

POMIAR PARAMETRÓW RUCHU BRYŁ PRZECHODZĄCYCH PRZEZ ZESPOŁY
ROZDZIELCZE KOMBAJNÓW DO ZBIORU ZIEMNIAKÓW

Piotr Budyn, Piotr Zalewski

Instytut Mechanizacji i Energetyki Rolnictwa AR w Krakowie

1. Wprowadzenie

W badaniach maszyn do zbioru płodów rolniczych, a zwłaszcza w badaniach dotyczących oceny przepływu masy przez zespoły rozdzielcze tych maszyn, często stajemy przed koniecznością zarejestrowania tego procesu na taśmie filmowej, celem dokładnego przeanalizowania badanego zjawiska i precyzyjnego pomiaru parametrów ruchu poszczególnych składników przepływającej mieszaniny [3].

W przypadku maszyn do zbioru ziemniaków plon stanowi 2-3%, masy redliny podbieranej przez zespoły robocze kombajnu.

Podobieństwo niektórych cech fizycznych typowych zanieczyszczeń plonu, tj. kamieni, a zwłaszcza brył do bulw ziemniaka utrudnia mechaniczne wydzielenie plonu [4]. Dlatego proces separacji jest nadal przedmiotem badań, mających stanowić punkt wyjścia dla udoskonaleń zespołów rozdzielczych kombajnów (porównaj np. [1]). Skład mieszaniny i charakter procesu ograniczają obserwację bezpośrednią, nie mówiąc o pomiarze parametrów ruchu poszczególnych składników mieszaniny. Pomiar prędkości ruchu brył ma znaczenie dla oceny warunków, które muszą być spełnione dla ich rozdrobnienia. Jak dotąd liczba brył nierozdrobnionych przez maszynę może przewyższać liczbę zebranych bulw ziemniaka.

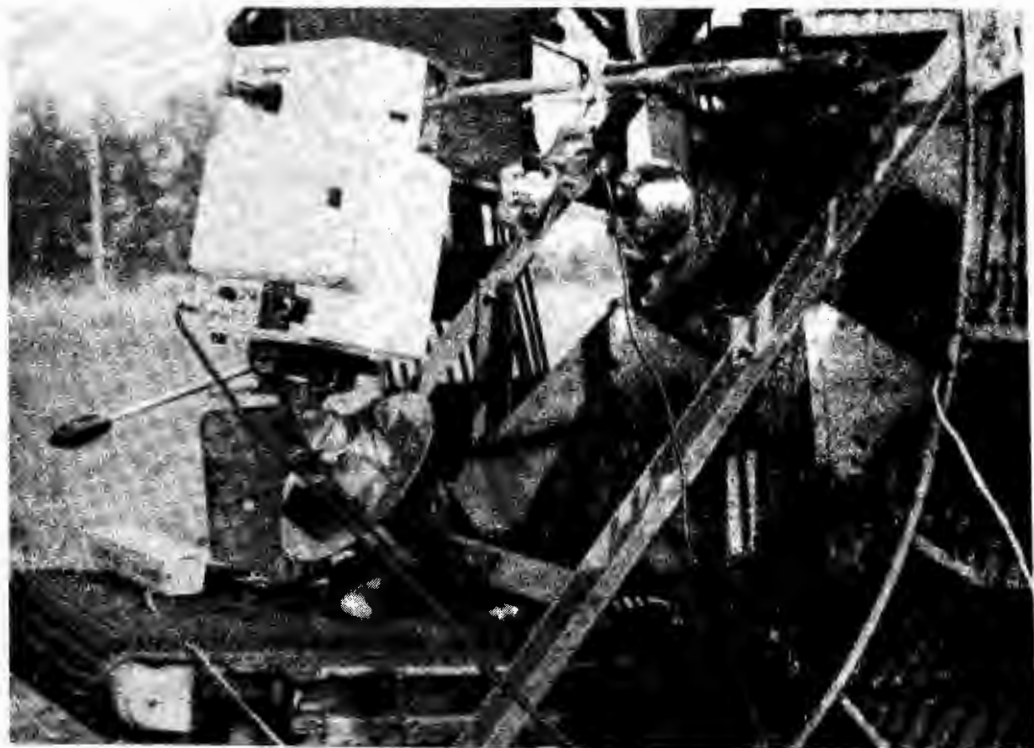
Związek pomiędzy liczebnością trwałych brył wchodzących na kombajn, a obciążeniem pracowników obsługujących stół selekcyjny uważa się za oczywisty [2].

