

problemy agrofizyki

POLSKA AKADEMIA NAUK • ZAKŁAD AGROFIZYKI



Dssolineum

zeszyt 50

rok 1986

P O L S K A A K A D E M I A N A U K
ZAKŁAD AGROFIZYKI W LUBLINIE

PROBLEMY AGROFIZYKI 50

JAN GIEROBA, KAZIMIERZ DRESZER

PROBLEMY STRAT I USZKODZEŃ ZIARNA PODCZAS KOMBAJNOWEGO ZBIORU

WROCŁAW · WARSZAWA · KRAKÓW · GDAŃSK · ŁÓDŹ
ZAKŁAD NARODOWY IMIENIA OSSOLIŃSKICH
WYDAWNICTWO POLSKIEJ AKADEMII NAUK
1986

Komitet redakcyjny

prof. dr JAN GLIŃSKI, (redaktor naczelny)
prof. dr IGNACY DECHNIK, doc. dr BOGUSŁAW SZOT

Redaktor Wydawnictwa Marzena Dziedzic-Pawlik
Redaktor techniczny Elżbieta Garnarczyk

© Copyright by Zakład Narodowy im. Ossolińskich – Wydawnictwo. Wrocław 1986
Printed in Poland

PL ISSN 0137-6586
ISBN 83-04-02398-9

SPIS TREŚCI

Wykaz użytych symboli.....	4
Wprowadzenie.....	7
Cel i zakres pracy.....	8
Wybrane właściwości roślin związane z kombajnowym zbiorem.....	9
Znaczenie właściwości fizycznych i mechanicznych roślin zbo- żowych w procesie kombajnowego zbioru.....	9
Wpływ sztynności źdźbła na wyleganie zbóż.....	10
Siła wiązania ziarna z kłosem.....	13
Odporność ziarna na obciążenia statyczne i dynamiczne.....	16
Tarcie.....	21
Metody zbioru zbóż.....	24
Wpływ zespołów roboczych kombajnu zbożowego na straty i uszkodzenia ziarna.....	28
Zespół żniwny.....	32
Młocarnia kombajnu.....	37
Przegląd ważniejszych konstrukcji zespołów młóca-co-wy- dzielających kombajnów zbożowych.....	37
Straty i uszkodzenia ziarna w stycznie zasilanych zespó- łach młócących.....	43
Straty i uszkodzenia ziarna w zespołach wydzielających....	50
Straty i uszkodzenia ziarna w czyszczalni kombajnu.....	57
Wpływ przenośników na straty i uszkodzenia ziarna.....	63
Ocena pracy kombajnu zbożowego z tradycyjną młocarnią....	67
Ocena pracy kombajnów z osiowym przepływem masy zbożowej..	69
Podsumowanie.....	74
Bibliografia.....	79

WYKAZ UŻYTYCH SYMBOLI

- a - przyspieszenie, m/s^2 ,
- a_m - wykładnik zależny od przepustowości, szerokości klepiska oraz
innych parametrów,
- C - czystość ziarna, %,
- D_s - deficyt separacji ziarna, %,
- d_w - zredukowana średnica wewnętrzna żdźbła, mm,
- d_z - zredukowana średnica zewnętrzna żdźbła, mm,
- E - moduł sprężystości, N/mm^2 ,
- e - podstawa logarytmu naturalnego = 2,718
- F - powierzchnia, mm^2 ,
- f - strzałka ugięcia żdźbła, mm,
- g - przyspieszenie ziemskie = 9,81, m/s^2 ,
- i - całkowita ilość ziarn w próbce, szt.,
- i_o - ilość ziarn w próbce wyjściowej, szt.,
- i_{uM} - ilość ziarn w próbce z makrouszkodzeniami, szt.,
- i_{um} - ilość ziarn w próbce z mikrouszkodzeniami, szt.,
- i_z - ilość ziarn w próbce obciążonej, normalnie kielkującej, szt.,
- J - moment bezwładności = $\pi/64(d_z^4 - d_w^4)$, mm^4 ,
- l - długość, odległość działania siły P od punktu umocowania, m, mm,
- l_k - długość klawisza wytrząsacza, m,
- m_s - strumień masy słomistej na 1 m szerokości wytrząsacza,
 $kg/s \cdot m$,
- O - straty ziarna z powodu osypywania, %,
- P - siła zginająca żdźbło, N,
- P_k - siła krytyczna, N,
- P_r - siła wiążąca ziarno z kłosem, N,
- p - ciśnienie, N/m^2 ,

- Q - przepustowość kombajnu, kg/s ,
- q_z - strumień masy ziarnistej na 1 m szerokości czyszczalni,
 $\text{kg/s} \cdot \text{m}$,
- r - promień, m ,
- S - straty ziarna, %,
- U_M - makrouszkodzenia ziarna, %,
- U_m - mikrouszkodzenia ziarna, %,
- V_P - objętość strumienia powietrza na 1 m szerokości czyszczalni,
 $\text{m}^3/\text{s} \cdot \text{m}$,
- v - prędkość, m/s ,
- v_{kr} - prędkość krytyczna, m/s ,
- v_o - prędkość obwodowa cepa, m/s ,
- v_p - prędkość elementów roboczych przenośnika, m/s ,
- v_{pm} - prędkość podawania masy zbożowej, m/s ,
- v_{sr} - średnia prędkość, m/s
- W_{uM} - wskaźnik makrouszkodzeń, %,
- W_{um} - wskaźnik mikrouszkodzeń, %,
- W_z - wskaźnik zdolności kiełkowania, %,
- w - wilgotność, %,
- y - ilość wydzielonych ziarn, %,
- y_o - ilość ziarn znajdujących się w słomie na początku wytrząsacza, %,
- α - współczynnik zwiększenia prędkości,
- β - kąt pochylenia wytrząsaczy klawiszowych ... $^\circ$,
- γ - współczynnik równomierności przepływu masy = V_{pm}/V_p ,
- δ - stosunek masy ziarna do słomy,
- λ - kinetyczny współczynnik nagarniacza = $r \cdot \omega/v$,
- μ_k - współczynnik tarcia kinetycznego,
- μ_s - współczynnik tarcia statycznego,
- μ_w - współczynnik tarcia wewnętrznego,
- ξ - współczynnik separacji, m^{-1} ,
- σ_z - naprężenia zastępcze, N/mm^2 ,
- φ_r - kąt zsyphu, ... $^\circ$,
- φ_w - kąt tarcia wewnętrznego, ... $^\circ$,
- ω - prędkość kątowa, rad/s

WPROWADZENIE

Jedną z głównych przyczyn obniżających plony ziarna są straty powodowane przez maszyny zbierające i środki transportujące zebrane ziarno. O ile przyczyny powstawania strat ziarna w maszynach i urządzeniach transportujących są na ogół znane i ograniczenie ich do nieuniknionego minimum można osiągnąć poprzez właściwą organizację pracy, to problemy uszkodzeń i strat ziarna, powstających w czasie zbioru, nie należą do najprostszych. Praktyka wykazała, że najbardziej przydatną technologią zbioru zbóż i niektórych roślin niezbóżowych, na obecnym etapie techniki, jest zbiór z zastosowaniem kombajnu zbożowego [1, 2, 6, 29, 32, 38, 39, 45, 58, 70, 106, 111, 128, 131, 148, 164, 165, 172]. Kombajn zbożowy jest maszyną złożoną, która ścina masę zbożową, wymłaca ziarno oraz wstępnie je czyści i gromadzi w zbiorniku. Oddziaływanie poszczególnych zespołów roboczych kombajnu przy ich niedoskonałości i zmiennych warunkach pracy jest przyczyną powstawania strat oraz uszkodzeń ziarna, które obniżają jego plon i biologiczną wartość.

W kombajnie zbożowym straty i uszkodzenia ziarna powstają w wyniku oddziaływania zespołu tnącego (żniwiarki), młocarni oraz zespołów wydzielająco-czyszczących i przenośników ziarna [5, 37, 42, 44, 52, 54, 59, 62, 66, 67, 71, 73, 103, 135, 137, 173]. Stawiając za podstawowy cel polepszenie jakości pracy kombajnu zbożowego, w wielu ośrodkach i biurach konstrukcyjnych prowadzone są prace nad budową kombajnu zbożowego charakteryzującego się mniejszymi uszkodzeniami i stratami ziarna [3, 21, 22, 23, 28, 33, 43, 47, 53, 60, 61, 63, 65, 68, 69, 75, 86, 108, 113, 114, 115, 118, 122, 148, 158, 159, 161, 162, 176, 183, 187, 191]. Jednak opracowanie konstrukcji kombajnu zbo-

zowego o korzystniejszych parametrach eksploatacyjnych wymaga rozwiązania szeregu problemów konstrukcyjnych, eksploatacyjnych i organizacyjnych.

Ponadto w czasie kombajnowego zbioru występują straty z powodu samoosypywania się ziarna, co jest związane ze stopniem dojrzałości zboża oraz jego odmianą /16, 17, 26, 40, 46, 70, 81, 90, 95, 103, 107, 133, 136/.

Według SMRiL dopuszczalne ogólne straty ziarna przy kombajnowym zbiorze nie powinny przekraczać 2,5% /39, 42, 93, 95, 127/, Biorąc pod uwagę fakt, że w Polsce pod uprawami zbóż znajduje się około 7,2 mln ha, przy przeciętnym plonie ziarna 2,5 t/ha, obniżenie strat ziarna tylko o 1%, spowodowałoby odzyskanie około 200 tys. ton ziarna różnych gatunków zbóż, Widać więc, że jest to problem o dużym znaczeniu dla gospodarki żywnościowej.

Niniejsza praca jest próbą przedstawienia najnowszych badań światowych obejmujących problemy uszkodzeń i strat ziarna powstających w zespołach roboczych kombajnu zbożowego. Szczególną uwagę zwrócono na przyczyny powstawania strat i uszkodzeń ziarna oraz na kierunki badań zmierzające do ich ograniczenia poprzez opracowanie nowych rozwiązań konstrukcyjnych kombajnów zbożowych. Przedstawiona praca powstała w wyniku współpracy autorów z Zakładem Agrofizyki PAN w Lublinie w zakresie badań wybranych procesów roboczych i ich wpływu na jakość ziarna. Badania prowadzono w Instytucie Mechanizacji Rolnictwa AR w Lublinie w latach 1981-1985.

CEL I ZAKRES PRACY

Celem opracowania jest omówienie stanu badań w zakresie strat i mechanicznych uszkodzeń ziarna podczas kombajnowego zbioru zbóż oraz niektórych innych roślin nie zbożowych. Omawiając własne badania prowadzone od kilku lat w Instytucie Mechanizacji Rolnictwa Akademii Rolniczej w Lublinie autorzy przyrównują ich wyniki i zakres badań do prezentowanych w światowej literaturze tematycznej. Szczególną uwagę zwrócono na straty i uszkodzenia ziarna powstające w poszcze-

gólnych zespołach roboczych kombajnów zbożowych o tradycyjnej konstrukcji, wyposażonych w bębnowy zespół omlotowy i klawiszowe wytrząsacze ziarna ze słomy. Zwrócono też uwagę na nowoczesne konstrukcje kombajnów o wzdłużnym przepływie masy zbożowej, coraz częściej spotykane na światowym rynku maszyn rolniczych.

WYBRANE WŁAŚCIWOŚCI ROŚLIN ZWIĄZANE Z KOMBAJNOWYM ZBIOREM

Znaczenie właściwości fizycznych i mechanicznych roślin zbożowych w procesie kombajnowego zbioru

W procesie kombajnowego zbioru rośliny są ścinane, a następnie jako masa zbożowa przemieszczane przez układ przenośników żniwiarki do zespołu młocącego, gdzie następuje wydzielenie głównej części ziarna z kłosów. W trakcie przebiegu tych procesów ziarno poddawane jest nieuniknionym obciążeniom quasi-statycznym i dynamicznym stanowiącym część składową procesu omlotu i wydzielania ziarna z masy słomistej. Obciążenia te oprócz pozytywnych skutków, jakim jest oddzielenie ziarna od kłosa, powodują też działanie negatywne [16, 17].

Do negatywnych zjawisk, będących pochodną wymienionych obciążeń, należą mechaniczne uszkodzenia ziarna oraz jego straty w niedomłocie w przypadku, gdy siły działające na masę zbożową są zbyt małe. Stąd też optymalizacja związków zachodzących w układzie gleba-roślina-maszyna nabiera szczególnego znaczenia [16, 17, 102, 166, 168, 172]. Pomijanie znajomości właściwości fizycznych i mechanicznych w fazie konstrukcji maszyn rolniczych oraz przy ich użytkowaniu wywiera negatywny wpływ na jakość pracy maszyny i zbieranego ziarna. Należy podkreślić, że poznanie i opisanie cech zbieranego materiału jest trudne i złożone. Wynika to z nieciągłości budowy komórki, złożonej struktury oraz zmienności cech będących funkcją czasu, klimatu i gleby. Analizując charakter obciążeń, które towarzyszą procesowi kombajnowego zbioru, autorzy ograniczyli się do omówienia właściwości żdźbła związanych z wylęganiem zbóż, osypywaniem się ziarna oraz tarcie. Omówiono też siłę wiązania ziarna z kłosem oraz wpływ obciążeń ziarna na

jego mechaniczne uszkodzenia. Zdaniem autorów wymienione czynniki decydują o jakości pracy kombajnu w czasie zbioru zbóż i innych roślin.

Wpływ sztywności źdźbła na wyleganie zbóż

Wyleganie zbóż podczas wegetacji ma duży wpływ na wysokość plosu oraz na możliwość racjonalnego i powszechnego stosowania kombajnowego zbioru. Straty powodowane wyleganiem dochodzą niejednokrotnie do kilkudziesięciu procent możliwej do uzyskania wydajności ziarna [16, 17, 95, 155, 167]. Dodatkowym mankamentem powodowanym przez wyleganie zbóż jest konieczność pracy kombajnem zbożowym przy znacznie niższych przepustowościach niż wynika to z danych katalogowych.

Rozróżniamy dwa rodzaje wylegania: korzeniowe i źdźbłowe. Wyleganie korzeniowe uwarunkowane jest morfologiczną budową korzeni. Decydujące znaczenie, obok wytrzymałości korzeni, odgrywa ich ilość, długość i kształt. Wyleganie źdźbłowe związane jest z anatomiczną budową warunkującą sztywność i elastyczność źdźbła. Sztywność uzależniona jest od grubości źdźbła i jego wysokości. Zwykle źdźbła grubsze i krótkie są bardziej sztywne oraz mniej podatne na wyleganie. Elastyczność determinuje taka budowa źdźbła, dzięki której źdźbło posiada zdolność sprężystego powrotu do swojej pierwotnej pozycji po uprzednim ugięciu spowodowanym czynnikami zewnętrznymi (wiatr, deszcz itp.).

Określenie stopnia odporności zbóż na wyleganie było przedmiotem rozważań teoretycznych, jak też badań laboratoryjnych i polowych Grafiusa i Browna [79], Kaczorowskiego [91], Skubisz [155], Szota i Kolemby [167] oraz Timoszenki [175]. W większości prac cytowanych autorów, analizujących problem sztywności źdźbeł i wylegania zbóż, jako punkt wyjściowy przyjęto wzór Eulera na wyboczenie pręta (źdźbła) o dużej smukłości w postaci [13, 110]:

$$f = \frac{p \cdot l^3}{3E \cdot J}, \quad (1)$$

gdzie:

d_w - zredukowana średnica wewnętrzna źdźbła, mm, d_z - zredukowana średnica zewnętrzna źdźbła, mm, E - moduł sprężystości,

Tabela 1. Wartości doraźnych sił zginających elementy żdźbła (todygi) wg /26, 83, 87, 94, 155, 169, 192/

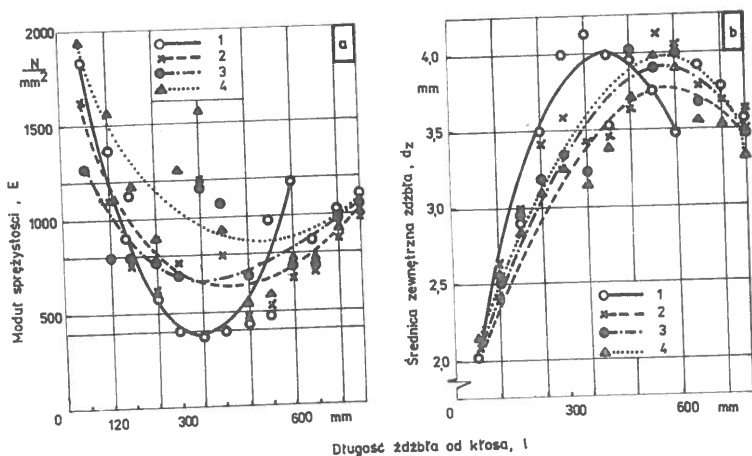
		Gatunek zboża					
		Jednostka					
		N	N	N	N	N	N
Żdźbło	zakres wartości	Pszemica ozima	Pszemica jara	Żyto (odmiany diploid)	Jęczmień jary (dwurzędowy)	Owies	Rzepak
		0,07-0,40	0	0,05-0,25	0	0	0
		najczęściej spotykane	0	0,08-0,17	0	0	0
		pożądane	0	0	0	0	0
		międzyodmian.	0	0,07-0,18	0	0	0
		środkowskowej	0,07-0,40	0,05-0,25	0	0	0
Międzywęzła	zakres wartości	0,30-4,50	0	0,70-4,00	0	0	0
		najczęściej spotykane	1,20-3,50	1,00-2,50	0	0	0
		pożądane	0	0	0	0	0
		międzyodmian.	0,60-3,80	0,80-3,50	0	0	0
		środkowskowej	0,30-4,50	0,7-4,00	0	0	0

0 - brak danych z badań

N/mm^2 , f - strzałka ugięcia żdźbła, mm , $J = \pi/64(d_z^4 - d_w^4)$ - moment bezwładności, mm^4 , l_z - (długość żdźbła) - odległość siły P od punktu umocowania żdźbła, mm , P - siła zginająca żdźbło, mierzona specjalnym siłomierzem, N .

Ze wzoru (1) wynika, że żdźbła są tym sztywniejsze i bardziej odporne na wyłeganie, im wartość iloczynu EJ jest większa. Zatem do określenia skłonności zboża na wyłeganie niezbędna jest znajomość tego iloczynu, zwanego często sztywnością. Według badań Wieneke [94] omawiana sztywność dla suchych żdźbeł słomy wynosi $EJ = 4+30 \text{ kN/mm}^2$. Z danych cytowanych przez Kanafojskiego wynika, że zmienność sztywności żdźbeł jest znaczna. Wniosek Kanafojskiego [94] potwierdzają badania innych autorów, których wyniki zestawiono w tabeli 1 [26, 83, 87, 155, 167, 192/].

Obszerne badania dotyczące sztywności żdźbła niektórych odmian pszenic przeprowadzili Skubisz [155] oraz Szot i Kolemba [167/]. Wybrane fragmenty wyników badań cytowanych autorów [155, 167/] przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Zmienności: a) modułu sprężystości - E oraz b) średnicy zewnętrznej żdźbła - d_z na długości żdźbła pszenicy ozimej GRANA w kolejnych fazach fenologicznych (wg Skubisz): 1 - pełnia kłoszenia, 2 - dojrzałość młeczna, 3 - dojrzałość woskowa, 4 - dojrzałość pełna

Reasumując problem wylegania zbóż należy stwierdzić, że w badaniach sztywności źdźbła, niezwykle ważnego czynnika warunkującego wyleganie, istnieją znaczne luki (tab. 1), które powinny być uzupełnione drogą prowadzonych badań. Badania należy prowadzić w kierunku dokładnego określenia podstawowych właściwości fizycznych i mechanicznych, jak: moduł sprężystości, moment bezwładności, średnica zewnętrzna i wewnętrzna źdźbła itp. Badaniami należy objąć źdźbła jęczmienia, owsa, rzepaku oraz pszenic jarych. Prowadzone prace powinny uwzględniać elementy mechaniki źdźbła, na podstawie których można by opracować fizyczny model źdźbła.

Siła wiązania ziarna z kłosem

W procesie mechanizacji zbioru zbóż i innych roślin bardzo ważną rolę odgrywają badania obejmujące określenie sił wiążących ziarno z kłosem. Badania w tym zakresie prowadzone były między innymi przez Gierobę [57], Hamana, Szota [82] oraz wielu innych autorów [17, 48, 49, 50, 81, 103, 104, 192].

W czasie kombajnowego zbioru zbóż wydzielenie ziarna z kłosów jest podstawowym celem procesu omłotu. Aby proces ten nastąpił, musi być spełniony następujący warunek:

$$P_r \leq P_k, \quad (2)$$

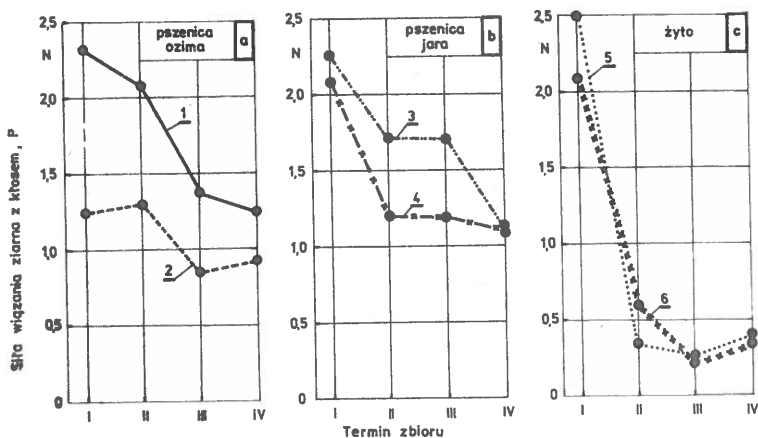
gdzie: P_r - siła wiązania ziarna z kłosem, N , P_k - siła krytyczna, N .

Ponadto omłot determinowany jest innymi ważnymi czynnikami:

- dążenie do całkowitego wydzielenia ziarna z kłosów,
- dążenie do minimalnych, mechanicznych uszkodzeń wydzielonego ziarna,
- dążenie do zbioru przy możliwie najmniejszych stratach wynikających z samoosypywania ziarna lub osypywania powodowanego przez zespół żniwny i nagarniacz.

Wartość siły krytycznej zależy od regulacji zespołu młocącego, tzn. od prędkości obwodowej elementów wydzielających (cepów) i szcze-

liny roboczej między bębniem a klepiskiem. Jeżeli siła P_r jest większa od siły P_k , to wówczas mamy do czynienia ze zjawiskiem niedomłotu. Aby uniknąć strat ziarna z powodu niedomłotu, należy zwiększyć prędkość obwodową bębna lub zmniejszyć szczelinę roboczą, w wyniku czego zwiększy się wartość siły P_k . Należy jednak pamiętać, że wzrost siły P_k zwykle prowadzi do zwiększenia ilości uszkodzonych ziarna. Wynika stąd wniosek, że nie należy dowolnie zmieniać wartości siły P_k drogą regulacji zespołu młocącego. Mając to na uwadze, wydawać by się mogło, że najkorzystniejsze są odmiany zbóż o bardzo małej sile wiążącej ziarno z kłosem. Z uwagi na naturalne samoosypywanie się ziarna, szczególnie przy zbiorze kombajnami, kiedy żniwa są rozciągnięte w czasie oraz w wyniku działania zespołów roboczych żniwiarki (nagarniacz i zespół tnący) powstałyby znaczne straty. Pierwszorzędne znaczenie ma zatem dobór takich odmian zbóż, które charakteryzują się niezbyt dużą siłą wiązania ziarna z kłosem, która również nie powinna zbyt często zmieniać się w czasie dojrzwania zbóż. Wartości siły wiązania ziarna z kłosem w funkcji terminu zbioru dla wybranych gatunków zbóż charakteryzują wykresy zamieszczone na rysunku 2.



Rys. 2. Siły wiązania ziarna z kłosem w zależności od terminu zbioru (wg Hamana i Szota); I - dojrzałość woskowa, II - dojrzałość pełna, III - 7 dni po dojrzałości pełnej, IV - 14 dni po dojrzałości pełnej, 1 - odmiana Luna, 2 - odmiana Helenka, 3 - odmiana Kolibri, 4 - odmiana Kalyon Sona, 5 - odmiana Chrobre, 6 - odmiana Dańkowskie Selekcyjne

Porównując siłę wiązania ziarna z kłosem różnych odmian pszenicy i żyta wyraźnie widać, że siła ta w I terminie niemal dla wszystkich odmian jest znaczna i wynosi powyżej 2 N, poza pszenicą odmiany Helenka. W miarę upływu czasu siła wiązania ziarna z kłosem pszenicy maleje dość wolno i w terminie IV osiąga poziom 1 N, natomiast siła wiązania ziarna z kłosem żyta spada gwałtownie i w terminie IV dochodzi do poziomu 0,5 N, co objawia się zwiększonym osypywaniem ziarna prowadzącym do znacznych strat (tab. 2).

Tabela 2. Podatność zbóż na osypywanie się ziarna wg /166/

Gatunek	Odmiana	Procent osypywanych ziarn		
		dojrzałość pełna	7 dni po dojrzałości pełnej	14 dni po dojrzałości pełnej
Pszenica ozima	Kaukaz	-	2,9	3,3
	Helenka	13,1	4,5	10,3
	Dana	3,8	10,5	11,2
	Eka Nowa	2,9	6,6	25,1
	Balta	-	-	1,1
	Poros	-	5,1	6,3
	Promesse	-	-	-
Jęczmień jary	Lubuski	12,8	8,1	6,1
	Piaśt	6,8	8,8	10,0
	Bomi	15,2	12,4	9,8
	Elgina	7,5	3,1	7,4
Żyto	Pancerne	-	1 1	1 0
	Dańkowskie	-	7,4	2,4
	Selekcyjne	-	-	-

Ważnym zagadnieniem wiążącym się z omawianym problemem jest kwestia aparatury badawczej i porównywalności uzyskanych wyników /16, 17, 78, 83, 97, 101, 163, 166/. Problem określenia sił wiążących ziarno z kłosem należy rozpatrywać głównie jako kryterium oceny odporności gatunków i odmian zbóż na samoosypywanie się ziarna. Zdaniem wielu autorów podstawowe prace badawcze należy koncentrować nad genetyką i hodowlą roślin. Ideałem byłoby wyhodowanie odmian zbóż, które charakteryzowałyby się niezbyt wysoką i stałą siłą wiążącą ziarno z kłosem.

sem przez dość długi czas. Stworzyłyby to warunki, w których wydzielanie ziarna z kłosów odbywałoby się przy udziale minimalnej - niezbędnej - energii oraz minimalnych stratach i uszkodzeniach wydzielonego ziarna. Wymienione uwagi odnoszą się również do niektórych roślin nie-zbożowych np. rzepaku, który jest szczególnie podatny na samoosypywanie.

Oceniając stan badań dotyczących problematyki wiązania ziarna z kłosem należy stwierdzić, że wyniki tych badań nie zawierają wyczerpujących informacji. Brak jest bowiem katalogowych danych dotyczących zakresu zmienności sił wiążących ziarno z kłosem, wiechą lub strąkiem dla szeregu nowych odmian zbóż i innych roślin, np. rzepaku - powszechnie uprawianego w naszym kraju (tab. 3) /16, 26, 48, 49, 80, 84, 92, 93, 172, 182/.

