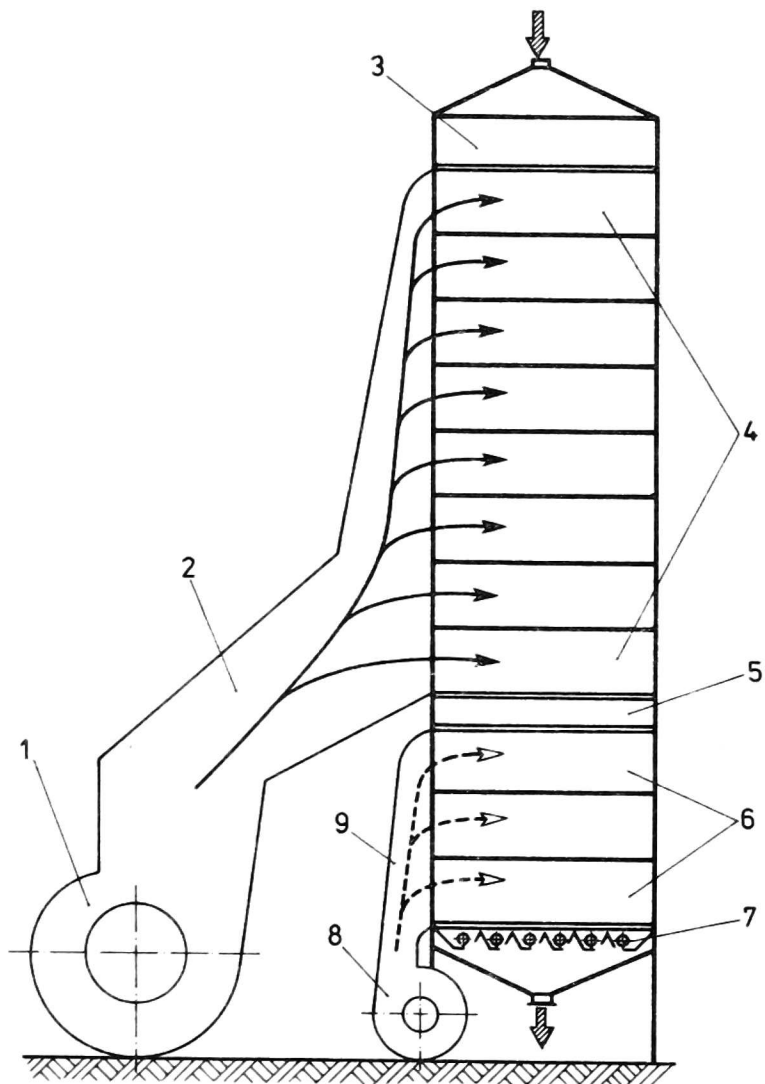
Producenci suszarek podają wskaźniki techniczne, których często podczas eksploatacji suszarek nie można uzyskać. Suszarka stanowi w linii technologicznej suszenia zboża ważne ogniwo, ale na jej wskaźniki wpływa także stosowanie prawidłowej technologii i organizacji pracy [2, 6]. Dlatego na podstawie badań własnych [3, 4] i obcych [5] podczas suszenia ziarna zbóż w eksploatowanych w krajowym rolnictwie suszarkach określono rzeczywiste wskaźniki warunków suszenia, wydajność i wskaźniki energetyczne. Dokonano także oceny ekonomicznej pracy tych suszarek.

OPIS BUDOWY I ZASADA DZIAŁANIA

Omawiane suszarki przeznaczone są do prowadzenia procesu suszenia konwekcyjnego ziarna zbóż i kukurydzy.

Suszarka jugosłowskańska VSZ-3P

Schemat suszarki VSZ-3P pokazano na rysunku 1. Grawitacyjna suszarka VSZ-3P składa się z kolumny suszącej, kanału ciepłego i



i zimnego powietrza, wentylatorów, podgrzewacza powietrza na paliwo ciekłe i szafy sterowniczej. Kolumna susząca posiada strefę suszenia 4 (osiem segmentów suszących), strefę przejściową 5 i strefę chłodzenia 6 (trzy segmenty). Segmenty wykonane są ze stalowych blach i kształtowników. Wewnątrz segmentów umieszczony jest system płyt mający zapewnić maksymalną wymianę ciepła i wilgoci oraz dobre wymieszanie ziarna. Do chłodzenia ziarna nagrzanego w strefie suszenia wykorzystuje się powietrze z otoczenia. Pod strefą chłodzenia znajduje się urządzenie do wygarniania ziarna, składające się

Rys. 1. Schemat suszarki VSZ-3P

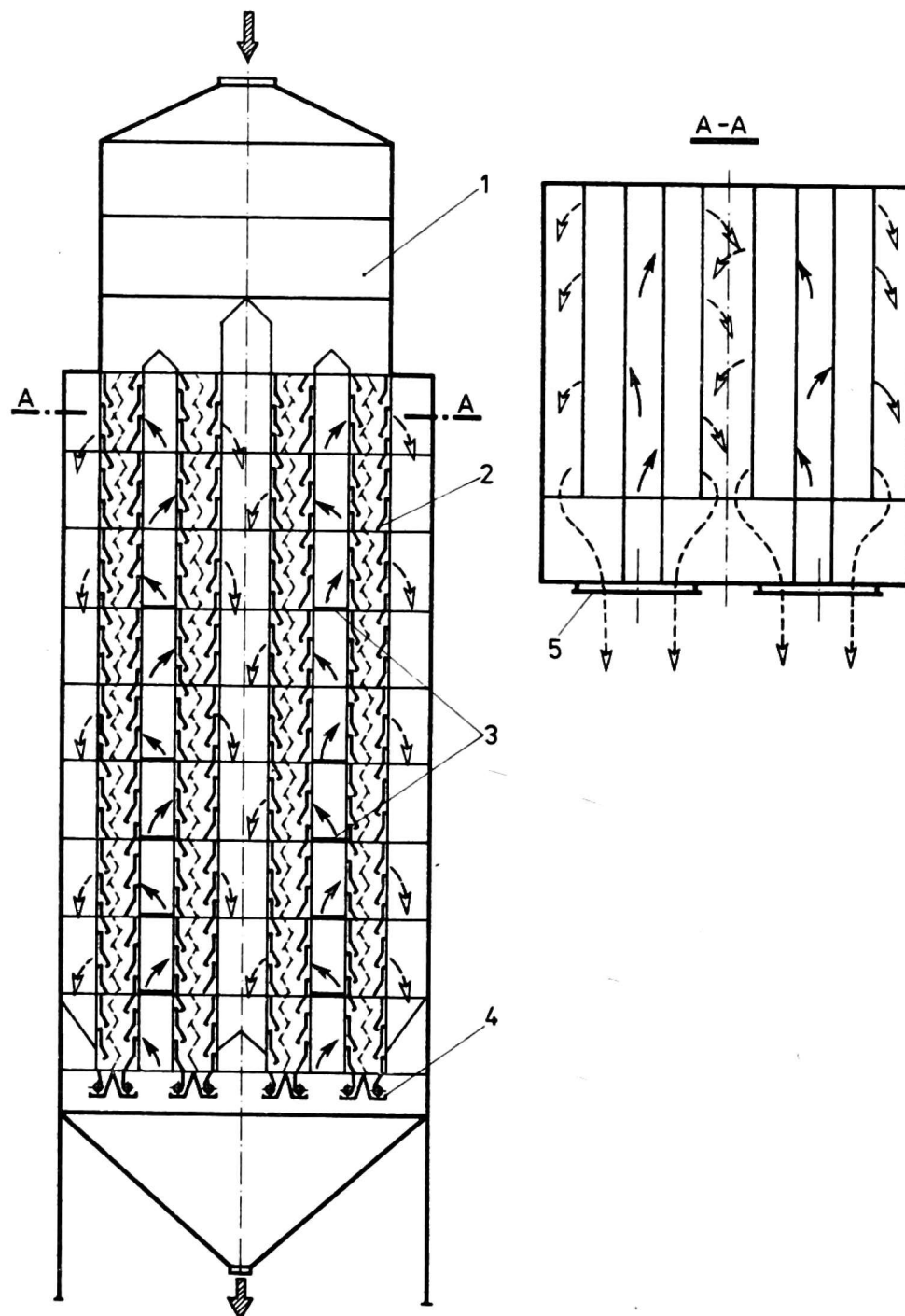
z sześciu wygarniaczy 7. Przepustowość suszarki jest regulowana ręcznie przez zmianę prędkości obrotowej wygarniaczy, której dokonuje się pokrętłem przekładni bezstopniowej. Czynnikiem suszącym jest powietrze ogrzane w podgrzewaczu, które wtłacza wentylator 1 do kanału strefy suszenia 2. Wentylator ten jest wyposażony w przesłony do regulacji ilości powietrza. Do chłodzenia ziarna służy drugi wentylator 8, który wtłacza zimne powietrze poprzez kanał 9 do strefy chłodzenia. Ilość tłoczonego zimnego powietrza również jest regulowana przesłonami. Po przeciwnej stronie strefy suszenia i chłodzenia znajdują się regulowane przesłony wyloty do odprowadzenia powietrza nawilgoconego. Do sterowania poszczególnymi zespołami suszarki służy szafa sterownicza, na pulpicie której oznaczony jest schemat suszarki z lampkami sygnalizacyjnymi. Wewnątrz szafy umieszczone są wyłączniki, mier-