W badaniach postawiono sobie za cel uzyskanie na drodze eksperymentalnej informacji na temat fizycznych parametrów ruchu brył ziemi na przenośnikach, zespołach kruszących, separatorach mechanicznych i stołach selekcyjnych kombajnów do zbioru ziemniaków.

Badaniami objęto kombajny: jednorzędowy typu Z 644 i dwurzędowy typu E 667/4. Badania prowadzono w warunkach polowych na plantacji ziemniaków przygotowanej do zbioru.

2. Metodyka badań

W badaniach posłużono się metodą filmową celem zmierzenia prędkości ruchu brył ziemi, wyznaczenia toru lotu, określenia energii kinetycznej i procentowego udziału brył ziemi w mieszaninie na stołach selekcyjnych. Wszystkie zdjęcia filmowe z wyjątkiem zdjęć stołów selekcyjnych wykonano kamerą do zdjęć szybkich Hyspeed 10/16 przy prędkości przesuwu taśmy filmowej $1000 \text{ kl}\cdot\text{s}^{-1}$.



Rys. 1. Kamera Hyspeed rejestrująca ruch brył na kaskadzie przenośników kombajnu E 667/4

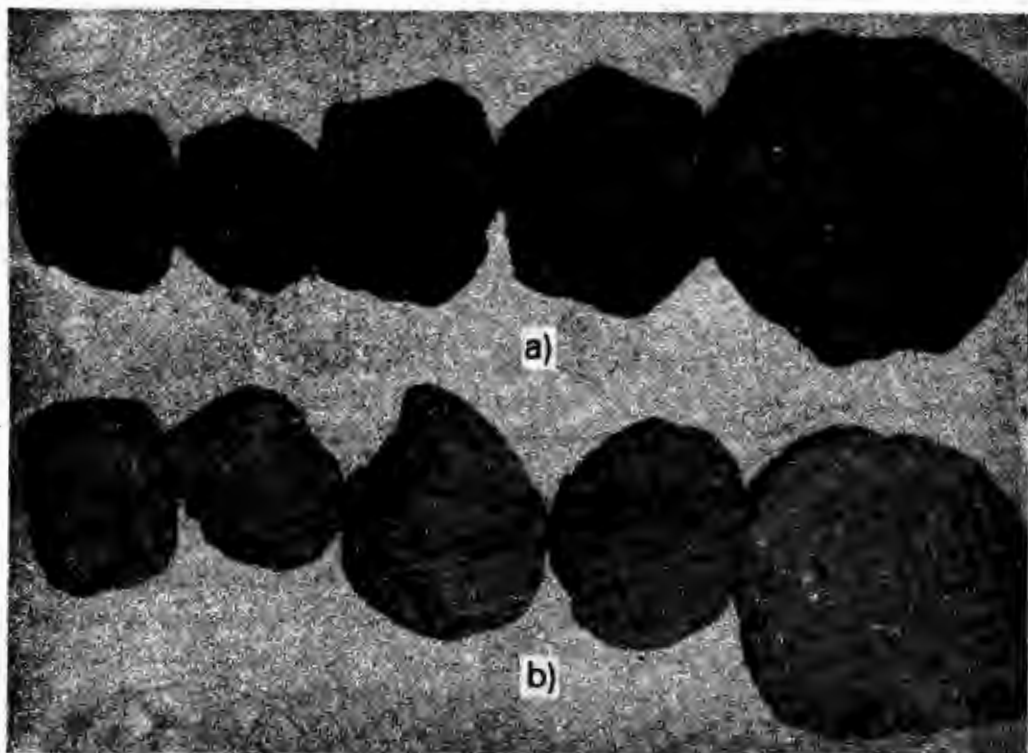
Zdjęcia stołu selekcyjnego wykonano kamerą Pentaflex AK 16 przy prędkości przesuwu taśmy filmowej $32 \text{ kl}\cdot\text{s}^{-1}$. W badaniach używano filmów negatywowych NP 55 o czułości 20 DIN. Pole filmowe oświetlano 6 żarówkami o łącznej mocy 5000 W. Stosowano obiektywy o ogniskowej 12,5 mm. Wartość przysłony wynosiła 2,8 i była wystarczająca do uzyskania wymaganej głębi ostrości.