Tabela 3. Wartości sił niezbędnych do usunięcia ziarna z kłosa, wiechy, lub strąka wg /16, 26, 48, 49, 95, 172, 182/

Gatunek zboża	Wartości siły, N			Zakres zmienności	
	skrajne	najczęściej spotykane	pożądane	między od- mianowej	środowisko- wej
Pszenica ozima	0,35±2,50	1,00±1,50	0	0,70±2,00	0,35±2,50
Pszenica jara	0,38±3,25	1,50±2,50	0	0,80±2,40	0,38±3,25
Żyto /odmia- ny diploid/	0,40±1,90	0,70±1,40	0	0,60±1,60	0,40±1,90
Jęczmień ja- ry /dwurzęd./	0	0	0	0	0
Owies	0	0	0	0	0
Rzepak	0	0	0	0	0

0 - brak danych z badań

Odporność ziarna na obciążenia statyczne i dynamiczne

W rzeczywistych warunkach do przepływu masy zbożowej i wydzielania ziarna z kłosów w kombajnie zbożowym zużywane są znacznie więk-

sze nakłady energii niż wynikałoby to z teoretycznych potrzeb. W czasie tego procesu część ziarna zderza się z twardymi elementami zespołów roboczych młocarni kombajnu. Zderzeniom takim towarzyszą znaczne obciążenia, które są główną przyczyną powstawania mechanicznych uszkodzeń ziarna. Stąd też odporność ziarna na obciążenia mechaniczne nabiera dużego znaczenia. Badania tego problemu prowadzone były przez wielu autorów /16, 17, 25, 26, 37, 42, 48, 49, 80, 81, 101, 102, 104, 105, 166, 168, 170, 172, 173, 192/. Oryginalne podejście metodologiczne do problemu przedstawił Kolowca /102/. Autor /102/ analizując odporność ziarna pszenicy na powstawanie mechanicznych uszkodzeń wprowadził wskaźniki: uszkodzeń ziarna W_u i zdolności kiełkowania W_z w postaci:

$$W_{um} = i_{um}/i \cdot 100, \quad (3)$$

$$W_{uM} = i_{uM}/i \cdot 100, \quad (4)$$

$$W_z = i_z/i_o \cdot 100, \quad (5)$$

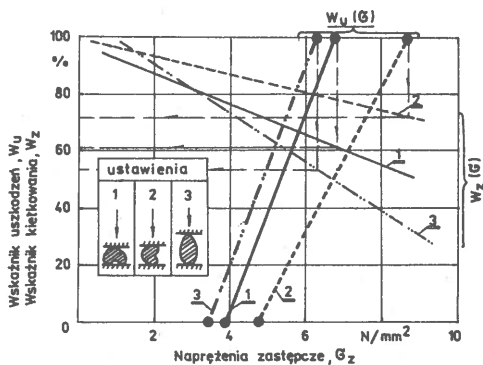
a następnie uzależnił ich wartości od stanu naprężenia zastępczego σ_z równego

$$\sigma_z = P/F, \quad (6)$$

gdzie: F - powierzchnia największego przekroju ziarna, prostopadłego do kierunku działania obciążenia, mm^2 , i - całkowita ilość ziarn w próbce, szt, i_{um} - ilość ziarn w próbce z mikrouszkodzeniami, szt, i_{uM} - ilość ziarn w próbce z makrouszkodzeniami, szt, i_o - ilość ziarn w próbce wyjściowej normalnie kiełkującej (nie obciążonej), szt, i_z - ilość ziarn normalnie kiełkujących w próbce obciążonej, szt.

Wyniki badań uzyskane przez Kolowcę /102/ na ziarnie pszenicy jarej frakcji 3,0-3,2 mm i wilgotności kondycyjalnej około 14% przedstawiono na rysunku 3.

W czasie badań Kolowca /102/ wykazał, że o biologicznej wartości obciążonego ziarna decyduje jego wilgotność oraz kierunek działania siły (rys. 3 ustawienie ziaren 1, 2, 3). Nie określono natomiast współzależności pomiędzy zdolnością kiełkowania a biologiczną granicą wytrzymałości.



Rys. 3. Zależności wskaźników: uszkodzeń W_u i W_{uM} oraz zdolności kielkowania W_z od naprężenia zastępczego σ dla różnych ustawień (1, 2, 3) ziarna pszenicy (wg Kolowcy)

Szot, Grundas i Grochowicz [168] za pomocą specjalnie skonstruowanego rejestratora odkształceń ziarna badali wartości sił powodujących trwałe odkształcenia ziarna podstawowych gatunków zbóż. Uzyskane przez tych autorów wyniki zestawiono w tabeli 4. Badania przeprowadzone przez wymienionych autorów [168] potwierdzają wnioski Kolowcy [102] w kwestii dotyczącej wpływu wilgotności ziarna i jego odporności na odkształcenia mechaniczne. Ponadto wykazano, że odporność na trwałe uszkodzenia uzależniona jest od gatunku, odmiany i wymiarów geometrycznych ziarna (tab. 4).

Z praktycznego punktu widzenia bardzo interesujące badania przeprowadzili Kolowca i Ślipek [103]. Za podstawowy cel pracy autorzy ci [103] postawili określenie terminu zbioru pszenicy jarej (ród K-1) na podstawie wybranych mechanicznych właściwości ziarna. Wyniki swych badań przedstawili w formie wykresów zamieszczonych na rysunku 4.

Wydaje się, że tego typu badania można by rozszerzyć na inne gatunki zbóż i odmian, gdyż umożliwiają one określenie optymalnego terminu zbioru. Ponadto można je prowadzić równolegle z badaniami podstawowymi dotyczącymi fizyki ziarna. Cytowane prace z reguły oma-

Tabela 4. Wartości sił powodujących trwałe uszkodzenia oraz wielkości granicznych odkształceń sprężystych wg /168/

a) ziarna pszenicy ozimej odmiany "Dana" przy dwóch poziomach wilgotności

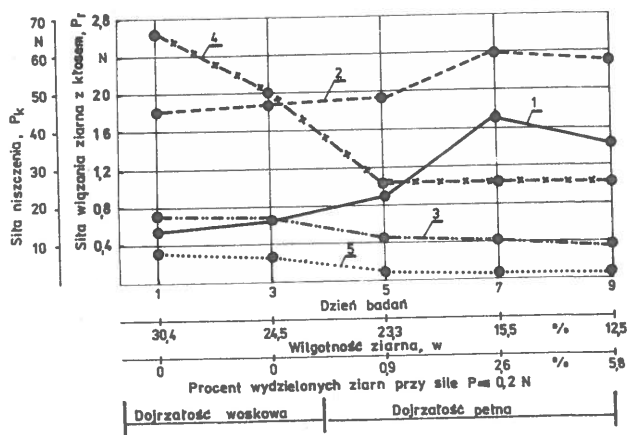
Wymiary ziarna, mm		Wilgotność 9%										Wilgotność 15%			
		siła, N		odkształcenia, mm				siła, N		odkształcenia, mm				średn.	
grub.	szer. dług.	min.	max.	średn.	min.	max.	średn.	min.	max.	średn.	min.	max.	średn.	min.	max.
2,5	3,3	6,0	2,8	72	53	0,25	0,30	0,27	20	63	46	0,30	0,35	0,34	
2,6	3,4	6,0	38	80	56	0,25	0,30	0,27	35	69	48	0,35	0,40	0,36	
2,7	3,5	6,0	44	86	63	0,25	0,30	0,29	39	72	55	0,35	0,40	0,36	
2,8	3,6	6,1	49	90	68	0,30	0,35	0,32	47	81	61	0,40	0,45	0,42	
2,9	3,7	6,1	58	92	77	0,30	0,35	0,33	49	86	66	0,40	0,45	0,43	
3,0	3,8	6,1	65	98	80	0,30	0,35	0,34	55	92	73	0,40	0,45	0,43	
3,1	3,9	6,1	68	102	84	0,30	0,35	0,34	59	97	77	0,40	0,45	0,44	

b) ziarna żyta odmiany "Dańkowskie Złote i "Pancerne" przy wilgotności 9,3, %

		Dańkowskie Złote										Pancerne			
		grub.	szer. dług.	siła, N średnie	odkształcenia, mm średnie	siła, N średnie	odkształcenia, mm średnie	siła, N średnie	odkształcenia, mm średnie	siła, N średnie	odkształcenia, mm średnie	grub.	szer. dług.	siła, N średnie	odkształcenia, mm średnie
1,9	2,0	7,5	47	92	78	0,30	0,33	0,33	83	144	124	0,35	0,40	0,33	
1,9	2,8	7,5	50	97	83	0,30	0,35	0,34	95	160	143	0,40	0,45	0,42	

c) ziarna jęczmienia jarego odmiany "Elgna", Lubuski" i "Bomi Abed" przy wilgotności 9,2, %

Wymiary ziarna, mm		Elgna				Lubuski				Bomi Abed			
		grub.	szer. dług.	siła, N średnie	odkształcenia, mm średnie	siła, N średnie	odkształcenia, mm średnie	siła, N średnie	odkształcenia, mm średnie	grub.	szer. dług.	siła, N średnie	odkształcenia, mm średnie
2,8	3,4	8,0	143	0,33	171	0,36	0,38	234	0,34				
2,8	4,0	8,0	156	0,33	183	0,38	0,38	247	0,36				



Rys. 4. Przebieg zmian: siły krytycznej dla ziarna pszenicy odmiany K-1 i siły wiązania ziarna z kłosem w okresie dojrzwania (wg Kolo-wcy i Slipka): 1 - wytrzymałość biologiczna, 2 - wytrzymałość me-chaniczna, 3 - średnia siła wiązania, 4 - maksymalna siła wiązania, 5 - minimalna siła wiązania ziarna z kłosem

wiają problemy związane z określeniem wielkości sił i obciążeń quasi-statycznych, działających na ziarno wybranych gatunków i odmian. W procesie zbioru i dalszej obróbki pozbiorowej wydzielane ziarno najczęściej poddawane jest obciążeniom dynamicznym. Należy podkreślić, że problematyka obciążeń dynamicznych działających na ziarno niechętnie jest poruszana przez badaczy [16, 87, 105, 173]. Wynika to ze złożoności problemu, braku dokładnej znajomości struktury ziarna i modeli matematycznych opisujących tę strukturę. Zdaniem autorów obciążenia dynamiczne nie są obojętne na wartość biologiczną ziarna. Sugestie te potwierdzają dane cytowane przez Byszewskiego i Pałę [16], z których wynika, że zdolność kiełkowania uzależniona jest od prędkości uderzeń (tabela 5).

Z danych zamieszczonych w tabeli 5 widać, że siła kiełkowania ziarna spada wraz ze wzrostem wartości wymienionych czynników, podczas gdy ilość uszkodzeń maleje ze wzrostem wilgotności. Reasumując należy stwierdzić, że badania dotyczące wpływu obciążeń dynamicznych

Tabela 5. Skutki mechanicznego uderzenia ziarna pszenicy zależnie od wilgotności i prędkości uderzenia wg [16/]

Wilgot- ność ziar- na %	Prędkość uderzenia, m/s					
	0	16,7	20,8	25,8	30,8	35,8
Procent uszkodzonych ziarn %						
15	0	9,0	12,7	7,0	19,3	24,7
20	0	4,7	6,0	7,3	5,7	7,7
25	0	2,0	5,7	6,3	4,7	7,3
Siła kielkowania ziarn nieuszkodz., %						
15	96,7	95,2	92,1	83,2	71,0	65,8
20	95,3	96,1	86,9	80,1	59,6	52,2
25	90,3	91,8	90,8	83,3	50,6	37,9

na strukturę ziarna należą do nielicznych i problem ten należy mieć na uwadze w dalszych badaniach ziarna.

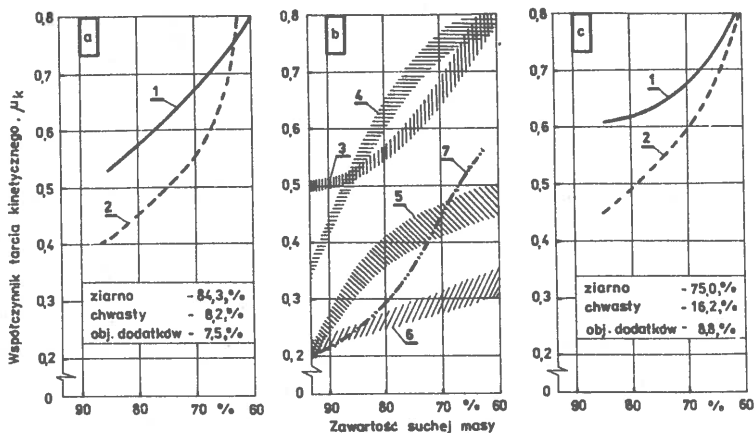
Tarcie

W procesie kombajnowego zbioru zbóż tarcie może występować jako czynnik pozytywny, dzięki któremu odbywa się np. przemieszczanie masy zbożowej, lub jako szkodliwy, powodujący owijanie się bębnow młócących, zapychanie maszyny itp. Dlatego też posiadanie podstawowych informacji z zakresu trybologii i wartości współczynników tarcia jest niezbędne dla projektantów maszyn i urządzeń rolniczych. Trybologia różni szereg rodzajów tarcia [17, 26, 85, 93/]. Dotyczą one takiej dziedziny jak mechanika, gdzie dokładnie poznane są właściwości materiałów.

W technice rolniczej, gdzie nie w pełni poznane są właściwości ziemiopłodów, najczęściej operujemy pojęciami tarcia spoczynkowego μ_s , tarcia kinetycznego μ_k oraz tarcia wewnętrznego μ_w . Różnice w wartościach współczynników tarcia ziemiopłodów są bardzo duże i świadczą o złożoności problemu. Wynikają one z różnic właściwości materia-

łów, z których zbudowane są części maszyn rolniczych oraz różnych właściwości fizycznych, chemicznych i mechanicznych roślin. Na wartość współczynnika tarcia ma nawet wpływ ułożenie żdźbeł względem kierunku przemieszczania. Ponadto różnice w wartościach współczynnika tarcia mogą mieć swoje źródło w zróżnicowanej metodyce i aparaturze użytej do badań. Należy jednak stwierdzić, że graniczne wartości współczynników tarcia statycznego μ_s są z reguły większe od wartości współczynników tarcia kinetycznego μ_k . Wynika to z faktu pokonania oporów bezwładności przy przejściu z tarcia statycznego w kinetyczne.

Badania nad określeniem wartości współczynnika tarcia kinetycznego różnych gatunków słomy prowadził między innymi Kanafojski [93, 94]. Autor ten [94] używając odpowiednio dostosowanego bevametru analizował wpływ wilgotności słomy owsianej, pszennej i żytniej na zmianę współczynnika tarcia kinetycznego μ_k . Wyniki tych badań przedstawiono na rysunku 5.



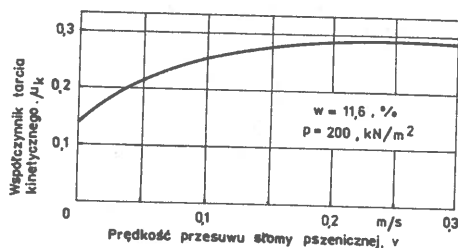
Rys. 5. Zmiany współczynników tarcia kinetycznego masy słomistej w zależności od zawartości suchej masy (wg Kanafojskiego): a) dla słomy owsianej, b) słomy pszennej, c) słomy żytniej; 1 - po fornirowanym drewnie, 2 - po żeliwie, 3 - słoma po słomie, 4 - po gumie, 5 - po stali obrobionej, 6 - po gładkiej desce dębowej, 7 - po stalowej blasze

W czasie badań prędkość przesuwu masy słomistej wynosiła 0,3 m/s, a ciśnienie wywierane na materiał $p \approx 200 \text{ kN/m}^2$. Z wykresów zamieszczo-

nych na rysunku 5 wynika, że wraz ze zmniejszaniem zawartości suchej masy zwiększa się wartość współczynnika μ_k . Autor [94] podaje jednocześnie, że wartości μ_k dla słomy jęczmiennej, owsianej, żytniej nieznacznie różnią się od wartości podanych dla słomy pszennej, z tym że dla żytniej wartości te są mniejsze, natomiast dla jęczmiennej i owsianej nieco większe. Należy również pamiętać, że domieszki wilgotnych chwastów również powodują zwiększenie wartości współczynnika tarcia μ_k , rysunek 5a, c.

Oprócz wilgotności słomy o oporach tarcia w czasie przemieszczania decyduje również prędkość przesuwu. Zmianę wartości współczynnika μ_k w zależności od prędkości przesuwu charakteryzuje krzywa przedstawiona na rysunku 6 według Chrapacza [20/].

W przypadku ziarna wartości współczynników tarcia u- zależnione są od: wilgotności ziarna, gatunku i odmiany zboża, prędkości przesuwu, a nawet - aczkolwiek w niewielkim stopniu - od ciśnienia wywieranego na jego warstwę. Na rysunku 7 przedstawiono wyniki badań dotyczące wpływu wilgotności ziarna na zmianę

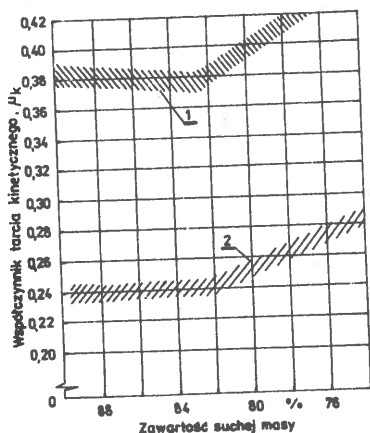


Rys. 6. Wartości współczynnika tarcia kinetycznego w funkcji prędkości przesuwu masy słomistej (wg Chrapacza)

wartości współczynnika tarcia kinetycznego μ_k [94/].

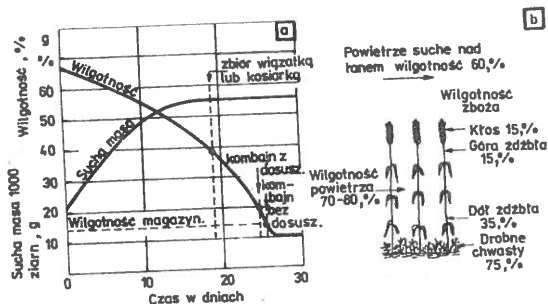
Podczas zbioru mamy do czynienia nie tylko z tarciem zewnętrznym, ale również z tarciem wewnętrznym. Jest ono szczególnie istotne przy obróbce materiału ziarnistego w procesie kombajnowego zbioru. Współczynnik tarcia wewnętrznego zależy od wilgotności materiału. Ze wzrostem wilgotności rośnie kąt tarcia wewnętrznego φ_w (rys.8).

Podobnie jest ze zmianą wartości kąta naturalnego usypu φ_r , często niesłusznie utożsamianego z kątem tarcia wewnętrznego. W tabeli 6 zestawiono wartości współczynników tarcia ziarna podstawowych gatunków zbóż zbieranych kombajnami.



Rys. 7. Wartości współczynnika tarcia kinetycznego μ_k w zależności od wilgotności ziarna (wg Kanafojskiego): 1 - ziarno jęczmienia po ocynkowanej blasze, 2 - ziarno pszenicy po ocynkowanej blasze

Reasumując badania związane ze zjawiskiem tarcia masy słomistej i ziarna należy stwierdzić, że w tym zakresie istnieje szereg cennych informacji przydatnych w pracy konstruktorów i użytkowników kombajnów zbożowych i innych maszyn rolniczych. Nie obejmują one jednak pełnego zakresu danych, jak np. wpływ wilgotności słomy i ziarna poszczególnych gatunków zbóż na wartości współczynników tarcia. Odczuwa się też zupełny brak danych dotyczących współczynników tarcia łądyg i ziarna rzepaku zbieranego bardzo często za pomocą kombajnów zbożowych.



Rys. 8. Wpływ wilgotności na kąt φ_r i kąt tarcia wewnętrznego φ_w ziarna pszenicy (wg Byszewskiego i Hamana)

METODY ZBIORU ZBÓŻ

W ogólnej powierzchni zasiewów, w krajowym rolnictwie, rośliny zbożowe zajmują ponad 50%. Ponadto uprawiane są na nasiona rośliny strączkowe oraz rzepak, rzepik i inne, które mogą być w zasadzie zbierane przy użyciu maszyn i urządzeń technicznych stosowanych w

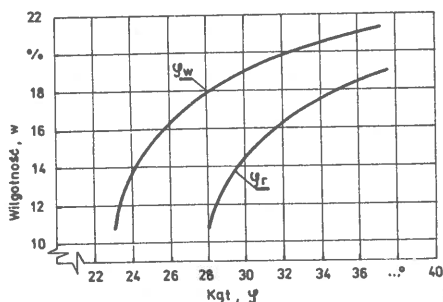
Tabela 6. Współczynniki tarcia wybranych gatunków ziarna o zawartości suchej masy około 85, % wg /25, 26, 93, 94, 170, 190, 192/

Gatunek ziarna	Wartości współczynnika tarcia							
	zewnątrznego						wewnętrznego	
	o stal		o drewno		o gumę		μ_k	μ_s
	μ_k	μ_s	μ_k	μ_s	μ_k	μ_s		
Pszenica	0,300	0,414	0,360	0,580	0	0,800	0,460	0,700
Żyto	0,315	0,580	0,370	0,780	0,450	0,800	0,460	0,700
Jęczmień	0,300	0,370	0,320	0,700	0	0,750	0,500	0,700
Owies	0,400	0,580	0,370	0,780	0	0,800	0,530	0,700
Rzepak	0	0	0	0	0	0	0	0,700

0 - brak danych z badań

produkcji zbóż. Łącznie powierzchnia uprawianych roślin do zbioru kom-
bajnem wynosi około 60% ogólnej powierzchni zasiewów /76/. W progno-
zach do 1995 r. przewiduje się, że powierzchnia uprawy roślin zbożowych
utrzyma się praktycznie na jednakowym poziomie (ok. 8480 tys. ha), może
natomiast stopniowo wzrastać powierzchnia upraw roślin strączkowych u-
prawianych na nasiona (do 430 tys. ha) oraz rzepaku i rzepiku (do 340
tys. ha) /76/.

Zbiór zbóż oraz nasion innych roślin z tak dużego arealu stanowi
bardzo poważny problem w rolnictwie, tym bardziej, że zbiór, transport
i zmagazynowanie płodów muszą być wykonane w krótkich, ściśle okre-
ślonych okresach agrotechnicznych, przy możliwie małych nakładach ro-
bowocizny i niewielkich stratach ziarna. Zagadnienie zbioru nie jest jednak
sprawą prostą. W okresie dojrzewania zboża następuje przyrost suchej
masy ziarna i zmniejszenie jego wilgotności od około 70 % zawartości wo-
dy na początku okresu dojrzewania do około 15-20% w końcowym okresie.
Szybki w początkowym okresie przyrost suchej masy - od wartości rzę-
du kilkunastu g/1000 ziarn - zdąża do wartości prawie stałej - około
kilkudziesięciu g/1000 ziarn (w zależności od gatunku zboża w końco-
wym okresie dojrzewania), (rys. 9a) /136/.



Rys. 9. Zmiany wilgotności zboża (wg Nowackiego): a) zmiany suchej masy i wilgotności ziarna w trakcie procesu dojrzewania, b) zmiany wilgotności w źdźbłach zboża

rozkład wilgotności w źdźbłach, co powoduje, że dolne ich części są bardziej wilgotne od kłosów (rys. 9b). Natomiast zbiór zboża kombajnami musi być opóźniony o kilka dni do chwili, gdy ziarno w kłosach osiągnie wilgotność około 20% przy kombajnowaniu z dosuszaniem ziarna, lub około 15% bez dosuszania. Po uzyskaniu prawidłowego stopnia dojrzałości zboże musi zostać skoszone, a następnie wymłócone. Podstawowymi bowiem elementami procesu zbioru jest koszenie i młocka.

Zależnie od stopnia zmechanizowania gospodarstw, ich wielkości i ukształtowania stosowane są różne metody zbioru ziół i innych roślin niezbóżowych.

Zbiór wieloetapowy - polega na koszeniu, wiązaniu w snopy, dosuszaniu na polu, zwożeniu i młocke. Zastosowanie takiego sposobu zbioru pozwala uniezależnić moment koszenia od stanu wilgotności zboża. Koszenie może być wykonane za pomocą różnych ręcznych narzędzi lub maszyn będących w posiadaniu gospodarstwa.

Zbiór dwuetapowy - polega na koszeniu z równoczesnym rozkładaniem na ściernisku skoszonej masy zbożowej w celu jej przeschnięcia. Pozwala to na wysuszenie zboża do wilgotności odpowiedniej dla młocki oraz na zastosowanie kombajnu do drugiego zabiegu, jakim jest młocka. Eliminuje się też szereg czynności, jak wiązanie snopów i zwożenie ich na miejsce młocki.

Z chwilą ustalenia się prawie stałej zawartości suchej masy wilgotność ziarna jest jeszcze dość wysoka, dlatego zboże może być zbierane za pomocą prostych narzędzi i maszyn żniwnych pozwalających na dalsze schnięcie na polu skoszonego zboża, aż do osiągnięcia wilgotności około 15%, umożliwiającej przechowywanie ziarna bez dodatkowego zabiegu suszenia. Na konieczność dosuszania na polu skoszonego zboża wpływa też nierównomierny

Zbiór jednoetapowy - czyli kombajnowanie z pnia jest najmniej pracochłonnym sposobem zbioru zbóż, z uwagi na swoje zalety jest szeroko stosowany na świecie. Można również sądzić, że będzie to podstawowa metoda zbioru zbóż na świecie w najbliższych latach. Przemawia za tym fakt szybkiego rozpowszechniania się kombajnów również w gospodarstwach małych obszarowo, jak również dalsze prace zarówno konstruktorów, jak i ośrodków naukowych zmierzające w kierunku zwiększenia wydajności kombajnów, ich unowocześnienia, zautomatyzowania i stworzenia dobrych warunków pracy dla obsługi. Automatyczne sterowanie pracą kombajnu, jego prędkości i przepustowości w zależności od dopuszczalnych strat ziarna jest celem, do którego dąży się prowadząc szerokie badania tych maszyn / 35, 38, 39, 40, 42, 58, 63, 64, 65, 69, 90, 110, 111, 126, 129, 139, 178/. Prowadzone są też badania w kierunku uniwersalizacji kombajnów i przystosowania ich do zbioru nasion rzepaku i innych roślin /10, 88, 95, 116, 125, 129, 131, 148, 168/.

Obok wymienionych metod zbioru zbóż w różnych ośrodkach naukowych w kraju i zagranicą prowadzone są badania mające na celu wprowadzenie innych metod zbioru zbóż. Można tutaj wymienić metodę trójetapowego zbioru, badania której prowadzono przed kilku laty w CSRS i w Polsce. W tej metodzie zbioru zbóż nie był potrzebny kombajn zbożowy. W pierwszym etapie zboże było koszone żniwiarką pokosową, która jednocześnie układała je w pokosy do przeschnięcia. Następnie masa zbożowa była zbierana sieczkarnią polową z jednoczesnym cięciem na sieczkę o długości około 40 mm. Trzecim etapem było domlącanie sieczki i wydzielanie z niej ziarna przy użyciu specjalnego separatora stacyjnego. Metoda jednak ze względów energetycznych i innych nie znalazła jak dotąd zastosowania w praktyce.

Podobną metodę zbioru zaproponowała szwedzka firma Kockums, która prowadziła badania wdrożeniowe metody zbioru tzw. "całkowitego", zbliżonej do trójetapowej metody. W szwedzkiej metodzie, mającej przemysłowy charakter, zboże zbierane wysokowydajnymi sieczkarniami z jednoczesnym cięciem na sieczkę, jest dowożone w pojemnikach do punktu obróbki. Jest to rodzaj fabryki wyposażonej w urządze-

nia do odbioru masy zbożowej, wydzielenie z niej ziarna, suszenie ziarna i słomy oraz przeróbki słomy na paszę, celulozę bądź płyty dla budownictwa. Zaletą opisaney metody jest całkowity zbiór masy zboża razem z chwastami bez strat ziarna, niezależnie od warunków atmosferycznych i pory dnia. Być może jest to przyszłościowa metoda zbioru, która wyeliminuje kombajny zbożowe oraz straty ziarn, w obecnej jednak chwili jest nie do przyjęcia do powszechnego stosowania, chociażby ze względów energetycznych i dużych nakładów finansowych na budowę zakładów przeróbki zebranej masy zbożowej.

Przedstawiając metody zbioru zbóż należy podkreślić, że w naszym kraju szeroko stosowane są dwie z nich: wieloetapowa - głównie w małych gospodarstwach indywidualnych nie dysponujących kombajnami i jednoetapowa - w dużych gospodarstwach państwowych oraz zespołowych, stosowana również bardzo chętnie w gospodarstwach mniejszych, jeśli pozwalają na to warunki terenowe.