niki elektryczne, bezpieczniki i inne elementy sterowania automatycznego. Na bocznej ścianie kolumny suszącej znajdują się drabiny i otwory kontrolne oraz włązy do oczyszczania poszczególnych segmentów. Do kontroli poziomu zasypanego ziarna służą dwa czujniki membranowe umieszczone w koszu zasypowym 3. Regulacja ilości spalanego paliwa i niezbędnej ilości powietrza do spalania odbywa się automatycznie poprzez serwomotor, wentyl oraz wentylator palnika. Do sterowania pracą palnika służy programator duńskiej firmy "Danfos" oparty na licencji USA. Do kontroli temperatury czynnika suszącego i nagrzania ziarna zastosowano cztery termopary. Suszarka stanowi wolnostojącą, konstrukcyjnie zamkniętą całość, zabezpieczoną przed wpływami atmosferycznymi odpowiednią farbą antykorozyjną.

Suszarka francuska GPZ

Schemat suszarki GPZ model S14E ilustruje rysunek 2. Suszarka składa się ze zbiornika rozdzielczego, pionowych kolumn susząco-chłodzących, wentylatorów, podgrzewacza powietrza na paliwo ciekłe oraz urządzeń sterowniczo-kontrolnych.

Zbiornik rozdzielczy 1, w którym następuje wstępne podgrzanie ziarna jest umieszczony na pionowych kolumnach susząco-chłodzących 2. Wewnątrz zbiornika są zamontowane daszki kierujące ziarno do poszczególnych kolumn. Suszarka posiada cztery kolumny montowane równolegle do siebie i zgrupowane po dwie dla rozdziału powietrza. Pomiędzy pierwszą i drugą kolumną oraz trzecią i czwartą znajdują się komory doprowadzające czynnik suszący, natomiast pomiędzy drugą i trzecią oraz pomiędzy zewnętrznymi kolumnami a ich obudową znajdują się komory odprowadzające zużyty czynnik. Zużyty czynnik z komór przechodzi do dwóch kolektorów 5 i wydalany jest na zewnątrz suszarki. Każda kolumna suszarki złożona jest z elementów 0,75 m, których liczba zależy od typu suszarki. Na przykład kolumnowa suszarka S14 zawiera 14 elementów (11 elementów strefy suszenia i 3 elementy strefy chłodzenia). Elementy kolumny posiadają ściany żaluzjowe, a wewnątrz perforowane przegrody. Wysokość kolumny przeznaczonej do suszenia i chłodzenia jest zmienna dzięki urządzeniom rozdzielającym powietrze 3. Czynnikiem suszącym jest powietrze ogrzane w podgrzewaczu, które przetłacza wentylator do komory rozdzielczej zaopatrzonej w przesłony pozwalające na różne sposoby jego rozdziału. Przy otwartej przesłonie pozio-



Rys. 2. Schemat suszarki S14E

mej, dzielącej komorę na dwie części, ciepłe powietrze rozprze-
 strzenia się na całą wysokość suszarki. Natomiast przy zamkniętej
 przesłonie ciepłe powietrze kierowane jest tylko do dolnej części
 suszarki. Dolna część suszarki wyposażona jest w pionowe przesłony
 po dwie na każdy element, co pozwala na dozowanie ilości ciep-
 łego powietrza doprowadzanego do każdego elementu. Zimne powie-
 trze dostarczane jest bezpośrednio pomiędzy kolumny przez sześć ma-
 łych wentylatorów montowanych do tylnej części suszarki, wyposa-
 żonych w zasuwy do regulacji wydatku powietrza. W każdej kolumnie
 warstwa ziarna znajdująca się od strony dopływu ciepłego powie-
 trza schnie szybciej niż strona przeciwległa, przez którą wydobywa