W celu uzyskania optymalnych zdjęć filmowych konieczne było wykonanie dla każdego stanowiska pomiarowego oddzielnego statywu dla kamery (rys. 1).

Poklaskową analizę filmów wykonano na materiale negatywowym, posługując się stołem montażowym typu SM 521, przystosowując go do tego celu według własnych rozwiązań.

3. Przebieg badań i analiza wyników

Bryły ziemi ulegające rozdrobnieniu nie miałyby stałej masy, dlatego zastosowano bryły symulowane, otrzymane z fragmentów czerwonej cegły glinianej (rys. 2).

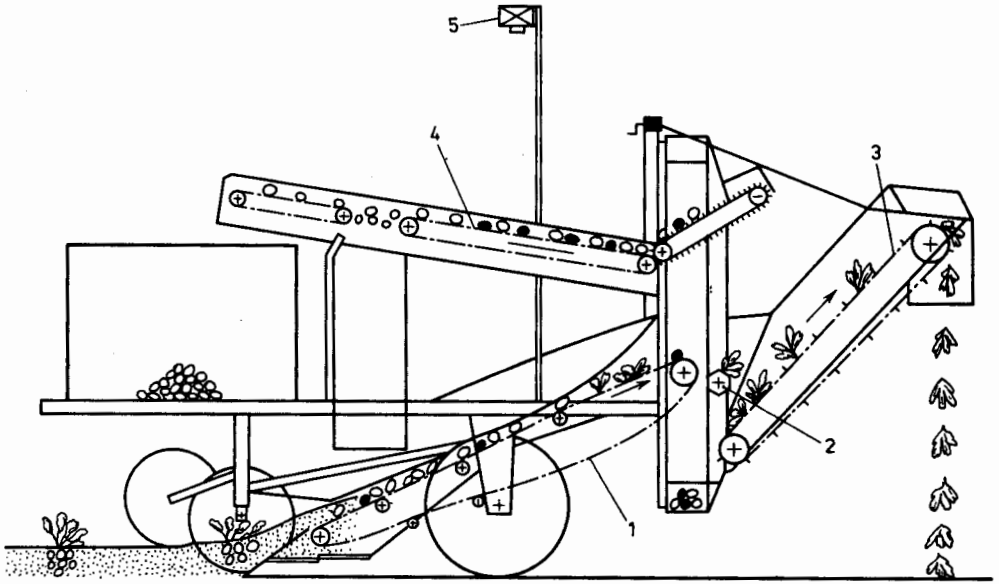


Rys. 2. Przykłady brył wchodzących na kombajny: a - naturalne, b - symulowane

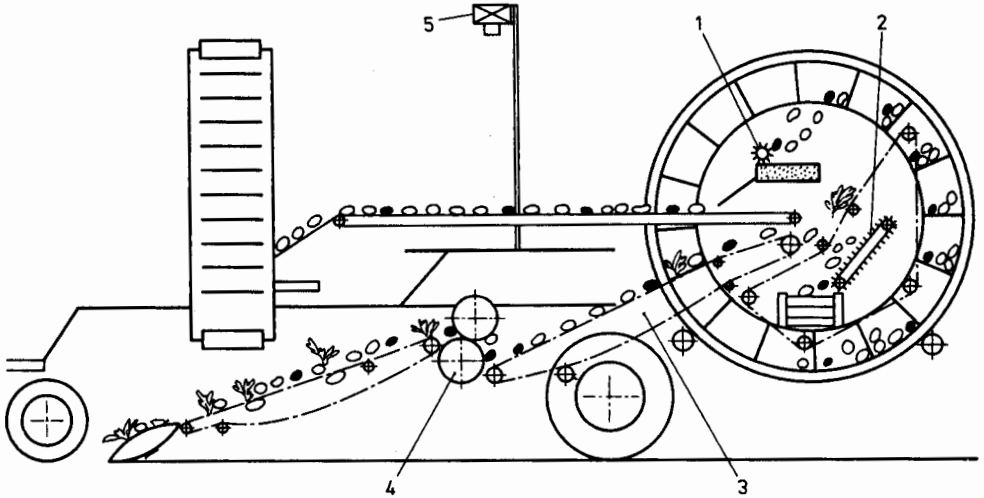
Materiał ten jest zbliżony ciężarem objętościowym do brył ziemi. Symulowane bryły wykonano w trzech grupach wielkości masy: 0,035 kg, 0,065 kg i 0,173 kg, w liczbie około 300 szt. brył każdej z grup. Bryły te odznaczały się dobrą widocznością na zdjęciach filmowych. W badaniach separatora