Na podstawie badań różnych autorów można stwierdzić, że straty ziarna w czasie zbioru różnymi metodami maleją w miarę wzrostu mechanizacji prac w tym zakresie. W tabeli 7 przedstawiono badania Kawy /95/, z których wynika, że najmniejsze straty obserwowano przy stosowaniu kombajnu zbierającego zboże z pnia. Zastosowanie snopowiązałki, jak również ręcznych narzędzi było przyczyną większych strat ziarna, które powstawały przy wykonywaniu różnych czynności związanych ze zbiorem jak, wiązanie w snopy, załadunek, transport, omlot itp.

Całkowite jednak wyeliminowanie strat ziarna w czasie kombajnowego zbioru nie jest obecnie możliwe, chociaż stanowi przedmiot badań licznych autorów.

WPŁYW ZESPOŁÓW ROBOCZYCH KOMBAJNU ZBOŻOWEGO NA STRATY I USZKODZENIA ZIARNA

W polskim rolnictwie stosowane są samobieżne kombajny typu Bizon wyposażone w wytrząsacze. W wielu krajach spotyka się również kombajny tzw. bezwytrząsaczowe, o wzdłużnym zasilaniu i przepływie masy zbożowej (tab. 8).

Tabela 7. Straty ziarna jęczmienia jarego i pszenicy ozimej podczas zbioru różnymi metodami wg /95/

Gatunek zboża, odmiana	Zbiór	Plon q/ha	Straty na 1 m ² ścierniska, g			Całkowite straty ziarna, g/ha			Procent plonu %
			ziarno w kłosach	ziarno osypane	razem	ziarno w kłosach	ziarno osypane	razem	
Jęczmień jary cv KOSMOS	Kosą i kosiarką	32,90	13,62	1,94	15,56	1,36	0,19	1,55	4,73
	Snopowiązałką WC-5	32,95	5,91	1,60	7,51	0,59	0,16	0,75	2,28
	Kombajnem BIZON	32,51	2,92	2,79	5,71	0,29	0,28	0,57	1,76
	średnio:		7,48	2,11		0,75	0,21		
	Najmniejsza istotna różnica p = 0,05		pomędzy metodami zbioru = 1,06			pomędzy metodami zbioru = 0,10			
Pszenica ozima cv GRANA	Kosą i kosiarką	34,20	8,58	0,24	8,82	0,86	0,02	0,82	2,53
	Snopowiązałką WC-5	34,84	6,76	0,54	7,30	0,68	0,05	0,73	2,09
	Kombajnem BIZON	34,35	11,10	1,42	12,52	1,11	0,14	1,25	3,64
	średnio:		8,81	0,73		0,88	0,07		
	Najmniejsza istotna różnica p = 0,05		pomędzy metodami zbioru = 1,20			pomędzy metodami zbioru = 0,12			
			pomędzy rodzajami strat = 0,69			pomędzy rodzajami strat = 0,07			
			we współdz. metoda x rodzaj strat = 0,97			we współdz. metoda x rodzaj strat = 0,10			

Tabela 8. Podstawowe wielkości konstrukcyjne - eksploatacyjne wybranych typów kombajnów zbożowych

Wyszczególnienie	Jedn. miary	Kombajny z wytrząsaczami kławiśzowymi				Kombajny bez wytrząsaczy	
		ZO56	Bizon	ZO60	White 9700	International Harvester IH 1463	New Holland TR 95
Silnik:							
- moc znamionowa silnika	kW	73,5	161,7	132	127	168	
- znamionowa prędkość obrotowa	obr/min	2200	2000	2400	2500	2500	
Zespół żniwny:							
- szerokość cięcia	m	4,2	5,8	7,3	6,1	6,1	
Zespół młócający:							
- typ zespołu młócającego	-						
- średnica bębna młócającego	m	0,600	0,600	0,800	0,610	0,427	
- długość bębna młócającego	m ²	1,254	1,570	4,667	2,735	2,160	
- powierzchnia kłepiska	m ^o	0,760	0,960	1,607	0,762	0,650	
- kąt opasania bębna kłepiskiem	...	110	110	-	118	110 i 110	
Zespół wydzielająco-czyszczający:							
- powierzchnia wytrząsaczy	m ²	4,58	7,46	-	-	-	
- powierzchnia sit ukladu czyszczącego	m ²	2,94	4,80	2,40	1,350	1,339	
- długość bębna wydzielającego	m	-	-	2,198	1,120	1,070	
- średnica bębna wydzielającego	m	-	-	0,800	0,544	0,424	

Kombajny są to maszyny drogie i złożone, wymagające starannej i fachowej obsługi oraz właściwej regulacji zespołów roboczych, mających duży wpływ na straty i uszkodzenia zbieranego ziarna. W budowie kombajnów zbożowych można wyróżnić następujące podstawowe zespoły: żniwiarkę (heder), młocarnię i układ napędowo-jezdny. Przebieg pracy kombajnu jest następujący. Oddzielany przez rozdzielacz pas zboża nagarniany jest porcjami przez listwy nagarniacza na zespół tnący. Ścięte zboże dostaje się pod podajnik ślimakowo-palcowy, a następnie pod przenośnik pochyły. Listwy przenośnika pochylego przemieszczają masę zbożową w kierunku zespołu młóścącego. W zespole młóścącym, między cepami bębna a listwami klepiska, następuje omlot tzw. wydzielanie ziarna z kłosów. Większość wymłóconego ziarna z zanieczyszczeniami przesiewa się przez klepisko, a reszta ziarna ze słomą wyrzucana jest na wytrząsacz klawiszowy, który wydziela ziarno ze słomy, a następnie wyrzuca ją luzem na ściernisko. Całość przesianego przez klepisko i wytrząsacz ziarna wraz z drobnymi zanieczyszczeniami jest skierowana na żaluzjowe sita zespołu czyszczącego, gdzie strumień powietrza z wentylatora oddziela plewy i zgoniny wyrzucając je na zewnątrz kombajnu. Czyste ziarno dostaje się do przenośnika ziarnowego, który przemieszcza je do zbiornika ziarna, umieszczonego zwykle nad zespołem młóścącym. Ziarno ze zbiornika wyładowywane jest śrubowym przenośnikiem na środki transportowe.

Wymienione zespoły kombajnu przyczyniają się do powstawania strat i mechanicznych uszkodzeń ziarna. Jednym z najbardziej istotnych czynników prawidłowego wykorzystania kombajnu zbożowego, dużej wydajności dziennej i sezonowej, małej awaryjności i dobrej jakości pracy (małe straty i uszkodzenia ziarna oraz duża czystość ziarna) jest umiejętność wykorzystywania przewidzianych konstrukcyjnie regulacji jego zespołów roboczych, w zależności od zmieniających się warunków pracy. Instrukcje obsługi kombajnów dość jasno pouczają jak te regulacje wykonać, ale nie wyjaśniają po co i kiedy regulacje te przeprowadza się. Dobór optymalnych parametrów pracy kombajnu, związany z warunkami pracy, stanem zboża itp. jest dość trudny i ma duży wpływ na poprawną pracę kombajnu przy małych stratach i uszkodzeniach ziarna oraz na jego wydajność.

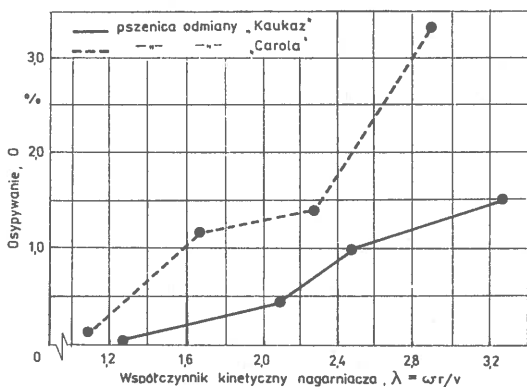
Zespół żniwny

W skład zespołu żniwnego (hederu) kombajnów zbożowych wchodzi: palcowy zespół tnący, podajnik śrubowo-palcowy i nagarniacz. Współpracujący z zespołem żniwnym przenośnik pochyły podaje ściętą masę zbożową do zespołu miłocącego. Wymienione zespoły robocze, które są przyczyną strat i uszkodzeń ziarna w czasie zbioru, stanowią częsty obiekt badań różnych autorów, mających na celu zmniejszenie oporów cięcia oraz obniżenie strat i uszkodzeń ziarna. Prowadzone są prace zarówno teoretyczne, jak i eksperymentalne [35, 36, 99, 108, 185]. W praktyce jednak pomimo pewnych wad w kombajnach zbożowych stosowany jest szeroko nożycowy zespół tnący z ruchomą listwą tnącą [93, 185]. Zastosowanie innego systemu cięcia ze względów konstrukcyjnych jest trudne do realizacji i nie zawsze gwarantuje poprawną pracę. Podobnie jest z podajnikiem śrubowo-palcowym. Badania tego podajnika prowadziło wielu autorów [73, 93, 120]. Między innymi zagadnieniem tym zajmował się Fąfara [36]. Przeprowadzone badania i praktyka potwierdzają opinię, że podajnik śrubowo-palcowy spełnia swoją funkcję, czyli że w miarę równomiernie i w ciągły sposób przekazuje masę na podajnik pochyły. Należy stwierdzić, że pomimo znacznego zainteresowania zespołem tnącym i podajnikiem śrubowo-palcowym, jedynie nieliczni autorzy analizowali wpływ tych zespołów na straty i uszkodzenia ziarna zbieranych kultur. Ważnym elementem składowym zespołu żniwnego jest nagarniacz. Obecnie w konstrukcjach kombajnów zbożowych niemal wyłącznie stosuje się nagarniacze palcowo-mimośrodowe (tzw. uniwersalne). Należy nadmienić, że od dawna w konstrukcji nagarniacza nie nastąpiły większe zmiany. Posiadają one gwiazdźdźiste usytuowanie listew nagarniających wyposażonych w sprężyste palce, różnią się jedynie średnicą i sposobem napędu.

Inną cechą jest możliwość bezstopniowej regulacji prędkości kątowej listew nagarniających z palcami sterowanymi automatycznie bądź z pomostu kombajnisty.

W zależności od stopnia technologicznej dojrzałości ładu, umiejętności kombajnisty oraz parametrów eksploatacyjnych i konstrukcyjnych zespołu żniwnego wielkości strat i uszkodzeń ziarna mogą być różne.

Ślipek /172, 173/ prowadząc badania nad kombajnowym zbiorem pszenicy odmiany Kaukaz i Carola wykazał, że straty ziarna są między innymi uzależnione od kinetycznego współczynnika nagarniacza λ i cech odmianowych zbieranych roślin (rys. 10).

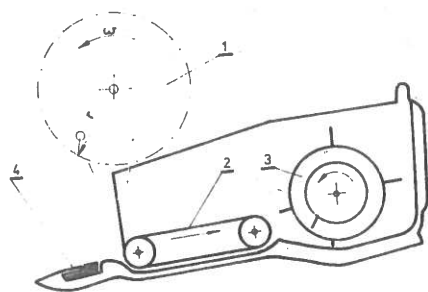


Rys. 10. Straty nasion powstałe w wyniku osypywania w zależności od wartości współczynnika kinetycznego nagarniacza λ (wg Ślipka)

Zdaniem tego autora /172/ istnieje ścisły związek pomiędzy siłą wiązania ziarna z kłosem a osypywaniem i stratami powodowanymi przez nagarniacz. Tak więc cechy odmianowe i parametry kinetyczne zespołów roboczych są istotnymi czynnikami, które należy uwzględnić przy regulacji zespołów roboczych kombajnu.

Poprawność pracy wymienionych trzech podzespołów ma szczególne znaczenie przy zbiorze rzepaku, ze względu na skłonności tej rośliny do samoosypywania się ziarna. Mając na uwadze ograniczenie strat nasion rzepaku w czasie kombajnowego zbioru, konstruktorzy firmy Massey-Ferguson zmodyfikowali konstrukcję omówionych podzespołów (rys. 11).

Modyfikacja przedstawionego na rysunku 11 zespołu żniwnego polega na zwiększeniu odległości pomiędzy palcowym zespołem tnącym, a przenośnikiem śrubowo-palcowym i zainstalowaniu tam krótkiego przenośnika taśmowego. Straty nasion rzepaku powodowane przez nagarniacz można ograniczyć stosując zmniejszoną liczbę listew nagarniają-



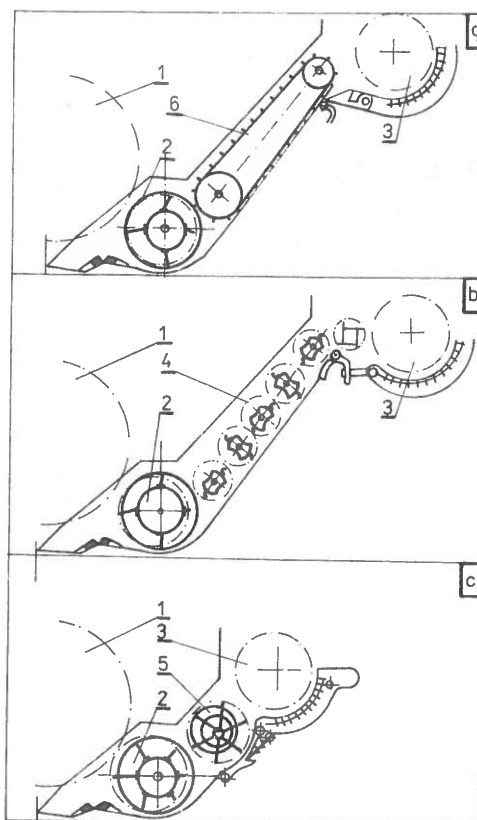
Rys. 11. Schemat zespołu żniwnego firmy Massey-Ferguson (wg Miłosza):
1 - nagarniacz, 2 - przenośnik taśmowy, 3 - przenośnik śrubowo-palcowy, 4 - listwa tnąca

cych (3 lub 4) pracujących z minimalną prędkością kątową 2 rad/s (20 obr/min). Ponadto wskazane jest stosowanie osłon gumowych na listwach nagarniających, których zadaniem jest stłumienie dynamicznych uderzeń roślin listwami nagarniającymi. W przypadkach zbioru rzepaku o dużej obsadzie roślin w łanie na 1 m² nagarniacz można całkowicie wyeliminować z pracy /10, 131/. Ogólnie można stwierdzić, że zmniejszenie strat i

uszkodzeń ziarna, przez omawiane zespoły w czasie pracy, można osiągnąć w wyniku zapewnienia wyższej przepustowości i równomierności podawania masy zbożowej do kolejnych zespołów roboczych kombajnu.

Przenośnik pochyły jest ostatnim ogniwem zespołu żniwnego. Zasadniczym jego celem jest zapewnienie równomiernego podawania masy zbożowej do zespołu młocącego. W konstrukcjach przenośnika pochyłego istnieje szereg rozwiązań /128/. We współczesnych kombajnach zbożowych powszechnie zastosowane zostały trzy typy przenośników pochyłych: łańcuchowo-listwowy, wirnikowy i bębnowo-palcowy, które przedstawiono na rysunku 12.

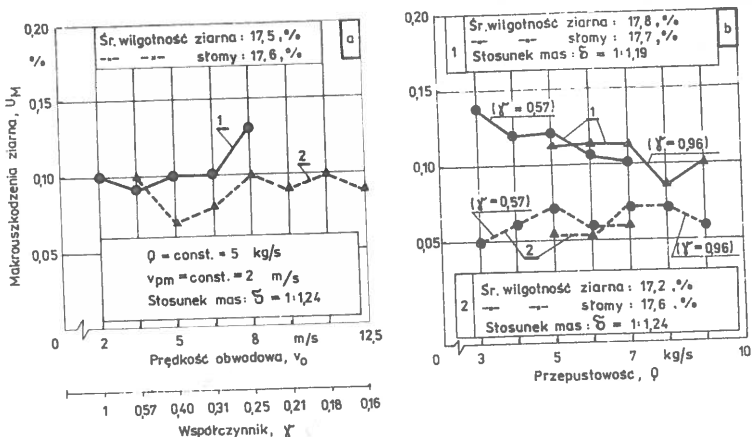
Najczęściej stosowanym rozwiązaniem w kombajnach jest przenośnik łańcuchowo-listwowy (rys. 12a). Charakteryzuje się on niezawodną i dobrą pracą, nawet przy znacznej wilgotności zbieranego zboża. Drugą, rzadziej spotykaną konstrukcją, jest przenośnik wirnikowy (rys. 12b). Badania porównawcze przenośnika łańcuchowo-listwowego i wirnikowego przeprowadził Miłosz /128/. Autor ten analizował wpływ typu przenośnika, przepustowości i nierównomierności zasilania na wielkość uszkodzeń ziarna w przemieszczanej masie. Wybrane wyniki badań Miłosza przedstawiono na rysunku 13. Z badań tych wynika, że przenośnik wirnikowy uszkadza ziarno w znacznie mniejszym stopniu niż łań-



Rys. 12. Schematy najczęściej stosowanych przenośników pochyłych masy zbożowej: a) łańcuchowo-listwowy, b) wirnikowy, c) palcowo-bębnowy: 1 - nagarniacz, 2 - podajnik śrubowo-palcowy, 3 - zespół młócający, 4 - przenośnik wirnikowy, 5 - przenośnik palcowo-bębnowy, 6 - przenośnik łańcuchowo-listwowy

cuchowo-listwowy. Ponadto stwierdzono, że wzrostowi przepustowości masy i równomierności przepływu γ towarzyszył spadek ilości ziarn mechanicznie uszkodzonych (rys. 13).

Trzecim typem jest przenośnik palcowo-bębnowy (rys. 12c). Zaletą tej konstrukcji jest zwarta budowa, a tym samym mniejsza masa całego zespołu żniwnego. Wadą tej konstrukcji jest znaczna wymłacalność ziarna, co w przypadku niskiej wilgotności zboża powoduje zwiększenie



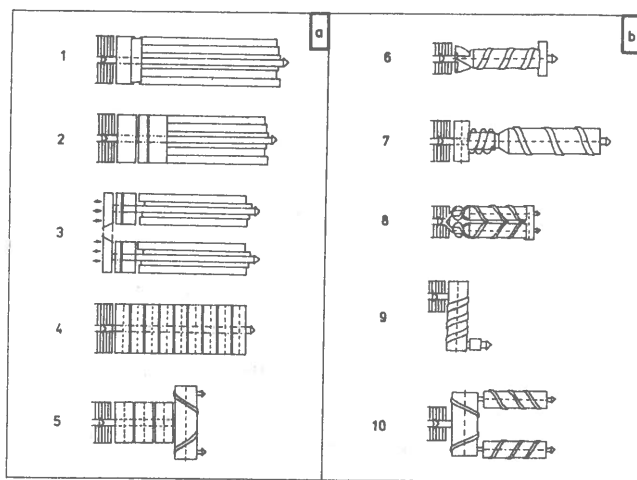
Rys. 13. Makrrouszkodzenia ziarna pszenicy cv Grana: a) w funkcji prędkości obwodowej i współczynnika γ , b) w funkcji przepustowości (wg Miłosza): 1 - przenośnik łańcuchowo-listwowy, 2 - przenośnik wirnikowy

strat ziarna [57, 134, 140]. Palcowo-bębnowy przenośnik pochyły stosowany jest w kombajnie Gleaner-L 2 firmy Allis Chalmers. Na podstawie przedstawionego materiału [10, 36, 71, 93, 108, 119, 131, 171] można stwierdzić, że w badaniach dotyczących pracy zespołu żniwnego kombajnu zbożowego istnieją pewne luki. Brak badań wpływu wilgotności masy zbożowej oraz gatunków i odmian zbóż na poziom strat i uszkodzeń ziarna przez poszczególne elementy zespołu żniwnego nie pozwala na doskonalenie konstrukcji. Na podstawie badań przeprowadzonych przez Miłosza, Ślipka i innych [128, 173] można stwierdzić, że uszkodzenia ziarna powodowane przez zespół żniwny są minimalne, natomiast ważną kwestią do rozwiązania są straty ziarna z powodu osypywania. Ponadto stosowanie w krajowej konstrukcji kombajnów zbożowych jednego typu przenośnika pochyłego masy zbożowej (łańcuchowo-listwowego) nie daje możliwości porównania pracy oraz doboru typu w zależności od warunków.

Młocarnia kombajnu

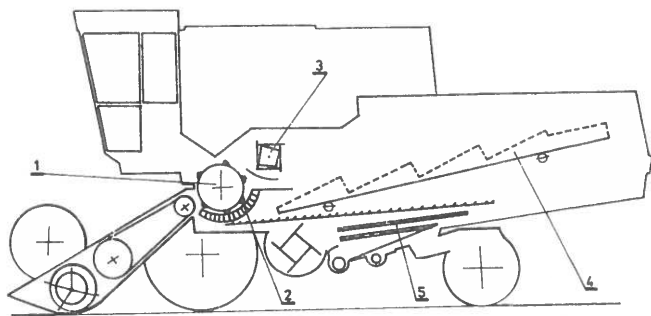
Przegląd ważniejszych konstrukcji zespołów młócaćco-wydzielających kombajnów zbożowych

W procesie zbioru zbóż najważniejszą czynnością jest wydzielenie ziarna z kłosów. Autorzy badań zespołów młócających kombajnów zbożowych zmierzają do osiągnięcia jak najwyższego stopnia wydzielenia ziarna z masy zbożowej w samym zespole młócającym /4, 8, 18, 24, 27, 44, 51-56, 70, 113-115, 177-181/. Efektem tych prac jest szereg oryginalnych rozwiązań zespołów młócających stosowanych w kombajnach zbożowych. Zespoły te, ze względu na sposób zasilania, można usystematyzować według schematu przedstawionego na rysunku 14.



Rys. 14. Systematyka zespołów młócaćco-wydzielających (wg Caspersa, Dreszera, Kutzbacha): a) zespoły młócające stycznie zasilane masą zbożową, b) zespoły młócające z osiowym przepływem masy zbożowej; 1 - tradycyjny, 2 - NH 8080, 3 - MF 4802, 4 - 116 CS, 5 - TF 42/44, 6 - IH 1460, 7 - W 9700, 8 - TR 95, 9 - N 5/6, 10 - VTA 2000

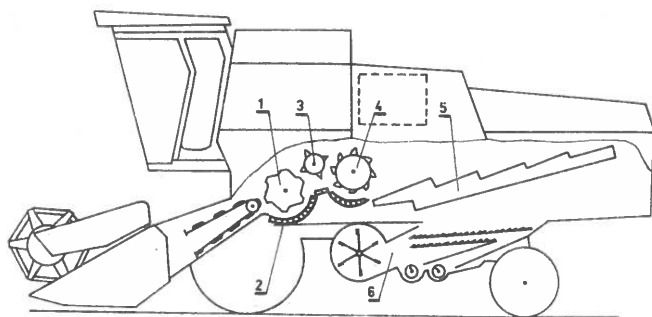
Najbardziej rozpowszechnioną konstrukcją jest kombajn z cepowym zespołem młócającym stycznie zasilanym masą zbożową i klawiszowymi wytrząsaczami (rys. 14a 1). Taką konstrukcję posiadają również kombajny krajowej produkcji typu Bizon (rys. 15).



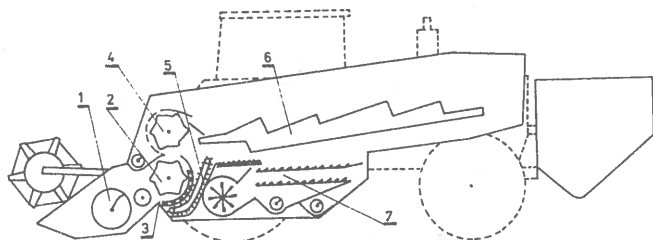
Rys. 15. Tradycyjna konstrukcja kombajnu zbożowego: 1 - bęben młóćący, 2 - klepisko, 3 - odrzutnik, 4 - wytrząsacze klawiszowe, 5 - czyszczalnia

Poza zespołem młóćącym i wytrząsaczami klawiszowymi w skład młocarni kombajnu wchodzi też układ czyszczący składający się z szeregu sit i wentylatora. Złożona budowa młocarni kombajnu ma duży wpływ na jego przepustowość wyrażaną zwykle w kg/s masy zbożowej, przechodzącej przez kombajn. Jest to ważna cecha charakterystyczna dla poszczególnych typów kombajnów, wiążąca się ściśle z ich wydajnością wyrażaną w ha/godz. zebranej powierzchni zbóż lub w t/godz. zebranego ziarna. Liczne badania wykazały, że przepustowość masy zbożowej w kombajnie o tradycyjnej konstrukcji młocarni determinowana jest zdolnością wydzielania ziarna na wytrząsaczach klawiszowych oraz w układzie czyszczenia. Mając na uwadze wymienione problemy konstruktorzy firmy New Holland wprowadzili w kombajnie typu 8080 dodatkowy bęben wydzielający skraca-
jąc jednocześnie długość wytrząsaczy (rys. 14a 2). Przekrój podłużny kombajnu New Holland 8080 przedstawiono na rysunku 16.

W firmie Massey-Ferguson opracowano kombajn zbożowy, w którym polepszenie jakości pracy osiągnięto stosując system wydzielania, jak na rysunku 14a 3. Schemat kombajnu MF 4802 przedstawia rysunek 17. Korzystniejsze parametry wydzielania ziarna w kombajnie MF 4802 uzyskano w wyniku zastosowania dwóch równoległych aparatów z siodłowym zespołem młóćącym. Mankamentem tego rozwiązania jest znaczne zwiększenie szerokości młocarni.



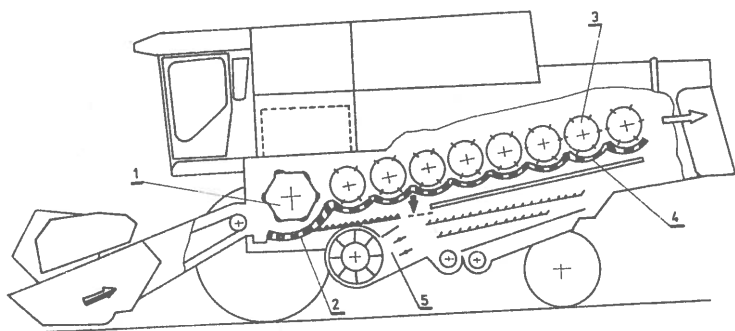
Rys. 16. Schemat kombajnu firmy New Holland 8080: 1 - bęben młócający, 2 - klepisko, 3 - odrzutnik, 4 - dodatkowy (drugi) zespół wydzielający, 5 - wytrząsacze klawiszowe, 6 - czyszczalnia



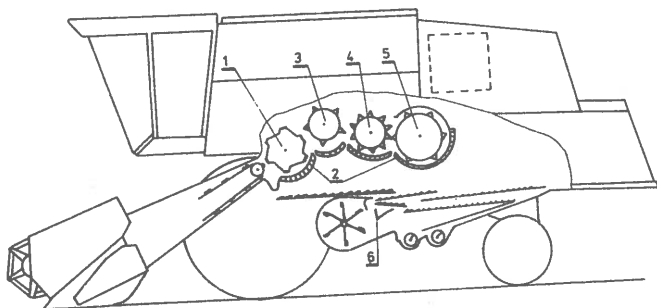
Rys. 17. Schemat kombajnu firmy Massey-Ferguson 4802: 1 - śrubowo-palcowy przenośnik rozdzielający masę zbożową, 2 - bęben młócający, 3 - klepisko, 4 - dodatkowy (siodłowy) zespół wydzielający, 5 - przenośnik ziarna, 6 - wytrząsacze klawiszowe, 7 - czyszczalnia

Nie odstępując od zasady stycznego zasilania zespołu młócającego masę zbożową, firma Claas w modelu kombajnu Dominator 116CS zastosowała jeden bęben młócający i 8 bębnow wydzielających. Schemat kombajnu Claas 116CS działającego według systemu (rys. 14-a4) przedstawiono na rysunku 18.