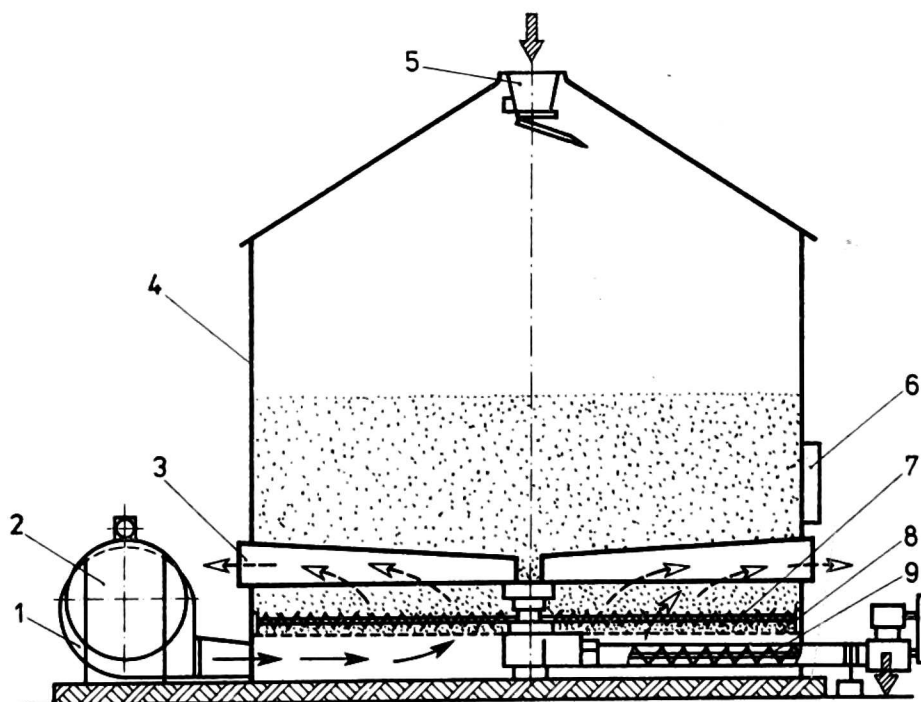
się powietrze nawilgocone. Dlatego też przepływ grawitacyjny ziarna przez kolumnę od strony wlotu czynnika suszącego ciepłego powietrza jest szybszy dzięki większym obrotom wałka wygraniającego urządzenia wysypowego 4. Urządzenie wysypowe składa się z ośmiu wygarniaczy, po dwa na każdą kolumnę. Urządzenia wysypowe suszarki są sterowane przez regulowane przełączniki czasowe, co pozwala na zmianę czasu trwania i częstotliwości wyładunku, a tym samym na wydajność suszarki.

Urządzenia sterownicze, regulacyjne, zabezpieczające i sygnalizacyjne są umieszczone w szafie sterowniczej. Natomiast czujniki temperatury czynnika suszącego i ziarna oraz poziomu napełnienia suszarki są zamontowane w odpowiednich miejscach zespołu suszarniczego.

Suszarka jest ustawiona na konstrukcji wsporczej z kształtowników stalowych. Do konstrukcji wsporczej przytwierdzone są dwa pomosty ze schodami umożliwiające wejście na drabinę oraz do wnętrza suszarki przez odpowiedni właz.

Urządzenie amerykańskie "Shivvers"

Na rysunku 3 pokazano schemat urządzenia suszarniczego. Urządzenie składa się z cylindrycznego silosa, pieca na paliwo ciekłe,



Rys. 3. Schemat urządzenia suszarniczego "Shivvers"

wentylatora i szafki sterowniczej. Obudowa zewnętrzna silosa 4 wykonana jest z ocynkowanej blachy. Wewnątrz, w dolnej części urządzenia pod dnem sitowym 8, zainstalowany jest przenośnik ślimako-

wy 9, służący do wysypu wysuszonego ziarna. Natomiast nad dnem sitowym znajdują się dwa ślimaki wygarniające ziarno 7 oraz 48 rynienek 3, służących do odprowadzania na zewnątrz zużytego (nawilgoconego) czynnika suszącego. Załadunek wilgotnego ziarna odbywa się za pomocą obrotowego zasypu 5, mającego na celu równomierny i zapobiegający samosortowaniu rozdział ziarna na całej powierzchni urządzenia. Czynniki suszący - stanowiący mieszaninę spalin i powietrza - wytwarzany jest w piecu na paliwo ciekłe 2, a następnie wentylatorem 1 wtłaczany jest pod dno sitowe 8, skąd po przejściu przez warstwę ziarna o grubości około 50 cm uchodzi na zewnątrz rynienkami 3. Proces suszenia odbywa się więc w przeciwnym kierunku, w cienkiej warstwie, pomiędzy dnem sitowym i rynienkami. Suche ziarno transportowane jest dwoma ślimakami wygarniającymi 7 do przenośnika ślimakowego 9, a z niego na zewnątrz urządzenia suszarniczego. Praca urządzenia odbywa się w ruchu ciągłym poprzez zasyp i rozładunek ziarna.

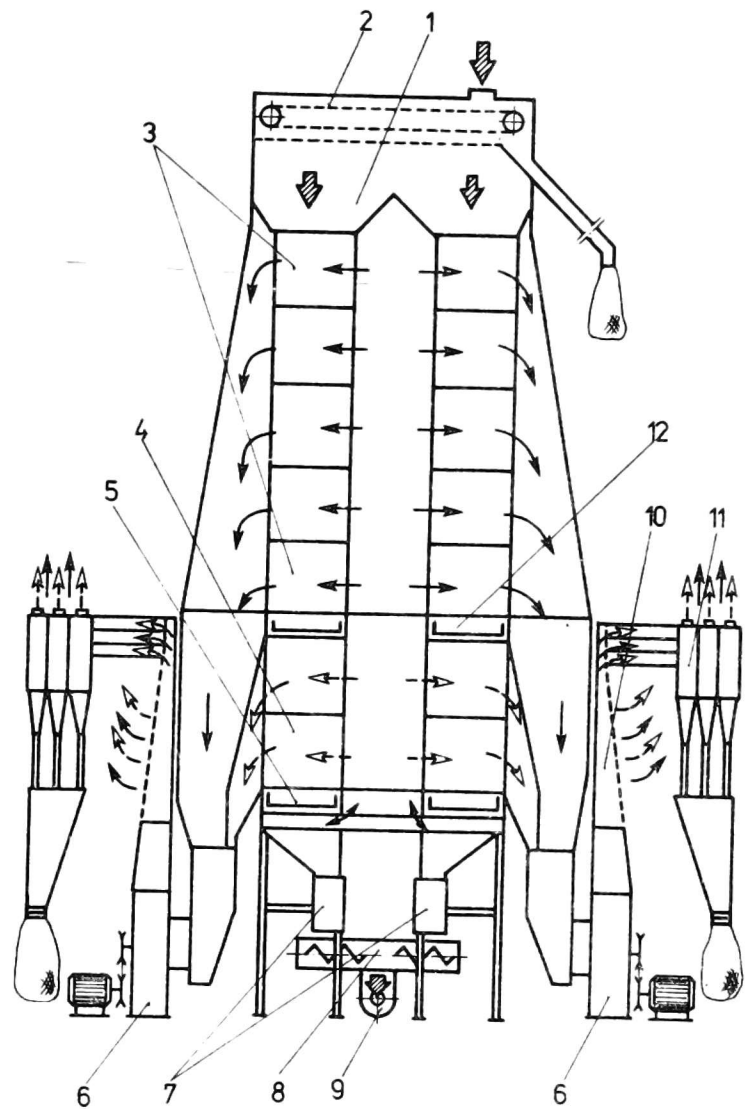
Do kontroli i sterowania procesu suszenia służy szafka sterownicza 6. W początkowym okresie suszenia, sterowanie odbywa się ręcznie, a po ustaleniu warunków suszenia przełącza się na sterowanie automatyczne.

Suszarka polska M820

Schemat suszarki M820 (SD-20) pokazano na rysunku 4. Daszkowa suszarka grawitacyjna M820 składa się ze zbiornika zasypowego, kolumn susząco-chłodzących, wentylatorów z urządzeniami odpylającymi, podgrzewacza powietrza na paliwo stałe oraz urządzeń kontrolno-pomiarowych i sterowniczych.