mechanicznego użyto brył naturalnych. Bryły zakopywano ręcznie w rzędach roślin przed lemieszami kombajnów. W każdym powtórzeniu układano bryły jednej frakcji.

Filmowano przepływ mieszaniny przez następujące zespoły rozdzielcze badanych kombajnów (rys. 3 i 4):

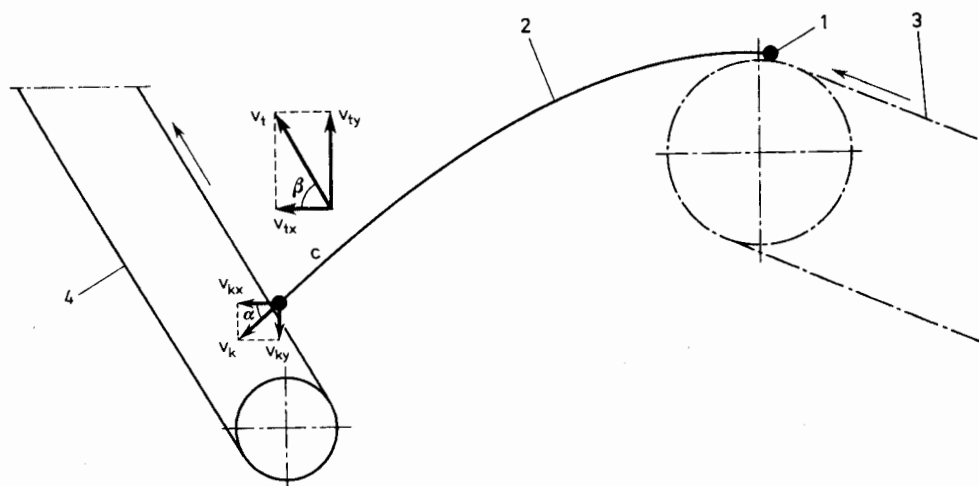
- dolne przenośniki prętowe,
- kaskadę stworzoną pomiędzy dolnym przenośnikiem a oddzielaczem porostu,
- separator szczotkowy,
- stół selekcyjny.



Rys. 3. Schemat przepływu mieszanki przez kombajn Z 644: 1 - przenośnik prętowy, 2 - odrzutnik, 3 - oddzielnik porostu, 4 - stoł selekcyjny, 5 - kamera Pentaflex AK 16



Rys. 4. Schemat przepływu mieszanki przez kombajn E 667/4: 1 - szczotka obrotowa separatora, 2 - oddzielnik porostu, 3 - drugi przenośnik prętowy, 4 - walce pneumatyczne, 5 - kamera Pentaflex AK 16



Rys. 5. Schemat kaskady przenośnika kombajnu: 1 - bryła, 2 - tor bryły, 3 - drugi przenośnik odsiewający, 4 - oddzielnik porostu