Zastosowanie 8 bębnow wydzielających pozwoliło na całkowitą eliminację wytrząsaczy klawiszowych oraz zwiększenie przepustowości kombajnu przy jednoczesnym ograniczeniu strat ziarna. Firma New Holland opracowała bezwytrząsaczowy model kombajnu TF 42 i 44, pracujący według systemu przedstawionego na rysunku 14-a5. Znamionną cechą kombajnu TF 42/44 jest rozluźnianie masy słomistej przez ostatni bęben wydzielający.



Rys. 18. Schemat kombajnu zbożowego firmy Claas Dominator 116CS: 1 - bęben młócający, 2 - klepisko, 3 - bębny separujące, 4 - klepisko oddzielające, 5 - czyszczalnia

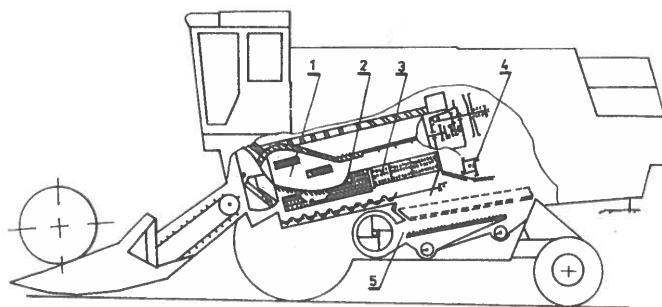


Rys. 19. Schemat kombajnu zbożowego firmy New Holland TF 42/44: 1 - bęben młócający, 2 - klepiska, 3 - odrzutnik, 4 - bęben wyczesujący, 5 - bęben rozluźniający, 6 - czyszczalnia

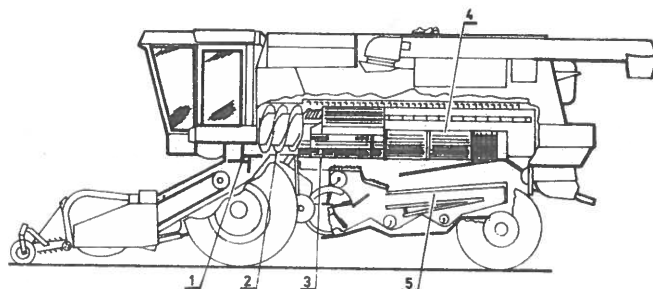
jący, szerszy od bębna młócacego. Schemat kombajnu TF 42/44 przedstawia rysunek 19.

Zastosowanie rozwiązania przedstawionego na rysunku 19 umożliwiło zwiększenie przepustowości o 30% przy zmniejszonych stratach. W połowie lat siedemdziesiątych pojawiły się kombajny zbożowe z nowym rozwiązaniem zespołu młócacego, z osiowym przepływem masy zbożowej. Prace nad tą konstrukcją prowadzone były znacznie wcześniej w wielu krajach, w tym również i w Polsce przez Gierobę i Malickiego [96, 124]. Zespoły młócające z osiowym przepływem masy zbożowej można podzielić na pięć grup

(rys. 14b) /6-10/. Konstrukcje te występują jako jedno- lub dwubębnowe. W jednobębnowy, osiowo zasilany zespół młócający, wyposażone zostały kombajny firmy International Harvester IH 1440/60/80 (rys. 20) oraz White 9700 (rys. 21).



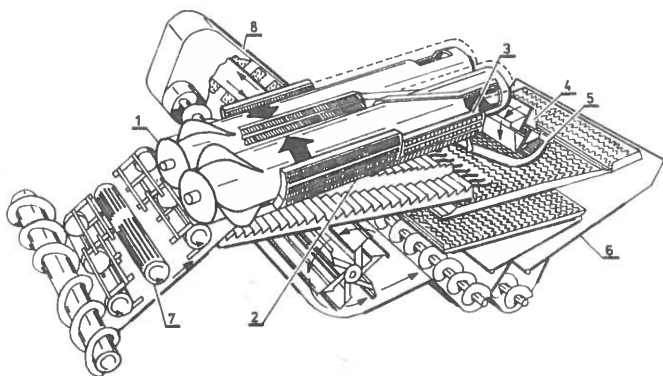
Rys. 20. Schemat kombajnu firmy International Harvester IH 1460: 1 - bęben młócający, 2 - klepisko omlotowe, 3 - klepisko wydzielające, 4 - odrzutnik słomy, 5 - czyszczalnia



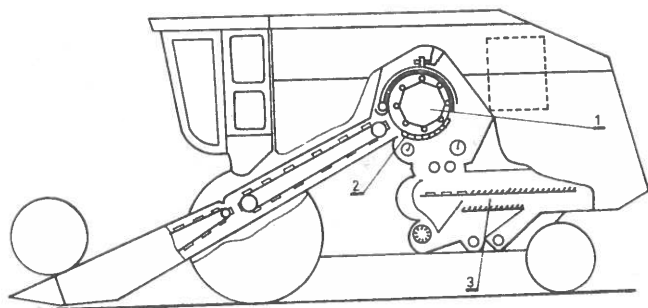
Rys. 21. Schemat kombajnu zbożowego White 9700: 1 - bęben młócający, 2 - zasilający zwój śrubowy, 3 - klepisko omlotowe, 4 - klepisko wydzielające, 5 - czyszczalnia

Podstawowa różnica pomiędzy kombajnem IH 1460 (rys. 20) a kombajnem White 9700 (rys. 21) polega na usytuowaniu bębna młócająco-wydzielającego. Kombajn White 9700 posiada poziomo usytuowany bęben, natomiast w kombajnie IH 1460 bęben ten jest usytuowany pochyło względem poziomu. Firma Speery New Holland opracowała konstrukcję kombajnu

zbożowego z dwubębnowym, osiowo zasilanym zespołem młódcym (rys. 22), pracującym według systemu przedstawionego na rysunku 14-b8.



Rys. 22. Schemat kombajnu zbożowego New Holland TR 95: 1 - bęben młódcy, 2 - kłesko młódcy, 3 - kłesko wydzielający, 4 - odrzutnik słomy, 5 - kłesko wydzielający pod odrzutnikiem, 6 - czyszczalnia, 7 - przenośnik pochyły, 8 - przenośnik ziarnowy

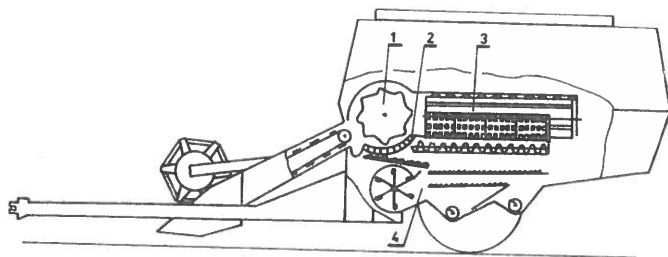


Rys. 23. Schemat kombajnu zbożowego firmy Allis Chalmers typu Gleaner N 5 i N 6: 1 - bęben młódcy, 2 - kłesko, 3 - czyszczalnia

Bębny młocące w kombajnie TR 95 wykonują przeciwbieżne obroty, w wyniku czego uzyskuje się równomierny rozkład masy zbożowej w przestrzeni roboczej oraz mniejsze obciążenie zespołów młoczących i wydzielających.

Interesujące rozwiązanie konstrukcyjne kombajnu zbożowego przedstawiła firma Allis Chalmers w kombajnie typu Gleaner N 5 i 6 (rys. 23), pracującym według systemu (rys. 14-b9).

W przyczepianym kombajnie Versatile Trans Axial 2000 zastosowano ciekawe rozwiązanie, którego schemat przedstawiono na rysunku 14-b10. Jest to połączenie dwóch systemów zasilania. Masa zbożowa styknie się do bębna rozdzielczego, który jednocześnie wymłaca ziarno. Dalsza separacja ziarna z masy słomistej odbywa się w dwóch bębnach wydzielających o osiowym przepływie masy. Schemat kombajnu VTA 2000 przedstawiono na rysunku 24.



Rys. 24. Schemat kombajnu Versatile Trans Axial 2000: 1 - bęben młóca-rozdzielający, 2 - klepisko, 3 - bębny separujące o osiowym przepływie masy, 4 - czyszczalnia

Ze względu na charakter pracy oraz ograniczenia edytorskie w rozdziale przedstawiono jedynie wybrane - wiodące rozwiązania konstrukcyjne kombajnów zbożowych. Szersze informacje dotyczące rozwiązań konstrukcyjnych zawarte są w cytowanej bibliografii.

Straty i uszkodzenia ziarna w stycznie zasilanych zespołach młócących

Jak już wspomniano, w większości produkowanych modeli kombajnów europejskich firm stosowane są cepowo-bębnowe zespoły młócące. Wydzielaniu ziarna w tych zespołach towarzyszą straty i uszkodzenia mechaniczne, na wielkość których mają wpływ następujące czynniki:

- fizyczne i mechaniczne właściwości zbieranego materiału związane z odmianą, wytrzymałością na zginanie, wilgotnością słomy i ziarna itp.,
- warunki techniczno-technologiczne zbioru związane z prędkością obwodową bębna i liczbą cepów, kątem opasania bębna klepiskiem, wielkością szczeliny roboczej itp.,

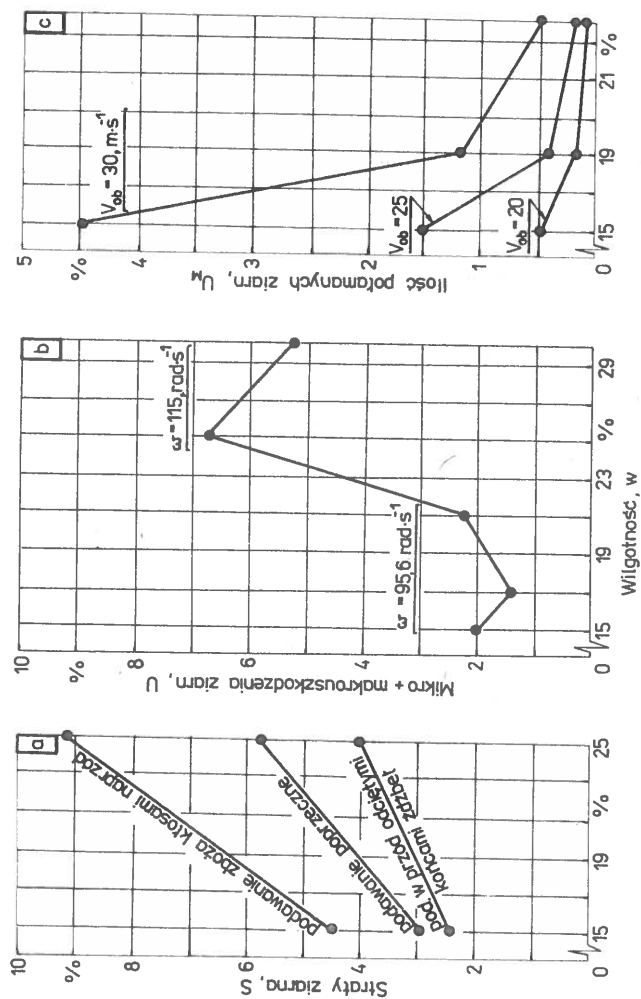
- sposoby zasilania zespołu młóącego związane z wielkością i równomiernością strumienia dostarczanej masy oraz domieszki zielonych chwastów i innych roślin.

Badaniami wpływu wyżej wymienionych czynników na wielkość strat i uszkodzeń ziarna powstających w zespole młóącym kombajnu zbożowego zajmowało się wielu autorów, spośród których ciekawe badania przedstawił: Arnold /4, 5/, Eimer /30-34/, Gieroba /51-56, 62, 70/, Kanafojski /93, 94/, Konieczna /107/, Ślipek /172, 173/, Wieneke, Caspers /180-182/ i inni.

Arnold /4/, Kanafojski /94/ oraz Konieczna /107/ badając wpływ niektórych fizycznych i mechanicznych właściwości wymlacanego zboża doszli do wniosku, że wilgotność i cechy odmianowe mają duży wpływ na ilość uszkodzeń ziarna. Stanowiskowe badania przeprowadzone na pszenicy i jęczmieniu o różnej wilgotności potwierdziły hipotezę, że wielkość strat ziarna z powodu niedomłotu jest tym większa, im wyższa jest wilgotność młóconego zboża (rys. 25).

Inną fizyczną i mechaniczną właściwością młóconego zboża jest siła wiązania ziarna z kłosem. Badania nad tym problemem przeprowadzone były przez Wasilenkę /176/, przy użyciu odmian pszenicy o różnym stopniu wymlacalności. Wasilenko doszedł do wniosku, że do wydzielenia ziarna z trudno wymlacalnej odmiany pszenicy niezbędna jest dwukrotnie większa energia w porównaniu z pszenicą łatwo wymlacalną. Znaczna energia wydzielania ziarna jest przyczyną powstawania zwiększonych strat i uszkodzeń w czasie omłotu.

Oprócz omówionych wyżej czynników na wielkość strat ma wpływ wilgotność masy zbożowej oraz ilość domieszek innych roślin i chwastów. Segler i Wieneke /151/ przeprowadzili stanowiskowe badania procesu omłotu mieszanek pszenicy i owsa z trawami oraz koniczyną białą i czerwoną. W badaniach stwierdzono, że rozbijanie w czasie omłotu mokrych łodyg roślin, stanowiących domieszkę trawy i koniczyny, jest przyczyną intensywnego wydzielania soków, które oklejają wydzielone ziarno utrudniając jego przesiewanie przez klepisko. W konsekwencji ziarno jest poddawane oddziaływaniu kolejnych cepów, w wyniku czego jest uszkodzane lub niszczone. Badania Seglera i Wieneke /151/ wykazały, że w pszenicy



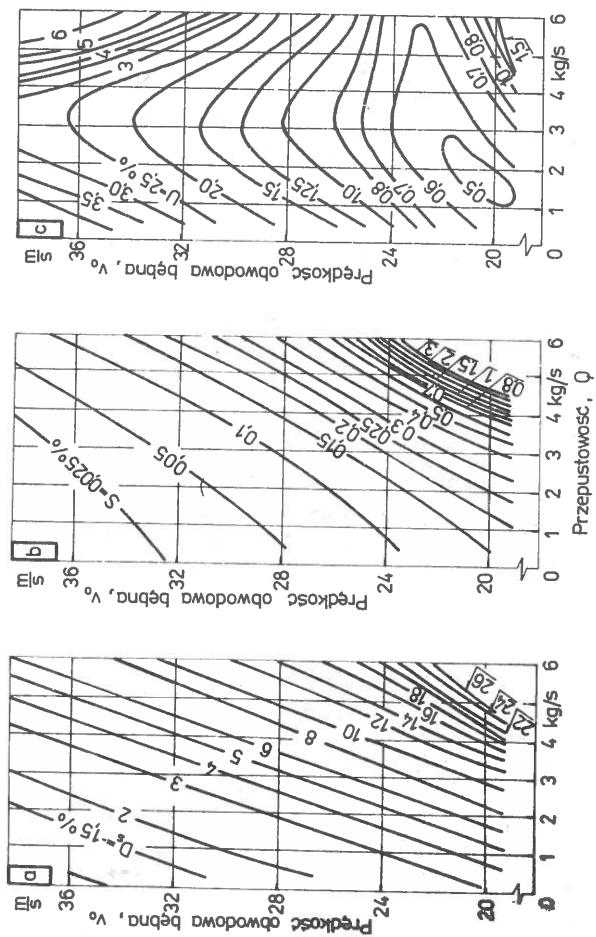
Rys. 25. Zależność strat i uszkodzeń ziarna pszenicy od jej wilgotności; a) wg Arnolda, b) wg Kanafojskiego, c) wg Koniecznej

i owsie ze wspomnianymi domieszkami zaobserwowano znacznie większą ilość strat powstałych przy ich omłocie w porównaniu do strat, jakie rejestrowano przy omłocie pszenicy i owsa bez domieszek.

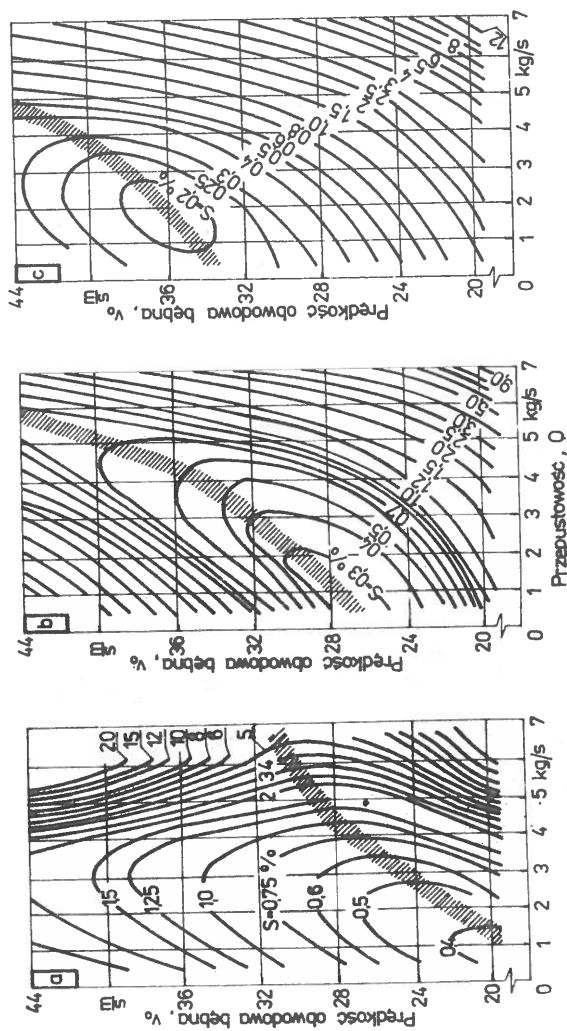
Drugą grupę czynników, które mają wpływ na wielkość strat i uszkodzeń ziarna w czasie omłotu, są czynniki techniczno-technologiczne. W pracy kombajnów zbożowych czynniki te mają szczególne znaczenie ze względu na możliwość oddziaływania na nie drogą regulacji ciągłej lub skokowej, celem uzyskania możliwie najmniejszych strat i uszkodzeń ziarna. Zagadnieniami tymi zajmowali się: Arnold /4, 5/, Eimer /30, 32, 34/, Kanafojski /93/, Wieneke, Caspers /181, 182/, Ślipseki /172, 173/ i inni.

Oprócz badań nad wpływem fizycznych i mechanicznych właściwości młóconych kultur Arnold /4/ i Gieroba /53, 54, 55/ prowadzili również badania wpływu niektórych czynników konstrukcyjno-eksploatacyjnych na wielkość strat i uszkodzeń. Doszli oni do wniosku, że wraz ze wzrostem prędkości obrotowej bębna i długości klepiska wzrasta stopień wydzielania ziarna przy jednoczesnym wzroście jego uszkodzeń. Taki sam wniosek został wyciągnięty przez Ślipseki w wyniku przeprowadzonych badań na kombajnie zbożowym typu Bizon.

Ciekawe i obszerne badania wpływu prędkości obrotowej bębna młóącego, przepustowości zespołu młóącego oraz stanu technologicznej dojrzałości zbieranego zboża na wielkość strat i uszkodzeń ziarna przedstawił Eimer /32, 34/. Prowadził on szczegółowe badania obejmujące wpływ prędkości obwodowej cepów bębna młóącego na stopień i jakość wydzielania ziarna pszenicy o następujących właściwościach: gęstość masy zbożowej 110 kg/m^3 , średnia długość źdźbeł $0,84 \text{ m}$, wilgotność ziarna 12% , wilgotność słomy 14% . Użyty przez autora /34/ do badań zespół młóący kombajnu zbożowego posiadał następujące parametry: szerokość bębna młóącego 1 m , średnica bębna $0,6 \text{ m}$, kąt opasania bębna przez klepisko 130° , szczelinę wlotową 16 mm , a wylotową 8 mm . Jak wynika z licznych badań, w pracy zespołu omłotowego kombajnu zbożowego szczególne znaczenie mają takie czynniki, jak: prędkość obwodowa cepów bębna, wielkość szczeliny i strumienia masy zbożowej dostarczanej do obróbki. Od wartości tych czynników uzależniona jest wielkość strat i uszkodzeń ziarna, dlatego też należy każdorazowo dokonywać ich regulacji w celu doboru optymalnych parametrów pracy w określonych warunkach zbioru.



Rys. 26. Deficyt separacji i omlotu oraz uszkodzenia ziarna w zależności od prędkości obwodowej cepów bębna na miłocznego i przepustowości (wg Eimera) : a) deficyt separacji, b) straty ziarna, c) makrouszkodzenia ziarna



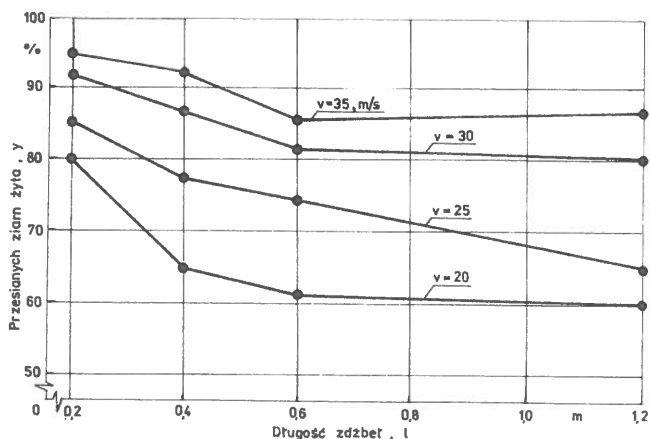
Rys. 27. Wpływ czynników konstrukcyjno-eksploatacyjnych zespołu miłającego i stanu technologicznego zbieranego materiału na straty ziarna (wg Eimera): a) wyłożonej pszenicy, b) świeżej dojrzałej pszenicy, c) młodej pszenicy

Przeprowadzone przez Eimera /34/ badania dotyczące deficytu wydzielania, niedomłotu i uszkodzeń w czasie omlotu przedstawiono na rysunku 26.

Z rysunku tego wynika, że zwiększenie prędkości obwodowej cepów bębna młócącego powoduje zmniejszenie niedomłotu, lecz znaczne zwiększenie stopnia uszkodzeń ziarna, a szczególnie przy niższych przepustowościach.

Problem strat i uszkodzeń ziarna nabiera szczególnego znaczenia przy zbiorze zbóż o zmiennych wilgotnościach. Zaistniała więc konieczność opracowania zakresu parametrów pracy, przy których uzyskuje się optymalne warunki pracy zespołu młócącego. Na rysunku 27 przedstawiono według Eimera /34/ wykresy zmienności skorygowanych strat i uszkodzeń ziarna w zależności od wilgotności zbieranego surowca, prędkości cepów bębna młócącego oraz stanu technologicznego łanu pszenicy.

Obroty bębna młócącego powinny być wyższe przy omłocie bardziej wilgotnego materiału. Przedziały najniższych strat i uszkodzeń ziarna w funkcji wydajności oraz prędkości obwodowej elementów roboczych na wykresach rysunku 27a, b, c zaznaczono polem zakreskowanym. Eimer przeprowadzając badania procesu omlotu uwzględnił długość młóconych źdźbeł



Rys. 28. Zależność ilości przesianych ziarn żyta od długości źdźbeł, prędkości obwodowej cepów przy wilgotnościach ziarna 15 % i słomy 10 % (wg Kanafojskiego, Wieneke i Caspersa)

pszenicy, lecz nie sprecyzował konkretnie wpływu ich długości na wielkość strat i uszkodzeń ziarna. Zagadnienie to było przedmiotem badań Wieneke i Caspersa /180-182/ przy omłocie żyta (rys. 28).

Z wykresów przedstawionych na rysunku 28 wynika, że przy dużych prędkościach elementów roboczych (cepów) wynoszących $35 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ wpływ długości źdźbeł na stopień przesiewalności ziarna jest mniejszy niż przy małych prędkościach rzędu $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Stopień wydzielania ziarna jest tym większy, im wyższa jest prędkość obwodowa cepów w badanych przez Wieneke i Caspersa przedziałach prędkości.

W rozdziale tym pominięto zębowe zespoły młójące z uwagi na to, że występują one w małej młocarni oraz sporadycznie w kombajnach do zbioru ziarna ryżu i nie stanowią w naszym kraju obiektu zainteresowań.

Straty i uszkodzenia ziarna w zespołach wydzielających

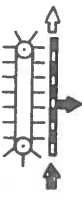
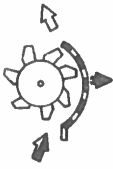
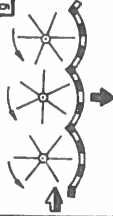
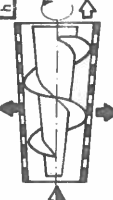
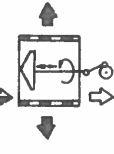
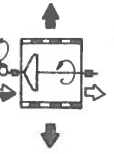
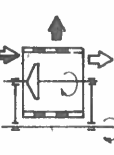
Analiza zebranego piśmiennictwa wykazała, że ograniczenie przepustowości kombajnu zbożowego wynika ze zbyt małej sprawności i niekorzystnej charakterystyki pracy obecnie stosowanych zespołów wydzielających /1, 2, 11, 18, 47, 57, 66, 67, 68, 74, 91, 97, 107, 119, 132, 133, 143, 144, 145/.

Zespoły wydzielające powinny charakteryzować się następującymi cechami:

- dużą zdolnością wydzielania przy małej powierzchni,
- małymi stratami ziarna,
- małą wrażliwością na zmianę warunków pracy,
- prostą i niezawodną konstrukcją,
- małą energochłonnością.

Spełnienie celu, jakim jest dobre wydzielanie ziarna ze słomy przez omawiane zespoły przy spełnieniu wyżej wymienionych warunków, jest wyjątkowo trudne. Zespoły te we współczesnych kombajnach pracują wykorzystując kilka cech fizycznych i mechanicznych ziarna, najczęściej takich, jak: masa, kształt, sprężystość, współczynnik tarcia.

Podział zespołów wydzielających ziarno z masy słomistej poza zespołami młójącymi przedstawiono na rysunku 29. Przedstawione na rysunku 29a, c układy charakteryzują się tym, że wydzielanie wolnego ziarna

Typ powierzchni oddzielającej	plaska lub talista	kaskadowa	plaska, elastyczna	rusztowa
Rodzaj ruchu powierzchni oddzielającej	nieuchoma	kolisty	jednostajnie postępowy	obrotowy
Schemat układu				
Typ powierzchni oddzielającej	Klepisko - ruszt			
Rodzaj ruchu elementów oddzielających	obrotowy			
Schemat układu				
Typ powierzchni oddzielającej	cylindryczne klepisko lub ruszt			
Rodzaj ruchu powierzchni oddzielającej	obrotowy z mechanicznym i pneumatycznym współdziałaniem	obrotowy	obrotowy	obrotowy
Schemat układu				

Rys. 29. Podstawowe systemy wydzielania ziarna z masy słoniastej

z masy słomistej następuje między innymi w wyniku oddziaływania siły grawitacyjnej oraz przemieszczania masy słomistej nad sitem. Intensywność oddzielania ziarna można zwiększyć stosując przemieszczanie masy nad sitem falistym. Mankamentem przedstawionych układów jest niewystarczająca zdolność wydzielania na jednostkę powierzchni.

Na rysunku 29b przedstawiono klasyczną konstrukcję wytrząsacza klawiszowego działającego na zasadzie przenośnika wibracyjnego. Zwiększenie intensywności wydzielania ziarna na tego typu urządzeniu można osiągnąć stosując dodatkowe wspomaganie.

Odminnym typem urządzenia separująco-oddzielającego jest separator rusztowy z wirującymi elementami (rys. 29d). Praca tego układu polega na tym, że w miejsce wytrząsacza zastosowano wałki, na których osadzone są równolegle eliptyczne tarcze.

Według badań radzieckich autorów [108, 175] optymalne warunki pracy osiągnano przy zastosowaniu tarcz eliptycznych, których dłuższa oś wynosiła 310 mm, a odstęp między nimi 5,5 mm. Prędkość obwodowa tarcz wynosiła $1-1,2 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$.