Zbiornik zasypowy 1 jest umieszczony na kolumnach susząco-chłodzących 3 i 4. W górnej części zbiornika zamontowany jest rozgarniacz 2, a w bocznej ścianie czujnik napełnienia suszarki. Sekcje komór susząco-chłodzących są ustawione w podwójnych kolumnach naprzeciw siebie. Sekcje komory suszenia i chłodzenia są identyczne. Różnica w działaniu polega na przepływie przez kanały zimnego, lub ogrzanego powietrza. Wewnątrz każdej sekcji są zamontowane cztery rzędy kanałów wlotowych i 3 rzędy kanałów wylotowych powietrza. Kanały mają kształt dwuspadowych daszków wykonanych z blachy. Ściany zewnętrzne sekcji suszenia są izolowane cieplnie. Komora suszenia oddzielona jest zaporą 12 od komory chłodzenia. Do regulowanego wypuszczania ziarna z kolumny służy wygarniacz 5,

którego zasadniczym elementem są korytka umieszczone nad lejami wysypowymi. Wyloty lejów wysypowych zakończone są przenośnikiem zgarniakovym 7. Zmiana kąta wychylenia korytka powoduje zmniejszenie lub zwiększenie masy ziarna wypuszczanej z kolumny. Suszarka wyposażona jest w cztery typowe wentylatory promieniowe 6. Otwory wlotowe wentylatorów połączone są przewodami z komorami suszenia i chłodzenia, natomiast otwory wylotowe połączone są przewodami urządzeń odpylających. Każdy wentylator posiada oddzielne urządzenie odpylające. Urządzenie odpylające składa się z filtra inercyjnego 10 i multicyklonu 11. Czynnikiem suszącym jest ogrzane w podgrzewaczu powietrze. Ziarno podawane do zbiornika 1 spada na rozgarniacz 2, który utrzymuje równomierną wysokość warstwy ziarna w zbiorniku oraz oddziela grubsze zanieczyszczenia. Ze zbiornika ziarno przesypuje się między daszkami komory 3, gdzie stykając się z czynnikiem suszącym ulega podgrzaniu, a następnie wysuszeniu. Z komory suszenia ziarno przesypuje się przez komorę chłodzenia 4, gdzie zostaje schłodzone i dalej za pomocą wygarniaczy 5 dostaje się do lejów wysypowych z przenośnikami zgarniakovymi 7. Przenośniki zgarniakovy transportują ziarno do przenośnika ślimakowego o przeciwbieżnych zwojach 8, a następnie przenośnikiem ślimakowym 9 do dalszych urządzeń linii technologicznej magazynu. Zużyty czynnik suszący i chłodzący miesza się w wentylatorze 6, a następnie zostaje wtłoczony do filtra inercyjnego 10. W filtrze tym pod wpływem nagłej zmiany kierunku przepływu czynnika następuje oddzielenie od niego większych pyłów, a część czynnika zostaje odprowadzona do atmosfery. Reszta czynnika jest skierowana do multicyklonu 11, gdzie następuje wydzielenie pozostałych jeszcze py-



Rys. 4. Schemat suszarki M820

Podstawowe wskaźniki techniczne suszarek

Wskaźniki	Jednostki miary		Typ suszarki		
	VSZ-3P	GPZ	SHIVERS	M820	
Producent	-	CER Čačak	Rivierre-Casalis	Shivvers	FMR "Rofama"
Kraj	-	Jugosławia	Francja	USA	Polska
Wydajność znamionowa przy suszeniu pszenicy o wilgotności początkowej 20% i końcowej 14%	t/h	20	13	20	20
Rodzaj paliwa	-	olej napęd.	olej na- pęd.	olej napęd.	miał węglowy
Zużycie paliwa maksymalne	kg/h	350	240	85	400
Moc zainstalowana	kW	90	51,7	59,1	92,2
Wydatek wentylatora czynnika suszącego	m ³ /h	100 000	82 500	73 000	4 x 26 000 =
Wydatek wentylatora chłodzenia	m ³ /h	40 000	30 000	-	= 104 000
Wymiary gabarytowe					
długość z podgrzewaczem	m	15,0	15,9	-	15,0
szerokość (średnica)	m	6,0	3,56	Ø 7,32	8,0
wysokość	m	16,5	16,9	7,5	12,3

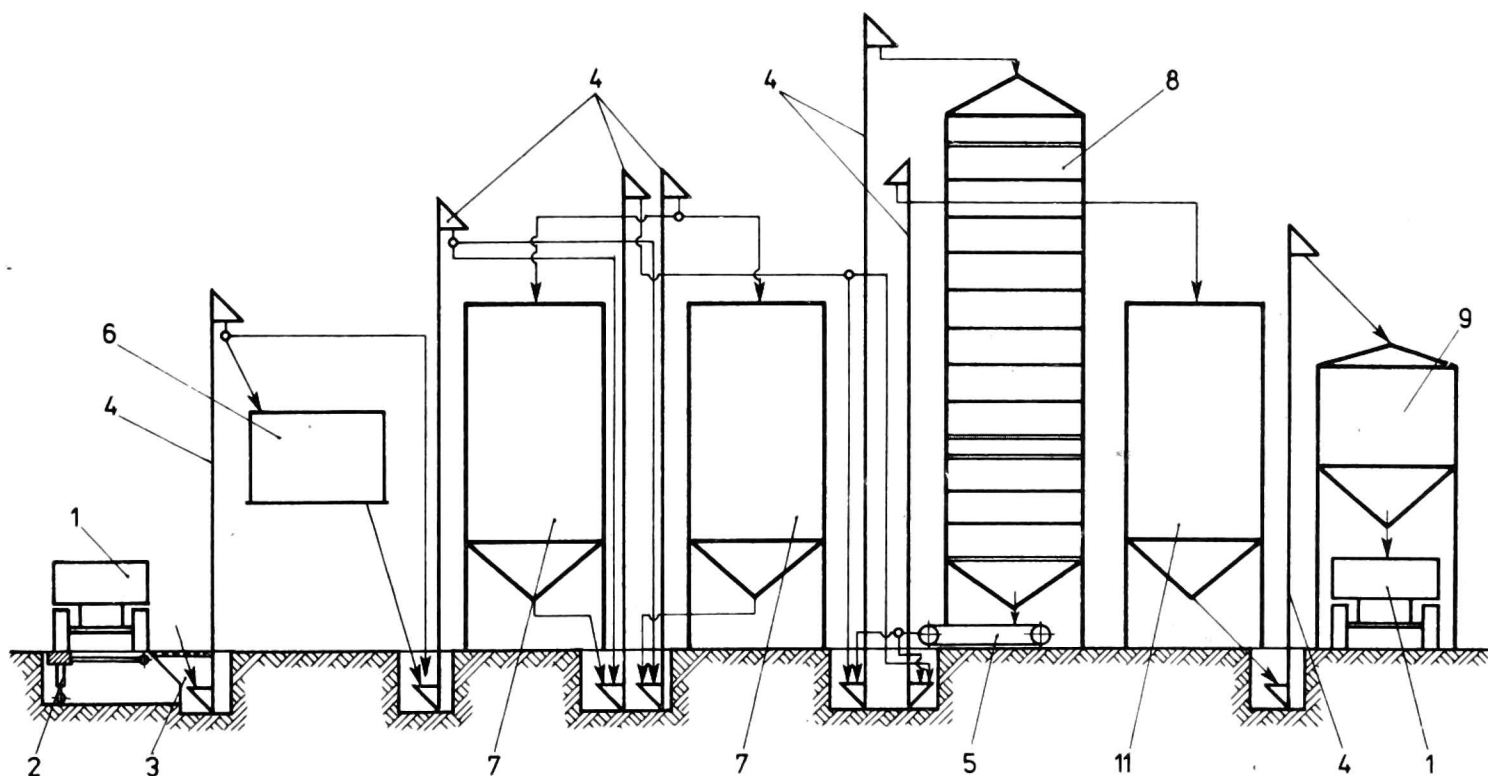
łów, natomiast oczyszczony czynnik zostaje wytłoczony do atmosfery.