Odminną konstrukcję posiadają urządzenia oddzielające przedstawione na rysunku 29e, g. Znamioną cechą tych urządzeń jest to, że oddzielanie ziarna odbywa się na identycznych zasadach, jak w tradycyjnych stycznie zasilanych zespołach omlotowych [1, 2, 8, 11, 53, 84, 112, 146, 151, 155, 156].

Przedstawiony na rysunku 29h system bezwytrząsaczowego kombajnu jest obecnie stosowany przez niektóre firmy, np. International Harvester, New Holland i inne [157, 158, 186, 187-191]. Oddzielenie i separacja ziarna w tych kombajnach odbywać się może w stożkowym lub cylindrycznym, nieruchomym klepisku o sitowej konstrukcji.

Odrębną grupę zespołów wydzielających stanowią konstrukcje o obrotowych lub obiegowych, sitowych powierzchniach oddzielających (rys. 29i, l). Przemieszczanie masy słomistej w tych urządzeniach odbywa się w wyniku pochylenia bębna sitowego lub oddziaływania dodatkowych urządzeń wspomagających przemieszczanie i jednocześnie rozluźnienie słomy. Kombajny zbożowe, w których zastosowano separator sitowo-bębnowy, należą jednak do nielicznych [135, 140, 188]. Przedstawicielem grupy kom-

bajnów, w których zastosowano separator sitowo-bębnowy, jest kanadyjski kombajn Western Rotor Tresh.

Przedstawione na rysunku 29j, k, l układy wydzielające nie są spotykane w obecnych konstrukcjach kombajnów zbożowych. Są natomiast podejmowane próby wykorzystania tego typu urządzeń przy czyszczeniu nasion. Układ z pionowym ustawieniem sitowego cylindra czyszczącego najlepsze efekty uzyskuje przy częstotliwości drgań 11,6-13,3 Hz, amplitudzie 6-8 mm i przyspieszeniach równych $4,0 \pm 4,5 \text{ g, m} \cdot \text{s}^{-2}$.

Przedstawiony na rysunku 29k odśrodkowy układ wydzielający, w odróżnieniu do poprzedniego (rys. 29j), charakteryzuje się zmienioną kinematyką. W urządzeniu tym cylinder sitowy obraca się ze zmienną prędkością kątową. Brak jest danych dotyczących skuteczności działania takiego urządzenia. Wiadomo natomiast, że najlepsze efekty uzyskiwano przy kącie przegięcia wału napędowego Cardana wynoszącym $50-60^\circ$.

Na rysunku 29l przedstawiono obiegowy (planetarny) układ separująco-czyszczący. W chwili obecnej nie napotkano w literaturze na dane dotyczące skuteczności działania i technicznych możliwości zastosowania tego układu w kombajnie zbożowym.

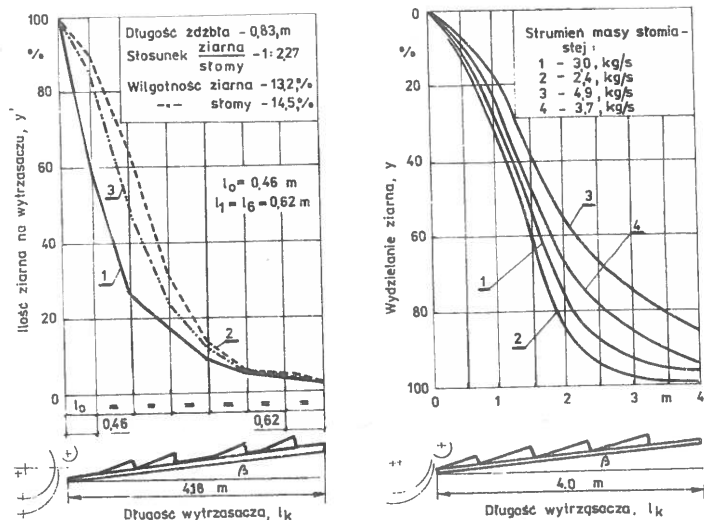
Badania wielu autorów wykazały, że oddzielenie ziarna od słomy na wytrząsaczach klawiszowych ma charakter funkcji wykładniczej, którą Letoszniew /94, 120, 132/ przedstawił w następującej postaci:

$$y_0 = e^{-a_m l_k} \cdot 100, \quad (7)$$

gdzie: y_0 - ilość ziarn znajdujących się w słomie na początku wytrząsacza, %, e - podstawa logarytmu naturalnego = 2,718, a_m - współczynnik zależny od przepustowości, szerokości klepiska oraz innych parametrów, l_k - długość klawisza wytrząsacza, m.

Wynika stąd, że ilość wydzielonego ziarna na wytrząsaczu uzależniona jest od długości wytrząsacza. Wniosek taki potwierdziły badania Beyera /11/, Kirste i Kuhnha /98/ oraz Reeda, Zoerbe i Bigsby /144, 145, 146/ (rys. 30).

Innym czynnikiem decydującym o intensywności wydzielania ziarna jest przepustowość kombajnu, co związane jest z obciążeniem wytrząsaczy.



Rys. 30. Wydzielanie i zawartość ziarna w masie słomistej w funkcji długości wytrząsacza: a) dla pszenicy - wytrząsacz kombajnu ZO60 - Polska (wg Beyera), b) dla żyta - wytrząsacz kombajnu E 516 - NRD (wg Kirste i Kłhna); 1 - teoretyczna ilość ziarna, 2 - faktyczna bez rozluźniania słomy, 3 - faktyczna z rozluźnianiem słomy

Badania takie przeprowadził Kanafojski /94/, Beyer /11/ i inni autorzy /94, 132, 133, 143, 152/. Z praktycznego punktu widzenia wydają się najbardziej interesujące badania wymienionych dwóch autorów, gdyż dotyczą warunków i kombajnu krajowej produkcji. Według Kanafojskiego wzrostowi przepustowości oraz stosunku ziarna do słomy odpowiadają gorsze wskaźniki separacji, a tym samym większe straty ziarna (rys. 31).

Dąży się do tego, by wydzielanie ziarna następowało w zespole młocącym kombajnu zbożowego w możliwie maksymalnym stopniu. Badania przeprowadzone przez Beyera /11/ potwierdziły słuszność wniosku Kanafojskiego /94/. Ponadto Beyer /11/ określił dla wytrząsaczy kombajnu Bizon Gigant optymalny zakres prędkości kątowych wału wykorbionego wytrząsacza i kąta pochylenia klawiszy β . Przy analizie wpływu wymienionych parametrów na jakość pracy wytrząsacza Beyer wprowadził współczynnik separacji ξ równy:

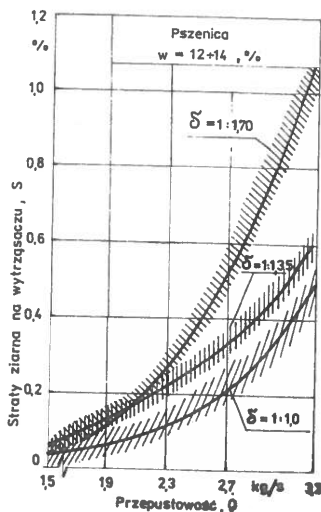
$$- \xi = \frac{\ln \frac{y}{y_0}}{l_k}, \quad (8)$$

gdzie:

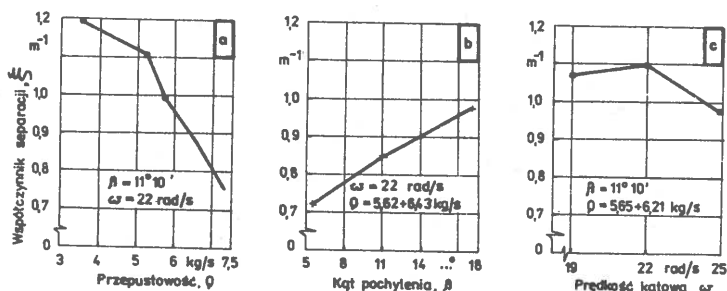
- y - ilość ziarn wydzielonych %,
- y_0 - ilość ziarn znajdujących się w słomie na początku wytrząsacza, %,
- l_k - długość wytrząsacza, m,
- l_n - logarytm naturalny,
- - oznacza tendencję spadkową.

Ze wzoru (8) wynika, że im wyższa jest bezwzględna wartość współczynnika separacji ξ , tym intensywniejsze jest wydzielanie ziarna.

Wpływ przepustowości Q , kąta pochylenia klawisza β i prędkości kątowej wału wykorbionego wytrząsacza ω na wartość współczynnika ξ dla wytrząsaczy kombajnu Bizon charakteryzują wykresy na rysunku 32.



Rys. 31. Zależność między przepustowością kombajnu a stratami ziarna na wytrząsaczu dla trzech różnych wartości stosunku masy ziarna do masy słomy δ (wg Kanafojskiego)

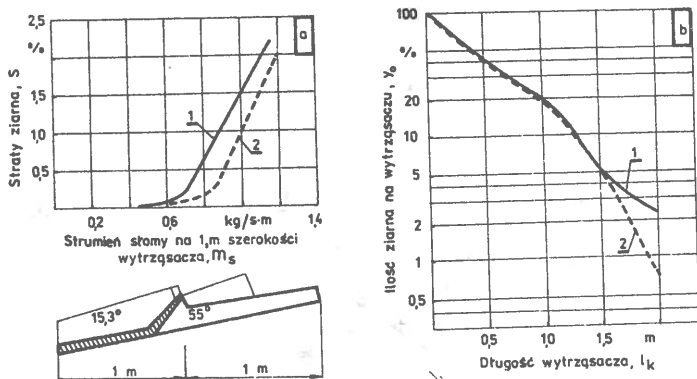


Rys. 32. Zmienności: a) $\xi = f(Q)$; b) $\xi = f(\beta)$; c) $\xi = f(\omega)$ dla pszenicy cv Miranowskaja (wg Beyera)

Analiza wykresów zamieszczonych na rysunku 32 pozwala stwierdzić, że podwojenie przepustowości kombajnu powoduje spadek wartości współczynnika ξ o $1/3$ (rys. 32a). Wzrost kąta pochylenia wytrząsacza wpływa korzystnie na proces separacji (rys. 32b). Z danych zawartych na rysunku 32c wynika, że optymalną prędkością kątową wału wykorbionego wytrząsacza jest $\omega = 20-22$ rad/s. Intensywność wydzielania ziarna (wzrost wartości współczynnika separacji ξ) można osiągnąć w wyniku zastosowania urządzeń wspomagających pracę wytrząsaczy. Najczęściej są to mechaniczne, ewentualnie pneumatyczne urządzenia rozluźniające masę słomistą, znajdującą się na powierzchni wytrząsaczy klawiszowych. W wyniku zastosowania mechanicznego rozluźniania słomy na wytrząsaczach kombajnu Bizon Gigant Beyer /11/ uzyskał 10-15% wzrost wydzielania ziarna (rys. 30a).

Mechaniczne urządzenia służące do rozluźnienia słomy na klawiszach wytrząsaczy były przedmiotem badań wielu autorów /6, 7, 8, 21, 29, 75, 87, 150, 151, 152/.

Pneumatyczny system intensyfikacji wydzielania ziarna z masy słomistej znajdującej się na wytrząsaczu był przedmiotem analizy Gordena i Ro-



Rys. 33. Wpływ wspomagania pneumatycznego, strumienia masy słomistej i długości wytrząsacza na straty ziarna pszenicy (wg Gorden i Robinson, Segler i Freye): a) straty ziarna w zależności od przepustowości, b) straty ziarna w zależności od długości wytrząsacza; 1 - straty ziarna bez wspomagania pneumatycznego, 2 - straty ziarna z wspomaganiem pneumatycznym

binsona /77/ oraz Seglera i Freye /151, 152/. W wyniku zastosowania pneumatycznego wspomaganie pracy wytrząsaczy autorzy /77, 151, 154/ uzyskali 20% wzrost wydajności urządzenia (rys. 33).

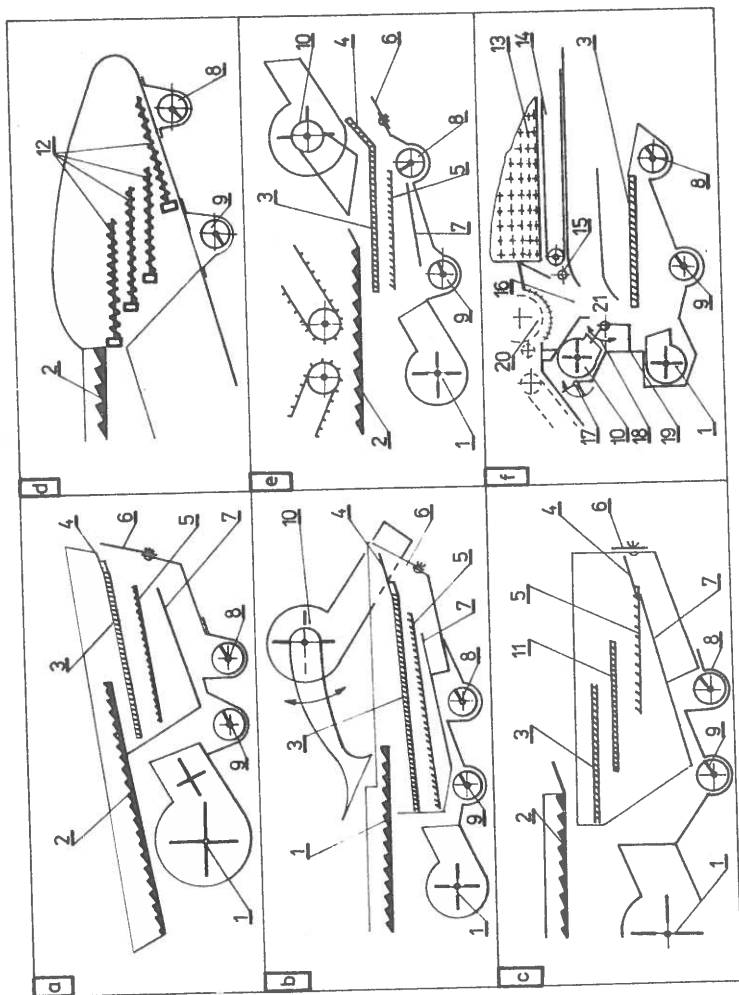
Jest rzeczą oczywistą, że przedstawiony materiał, jak i cytowana literatura, nie mogą zamknąć problematyki związanej z wydzielaniem ziarna na wytrząsaczach klawiszowych. Procesy separacji uzależnione są od wielu czynników, jak wilgotność składników (ziarno, słoma), gatunek zboża, domieszki chwastów itp. Ponadto brak jest wyników badań, które mogły być porównywalne z wynikami uzyskiwanymi w krajowych warunkach. Omówiono główne kierunki badań oraz wykazano, że wydzielanie ziarna przy zastosowaniu wytrząsaczy klawiszowych jest poważną barierą przy zwiększeniu przepustowości kombajnów zbożowych. Dlatego też w wielu ośrodkach naukowych i biurach konstrukcyjnych powstają konstrukcje kombajnów zbożowych bez wytrząsaczy. Wyniki prac konstruktorów oraz ocena tych konstrukcji na podstawie wskaźników strat i uszkodzeń ziarna będą przedstawione w kolejnym rozdziale pracy.

Straty i uszkodzenia ziarna w czyszczalni kombajnu

Zadaniem zespołu czyszczącego jest zapewnienie czystości ziarna czterech podstawowych gatunków zbóż w granicach 98% przy zachowaniu małych strat i minimalnych uszkodzeń ziarna. Niezależnie od konstrukcji kombajnu zbożowego zespół czyszczący składa się z następujących podstawowych elementów: podsiewacza, jednego lub kilku wentylatorów oraz zestawu sit (rys. 34) /6, 7, 9, 18, 27, 122, 138, 146, 150, 151, 152, 160, 161, 179, 183/.

Większość firm produkujących kombajny zbożowe, jak Allis Chalmers, FMŻ-Płock, Claas, John Deere, stosuje konwencjonalny zespół czyszczący z nawiewem ciśnieniowym (rys. 34a).

Konstruktorzy firmy Massey-Ferguson w RFN i konstruktorzy radzieccy, niezależnie od siebie, skonstruowali urządzenie ssąco-ciśnieniowe (rys. 34b, e). Według autorów tych rozwiązań zastosowanie wymienionego systemu czyszczenia daje możliwość podwojenia przepustowości w średnich warunkach zbioru przy wilgotności ziarna około 15% i stosunku ziarna do słomy 1:1, zapewniając czystość 97%.



Rys. 34. Podstawowe typy zespołów czyszczących ziarno w kombajnach zbożowych (wg Dreszera, Freye, Gieroby, Seglera): a) czyszczalnia z nawiewem ciśnieniowym, b) czyszczalnia z nawiewem ssąco-ciśnieniowym firmy MF (RFN), c) czyszczalnia z sitami kaskadowymi, d) wielopowierzchniowa czyszczalnia sitowo-grzebiowa e) czyszczalnia z nawiewem ssąco-ciśnieniowym konstrukcji ZSRR, f) odśrodkowo-bębnowy separator z pneumatycznym czyszczeniem; 1 - wentylator ciśnieniowy, 2 - podsiewacz, 3 - sito górne, 4 - sito kłosowe, 5 - sito dolne, 6 - przysłona, 7 - zsyp, 8 - podajnik kłosowy, 9 - podajnik ziarnowy, 10 - wentylator z ssaniem, 11 - sito grzebieniowe, 12 - sito grzebieniowe, 13 - bęben sitowy, 14 - przenośnik

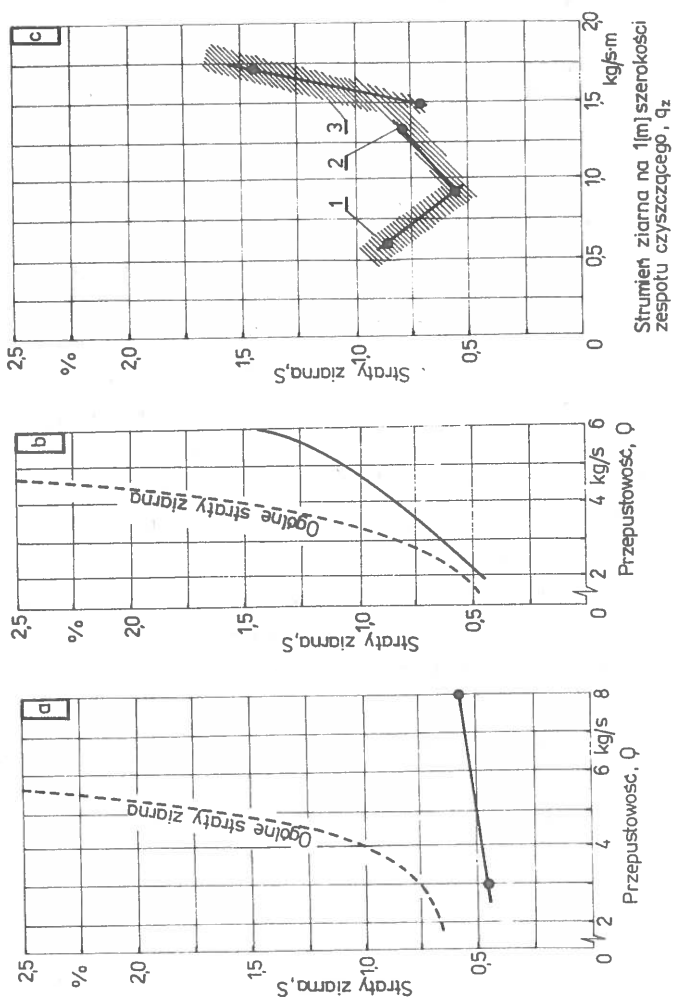
W kombajnie Massey-Ferguson 760 produkcji USA (rys. 34c) większą intensywność czyszczenia uzyskano drogą zastosowania trzech sit: górnego, środkowego oraz dolnego zakończonego sekcją kłosową; jest to tzw. kaskadowa czyszczalnia /173/.

Podobne efekty uzyskano przy zastosowaniu sitowo-grabiowej czyszczalni w kombajnie (rys. 34d), opracowanej przez radzieckich konstruktorów z Tuły /1, 2/. Brak jednak w literaturze szczegółów konstrukcyjnych tego rozwiązania.

Ciekawe rozwiązania systemu czyszczenia ziarna opatentował Reed i Bigsby /143, 144, 145/. Jest to odśrodkowy separator ziarna z dwustopniowym pneumatycznym czyszczeniem (rys. 34f). W rozwiązaniu tym zastąpiono powszechnie stosowane wytrząsacze klawiszowe, wzdłużnym bębnem sitowym - 13. Wydzielanie ziarna z omlóconej masy słomistej w bębnie sitowym następuje w wyniku działania siły odśrodkowej. Oczyszczanie wewnętrznej powierzchni bębna realizowane jest przez zwój śrubowy.

W normalnych warunkach pracy kombajnu zbożowego straty ziarna w zespole czyszczącym wynoszą 0,2-0,5%, /9/. W niedogodnych warunkach pracy, z jakimi mamy dość często do czynienia, straty ziarna mogą być nawet kilkakrotnie wyższe (rys. 35).

Niektórzy autorzy dopatrują się trzech przyczyn powstawania strat ziarna w zespole czyszczącym kombajnu zbożowego. Pierwsza - to zjawisko fluidyzacji opadających ziarn w przestrzeni czyszczącej, przy jednoczesnym oddziaływaniu strumienia powietrza, który powoduje wydalenie ziarna poza kombajn (rys. 35c2). Drugą przyczyną jest praca kombajnu przy niepełnej przepustowości, np. przy wyładunku ziarna, jeździe luzem, na zakrętach itp. Powoduje to minimalne obciążenie sit, które jest przyczyną niewystarczającego dławienia strumienia powietrza przez oczyszczaną warstwę materiału w następstwie czego, oprócz czyszczenia, następuje również przemieszczanie ziarna poza kombajn powodujące zwiększenie strat (rys. 35c1). Trzecią przyczyną jest dążenie do osiągnięcia zbyt dużych przepustowości. Powoduje to nadmierne obciążenie sit zespołu czyszczącego tzw. zasypywanie. Takie zjawisko również niekorzystnie wpływa na jakość pracy zespołu czyszczącego i powoduje wzrost strat ziarna (rys. 35c3). Z analizy tej wynika, że ograniczenie strat ziarna moż-



Rys. 35. Straty ziarna w zespole czyszczącym według badań a) Bayn'a i Kupke, b) wg Eimera, c) wg Seglera i Freye

na osiągnąć poprzez stosowanie równomiernego strumienia powietrza zeterminowanego krytyczną prędkością nasion v_{kr} . W praktyce średnia prędkość robocza powietrza powinna być większa od prędkości krytycznej wydmuchiwanego składnika:

$$v_{\dot{s}r} = \alpha v_{kr}, \quad (9)$$

gdzie: α - współczynnik zwiększenia prędkości, $v_{\dot{s}r}$ - średnia prędkość robocza powietrza, m/s, v_{kr} - prędkość krytyczna wydmuchiwanego składnika, m/s.

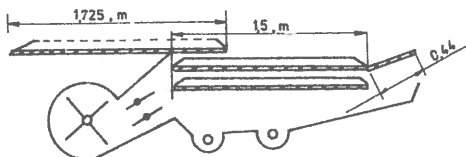
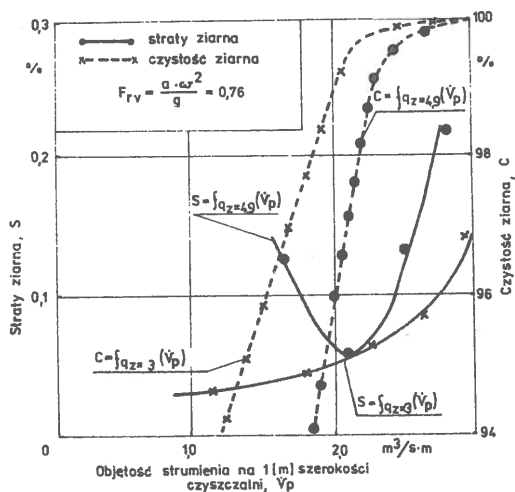
Prędkości krytyczne oraz wartości współczynnika α dla wybranych materiałów podano w tabeli 9.

Tabela 9. Krytyczne prędkości wybranych faz czyszczonego materiału oraz wartości współczynnika α wg /93, 94, 120/

Nazwa fazy (składnika)	Krytyczna prędkość v_{kr} m/s	Współczynnik α
Poślad pszenicy	5,5±7,5	-
Uszkodzone ziarno pszenicy	7,3±9,5	-
Drobne nasiona chwastów	4,5±5,2	-
Urwane kłosa	2,7±4,0	-
Pszenne plewy	0,75±5,0	1,9±3,7
Słoma długości 0,05-0,10 m	2,0±3,3	1,1±1,7
Jęczmienne plewy	0,63±3,1	1,9±3,7
Owsiane plewy	0,74±3,86	1,9±3,7

O jakości pracy zespołu czyszczącego, oprócz wspomnianych strat, decyduje również czystość uzyskiwanego ziarna. Segler i Freye /151, 152/ badając czyszczalnię kombajnu zbożowego o konstrukcji jak na rysunku 35 analizowali wpływ strumienia masy ziarnistej q_z i powietrza V_p na poziom strat i czystość ziarna. Eksperyment ten autorzy /151, 152/ przeprowadzili dla dwu wartości strumienia ziarna: $q_z = 3,0$ i $4,9$ kg/s · m. Wyniki badań charakteryzują wykresy zamieszczone na rysunku 36.

Z wykresów zamieszczonych na rysunku 36 wynika, że istnieją optymalne przedziały objętości strumienia powietrza, przy których uzyskuje się minimalne straty i wysoką czystość ziarna. Należy jednak podkreślić, że posiadają one inne wartości dla różnych strumieni masy, co wynika z wy-



Rys. 36. Zależność strat i czystości ziarna pszenicy od strumienia powietrza (wg Seglera i Freye)

kresów na rysunku 36. Ponadto nie wydaje się prawdopodobne, by wyniki uzyskane przez Seglera i Freye można było wykorzystać do konstrukcji wszystkich zespołów czyszczących, w tym i krajowego kombajnu typu Bizon. Mogą one natomiast być pomocne przy doborze metody badań i kierunku prowadzenia eksperymentu.

Reasumując stan badań nad procesem czyszczenia ziarna w kombajnie zbożowym należy stwierdzić, że w kwestii tej nie nastąpił istotny przełom. Wydaje się, że przyczyną takiego stanu są trudności związane ze stopniem złożoności procesu wydzielania ziarna z wieloskładnikowej mieszaniny (plewy, słoma, ziarno, nasiona chwastów itp.), których właściwości fizyczne i mechaniczne często niewiele się różnią. Ponadto obecny stan wiedzy nad wymienionymi właściwościami nie jest pełny. Lepszą czystość

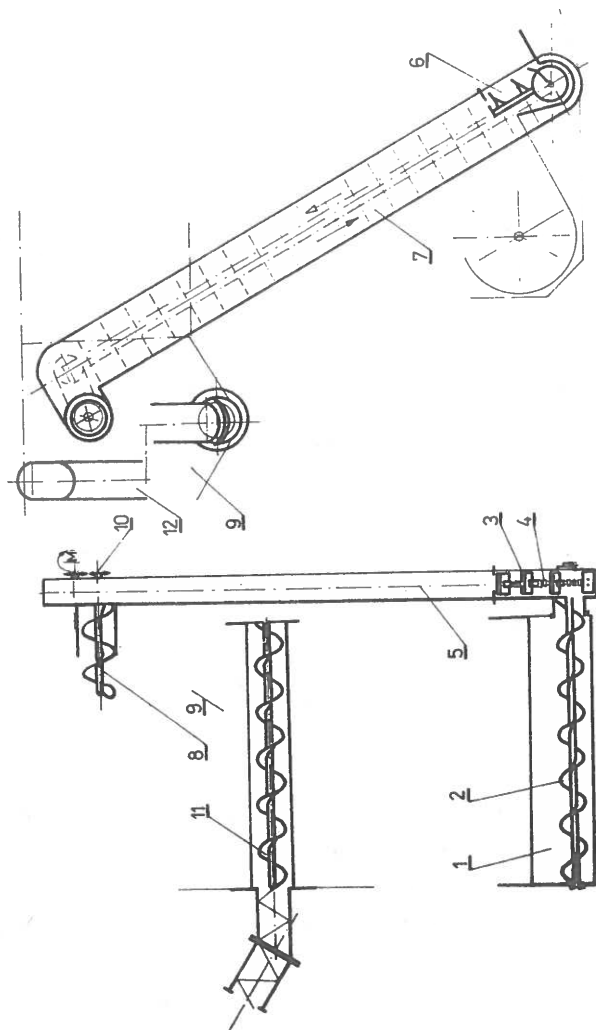
ziarna i ograniczenie strat ziarna konstruktorzy i badacze pragnęli osiągnąć w wyniku budowy różnych systemów czyszczenia (rys. 34). Jednak droga ta jest kosztowniejsza i wymaga różnych badań uzupełniających stan wiedzy w tym zakresie.

Wyjaśnienia wymaga też problem mechanicznych uszkodzeń ziarna przez zespół czyszczący. Niektórzy z autorów badań /161, 162/ stwierdzają, że czyszczalnia kombajnu powoduje pewne niewielkie ilości mikro- i makrouszkodzeń ziarna, lecz z danych tych trudno jest określić ich bezwzględną wartość. Znajomość wielkości strat i przyczyn ich powstawania w zespole czyszczącym jest punktem wyjścia przy pracach zmierzających do automatyzacji czyszczenia w celu zwiększenia przepustowości, zmniejszenia strat i uszkodzeń ziarna.

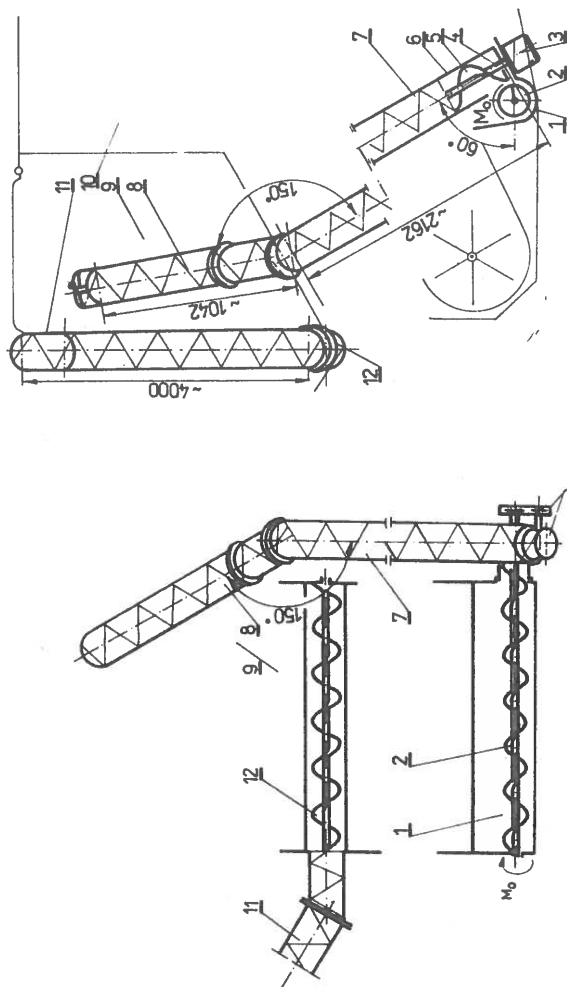
Wpływ przenośników na straty i uszkodzenia ziarna

Przemieszczanie ziarna w kombajnie, pomimo że nie jest bezpośrednio związane z przeróbką masy zbożowej, jest jednak niezbędne do zapewnienia ciągłości technologicznego procesu zbioru. Poprawna konstrukcja i umiejscowienie przenośników ziarna w kombajnie zbożowym stwarzają warunki, w których wymienione zespoły praktycznie nie są źródłem strat ziarna, ale oddziaływanie ich elementów roboczych na ziarno przyczynia się do powstawania mechanicznych uszkodzeń. We współczesnych kombajnach stosowane są dwa typy układów wewnętrznego przemieszczania ziarna, zabierakowo-śrubowy (rys. 37) i śrubowy (rys. 38).

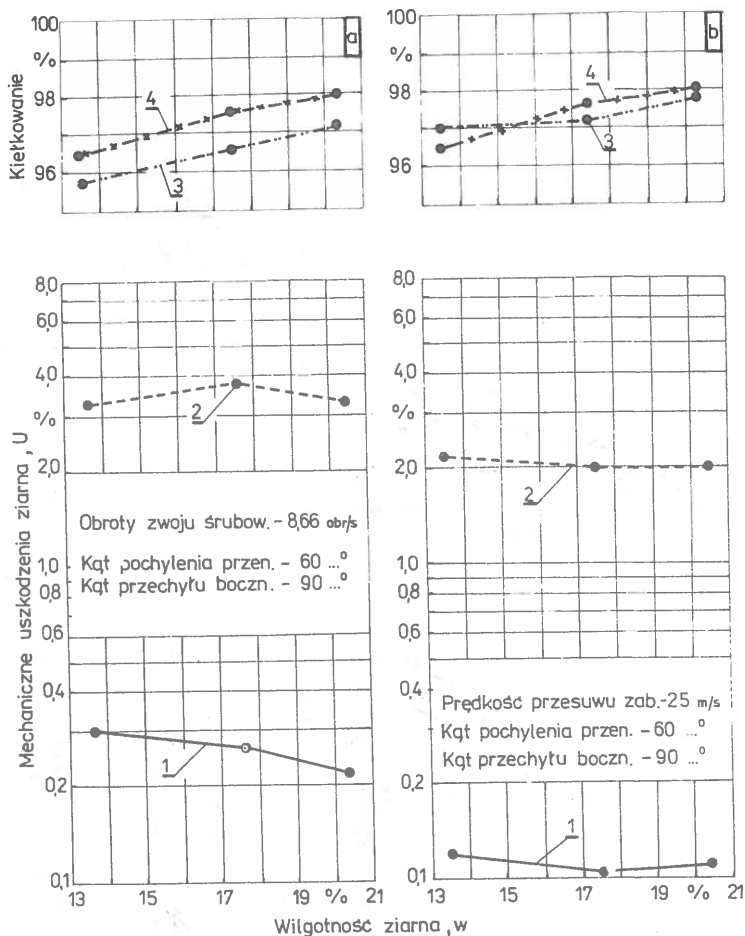
Badania nad zagadnieniami uszkodzeń ziarna powstającymi w czasie przemieszczania przenośnikami kombajnu prowadzone były przez Dreszera, Gierobę /62, 72/, Konieczną /107/ i Ślipkę /172/ w warunkach laboratoryjnych i w czasie normalnej eksploatacji polowej. Wyniki badań dla odpowiednich typów kombajnów i warunków pomiarów przeprowadzonych przez autorów /62, 72, 107, 171/ w wielu przypadkach są zbieżne. Podkreślenia wymaga również fakt, że w czasie badań stanowiskowych /62, 72/ okazało się, że przenośniki śrubowe powodują większe uszkodzenia ziarna niż przenośniki zabierakowe stosowane w kombajnach ZO58 i poprzednich typach (rys. 39)



Rys. 37. Schemat zabierakowo-śrubowego układu przenieszczenia ziarna kombajnu ZO58: 1 - kosz zsypany, 2 - przenośnik poziomy, 3 - zabierak, 4 - łańcuch, 5 - przenośnik pochyły, 6 - kanał roboczy, 7 - kanał powrotny, 8 - zwój śrubowy wygarniający, 9 - zbiornik ziarna, 10 - przekładnia łańcuchowa, 11 - zwój śrubowy wygarniający, 12 - przenośnik wyladowujący



Rys. 38. Schemat śrubowego układu przemieszczania ziarna w kombajnie ZO60: 1 - kosz zsypany, 2 - podajnik poziomy, 3 - przystawka kątowna, 4 - wał przenośnika pochylego, 5 - zwój śrubowy przenośnika pochylego, 6 - obudowa, 7 - pierwszy człon przenośnika pochylego, 8 - drugi człon przenośnika pochylego, 9 - zbiornik ziarna, 10 - komora silnika, 11 - przenośnik wyładowujący, 12 - zwój śrubowy wygarniający

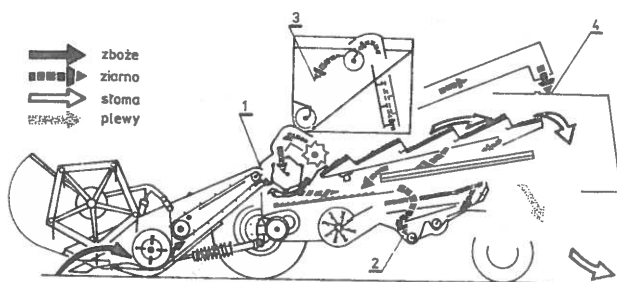


Rys. 39. Zmienność mechanicznych uszkodzeń i kielkowania ziarna w zależności od typu przenośnika i wilgotności ziarna: a) przenośnik śrubowy, b) przenośnik zabierakowy; 1 - makrouszkodzenia, 2 - mikrouszkodzenia, 3 - zdolność kielkowania, 4 - kielkowanie wyjściowe

Badania własne przeprowadzone na zlecenie zakładu Agrofizyki PAN w Lublinie obejmowały analizę wpływu wielu czynników na stopień uszkodzeń przemieszczanego ziarna i zdolności kielkowania. Wyniki tych badań są w pracach /70, 72/.

Ocena pracy kombajnu zbożowego z tradycyjną młocarnią

Jakość pracy kombajnu zbożowego o tradycyjnej budowie młocarni stanowi szczególnie przedmiot zainteresowań wielu autorów badań w Polsce /39, 42, 106, 111/. Wynika to z faktu, że krajowe rolnictwo dysponuje kombajnami wyposażonymi w zespół omlotowy o stycznym zasilaniu masą zbożową. Proces uszkodzania ziarna przez poszczególne zespoły robocze tych kombajnów był też przedmiotem badań autorów niniejszej pracy. W czasie polowych badań kombajnu Bizon Super ZO58 prowadzono pomiary uszkodzeń ziarna przez poszczególne układy z próbek pobieranych z miejsc zaznaczonych na schemacie (rys. 40).



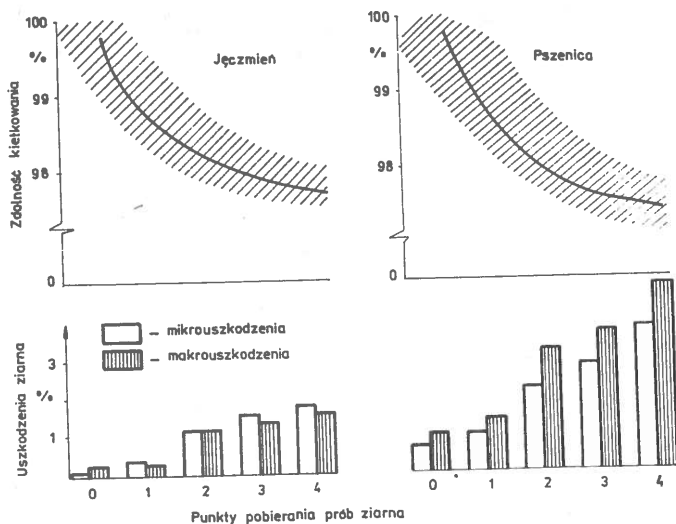
Rys. 40. Schemat kombajnu zbożowego Bizon Super ZO58 i rozkład punktów pobierania próbek do analiz

Omówione badania przeprowadzono podczas kombajnowego zbioru jęczmienia cv Aramir o wilgotności ziarna 14,3% i słomy 13,4% oraz pszenicy cv Grana o wilgotności ziarna 14,8% i słomy 14,1%. Uzyskane wyniki badań zestawiono w tabeli 10.

Przeprowadzone badania pozwalają stwierdzić, że najczęściej uszkodzeń ziarna powodował zespół omlotowy oraz układ przenośników ziarna, a szczególnie śrubowy przenośnik wyladowczy. W mniejszym stopniu uszkadzał ziarno zespół żniwny kombajnu. Analizując wyniki badań polowych stwierdzono, że ilość mechanicznych uszkodzeń zależna jest od wielkości szczeliny roboczej w zespole omlotowym oraz w nieco mniejszym stopniu od obrotów bębna młocącego. Natomiast prędkość jazdy kombajnu i związana z tym zmiana jego przepustowości nie miały wpływu na jakość zbieranego

Tabela 10. Wartości mechanicznych uszkodzeń i zdolności kiełkowania ziarna jęczmienia i pszenicy w poszczególnych punktach pomiaru (1, 2, 3, 4) wg badań własnych /70/

	0	1	2	3	4
	Próba wyjściowa	Po przejściu przez zespół żniwny	Po przejściu (1) + zespół omlotowy	(1 + 2) + przenośnik ziarna	(1 + 2 + 3) + przenośnik wyładunkowy (po przejściu procesu)
Jęczmień	0	0,2+0,4	1+1,2	1,2+1,6	1,4+1,8
	0+0,1	0,1+0,4	0,6+1,2	0,8+1,4	0,8+1,6
	99,6+100	99,75+99,5	98,5+99,00	98,25+97,75	98,0+97,5
Pszenica	0+1	1+1,6	2,20+3,20	2,80+3,70	3,00+3,80
	1+1,43	1+1,65	1,80+2,60	2,00+2,80	2,50+3,50
	99,5+100	99,00+99,75	98,5+99,5	97,5+98,0	97+98,0
Owies	0	0,02+0,04	0,08+0,14	0,08+0,15	0,10+0,16
	96+97	96,25+96,50	93,00+92,60	91,75+92,00	90,50+91,25



Rys. 41. Zdolność kiełkowania ziarna w funkcji mechanicznych uszkodzeń powodowanych przez zespoły robocze kombajnu zbożowego stycznie zasilonego (wg badań własnych) [70]

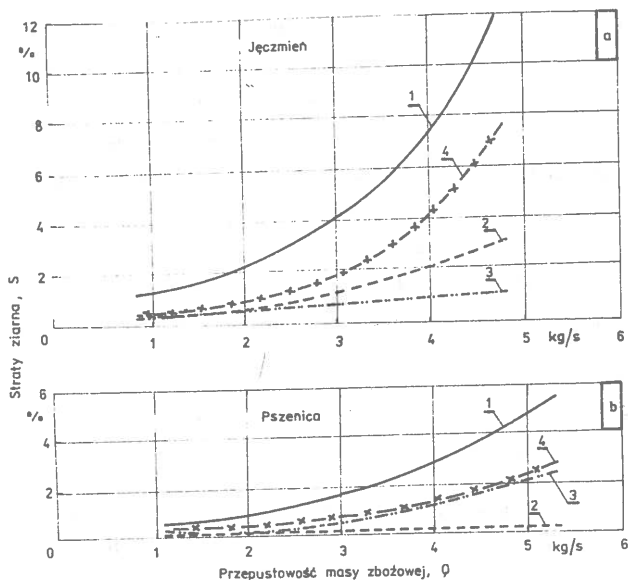
ziarna. Jak wykazały badania własne /70, 73, 75/ oraz badania innych autorów /102, 104, 121/ ilość makro- i mikrouszkodzeń związana jest ze zdolnością kielkowania, która zmniejsza się w miarę wzrostu ilości uszkodzeń ziarna. Zdolność kielkowania zmienia się wykładniczo, co charakteryzują krzywe na rysunku 41. Przeprowadzone badania eksploatacyjne oraz analiza literatury wykazały, że zmniejszenie ilości mechanicznych uszkodzeń ziarna, a tym samym uzyskanie ziarna o wyższej wartości biologicznej, można osiągnąć drogą właściwej regulacji zespołów roboczych kombajnu zbożowego. Szczególnie starannie należy dobrać optymalną wielkość szczeliny roboczej i obrotów bębna młócającego w zależności od stanu masy zbożowej oraz warunków zbioru. Nie jest zalecana zbyt mała szczelina robocza i wysokie obroty bębna, które wprawdzie poprawiają wymłacanie i zmniejszają niedomłót, lecz powodują wzrost ilości mechanicznych uszkodzeń prowadzących do pogorszenia wartości biologicznej zbieranego ziarna. Odnosi się to szczególnie do pszenicy, której ziarno jest najbardziej podatne na uszkodzenia w czasie kombajnowego zbioru. Potwierdziły to badania, z których również wynika, że ziarno jęczmienia jest bardziej odporne na uszkodzenia w czasie zbioru kombajnem.

Ocena pracy kombajnów z osiowym przepływem masy zbożowej

Jak już wspomniano, poszukiwania zespołu młócająco-wydzielającego, który mógłby sprostać wymaganiom współczesnego rolnictwa (tzn. charakteryzującego się wyższą przepustowością, minimalnymi stratami i uszkodzeniami ziarna), doprowadziły do opracowania szeregu konstrukcji bezwytrząsaczowych kombajnów zbożowych o osiowym przepływie masy. Proces wydzielania ziarna z masy słoniastej w tych kombajnach odbywa się w przestrzeni pomiędzy cylindrycznym klepiskiem a wirującym bębniem, na powierzchni którego znajdują się listwy młócająco-wydzielające (rys. 20, 21, 22, 23 i 24). Listwy te powodują przepływ masy zbożowej po linii śrubowej wewnątrz cylindrycznych klepisk. Jest to najistotniejsza różnica w budowie młocarni kombajnów z osiowym przepływem w porównaniu do tradycyjnych stycznie zasilanych zespołów młócających. Inne ze-

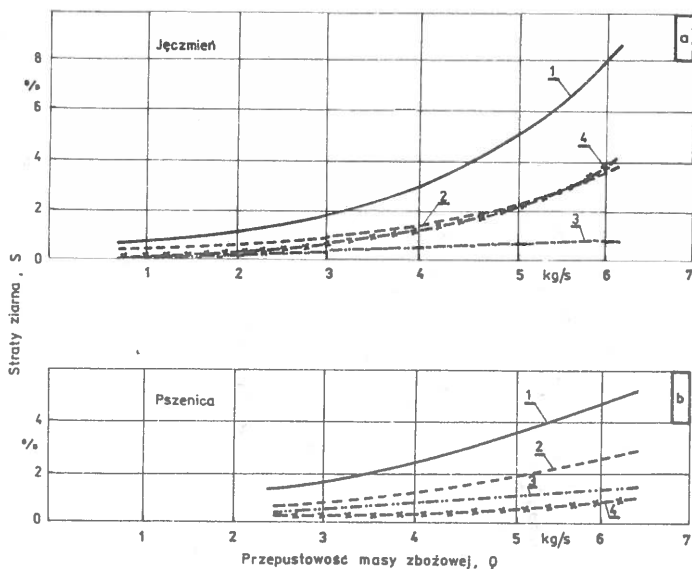
społy robocze kombajnu o wzdłużnym przepływie masy zbożowej nie wykazują większych różnic w porównaniu z konstrukcjami kombajnów tradycyjnych. Dlatego też, zjawiska towarzyszące czyszczeniu, przemieszczaniu itp. we wszystkich rozwiązaniach kombajnów mają identyczny, bądź bardzo zbliżony charakter.

Straty ziarna powodowane przez elementy wydzielające osiowo zasilanych jednobębnowych zespołów młócących kombajnu IH 1460 i White 9700 charakteryzują wykresy na rysunkach 42 i 43.



Rys. 42. Zależność strat ziarna od przepustowości masy zbożowej w kombajnie IH 1460 (wg 135, 141, 187, 189): a) jęczmień cv Bonanza, b) pszenica cv Neepawa: 1 - całkowite, 2 - straty w zespole czyszczenia, 3 - straty wydzielania, 4 - straty spowodowane niedomłotem

Przedstawione na rysunkach 42 i 43 wyniki badań dotyczą zbioru jęczmienia i pszenicy omawianymi kombajnami w warunkach kanadyjskiego rolnictwa. W badaniach tych stwierdzono, że przy zbiorze jęczmienia występują wyższe straty ziarna niż przy zbiorze pszenicy. Poza tym należy

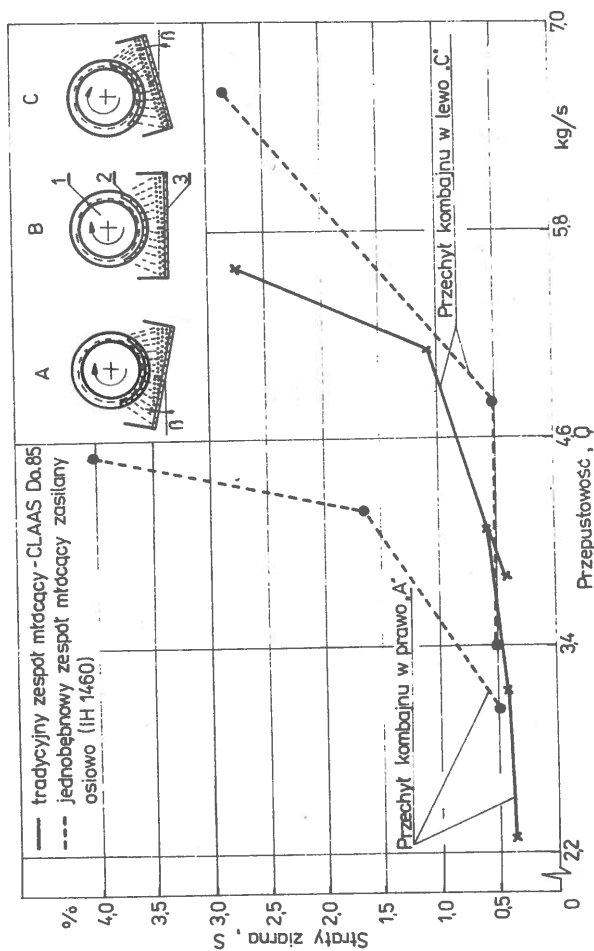


Rys. 43. Zależność strat ziarna od przepustowości masy zbożowej w kombajnie White 9700 (wg 187) : a) jęczmień cv Bonanza, b) pszenica cv Neepawa; 1 - straty całkowite, 2 - straty w zespole czyszczenia, 3 - straty wydzielania, 4 - straty spowodowane niedomłotem

podkreślić fakt, że zespół młójący kombajnu White 9700 z poziomym usytuowaniem bębna-wirnika (rys. 21), charakteryzuje się lepszą zdolnością wydzielania ziarna, a tym samym może osiągać wyższą przepustowość.

Spiess /155, 156, 157/ badając kombajn LH 1460 w warunkach europejskiego rolnictwa analizował wpływ bocznego przechyłu kombajnu na wielkość strat ziarna. Okazało się, że jednobębnowe zespoły wydzielające z osiowym przepływem wykazują różny stopień wrażliwości na zmianę kierunku przechyłu bocznego (rys. 44).

W czasie pracy kombajnu z osiowo zasilanym zespołem omlotowym przy przechyle bocznym w prawo obserwowano znacznie większe straty ziarna w porównaniu do strat, jakie rejestrowano przy poziomym lub w lewo przechylonym zespole omlotowym. Spiess /158, 159, 160/ zjawisko to tłumaczy asymetrycznym zasilaniem zespołu sit czyszczących, których



Rys. 44. Zależność strat ziarna (S) od przepustowości masy zbożowej (Q) i kierunku poprzecznego przechyłu kombajnu IH 1460 (wg Spiessa): A) przechył w prawo, B) położenie poziome, C) przechył w lewo; 1 - bęb-
ben młócający (wirnik), 2 - klepisko, 3 - kosz sitowy

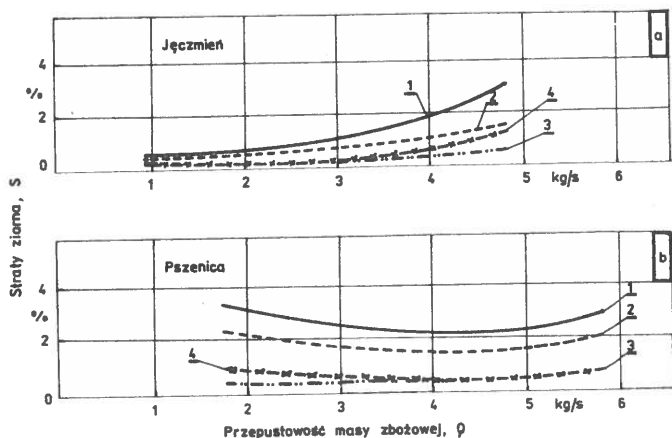
pracę scharakteryzowano na rysunku 44a-c. Wirnik zespołu omlotowego (1) obracając się w prawo powoduje, że większa ilość ziarnistej masy zostaje wydzielona w początkowej strefie klepiska (2). Przechylenie kombajnu w prawo, a zatem zgodnie z obrotami zespołu młóścącego, stwarza warunki do nierównomiernego rozłożenia masy na sitach (3), a tym samym pogarszają się warunki pracy zespołu sit (układ A). Praca zespołu omlotowego w terenie płaskim (układ B) lub przy przechyleniu w lewo (układ C) nie przyczynia się do pogorszenia warunków wydzielania ziarna, a tym samym i do powiększenia strat.

W analizowanej literaturze tylko nieliczne publikacje poruszają problem uszkodzania ziarna przez omawiane konstrukcje. Najczęściej stwierdza się, że ilości uszkodzeń ziarna powstające w zespołach omlotowo-wydzielających z osiowym przepływem masy są niższe niż w tradycyjnych konstrukcjach. Uwagę tę można uznać za uzasadnioną, gdyż szczelina robocza w osiowych zespołach jest znacznie większa niż w konstrukcjach stycznie zasilanych, a prędkość obwodowa elementów młóścąco-wydzielających jest zwykle niższa niż w tradycyjnych zespołach młóscących.

Przedstawiony na rysunku 22 kombajn zbożowy posiada dwubębnowy osiowo zasilany masą zbożową zespół młóscący. Bębny młóscące w kombajnie New Holland TR 95 wykonują przeciwbieżne obroty, w wyniku czego uzyskuje się bardziej równomierny rozkład masy zbożowej w przestrzeni roboczej oraz mniejsze obciążenie zespołów młóścąco-wydzielających. Kombajn TR 95 badano w różnych ośrodkach naukowych /135, 148, 157, 158, 186, 187-191/. Na podstawie badań przeprowadzonych w Kanadzie przy zbiorze jęczmienia cv Bonanza i pszenicy cv Neepawa można stwierdzić, że konstrukcja ta przy przepustowościach do 4,5 kg/s nie powoduje strat ziarna wyższych niż dopuszczalne (rys. 45).

Zbiór zbóż kombajnem TR 95 przy przepustowościach przekraczających 4,5 kg/s powoduje nieliniowy wzrost strat wydzielanego ziarna.

Informacje o innych typach kombajnów (o których była wcześniej mowa) z osiowym przepływem masy zbożowej są na tyle niepełne, że nie pozwalają nawet na ogólniejszą ocenę. Wynika to z faktu, że konstrukcje te znajdują się nadal w stadium prób. Ponadto, jak wykazały badania w warunkach europejskiego rolnictwa, kombajny z osiowym przepływem masy zbożowej nie



Rys. 45. Zależność strat ziarna od przepustowości masy zbożowej w kombajnie TR 95 (wg 135, 185, 188, 191): a) jęczmień cv Bonanza, b) pszenica cv Neepawa; 1 - straty całkowite, 2 - straty w zespole czyszczenia, 3 - straty wydzielania, 4 - straty spowodowane niedomłotem

osiągnęły rewelacyjnych wyników [158-160, 187, 188]. Szereg europejskich firm zajmujących się budową kombajnów zbożowych wiąże duże nadzieje z konstrukcją wielobębnowego zespołu młócaço-wydzielającego. Badania takiego zespołu przeznaczonego do kombajnu Bizon podjęte zostały przez autorów niniejszej pracy w Instytucie Mechanizacji Rolnictwa AR w Lublinie.