Centralnym punktem zasilania i sterowania urządzeniami suszarki jest szafa sterowniczo-rozdzielcza. Stan pracy poszczególnych urządzeń suszarki jest sygnalizowany optycznie na schemacie technologicznym umieszczonym na lewych drzwiach szafy. Na prawych drzwiach szafy znajdują się przyciski sterujące pracą silników elektrycznych oraz termorejestratorów temperatur czynnika suszącego i nagrzania ziarna.

W tabeli 1 zestawiono według danych fabrycznych podstawowe wskaźniki techniczne omawianych suszarek.

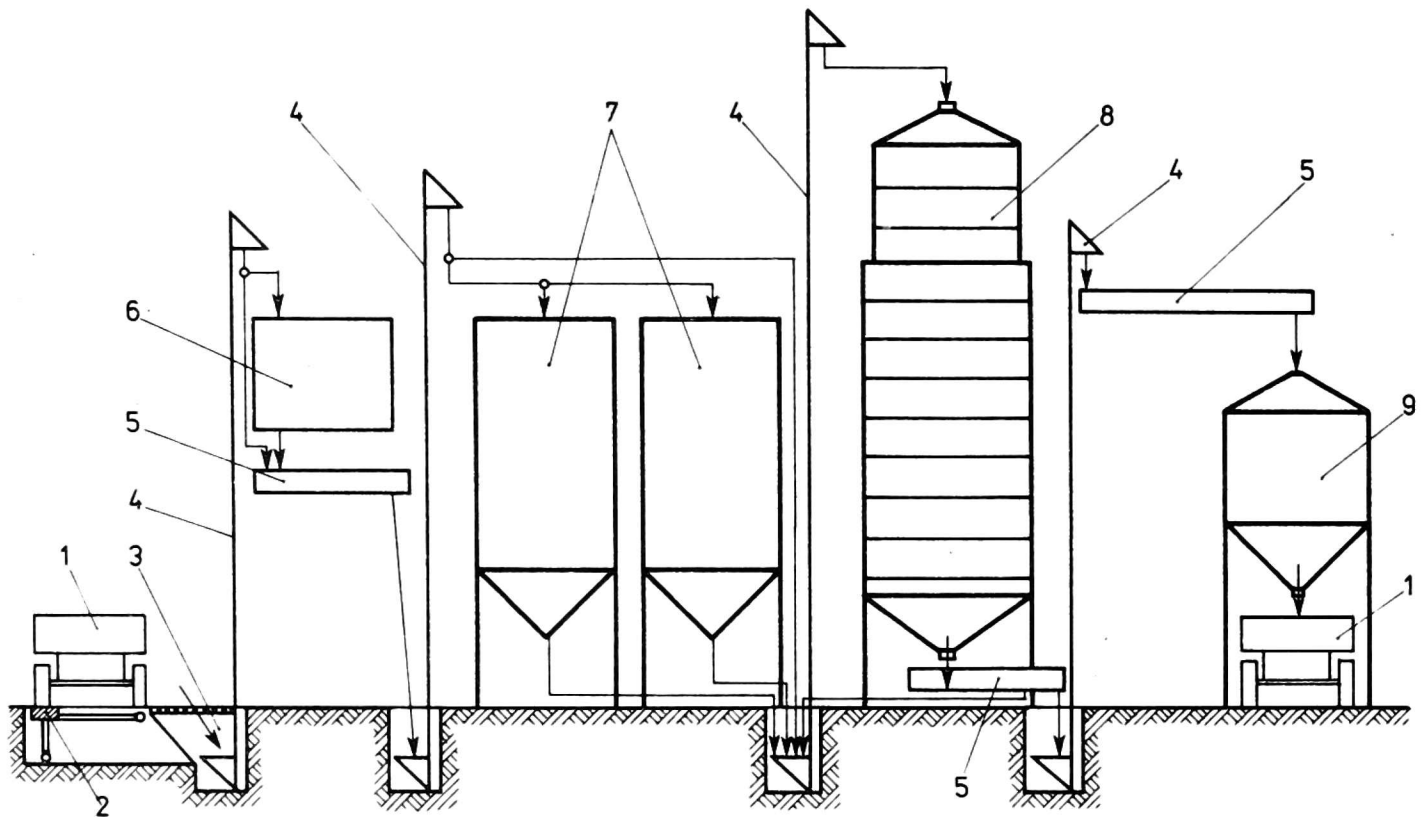
Technologia i organizacja pracy

Do zapewnienia prawidłowej pracy suszarki niezbędne są maszyny i urządzenia pomocnicze służące do przyjęcia, transportu wewnętrznego, czyszczenia i ekspedycji ziarna. Na schematach poka-