PODSUMOWANIE

W konkluzji należy stwierdzić, że temat podjęty w niniejszej pracy wykazał ściśle powiązanie pomiędzy właściwościami fizycznymi i mechanicznymi ziarna i słomy a jakością pracy poszczególnych zespołów kombajnu zbożowego. W problematyce dotyczącej podstawowych cech masy zbożowej, istotnych z punktu widzenia mechanizacji zbioru, istnieje szereg luk. Niepełnymi danymi dysponujemy obecnie w zakresie sztywności źdźbła i wzajemną relacją pomiędzy wyleganiem zbóż, siłą wiązania ziarna z kłosem oraz zmianą tych sił w funkcji czasu (stan dojrzałości) czy wreszcie

procesem samoosypywania się ziarna itp. Ostatni z wymienionych problemów jest szczególnie ważny w przypadku kombajnowego zbioru rzepaku i doboru optymalnego terminu przeprowadzenia tego zabiegu.

Bardzo ważną cechą ziarna jest odporność na trwale mechaniczne uszkodzenia. Przeprowadzone przez różnych autorów badania najczęściej obejmowały wpływ sił quasi-statycznych na wielkość uszkodzeń. Określenie maksymalnej siły statycznej powodującej trwale odkształcenia ma istotne znaczenie w przechowywaniu. W czasie kombajnowego zbioru ziarno najczęściej poddawane jest obciążeniom dynamicznym w zespole mlójącym i przenośnikach ziarna. Wiadomo jednak, że problemy związane z analizą dynamicznych obciążeń ziarna są niezwykle złożone.

Przyczyną być może jest to, że tematyka takich badań nie jest często podejmowana. Z wielu mechanicznych właściwości ziarna najlepiej poznane jest tarcie. Wartości współczynników tarcia są podawane w literaturze, istnieje też szereg analitycznych i graficznych zależności, z których można określić wpływ poszczególnych czynników na wartość tego współczynnika. Wydaje się, że opracowanie modelu matematycznego ziarna, uwzględniającego jego strukturę wewnętrzną, umożliwiłoby określenie właściwości i zakresu ich zmienności w funkcji czynników towarzyszących kombajnowemu zbiorowi (wilgotność, odmiana, gatunek itp.).

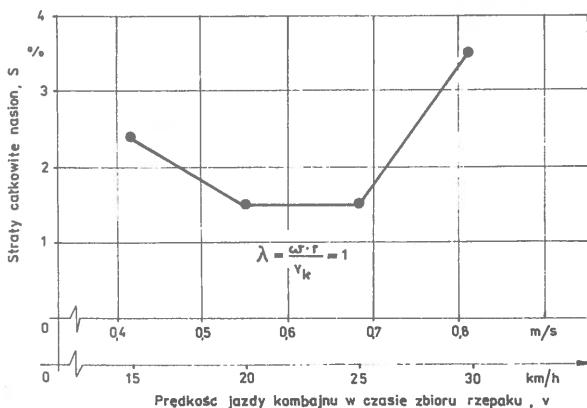
Metoda zbioru zbóż dobierana jest na podstawie szeregu kryteriów, jak: możliwości stosowania mechanicznego zbioru, poziom strat i uszkodzeń ziarna oraz koszty. Wydaje się, że na obecnym etapie techniki nadal najbardziej racjonalną metodą zbioru zbóż i rzepaku jest zbiór kombajnem. Poprawnie dobrane parametry pracy kombajnu zbożowego i właściwa regulacja mogą gwarantować niewielkie straty i uszkodzenia ziarna. Optymalne parametry pracy zespołów roboczych kombajnu można osiągnąć przy uwzględnieniu następujących czynników:

- stan dojrzałości zboża,
- stopień wylegania i zachwaszczenia,
- warunki terenowe i glebowe,
- warunki atmosferyczne w czasie zbioru,
- stan techniczny kombajnu,
- kwalifikacje i sumienność operatora kombajnu.

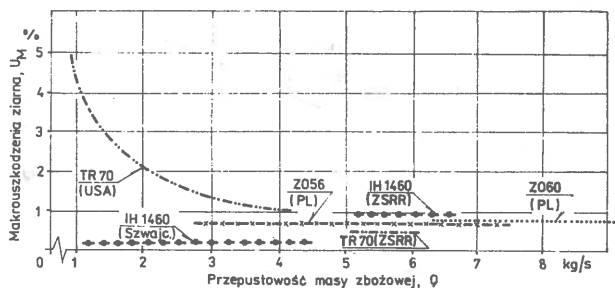
Pierwszym zespołem kombajnu zbożowego, który bezpośrednio bierze udział w zbiorze, jest żniwiarka. Badania procesu uszkodzeń ziarna przez zespół żniwny należą do nielicznych i na podstawie danych z literatury trudno ocenić, w jakim stopniu uszkadza i powoduje straty ziarna zespół tnący czy przenośnik śrubowo-palcowy. Wiadomo natomiast, że przenośnik pochyły masy zbożowej typu łańcuchowo-listwowego nie jest optymalnym rozwiązaniem, co potwierdziły badania Miłosza. Według tego autora [129] przenośnik łańcuchowo-listwowy powodował więcej makrouszkodzeń w ziarnie pszenicy cv Grana w porównaniu z przenośnikiem wirnikowym w identycznych warunkach pracy.

Odczuwa się brak informacji dotyczącej zakresów mikrouszkodzeń ziarna powodowanych przez omówione zespoły kombajnów, a wiadomo, że ten rodzaj uszkodzeń ma również wpływ na biologiczną wartość ziarna. Badania Gieroby i Dreszera [69, 70, 71] przeprowadzone na zlecenie Zakładu Agrofizyki PAN w Lublinie wykazały, że uszkodzenia takie występują i mają wpływ na zdolność kiełkowania. Stwierdzono, że zespół żniwny powodował mikrouszkodzenia w granicach 0,2-0,6% oraz makrouszkodzenia w granicach 0,1-0,65% w ziarnie jęczmienia i pszenicy. W ziarnie owsa rejestrowano jedynie śladowe ilości makrouszkodzeń (tab. 10). Praca zespołu żniwnego ma szczególne znaczenie w przypadku zbioru rzepaku, rośliny o specyficznych właściwościach, podatnej na osypywanie nasion. Na rysunku 46 przedstawiono przebieg strat nasion rzepaku w zależności od prędkości jazdy kombajnu.

Z wykresu zamieszczonego na rysunku 46 wynika, że oprócz wspomnianych w rozdziale o zespole żniwnym czynników, o ilości strat nasion rzepaku decyduje również prędkość jazdy kombajnu; optymalna jej wartość wynosi 0,5-0,7 m/s (2-2,5 km/godz). Elementy robocze młocarni posiadające bezpośredni kontakt z ziarnem bądź nasionami powodują jego uszkodzenia. Ilości powstałych uszkodzeń w czasie zbioru uzależnione są od szeregu czynników, w tym również od konstrukcji zespołu młócącego. Na rysunku 47 przedstawiono zależności uszkodzeń ziarna pszenicy od przepustowości i typu kombajnu. Przy analizie wykresów zamieszczonych na rysunku 47 należy pamiętać, że poszczególne kombajny pracowały przy zbiorze ziarna pszenicy różnych odmian i w odmiennych warunkach klima-



Rys. 46. Wpływ prędkości jazdy kombajnu na poziom strat nasion rzepaku przez zespół żniwny (wg Beckmana)

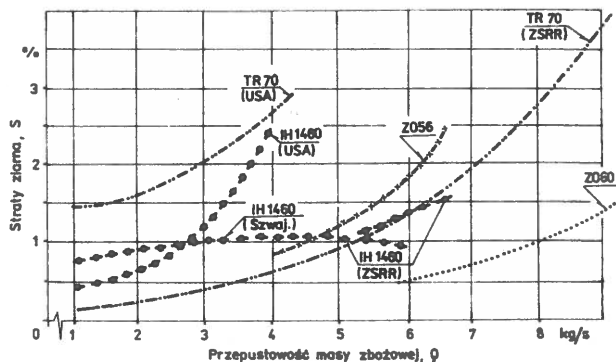


Rys. 47. Zależności uszkodzeń ziarna pszenicy od przepustowości masy zbożowej i typu kombajnu (wg cytowanej bibliografii)

tycznych. Wyników zatem nie należy porównywać ze sobą. Dają one jednak ogólny pogląd, że kombajny z osiowym zasilaniem zespołu omlotowego powodują mniej uszkodzeń ziarna. Zjawisko to wyjaśnia fakt, że proces wydzielania ziarna przebiega w znacznie większej przestrzeni roboczej niż to ma miejsce w stycznie zasilanych zespołach omlotowych. Ponadto stwierdzono, że niezależnie od konstrukcji zespołu omlotowego obniżenie ilości uszkodzeń uzyskać można poprzez zwiększenie przepustowości.

Ważniejszym problemem od zjawiska uszkodzeń ziarna jest problem strat. Straty ziarna obniżają zebrany plon. Ilości strat ziarna, które

powstają w wyniku oddziaływania poszczególnych zespołów kombajnu, zostały dostatecznie szeroko omówione. Interesujące wydaje się przeanalizowanie jakości pracy kombajnów zbożowych o stycznym i osiowym zasilaniu zespołu omlotowego. Analizy takiej dokonano na podstawie badań przeprowadzonych w różnych ośrodkach badawczych Szwajcarii, USA, ZSRR i Polski. Porównując ilości strat ziarna charakteryzujące pracę omówionych kombajnów przy zbiorze pszenicy (rys. 48), nie można postawić jednoznacznej odpowiedzi, która z konstrukcji jest lepszym rozwiązaniem.



Rys. 48. Zależność strat ziarna pszenicy od przepustowości masy zbożowej i typu kombajnu (wg cytowanej bibliografii)

Wyniki dotyczące strat ziarna uzyskane przez różnych badaczy są często odmienne /135, 140, 157, 158, 186-191/. Ogólnie można jednak stwierdzić, że bezwytrząsaczowe konstrukcje kombajnów o wzdłużnym zasilanym zespole omlotowym posiadają zalety, jak: niewielkie straty ziarna przy przepustowościach kombajnu nie przekraczających 4,5 kg/s oraz małą wrażliwość na zmiany natężenia przepływu masy zbożowej przez zespoły robocze.

Dokonany przegląd i analiza stanu badań nad problemem strat oraz uszkodzeń ziarna w kombajnach zbożowych wykazały, jak ważny i złożony jest ten problem. Osiągnięcie wyższej wydajności oraz polepszenie jakości pracy kombajnów zbożowych wymaga gruntownej znajomości przyczyn powstawania strat. Tylko wtedy można te straty ograniczyć poprzez prze-

prowadzanie okresowej bądź automatycznej regulacji zespołów roboczych kombajnów dostosowując je do aktualnych warunków pracy.

Należy przy tym podkreślić, że w kombajnach niektórych firm instalowane są czujniki wielkości strat ziarna powstających w omówionych wyżej zespołach roboczych /31, 94, 124/. W tej sytuacji należałoby rozważyć i przeanalizować możliwość oraz celowość szerszego stosowania wspomnianych czujników strat ziarna w kombajnach krajowej produkcji, bądź też opracować łatwą i prostą metodę kontroli strat ziarna w zależności od warunków pracy kombajnu oraz stanu zbieranej rośliny. Sądzić można, że metoda Feiffera /40/ może być wykorzystana i dostosowana do warunków w naszym kraju. Należy również stwierdzić, że powinny być prowadzone dalsze badania właściwości zbóż i innych roślin nie zbożowych zbieranych kombajnami zbożowymi. Określenie cech wiążących się z pracą kombajnu ma bowiem duże znaczenie z praktycznego punktu widzenia i może prowadzić do obniżenia strat oraz uszkodzeń ziarna. Dokładna znajomość tych cech jest niezbędna przy doborze optymalnych parametrów pracy zespołów roboczych kombajnu, który jeszcze przez najbliższe lata będzie wiodącą maszyną w technologii zbioru zbóż i innych roślin nie zbożowych.

BIBLIOGRAFIA

1. Antipin W.G.: Siewiernyj kombajn nužen, Tech. w Siel. Choz., 1967, nr 9, s. 25-28.
2. Antipin W.G., Miaczin A.J.: Kombajn dla zony powyszennogo uwłażnienija, Mech. i Elektr. Soc. Siel. Choz., 1972, nr 10, s. 47-48.
3. Antonowicz W.: Kombajny z poosiowym przepływem zboża przez bęben młócający, Masz. i Ciąg. Rol., 1980, nr 7, s. 9-11.
4. Arnold R.E.: Experiments with Rasp Bar Threshing Drums, J. Agric. Eng. Res., 1964, vol. 9, nr 2, s. 99-131.
5. Arnold R.E.: Combine threshing efficiency, Farm. Mechaniz., 1964, vol. 16, nr 181, s. 25-26.
6. Baader W.: Der Einfluss der Beschickungsrichtung, der Lage

- des Beschickungspunktes zur Trommel und der Schlagleistenanordnung auf den Dreschvorgang, *Grundl. Landtech.*, 1964, nr 1, s. 16-21.
7. Baader W., Sonnenberg H., Peters H.: Die Entmischung eines Korngut - Fasergut - Haufwerks auf einer vertikal schwingenden, horizontalen Unterlage, *Grundl. Landtech.*, 1969, nr 5, s. 149-157.
 8. Baader W., Peters H.: Trennen eines Korn-Stroh-Gemenges mittels eines frei angeströmten Rechens, *Grundl. Landtech.*, 1970, nr 5, s. 129-132.
 9. Bayn H., Kupke W.: Ergebnisse der gemeinsamen Werkerprobung und Prüfung des Mähdreschers E 516. *Agrartech.* 1976, nr 5, s. 222-224.
 10. Beckmann C.: Schneidwerksverluste beim Rapsmähdrusch und Vorschläge zu deren Senkung, *Agrartech.*, 1979, nr 4, s. 148-150.
 11. Beyer H.: Omezení řízení ztrát na děleném vytrásadle při zvýšení průchodnosti sklízecích mlacicek, *Zemed. Tech.*, 1976, nr 22, s. 397-425.
 12. Boyce H.G., Pringle R.T., Wills B.M.D.: The separation characteristics of a combine harvester and a comparison of straw walker performance, *J. Agric. Engng. Res.*, 1974, nr 19, s. 77-84.
 13. Brzoska Z.: Wytrzymałość materiałów, PWN, Warszawa, 1972.
 14. Buckingham F.: An enginere compare rotaries and conventional models, *Impl. Tract.*, 1979, Vol. 94, nr 9, s. 16-20.
 15. Buchele W.F.: Apparatus for threshing grain, Pat. USA, kl. 130-27, nr 3103932, z 17.09.1963.
 16. Byszewski W., Pała J.: Niektóre aspekty związku między poziomem mechanizacji produkcji roślin a właściwościami fizycznymi roślin, *Problemy Agrofizyki PAN*, 1976, z. 20, Wrocław.
 17. Byszewski W., Haman J.: Gleba - maszyna - roślina, PWN, Warszawa, 1977.
 18. Caspers L.: Systematik der Dreschorgane, *Grundl. Landtech.*, 1969, nr 1, s. 9-17.
 19. Chowdhury M.H., Marley S.J., Buchele W.F.: Colorimetric determination of grain damage, *Trans. ASAE*, 1976, Vol. 19, nr 5, s. 1019-1021.

20. Chrapacz J.I.: Wlijanie niekotorych faktorow na koefficient trenija sołomistych produktow, Sielchozmasz., 1957, nr 8, s. 5-7.
21. Claar P.W., Portefield J.G.: Rotary straw walker performance, Trans. ASAE, 1974, Vol. 17, nr 5, s. 830-832.
22. Czetyrkin B.N., Muzjupow R.H.: Mołotilno-sieparirujuszczije apparaty s osiewoj podaczzej chlebnoj massy, Trudy Czeljab. Inst. Mech. i Elektr. Siel. Choz., Czeljabińsk, 1968, wypusk 35, s. 35-40.
23. Czetyrkin B.N., Kosiłow N.J., Stiepiczew M.G.: Bezrieszetajna separacija sołomistogo worocha, Mech. i Elektr. Soc. Siel. Choz., 1973, nr 9, s. 12-15.
24. Dmitrewski J., Łęczycki W., Roszkowski H., Waszkiewicz C.: Przegląd rozwiązań konstrukcyjnych zespołów roboczych kombajnów zbożowych, Masz. i Ciąg. Rol., 1977, nr 1, s. 7-10.
25. Dmitrewski J.: Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych, T. 3, 1978, PWRiL, Warszawa.
26. Dmitrewski J., Gach S., Roszkowski H., Waszkiewicz C.: Elementy teorii i obliczeń maszyn rolniczych, Część II. Wyd. SGGW-AR, 1984, Warszawa.
27. Dreszer K.: Systematyka zespołów wydzielających ziarno w kombajnach zbożowych, Zesz. Nauk. Polit. Lub., 1983, z. C-3, s. 47-50.
28. Dreszer K.: Tendencje rozwoju i kierunki badań nad urządzeniami wydzielającymi ziarno z masy słoniastej, Mater. z Krajowego Sympozjum Naukowego nt. Energooszczędne technologie i racjonalne wykorzystanie energii w gospodarce żywnościowej. Wyd. IBMER, 1984, Warszawa, s. 40-49.
29. Eimer M.: Entwicklungen von Regelungseinrichtungen an Mähdröschern, Grundl. Landtech., 1970, nr 5, s. 137-140.
30. Eimer M.: Funktion und Arbeitsqualität der drehzahlgeregelten Dreschtrommel, Grundl. Landtech., 1973, nr 6, s. 158-163.
31. Eimer M.: Monitore zu Überwachung der Funktion und Arbeitsqualität von Mähdröschern, Landtech., 1973, nr 7, s. 215-218.
32. Eimer M.: Optimierung der Arbeitsqualität des Schagleistenderschwerkes, Grundl. Landtech., 1977, nr 1, s. 12-17.
33. Eimer M.: Axialdrusch - geeignetes Dreschprinzip für Mitteleuropas? Landtech., 1980, nr 6, s. 273-275.

34. Eimer M., Dreses G.W.: Entwicklungsstand, technische Kenngrößen und Druschleistung von Mähdrescherneine Analyse, Landtech., 1980, nr 7, s. 304-309.
35. Fąfara R.: Wpływ niektórych zespołów mechanizmów kombajnów zbożowych na ich pracę, Roczn. Nauk Rol., 1958, Ser. C.T. 67,2, s. 137-181.
36. Fąfara R.: Analiza pracy przenośników ślimakowych transportujących materiały lodygowe, Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1967, z. 69, s. 121-162.
37. Fąfara R.: Biologiczne skutki mechanizacji zbioru i konserwacji ziarna zbóż, Mater. V Wydz. PAN dotyczące prognoz nauk rol. i leśnych w Polsce do 1985 r. Fragmenty kluczowego problemu perspektywnego planu rozwoju nauki polskiej. 1969, z. 9, s. 165-202.
38. Fąfara R.: Eksploatacja sprzętu rolniczego lub, jeden z podstawowych problemów polskiego rolnictwa, Mech. Rol., 1979, nr 5/6, s. 3-6.
39. Fąfara R.: Czy istnieje możliwość pracy kombajnów zbożowych w gospodarstwach indywidualnych? Mech. Rol., 1981, nr 14, s. 3-5.
40. Feiffer P.: Wissensspeicher Mähdrusch, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag. Berlin, 1975.
41. Fiscus D.E., Foster G.H., Kaufmann H.H.: Physical damage of grain caused by various handling techniques, Trans. ASAE, 1972, Vol. 14, nr 3, s. 480-485.
42. Florczak Z., Nieścierowicz W.: Mechaniczne uszkodzenie ziarna przez kombajny podczas omlotu, Mech. Rol., 1981, nr 13, s. 8-11.
43. Florczak Z., Fleszer J.: Osiowy system omlotu i separacji ziarna w kombajnach zbożowych, Mech. Rol., 1981, nr 14, s. 8-12.
44. Fomin K.N.: Usovierszenstwowanija molotilnowo ustrojstwa kombajna dla siemionowodczeskich choziajstw, Sielsk. i Siemienowod., 1960, T. 25, nr 3, s. 27-29.
45. Freye T., Kutzbach H.D.: Verminderung der Kornverluste von Mähdrescher-Reinigungsanlagen im Hangbetrieb durch Regelung des Luftstroms, Grundl. Landtech., 1979, nr 4, s. 105-108.
46. Gamdzyk M., Konowrocki A.: Zbiór rzepaku dwufazowy i jednofazowy, Nowe Rol., 1969, nr 12, s. 17-18.

47. Gasparetto E., Zen M., Guadagnin A.: Ultra High Speed Movie Observation of a Conventional Threshing Mechanice (Cylinder-Concave Rear Beater) Working an Wheat, Grain and Forage Harvesting Conference American ASAE, 1977, s. 104-111.
48. Gąska R., Ślipek Z.: Metoda wirówkowa badania siły wiążącej ziarno w kłosie, Rocz. Nauk Rol., 1976, Ser. C, T. 72, 2, s. 133-138.
49. Gąska R., Kolowca J., Ślipek Z.: Próba statystycznego opisu empirycznych rozkładów niektórych cech mechanicznych pszenicy, Rocz. Nauk Rol., 1978, Ser. C, T. 73,4, s. 9-16.
50. Gieroba J.: Poznanie mechanicznych właściwości zbóż staje się konieczne, Mech. Rol., 1961, nr 12, s. 11-12.
51. Gieroba J.: Porównawcze badania zespołu młóścącego z zębami o kształcie logarytmicznym, z cepowym zespołem młóścącym młocarni MCC-10A, Rocz. Nauk Rol. Ser. C, T. 68, 1968, z. 2, s. 259-278.
52. Gieroba J.: Wpływ różnych parametrów na przebieg procesu omłotu w świetle literatury światowej, ze szczególnym uwzględnieniem kombajnów zbożowych, Post. Nauk Rol., 1968, nr 6, s. 79-98.
53. Gieroba J.: Dwubębnowe zespoły młóścące, Masz. i Ciąg. Rol., 1969, nr 7/8, s. 9-13.
54. Gieroba J.: Zagadnienie przecierania masy zbożowej w szczelinie roboczej bębnowego zespołu młóścącego, Masz. i Ciąg. Rol., 1969, nr 9, s. 2-5.
55. Gieroba J.: Badania omłotu zbóż stożkowym zespołem młóścącym, Wyd. PAN, Ser. D, T. 142, W-wa, 1972.
56. Gieroba J., Dreszer K.: Testacyjne badania zmodernizowanych młocarń produkcji krajowej, Masz. i Ciąg. Rol., 1977, nr 4, s. 8-11.
57. Gieroba J.: Application of the shock method for the determination of the grain-to-ear binding force, Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1978, z. 203, s. 27-32.
58. Gieroba J., Dreszer K.: Wybrane kierunki rozwoju konstrukcji kombajnów zbożowych, Masz. i Ciąg. Rol., 1979, nr 7, s. 4-10.
59. Gieroba J., Dreszer K., Nowak J.: Problemy strat i uszkodzeń ziarna w zespołach roboczych kombajnów zbożowych, Post. Nauk Pol., 1980, T. 4/5, s. 95-106.

60. Gieroba J.: Kierunki rozwoju kombajnów zbożowych na świecie, *Masz. i Ciąg. Rol.*, 1980, nr 6, s. 1-3.
61. Gieroba J., Dreszer K., Nowak J.: Nowe rozwiązania konstrukcyjne urządzeń czyszczących w kombajnach zbożowych, *Masz. i Ciąg. Rol.*, 1980, nr 7, s. 13-15.
62. Gieroba J., Dreszer K.: The mechanical damage of grain in paddle and screw conveyors II International Conference Physical Properties of Agricultural Materials and their influence on technological processes in G8d8ll8, Hungary, 26-28 August, 1980.
63. Gieroba J., Nowak J.: Analiza procesu omlotu w wybranych konstrukcjach cepowych zespołów omlotowych, *Masz. i Ciąg. Rol.*, 1981, nr 3, s. 12-15.
64. Gieroba J., Dreszer K., Nowak J., Mendzelewski W.: Porównanie pracy kombajnów zbożowych z osiowym i promieniowym zasilaniem, *Masz. i Ciąg. Rol.*, 1981, nr 5, s. 22-25.
65. Gieroba J., Dreszer K., Nowak J., Mendzelewski W.: Analiza badań kombajnów o różnej konstrukcji zespołów młócących, *Mech. Rol.*, 1981, nr 20, s. 18-21.
66. Gieroba J., Dreszer K.: Zależność strat ziarna od konstrukcji kombajnu zbożowego, *Mater. II Krajowego Sympozjum pt. Probl. bud. oraz eksploatacji masz. i urządzeń rol.*, 1982, Wyd. P. Warsz., s. 109-112.
67. Gieroba J., Dreszer K., Nowak J.: Wpływ konstrukcji kombajnów zbożowych na straty i uszkodzenia ziarna, *Masz. i Ciąg. Rol.*, 1983, nr 1, s. 9-12.
68. Gieroba J., Dreszer K.: Przegląd konstrukcji zespołów wydzielających ziarno w kombajnach zbożowych, *Masz. i Ciąg. Rol.*, 1983, nr 2, s. 5-8.
69. Gieroba J., Dreszer K.: Urządzenia wspomagające pracę wytrząsaczy klawiszowych w kombajnach zbożowych, *Masz. i Ciąg. Rol.*, 1983, nr 3, s. 7-9.
70. Gieroba J., Dreszer K.: Badania wpływu kombajnowego zbioru na wielkość uszkodzeń nasion i ich żywotność, (maszynopis) Zakład Agrofizyki PAN, Lublin, 1983.

71. Gieroba J., Dreszer K.: Badania wpływu wybranych urządzeń omlotowych na mechaniczne uszkodzenia nasion zbóż i ich żywotność, (maszynopis), Zakład Agrofizyki PAN, Lublin, 1983.
72. Gieroba J., Dreszer K.: Proces przemieszczania ziarna w przenośnikach śrubowych i zabierakowych, Probl. Agrofiz. PAN, 1984, z. 43.
73. Gieroba J., Dreszer K.: Wpływ regulacji zespołów roboczych w kombajnach zbożowych na jakość ziarna, Mater. I Krajowej Konferencji Naukowej nt. Problemy techniki rolniczej i leśnej. Wyd. SGGW-AR, Warszawa, 1984, s. 126-129.
74. Gieroba J., Dreszer K.: Problemy oddzielania ziarna od słomy w zespołach roboczych kombajnów zbożowych, Mater. I Krajowej Konferencji Naukowej nt. Problemy techniki rolniczej i leśnej. Wyd. SGGW-AR, Warszawa, 1984, s. 220-223.
75. Gieroba J., Dreszer K.: Kierunki rozwoju konstrukcji kombajnów zbożowych, Mater. I Krajowej Konferencji Naukowej nt. Problemy techniki rolniczej i leśnej. Wyd. SGGW-AR, Warszawa, 1984, s. 224-228.
76. Goć K.: Kombajnowy zbiór zbóż, Seria Nowe Technologie. Wyd. PWRiL, Warszawa 1974.
77. Gorden L.L., Robinson F.D.: Development of the MF cascade shoe, Trans. ASAE, 1971, Vol. 14, nr 3, s. 448-449.
78. Gowin J., Haman J., Koper R.: Próby wyznaczenia modułu sprężystości podłużnej żdźbła słomy pszenicy metodą interferometrii holograficznej, Rocz. Nauk Rol., 1978, Ser. C, T. 73,3, s. 217-225.
79. Grafius J.E., Brown H.M.: Lodging resistance in oats, Agr. J., 1954, nr 46, s. 414-418.
80. Grundas S., Horabik J., Kuczyński A.: Zachowanie się masy ziarna pszenicy podczas cyklicznych obciążeń statycznych, Rocz. Nauk Rol., 1980, Ser. C, T. 74,2, s. 177-187.
81. Haman J., Zdanowicz A.: O potrzebie rozszerzenia studiów nad reologią materiałów w rolnictwie, Rocz. Nauk Rol., C-68-2, 1968, s. 195-217.