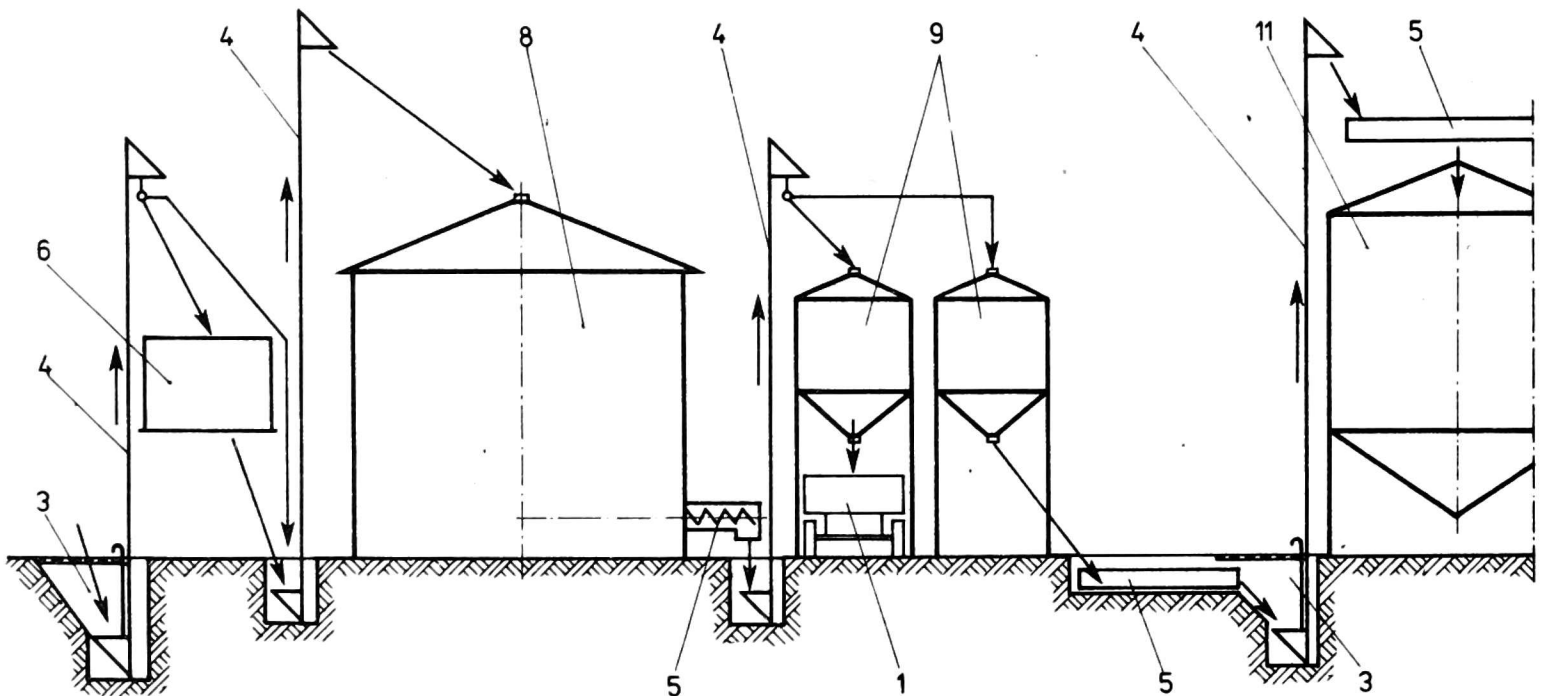


Rys. 5. Schemat linii technologicznej z suszarką VSZ-3P

zano linie technologiczne suszenia ziarna zbóż i kukurydzy z zastosowaniem badanych suszarek. Rysunek 5 przedstawia taką linię z zastosowaniem suszarki VSZ-3P w Zakładzie Rolnym Dopiewo, a rysunek 6 z zastosowaniem suszarki GPZ w PGR Piotrowo. Natomiast linię z zastosowaniem urządzenia suszarniczego "Shivvers" w PGR Przytoczna ilustruje rysunek 7, a z zastosowaniem suszarki polskiej M820 w PZZ Ujście rysunek 8.

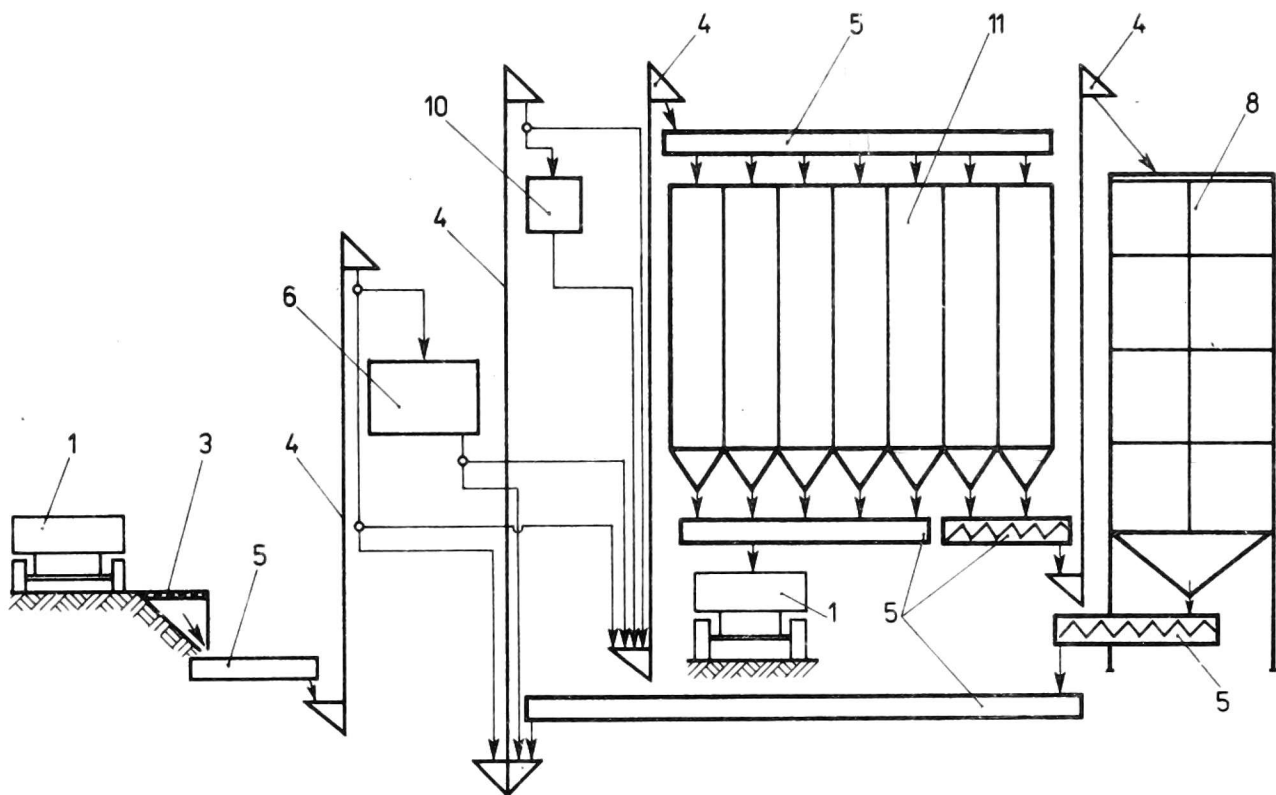


Rys. 6. Schemat linii technologicznej z suszarką S14E



Rys. 7. Schemat linii technologicznej z urządzeniem suszarniczym "Shivvers"

Na ogół ziarno zbóż odbierane od kombajnów środkami transportu kołowego 1 dostarczane było do kosza przyjęciowego 3 (z wywrotnicą hydrauliczną 2 lub bez). Z kosza przyjęciowego ziarno środkami transportu wewnętrznego (pionowymi 4 i poziomymi 5) podawane było do suszarki 8 lub silosów 7 poprzez wiałnię 6 lub z jej pominięciem. Ziarno w silosach 7 stanowiło rezerwę suszarniczą w wypadku przerwy w dostawie ziarna. Po wysuszeniu ziarno transporto-



Rys. 8. Schemat linii technologicznej z suszarką M820

wane było do silosów składowych 11 lub zbiorników ekspedycyjnych 9. Należy nadmienić, że pożądane są kosze przyjęciowe, przenośniki i wialnie o dużych wydajnościach, aby można było zapewnić sprawny odbiór ziarna od kombajnów i ciągną pracę suszarki. Przy bardzo wilgotnym ziarnie wydajność wialni i środków transportu wewnętrznych ulega znacznemu obniżeniu i dlatego z reguły stosuje się dwie niezależne linie przyjęcia ziarna.

W tabeli 2 zestawiono maszyny i urządzenia wchodzące w skład linii technologicznych z zastosowaniem badanych suszarek.

Jak wynika ze schematów (rys. 5, 6, 7 i 8) oraz tabeli 2 zarówno układ poszczególnych urządzeń jak i ich ilości różniły się między sobą, co miało wpływ także na pracę badanych suszarek i nie zawsze zapewniało prawidłowe przyjęcie dużych mas ziarna w krótkim czasie. Bezpośrednią obsługę suszarki sprawował 1 człowiek, a do obsługi całej linii technologicznej (zależnie od potrzeb) 2-3 osoby.

Warto zaznaczyć, że z wyjątkiem suszarki polskiej M820 wyposażonej w urządzenia odpylające, pozostałe suszarki zanieczyszczają plewami przyległy teren. Ziarno suszone w urządzeniu suszarniczym "Shivvers" wymaga dodatkowo schłodzenia, gdyż samo urządzenie nie jest do tego przystosowane.

Zestaw maszyn i urządzeń wchodzących w skład linii technologicznych z zastosowaniem badanych suszarek

Nazwa maszyny	Oznaczenie na rysunkach 5-8	Ilość szt. w linii technologicznej			
		VSZ-3P	GPZ	Shivvers	M820
Środki transportu kołowego	1	-	-	-	-
Wywrotnica hydrauliczna	2	1	2	-	-
Kosz przyjęciowy	3	1	2	1	1
Przenośniki pionowe (kubekowe)	4	7	7	4	4
Przenośniki poziome (zgarniakowe lub ślimakowe)	5	1	6	3	6
Wiałnie wstępnego czyszczenia	6	2	2	1	1
Silosy wietrzące	7	4	4	-	-
Suszarka	8	1	1	1	1
Zbiorniki ekspedycyjne	9	1	2	2	-
Waga	10	-	-	-	1
Silosy składowe	11	2	-	24	28

PARAMETRY PRACY, WSKAŹNIKI EKSPLOATACYJNE I WSKAŹNIKI ENERGETYCZNE

W tabeli 3 zestawiono na podstawie badań własnych [3, 4] i obcych [5] średnie wartości wskaźników charakteryzujących warunki suszenia ziarna pszenicy w badanych suszarkach. Z tabeli tej wynika, że szybkość suszenia i objętościowe natężenie odparowania były najkorzystniejsze dla suszarki polskiej M820. Współczynnik wykorzystania czasu roboczego w suszarce jugosłowiańskiej i polskiej był niższy od przewidzianego ($K_{04} = 0,89$) w karcie wymagań SMR dla tego typu suszarek.

W tabeli 4 podano średnie wartości podstawowych wskaźników energetycznych, uzyskanych na podstawie badań i przeliczeń podczas suszenia pszenicy.

Jak wynika z tabeli 4 zużycie energii elektrycznej na 1 kg odparowanej wody i na 1 t wysuszonego ziarna, kształtowało się do-

Parametry pracy i wskaźniki eksploatacyjne

Wskaźniki	Jednostki miary	Typ suszarki			
		VSZ-39	GPZ	Shivvers	M820
Wilgotność ziarna przed suszeniem	%	17,7	21,0	19,9	22,0
Wilgotność ziarna po suszeniu	%	14,4	16,0	11,2	16,0
Ubytek wilgotności	%	3,3	5,0	8,7	6,0
Szybkość suszenia	kg H ₂ O/h	640	550	602	1224
Przepustowość	t/h	16,84	6,78	6,1	17,1
Wydajność W ₁	t/h	16,2	6,23	5,5	15,9
Objętościowe natężenie odparowania	kgH ₂ O/m ³ .h	9,6	11-22	28,7	35,8
Temperatura powietrza otoczenia	°C	14	-	18	14,5
Temperatura nagrzania ziarna	°C	42	29	53,0	40
Temperatura ziarna po ochłodzeniu	°C	20	-	-	25,5
Temperatura czynnika suszącego na wlocie	°C	86	41	69	105
jw. lecz na wylocie	°C	57	-	37	43
Współczynniki ekspl.					
pewności technologicznej K ₄₁	-	1,0	-	1,0	1,0
pewności technicznej K ₄₂	-	1,0	-	0,99	0,98
wykorzystanie czasu roboczego K ₀₄	-	0,5	-	0,97	0,74
Obsługa	osób	1	1	1	2

syć korzystnie dla suszarki M820. Mimo, że źródłem ciepła dla suszarki jest podgrzewacz powietrza na paliwo stałe, należy dążyć w pracach konstrukcyjnych, aby obniżyć średnie zapotrzebowanie na ciepło o 20-30%.

Wskaźniki energetyczne

Wskaźniki	Jednostki miary	Typ suszarki			
		VSZ-3P	GPZ	Shivvers	M820
Zużycie energii elektrycznej					
na godzinę	kWh/h	57,0	52,0	50,0	72,0
na 1 kg odpa- rowanej wody	kWh/kg H ₂ O	0,09	0,09	0,08	0,06
na 1 t wysu- szzonego ziarna	kWh/t	3,52	8,35	9,09	4,52
Zużycie paliwa					
na godzinę	kg/h	151,1	58,1	81,0	432
na 1 kg odpa- rowanej wody	kg/kg H ₂ O	0,24	0,11	0,13	0,35
na 1 t wysu- szzonego ziarna	kg/t	9,3	9,3	14,7	27,2
Zużycie ener- gii cieplnej					
na godzinę	MJ/h /Mcal/h/	6362,9 (1519,8)	2432,5 (581,0)	3416,6 (816,1)	8131,6 (1942,2)
na 1 kg odpa- rowanej wody	MJ/kg H ₂ O (Mcal/kg H ₂ O)	9,94 (2,37)	4,42 (1,06)	5,68 (1,35)	6,64 (1,57)
na 1 t wysu- szzonego ziarna	MJ/t Mcal/t/	392,8 (93,8)	390,5 (93,3)	621,2 (148,4)	511,4 (122,1)

OCENA OGÓLNA I EKONOMICZNA

Ze względu na wewnętrzną zabudowę kolumny suszącej zarówno suszarka jugosłowiańska VSZ-3P jak i polska M820 są wrażliwe na ziarno zanieczyszczone. Dlatego też ziarno przed suszeniem winno być wstępnie oczyszczone. Zbyt małe kąty pochylenia daszków w segmentach suszarek VSZ-3P stwarzają warunki do zalegania ziarna, plew i pyłów na ich ściankach. Może to pociągnąć za sobą niebezpieczeństwo powstania pożaru i aby temu zapobiec należy stosunkowo często dokonywać czyszczenia suszarki. Brak dostępu powoduje, że oczyszczanie tych suszarek jest uciążliwe. Równomierny prze-

pływ ziarna zapewnia natomiast konstrukcja suszarki GPZ, z uwagi na pochylenie pod kątem 60° ścian i szerokie (ok. 50 cm) szczeliny. Czynnikiem wpływającym dodatkowo na równomierny przepływ wilgotnej masy ziarna jest pomysłowe rozwiązanie wygarniaczy, gdyż przez zróżnicowane prędkości przesypu ziarna osiąga się zbliżone warunki wymiany ciepła i masy (wilgoci) dla wszystkich warstw ziarna. Ponadto suszarka GPZ posiada możliwość regulacji wysokości strefy suszenia i chłodzenia, czyli wzajemnego stosunku tych stref.