82. Haman J., Szot B.: Badania sił wiążących ziarno z kłosem, *Rocz. Nauk Rol.*, 1974, Ser. C, T. 71,2, s. 7-23.
83. Haman J., Gawda H.: An ultrasonic method of determining Young's modulus in cereal plants, *Trans. ASAE*, 1983, Vol. 26, nr 1, s. 250-254.
84. Hermanowicz M.: Zagadnienia metodyczne oceny mechanicznie uszkodzonego materiału siewnego, *Mater. Sympozjum biologii nasion i nasiennictwa KFGiHR, PAN, Puławy 1979*, s. 14.
85. Hebda M., Wachal A.: *Trybologia*, Wyd. N.T., Warszawa 1980.
86. Herbsthofer F.J.: Wo stehen wir im Mähdescherbau und wie geht es weiter? *Grundl. Landtech.*, 1974, nr 3, s. 94-102.
87. Hnilica P., Grundas S.: Merení dynamického Youngova modulu endspermu obilí pulsní ultrazvukovou metodou, *Zřemed. Tech.*, 1983, 29, c 2, s. 65-80.
88. Huynh V.M., Powell T., Siddall J.N.: Threshing and Separating Process-A Mathematical Model. *Trans. ASAE*, 1982, Vol. 25, nr 1, s. 65-73.
89. Jakubiec J., Ruhowicz K.: Wstępne badania nad rzepakiem o trudno pękających łuszczyznach i jego przydatności do zbioru kombajnowego, *Hod. Roślin Aklimat. i Nas.*, 1957, T. 1, z. 5/6, s. 703-721.
90. Jakubiec J., Grochowski L.: Polowa i laboratoryjna ocena odporności odmian rzepaku jarego na pękanie łuszczyzn, *Zesz. Nauk. SGGW-AR-Rolnictwo*, 1963, z. 7, W-wa, s. 49-65.
91. Kaczorowski T., *Zjawisko wylegania zbóż z punktu widzenia mechaniki żdźbła*, IUNG, Puławy, 1970.
92. Kalina J.: Dopravní poměry na vytrásadle v závislosti na úhlu podélného svahu, *Zeměd. Tech.*, 1974, nr 10, s. 575-589.
93. Kanafojski C.: *Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych*, 1977, T. 1, C. III, PWRiL, Warszawa.
94. Kanafojski C.: *Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych*, T. 2, C. I, 1980, PWRiL, Warszawa.
95. Kawa A.: Straty ziarna pszenicy i jęczmienia podczas koszenia różnymi metodami, *Nowe Rol.*, 1980, nr 14, s. 5-7.

96. Kazański M.: Mechanizacja prac przy zbiorze rzepaku na terenie MBM i KR, Nowe Rol., 1969, nr 12, s. 18-20.
97. King D.L., Riddolls A.W.: Damage of Wheat and Pea Seed in Threshing at Varying Moisture Content, J. Agric. Eng. Res., 1960, Vol. 5, nr 9, s. 90-93.
98. Kirste A., Kühn G.: Berechnung des momentanen Körnerverlustes bei Mähdreschern aus gemessenen Parametern der Abscheidung, Agrartech., 1983, nr 10, s. 442-445.
99. Klenin N., Lomakin S.: Körnerabscheidung durch den Dreschkorb, Dt. Agrartech., 1972, H. 7, s. 321-323.
100. Kobiński H., Pawlicki T.: Badania nowych odmian przyrzędów tnących do cięcia źdźbeł wiotkich i źdźbeł zbóż. Mater. z Krajowego Sympozjum nt. Kier. rozwoju masz. do zbioru zbóż i słomy. Wyd. P. Warsz. Płock, 1978, s. 144-149.
101. Kolowca J.: Badania nad wytrzymałością mechaniczną ziarna zbóż, Zesz. Nauk. WSR w Krakowie. Rolnictwo, 1972, z. 14, s. 49-56.
102. Kolowca J.: Badania odporności ziarna pszenicy na powstawanie mechanicznych uszkodzeń, Roczn. Nauk. Rol. 1974, Ser. C. T. 71,3, s. 67-77.
103. Kolowca J., Ślipek Z.: Ustalenie terminu zbioru na podstawie niektórych mechanicznych własności zbóż, Roczn. Nauk Rol., 1976, Ser. C, T. 72,2, s. 37-42.
104. Kolowca J., Ryś S., Ślipek Z.: Problemy pomiaru opisu niektórych cech fizycznych zbóż, Mat. Sympozjum biologii nasion i nasiennictwa KFSiHR, PAN, Puławy 1979, s. 60.
105. Kolowca J., Ryś S., Ślipek Z.: Wartość biologiczna ziarna pszenicy poddanego działaniu obciążeń dynamicznych, Mat. Sympozjum biologii nasion i nasiennictwa KFGiHR, PAN, Puławy, 1979, s. 60-61.
106. Konowrocki A.: Badania wdrożeniowe kombajnów zbożowych w wybranych gospodarstwach wielkoobszarowych z uwzględnieniem systemów i zestawów maszyn do zbioru zbóż, Spraw. z badań. IBMER, XVI/201, Warszawa 1973.

107. Konieczna M.: Wpływ niektórych zespołów kombajnu Bizon ZO50 na uszkodzenia i właściwości biologiczne ziarna pszenicy, Rocz. Nauk Rol., 1978, Ser. C, T. 73,4, s. 61-71.
108. Kolesenkow K.D., Bałaszow W.P.: Rotacionnyj płastinczatyj sołomotrjes, Mech. i Elekt. Soc. Siel. Choz., 1971, nr 8, s. 18-19.
109. Kośmicki Z.: Antonowicz W.: Badania funkcjonalności zespołu tnącego z nożami na ciągnie poruszającym się ruchem postępowym prostoliniowym, Masz. i Ciąg. Rol., 1978, nr 9, s. 16-18.
110. Kozłowski T.: Zarys teorii sprzężystości, Arkady, Warszawa, 1968.
111. Kudła J., Trojanowski R.: Wyniki badań kwalifikacyjnych kombajnu zbożowego ZO60 oraz porównawcza ocena eksploatacyjno-ekonomiczna kombajnu ZO56, Spraw. z badań IBMER XVI/305, Warszawa, 1978.
112. Kugler K.: Senkung des Leistungsbedarfs für den Dreschtrommelantrieb beim Mähdrescher E 516, Agrartech., 1981, nr 7, s. 296-301.
113. Kutzbach H.D., Grobler W.H.: Einrichtungen zur Kornabscheidung im Mähdrescher, Grundl. Landtech., 1981, nr 6, s. 223-229.
114. Kutzbach H.D.: Mähdrescher auf der DLG 1982, Landtech., 1982, nr 7/8, s. 332-333.
115. Kutzbach H.D.: Dresch-und Trennsysteme neuer Mähdrescher, Landtech., 1983, nr 6, s. 226-230.
116. Kutzbach H.D.: Mähdrescher auf der DLG 1984, Landtech., 1984, nr 7/8, s. 324-326.
117. Kroschowski A.: Erfahrungen beim Mähdrusch von Wintertraps unter industriemassigen Produktionsbedingungen, Feldwirtschaft, 1975, nr 6, s. 269-271.
118. Kydd H.D.: Combine types. Prairie Agricultural Machinery Institute 1980, Humboldi, Saskatchewan SOK 2AO Canada.
119. Lee R.: Straw-walkers left behind in race for output, Agric. Mach. Jour., 1981, nr 11, s. 22-25.

120. Letoszniew W.: Sielskochoziajstwiennyje Masziny, Sielchoz. Moskwa, 1949.
121. Lewin J.S.: Issledowanja faktorow wlijausznych na droblemie ziarna, Trudy Wsies. Instituta Sielchoz. Maszinostr. Moskwa 1961, Wyp. 31, s. 1-43.
122. Lucas N.: Rotor combines on test. Power Farming, 1979, vol. 58, nr 9.
123. Mac Aulay J.T., Lee J.H.A.: Grain separation on oscillating combine sieves as affected by material entrance conditions, Trans. ASAE, 1968, Vol. 11, s. 648-654.
124. Malerz J.: Automatyczna kontrola strat ziarna przy zbiorze kombajnowym, Międz. Czas. Rol., 1976, nr 3, s. 73-76.
125. Malicki A.: Badania ruchu punktu materialnego w aspekcie podstaw teorii stożkowego zespołu młócającego (praca doktorska wykonana pod kierunkiem prof. J. Hamana), maszynopis, Wydział Techniki Rolniczej AR, Lublin, 1973.
126. Maćkowiak W., Goworkol L.: Dwufazowy zbiór najbardziej wskazaną metodą zbioru rzepaku ozimego, Nowe Roln., 1972, nr 10, s. 14-15.
127. Mazański M., Borek T.: Badania wdrożeniowe kombajnów zbożowych w gospodarstwach małoobszarowych, Spraw. z badań, IBMER XVI/233, Warszawa, 1974.
128. Miłosz T.: Badania laboratoryjno-polowe kombajnu zbożowego Bizon-Super i Fahr M1600 Hydromat, Spraw. z badań IBMER, XVI/191, Warszawa, 1973.
129. Miłosz T.: Optymalizacja parametrów konstrukcyjnych pochylęgo, wirnikowego przenośnika zboża w kombajnach zbożowych (praca doktorska wykonana pod kierunkiem prof. R. Fąfary), maszynopis, IBMER, Warszawa, 1979.
130. Miłosz T.: Zbiór ziarna roślin niezbóżowych we Francji, Nowe Rol., 1980, nr 15/16, s. 22.
131. Miłosz T.: Mechanizacja zbioru zbóż i słomy w gospodarstwach indywidualnych, Mech. Rol., 1981, nr 13, s. 3-6.
132. Miłosz T.: Zbiór roślin oleistych kombajnem zbożowym, Mech. Rol., 1981, nr 14, s. 12-15.

133. Myhan R., Misiak W.: Wpływ wielkości powierzchni klepiska i wytrząsaczy na przepustowość kombajnów zbożowych, *Masz. i Ciąg. Rol.*, 1982, nr 3, s. 12-13.
134. Myhan R., Misiak R.: Model matematyczny zachowania się sztywnej linii materialnej na wytrząsaczach klawiszowych, *Zesz. Nauk. AR-T, Olsztyn*, 1983, z. 12, s. 23-34.
135. Newbery R.S., Nave W.R., Paulsen M.R.: Soybean Quality with Rotary and Conventional Threshing, *Trans ASAE*, 1980, Vol. 23, nr 2, s. 303-308.
136. Nowacki T.: Mechanizacja rolnictwa, T. III, PWRiL, Warszawa, 1967.
137. Orzechowski J., Szymański W.: Straty ziarna powstające w czasie zbioru zbóż, trzeba ograniczyć, *Mech. Rol.*, 1983, nr 2/3, s. 7-9.
138. Ostrowski T.: Ograniczanie strat przy zbiorze zbóż, *Nowe Rol.*, 1980, nr 14, s. 4-5.
139. Otto R.: Untersuchungen zu einigen Problemen bei der Ernte von kurzstrohigen Winterweizen und Sommerweizenformen, *Dt. Agrartech.*, 1972, nr 3, s. 131-133.
140. Pabis S., Szerypo M., Wieremiejczyk W.: Wykorzystanie symulacji komputerowej do badania procesów produkcyjnych w rolnictwie, *Mech. Rol.*, 1979, nr 5/6, s. 9-13.
141. Pulsen M.R., Nave W.R.: Corn Damage from Conventional and Rotary Combines, *Trans. ASAE*, 1980, Vol. 23, nr 5, s. 1110-1116.
142. Pugaczew A.N.: Powrzedzenie ziarna maszynami, *Wyd. Kołos, Moskwa*, 1976.
143. Quick G.R.: Development of Rotary Axial Thresher (Separators), *Grain and Forage Harvesting Conference America ASAE*, 1978, s. 151-169.
144. Reed W.B., Zoerb G.C., Bigsby F.W.: A laboratory study of Grain-Staw Separation, *Trans. ASAE*, 1974, Vol. 17, nr 3, s. 452-460.
145. Reed W.B., Bigsby F.W.: Pneumatic rotary classifier (Western Roto Thresh Ltd), *Pat. Kanad.*, kl. 130-7, nr 948950, z dn. 11.06.1974.

146. Reed W.B., Bigsby F.W.: Pneumatic classifier for rotary threshing machine (Western Roto Thresh Ltd), Pat. Kanad., kl. 130-12, nr 962545, z dn. 11.02.1975.
147. Reumschlüssel G., Zehme Chr.: Untersuchungen am Obersieb einer ebenen Reinigungseinrichtung, Agrartech., 1973, nr 6, s. 280-283.
148. Roszkowski A.: Kierunki rozwoju konstrukcji kombajnów zbożowych, Mech. Rol., 1980, nr 1, s. 15-19.
149. Ruchowicz K., Strutyńska K.: Technologia kombajnowego zbioru rzepaku na tle jego wartości przemysłowej, Roczn. Nauk Rol., 1958, Ser. C, T. 67,2, s. 247-332.
150. Schulze K.H.: Untersuchungen über den Dreschvorgang an verschiedenen Details Schlagleistungstrommeln. Grundl. Landtech., 1964, nr 21, s. 30-32.
151. Segler G., Wieneke F.: Dreschverluste und Leistungsbedarf Mähdreschers beim Verarbeiten von Getreide mit Grünutbesatz, Landtech. Forsch., 1961, nr 5, s. 141-144.
152. Segler G., Freye T.: Vibra-pneumatische Trennung von Stroh, Korn und Spreu, Grundl. Landtech., 1977, nr 4, s. 101-108.
153. Segler G., Freye T.: Entwicklung einer Mess- und Kontrolleinrichtung für den Gutedurchsatz der Reinigungsanlage im Mähdrescher, Grundl. Landtech., 1978, nr 4, s. 148-150.
154. Silber W.: Mähdrescher mit Axialdrusch, BRD-OS 1941248.Dt. Agrartech., 1972, H.3, s. 137.
155. Skubisz G.: Zagadnienie sprężystości żdźbła zbóż, Probl. Agrofiz. PAN, 1982, z. 38, Wrocław.
156. Sonnenberg H.: Korn-Stroh-Trennung mit einer Umlenktrammel, Grundl. Landtech., 1971, nr 6, s. 169-172.
157. Sonnenberg H., Baader W.: Erntemaschinen für Halmfruchte, Grundl. Landtech., 1974, nr 6, s. 181-183.
158. Spiess E.: Axialmähdrescher - erste Vergleichsversuche, Blätter für Landtech., 1980, nr 6, s. 1-11.
159. Spiess E.: Heben Axialmähdrescher Zukunft? DLZ., 1980, nr 7, s. 1004-1009.

160. Spiess E.: Körnerverluste bei bisherigen und neuen Mähder-scher-Systemen, Schweiz. Landtech., 1981, nr 8. s. 531-536.
161. Stelmaszczyk W.: Sposoby zapobiegania nadmiernym stratom ziarna przy zbiorze zbóż kombajnem, Masz. i Ciąg. Rol., 1977, nr 7, s. 4-5.
162. Stelmaszczyk W.: Przegląd zespołów czyszczących we współ-czesnych kombajnach zbożowych, Masz. i Ciąg. Rol., 1978, nr 5, s. 25-29.
163. Strona J.G.: Uszkodzenia nasion - przyczyny i zapobieganie, PWRiL, 1977, W-wa.
164. Szatkus D.I., Gorbaczew A. i in.: Tendencje w rozwoju konstrukcji ziarnouboroczych kombajnów, Obzor. Inf. 1978, wy-pusk 8, Moskwa.
165. Szeliński T.: Kombajn o wzdłużnym przepływie masy zbożowej przez zespół młócający, Nowe Roln., 1981, nr 15/16, s. 12-15.
166. Szot B.: Rozwój badań właściwości fizycznych materiałów rolni-czych, Probl. Agrofiz. PAN, 1972, z. 5, Wrocław.
167. Szot B., Kolemba G.: Metody oceny wylegania zbóż, Probl. Agrofiz. PAN, 1973, z. 8, Wrocław
168. Szot B., Grundas S., Grochowicz M.: Metodyka określa-nia odporności ziarna zbóż na odkształcenia mechaniczne, Rocz. Nauk Rol., 1973, Ser. C, T. 70,3, s. 129-141.
169. Szot B., Tys J.: Przyczyny osypywania się nasion roślin olei-стых i strączkowych oraz metody oceny tego zjawiska, Probl. Agro-fiz. PAN, 1979, z. 29, Wrocław.
170. Szot B., Horabik J.: Zagadnienia mechaniki ośrodków sypkich pochodzenia roślinnego, Probl. Agrofiz. PAN, 1980, z. 33, Wro-cław.
171. Szunakow N.S.: Obmołot pszenicy na semena kombajnom, SKD-5S. Mech. i Elektr. Soc. Siel. Choz., 1972, nr 10, s. 11-13.
172. Ślipek Z.: Wstępne porównanie wyników badań siły wiążącej ziar-no w kłosie i strat ziarna podczas zbioru zmechanizowanego, Rocz. Nauk Rol., 1978, Ser. C, T. 73,2, s. 143-149.
173. Ślipek Z.: Wpływ zespołów roboczych kombajnu zbożowego na

- powstawanie mechanicznych uszkodzeń ziarna pszenicy, *Rocz. Nauk Rol.*, 1983, Ser. C, T. 75,4, s. 75-81.
174. Tebrügge F.: Hangmähdrescher aus technischer und ökonomischer Sicht. *Landtech.*, 1979, nr 6, s. 282-286.
 175. Timoszenko S.P.: *Ustoicziwost uprugich sistem*, Wyd. GITTL, Moskwa 1955.
 176. Tkaczenko W.A.: Rezultaty issledowanij mołotilno-separirujuszczego ustrojstwa s centrobieżno-rotornym solomotriasom, *Trudy Czeljab. Inst. Mech. i Elektr. Siel. Choz.*, 1967, wyp. 35, s. 55-60.
 177. Tremer K.: Porównanie kilku metod zbioru rzepaku, *Biuletyn IHAR*, 1958, nr 2, s. 123-129.
 178. Wacker P., Freye T.: Alternative Druschsysteme in amerikanischen Grossmähdreschern, *Landtech.*, 1979, nr 6, s. 287-289.
 179. Wasilenko J. i in.: *Ziernowyje kombajny SSSR i zarubieżnych stran*, Sielchozgiz. Moskwa 1958.
 180. Wieneke F.: Das Arbeitskennfeld des Schlagleistendreschers, *Grundl. Landtech.*, 1964, nr 1, s. 33-34.
 181. Wieneke F., Caspers L.: Einfluss der Zuführgeschwindigkeit der Trommelumfangsgeschwindigkeit, der Spaltweite und des Grüngranteils auf den Dreschvorgang bei Verschiedenen Getreidearten, *Grundl. Landtech.*, 1964, nr 1, s. 30-31.
 182. Wieneke F., Caspers L.: Versuch einer dünnenschichtigen Getreidezuführung beim Dreschen, *Grundl. Landtech.*, 1966, nr 3, s. 94-100.
 183. Wrubleski P.D., Smith L.G.: Separation Characteristics of Conventional and Non-Conventional Grain Combines Trans, *ASAE*, 1980, vol. 23, nr 3, s. 530-534.
 184. Zargarjan S.R. i in.: Seperacija ziarna w aspiracjonnom kanale, *Trakt. i Sielchozmasz.*, 1974, nr 4, s. 20-22.
 185. Zehme Ch.: Zur Entmischung einer homogenen Korn-Stroh-Spreu Schlüttung, *Dt. Agrartech.*, 1972, nr 6, s. 267-270.
 186. Żuk D., Jasiński B., Krzywosiński S.: Ocena energetyczna różnych sposobów napędu przyrządu tnącego w kombajnie zbożowym, *Masz. i Ciąg. Rol.*, 1982, nr 3, s. 7-8.

187. — : Otczet ob ispytaniach samochodnego ziernouborocznego kombajna model 1460 firmy International Harvester (USA), Symbol dok. IBMER XVI/357, 1980, W-wa.
188. — : Otczet ob ispytaniach samochodnego ziernouborocznego kombajna IR 70 firmy Sperry New Holland (USA), Symbol dok. IBMER XVI/358, 1980, W-wa.
189. — : Evaluation Report No E 3078 A, 1979 Prairie Agricultural Machinery Institute Humboldt, Saskatchewan SOK 2AO, Canada.
190. — : Evaluation Report 287, 1982 Prairie Agricultural Machinery Institute Humboldt, Saskatchewan SOK 2AO, Canada.
191. — : Evaluation Report 288, 1982, Prairie Agricultural Machinery Institute Humboldt, Saskatchewan SOK 2AO, Canada.
192. Praca zbiorowa: Ważniejsze właściwości roślin wiążące się z pracą maszyn rolniczych, PAN-KHiUR, 1975, W-wa.

Dotychczas ukazały się następujące zeszyty
PROBLEMÓW AGROFIZYKI

1. Jan Gliński, Witold Stępniewski - Zastosowanie chromatografii gazowej w badaniach gleboznawczych. 1972.
2. Piotr Kowalik - Podstawy teoretyczne pomiarów potencjału wody glebowej. 1972.
3. Jan Gliński, Jerzy Duliban - Potencjał oksydoredukcyjny w glebach. 1972.
4. Małgorzata Dąbek-Szreniawska - Mikrobiologiczne aspekty tworzenia się agregatów glebowych. 1972.
5. Bogusław Szot - Rozwój badań właściwości fizycznych materiałów rolniczych. 1972.
6. Ignacy Dechnik, Janusz Stawiński - Powierzchnia właściwa w badaniach fizykomechanicznych i fizycznych właściwości gleb. 1973.
7. Adam Pukos, Ryszard Walczak - Podstawy teoretyczne badania właściwości mechanicznych gleb. 1973.
8. Bogusław Szot, Grażyna Kolemba - Metody oceny wylegania zbóż. 1973.
9. Janusz Haman, Bogusław Szot, Wanda Woźniak - Zagadnienie wymiany ciepła i masy w materiałach roślinnych. 1973.
10. Materiały seminarium poświęconego fizyce wody glebowej. Praca zbiorowa. 1973.
11. Henryk Czachor, Ryszard Walczak - Zamknięte źródła radioizotopowe w badaniach fizycznych właściwości gleb. 1974.
12. Zestawienie analizy spektralnej w badaniach rolniczych. Praca zbiorowa. 1974.
13. Krystyna Konstankiewicz, Adam Pukos, Ryszard Walczak-Demenowa teoria histerezy dla termodynamicznych procesów w glebie. 1974.

14. Jerzy Szczypa, Zofia Sokolowska - Zastosowanie radioizotopów do badania fizykochemicznych właściwości gleb. 1975.
15. Janusz Haman, Adam Pukos - Aktualne zagadnienia mechaniki gleb. 1975.
16. Jan Gliński, Zofia Stępniewska - Zastosowanie elektrod selektywnych w badaniach gleboznawczych. 1975.
17. Ignacy Dechnik, Jerzy Lipiec - Zwięźłość gleby jako czynnik środowiska rozwoju roślin. 1975.
18. Ignacy Dechnik, Stanisław Tarkiewicz - Zmiany właściwości agrofizycznych gleb pod wpływem działania narzędzi aktywnych. 1975.
19. Ryszard Walczak, Barbara Witkowska - Metody badania i sposoby opisywania agregacji gleby. 1976.
20. Władysław Byszewski, Janusz Pala - Niektóre aspekty związku między poziomem mechanizacji produkcji roślinnej a właściwościami fizycznymi roślin. 1976.
21. Ignacy Dechnik, Ryszard Dębicki - Czynniki zaskorupiania gleb oraz metody przeciwdziałania temu zjawisku. 1976.
22. Helena Lisowa, Janusz Haman, Tadeusz Lis - Właściwości cieplne ciał kapilarno-porowatych i metody ich pomiaru. 1976.
23. Ignacy Dechnik, Ryszard Dębicki - Wykorzystanie syntetycznych środków do ulepszania gleb. 1977.
24. Ludomir Pavel, Stanisław Uziak - Metody badania składu i właściwości mineralnych wysokodispersyjnych składników gleb. 1977.
25. Małgorzata Dąbek-Szreniawska, Maria Drążkiewicz - Zagadnienie sorpcji mikroorganizmów w glebach. 1977.
26. Ryszard Turski, Henryk Domżał, Anna Słowińska-Jurkiewicz, Jan Hordara - Metody badania i wskaźniki oceny agrofizycznego efektu działania narzędzi uprawowych na glebę. 1977.
27. Jan Kossowski, Ewa Sikora - Ciepłe właściwości gleb i metody ich wyznaczania. 1978.
28. Edmund Ślusarczyk, Ewa Kośmider - Potencjał wody w glebie i roślinie oraz metody jego oznaczania. 1978.
29. Bogusław Szot, Jerzy Tys - Przyczyny osypywania się nasion roślin oleistych i strączkowych oraz metody oceny tego zjawiska. 1979.

30. Jolanta Kaniewska, Piotr Kowalik - Numeryczne równania przepływu wody w glebie. 1979.
31. Marek Malicki - Przegląd metod pomiaru wilgotności gleb i oceny ich przydatności w badaniach polowych. 1979.
32. Ignacy Dechnik, Jerzy Lipiec - Przewodnictwo wodne gleby w strefie nienasyconej i metody jego pomiaru. 1980.
33. Bogusław Szot, Józef Horabik - Zagadnienia mechaniki ośrodków sypkich pochodzenia roślinnego. 1980.
34. Jerzy Szczypa, Jerzy Czajkowski - Stabilność układów zdyspergowanych w procesy flokulacji i aglomeracji. 1980.
35. Stanisław Dąbrowski, Józef Grochowicz, Wiktor Pietrzyk - Elektryczne właściwości nasion i ich praktyczne wykorzystanie. 1981.
36. Słownik agrofizyczny. Praca zbiorowa. 1981.
37. Piotr Staszczuk, Andrzej Waksmudzki - Właściwości warstewek hydratacyjnych na powierzchni ciał stałych. 1981.
38. Grażyna Skubisz - Zagadnienie sprężystości żdźbła zbóż. 1982.
39. Jan Gliński, Witold Stępniewski, Stanisław Łabuda - Pobieranie tlenu i wydzielanie dwutlenku węgla w środowisku glebowym. 1983.
40. Jerzy Lipiec - Możliwości oceny przewodnictwa wodnego gleb na podstawie ich niektórych właściwości. 1983.
41. Ryszard Walczak - Modelowe badania zależności retencji wodnej od parametrów fazy stałej gleby. 1983.
42. Witold Stępniewski, Jan Gliński - Procesy transportu gazów w glebie i skład powietrza glebowego. 1983.
43. Jan Gieroba, Kazimierz Dreszer - Proces przemieszczania ziarna w przenośnikach śrubowych i zabierakowych. 1984.
44. Jan Gliński, Witold Stępniewski - Procesy biologiczne i chemiczne w glebie uzależnione od jej stanu natlenienia. 1984.
45. Witold Stępniewski, Jan Gliński - Reakcja roślin na stan aeracji gleby. 1984.
46. Witold Stępniewski, Jan Gliński - Metody pomiaru wskaźników aeracji gleb. 1984.
47. Krystyna Konstankiewicz - Porowatość gleby, definicje i metody. 1985.

48. Józef Horabik - Opis początkowej fazy grawitacyjnego wypływu ro-
ślinnego ośrodka ziarnistego ze zbiornika. 1985.
49. Tadeusz Wolski, Jan Gliński - Odpady przemysłowe i ich przetwa-
rzanie na sole techniczne oraz preparaty do nawożenia gleb i żywie-
nia zwierząt. 1985.

Zakład Narodowy im. Ossolińskich—Wydawnictwo. Wrocław 1986.
Nakład: 400 egz. Objętość: ark. wyd. 5,20; ark. druk. 6,25. Papier offset
kl. III, 70 g 61 x 86. Oddano do druku 1986.07.28. Druk ukończono
w październiku 1986. Wrocławska Drukarnia Naukowa. Zam. 2164/86

J-11 Cena zł 110,—