Urządzenie "Shivvers" jest interesujące i w zasadzie proste pod względem rozwiązania konstrukcyjnego, z możliwością ręcznego i automatycznego sterowania procesem suszenia. Urządzenie to nie posiada jednak wyposażenia do chłodzenia ziarna po suszeniu, a czynnikiem suszącym jest mieszanina spalin z powietrzem. Spaliny wnoszą do ziarna śladowe ilości różnych związków, w tym także benzopirenu, uznawanego za czynnik rakotwórczy.

Mankamentem suszarek VSZ-3P, GPZ i "Shivvers" jest brak urządzeń odpylających, co powoduje zanieczyszczenie przyległego do suszarek otoczenia znaczną masą plew i pyłów. Mankamentu tego nie posiada suszarka polska M820. Dodatkową zaletą suszarki M820 jest wyposażenie jej w źródło ciepła na paliwo stałe, co w okresie oszczędności paliw płynnych ma istotne znaczenie.

Oceny ekonomicznej dokonano opierając się na metodyce IBMER [1] i danych z badań [3, 4, 5]. Zgodnie z obowiązującymi w 1980 r. cenami przyjęto koszt oleju napędowego 14 zł/l, węgla II gatunku 550 zł/t, koszt 1 kWh energii elektrycznej 0,30 zł w godzinach nocnych i 0,90 zł w pozostałych godzinach, a koszt robocizny 30 zł/godz. Cenę suszarki M820 z braku danych przyjęto orientacyjnie jako dwukrotnie wyższą niż suszarki M817, uzasadniając to tym, iż suszarka M820 składa się z podwojonej liczby elementów suszarki M817.

W tabeli 5 zestawiono wyliczone koszty pracy suszarek w odniesieniu do jednej godziny oraz do jednej tony wysuszonego ziarna.

Jak wynika z tabeli 5 koszt suszenia najniższy jest w suszarce polskiej M820, co wynika głównie z zastosowania paliwa stałego, którego koszt stanowi zaledwie 25,3% w ogólnych kosztach pracy suszarki.

Koszty pracy suszarek (wg cen w 1980 r.)

Wyszczególnienie	Jednostki miary		Typ suszarki			
	VSZ-3P	GPZ	Shivvers	M820		
Koszt amortyzacji	zł/15 lat	4 800 000	4 252 000	1 726 400	2 780 000	
Koszt napraw	zł/15 lat	2 400 000	2 126 000	863 200	1 390 000	
Odsetki i ubezpieczenia	zł/15 lat	1 800 000	1 594 500	647 400	1 042 500	
Razem koszty stałe	zł/15 lat	9 000 000	7 972 500	3 237 000	5 212 500	
Jednostkowe koszty stałe utrzymania suszarki	zł/godz.	1036,8	350,9	126,9	588,0	
	zł/t	72,0	63,8	25,9	41,7	
Koszt energii elektrycznej	zł/godz.	41,0	37,4	36,0	51,8	
Koszt paliwa	zł/godz.	2548,0	980,0	1366,7	237,6	
Koszt robocizny	zł/godz.	30,0	30,0	30,0	60,0	
Razem koszty zmienne	zł/godz.	2619,0	1047,4	1432,4	319,4	
Koszt pracy suszarki	zł/godz.	3655,8	1398,3	1559,3	937,4	
	zł/t	253,8	254,2	318,1	66,4	
Udział kosztów paliwa	%	69,7	70,1	87,6	25,3	

WNIOSKI

1. Zapewnienie prawidłowej eksploatacji badanych suszarek uwarunkowane jest między innymi właściwym doborem urządzeń pomocniczych o wydajnościach rzędu 50 t/godz, a w szczególności kosza przyjęciowego i wialni wstępnej czyszczenia.

2. Suszarki zagraniczne, w przeciwieństwie do suszarki polskiej, nie były wyposażone w urządzenia odpylające, co powodowało, że przyległy teren do obiektów suszarniczych zanieczyszczony był w znacznym stopniu plewami i pyłami. Obsługa suszarek nie nastroczała trudności dla przeszkolonych pracowników. Częste czyszczenia kolumny suszącej ze względów przeciwpożarowych wymagały jedynie suszarki jugosłowiańskie.

3. Z oceny ekonomicznej wynika, że jednostkowy koszt suszenia w odniesieniu do 1 tony wysuszonego ziarna pszenicy jest przeciętnie czterokrotnie niższy w suszarce polskiej niż w suszarkach zagranicznych, w których udział kosztów paliwa ciekłego stanowi około 70% w stosunku do kosztów suszenia.

4. Wskaźniki eksploatacyjne i energetyczne wskazują, że badane suszarki spełniają w zasadzie wymagania agrotechniczne i są przydatne dla rolnictwa, jednak ze względu na oszczędność paliw ciekłych, najkorzystniejsza dla krajowego rolnictwa jest suszarka polska ze źródłem ciepła na paliwo stałe.

OZNACZENIA

- W_1 - wydajność efektywna
 K_{41} - współczynnik pewności technologicznej
 K_{42} - współczynnik pewności technicznej
 K_{04} - współczynnik wykorzystania czasu roboczego.

LITERATURA

1. Goć E.: Metodyka badań kwalifikacyjnych. Ocena ekonomiczna. Symb. dok. IBMER XXVIII/135, 1975.
2. Kamiński E.: Teoria i technologia suszenia kukurydzy. AR Wrocław, 1979.
3. Kulik T.: Badania suszarki produkcji jugosłowiańskiej. Symb. dok. IBMER XXII/667, 1977.
4. Kulik T.: Badania urządzenia suszarniczego firmy "Shivvers". Symb. dok. IBMER XXII/701, 1979.

5. Osówniak B.: Badania prototypu suszarki komorowej M820 przy suszeniu ziarna zbóż i kukurydzy. Symb. dok. IBMER XXII/691, 1978.
6. Pabis S., Pabis J.: Technologia suszenia i czyszczenia nasion. PWRiL, Warszawa 1974.

Тадеуш Кулик

НАСТОЯЩИЕ ТЕХНИЧЕСКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ
ПОКАЗАТЕЛИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ СУШИЛЬНЫХ УСТАНОВОК
ДЛЯ СУШКИ ЗЕРНА ХЛЕБОВ ПРИМЕНЯЕМЫХ В ПОЛЬШЕ

Р е з ю м е

Представлен принцип работы эксплуатированных в польском сельском хозяйстве сушильных установок: югославкой VSZ-3P, французской S-14 E, американской Shivers и польской M-820, а также технология и организация работы. На основе испытаний проведенных во время сушки зерна пшеницы определены параметры работы, эксплуатационные, энергетические показатели установок, а также совершена их общая и экономическая оценка.

Tadeusz Kulik

TECHNICAL, OPERATION AND ENERGY PARAMETERS OF GRAIN DRIERS
USED IN POLAND

S u m m a r y

Operating principles of the various grain driers used in Polish agriculture are discussed in the paper, as well as the drying technology and work organization. The following equipment have been included: M820 drier of Polish production, VSZ-3P Yugoslavian drier, S14E French drier and "Shivers" drier of the USA. As the results of tests conducted at drying wheat grain, the working indices were determined for particular driers, including operation and energy parameters. Also general economic evaluation was carried out.