Określenie parametrów ruchu brył na kaskadzie dolnego przenośnika i oddzielnicy porostu pozwoliło na obliczenie energii kinetycznej bryły w chwili jej zetknięcia się z przenośnikiem oddzielnicy porostu. Ze zdjęć filmowych wyznaczono tor i wyliczono przeciętną prędkość v_k bryły spadającej w końcowym odcinku toru, którego długość wynosiła 0,1 m (rys. 5). Wyliczono również prędkości składowe pionowe i poziome, na podstawie których obliczono końcową prędkość efektywną bryły:

$$v_{ef} = \sqrt{v'_{kx}{}^2 + v'_{ky}{}^2} \quad [\text{m/s}],$$

gdzie:

v'_{kx} i v'_{ky} - prędkości bryły względem transportera,

przy czym

$$v'_{kx} = v_{kx} - v_{tx} \quad [\text{m/s}],$$

$$v'_{ky} = v_{ky} + v_{ty} \quad [\text{m/s}],$$

gdzie:

v_{kx} - prędkość składowa pozioma prędkości końcowej bryły,

v_{tx} - prędkość składowa pozioma prędkości transportera,

v_{ky} - prędkość składowa pionowa prędkości końcowej bryły,

v_{ty} - prędkość składowa pionowa prędkości transportera.

Energię brył obliczono ze wzoru:

$$E = \frac{m \cdot v_{ef}^2}{2} \quad [J].$$

Dane zawarte w tabeli 1, wskazują na dość znaczną energię brył dużych na kaskadach badanych kombajnów, co może mieć bezpośrednio wpływ na uszkodzanie ziemniaków.

Analiza ilościowa ruchu brył na kaskadach przenośników przedstawiona w tabeli 2 wykazuje, że rozdrobnienie na tych kaskadach jest w znacznej mierze przypadkowe.

T a b e l a 1

Parametry ruchu symulowanych brył ziemi spadających z głównego przenośnika kombajnu do zbioru ziemniaków

Typ kombajnu	Masa brył [kg]	v_{ef} [m/s]		E [J]	
		\bar{x}	$\sigma \bar{x}$	\bar{x}	$\sigma \bar{x}$
Z 644	0,033	3,584	0,0715	0,213	0,0082
	0,065	3,090	0,0401	0,312	0,0087
	0,173	3,144	0,0615	0,865	0,0324
Z 667/4	0,033	4,111	0,0980	0,282	0,0135
	0,065	4,149	0,1014	0,568	0,0270
	0,173	4,342	0,1705	1,762	0,0931

T a b e l a 2

Procentowa charakterystyka ruchu brył przy przejściu mieszaniny bulw i brył z drugiego przenośnika prętowego na oddzielacz porostu

Fracja brył [kg]	Procent liczbowy brył					
	kombajn Z 644			Kombajn E 667/4		
	spadających przed odrzutnikiem	przechodzących przez odrzutnik		bezsrednio spadających	uderzających o oddzielacz	nie uderzających o oddzielacz
		uderzających	nie uderzających			
0,033	24	52	24	5	75	20
0,065	13	55	32	22	56	22
0,173	17	58	25	29	46	25

T a b e l a 3

Czas efektywnej pracy separatora szczotkowego
w odniesieniu do bryły i bulwy

Składniki mieszaniny		Czas [s]	
Odrzucone	przechodzą- ce pod szczotką	\bar{x}	$\sigma \bar{x}$
Bryła	-	0,42	0,011
Bulwa	-	0,24	0,010
-	bryła	0,78	0,037

T a b e l a 4

Czas wciągania brył przez walce pneumatyczne
kombajnu Z 667/4

Fracje brył	Czas [s]	
	\bar{x}	$\sigma \bar{x}$
Małe	0,14	0,007
Średnie	0,27	0,010
Duże	0,53	0,013

Stosunkowo duży procent brył spadających z odsiewacza kombajnu Z 644 nie trafia na swojej drodze na żadną materialną przeszkodę, spadając bądź przed odrzutnikiem, bądź ponad nim. Również duży procent brył dużych na kaskadzie kombajnu E 667/4 bezpośrednio spada na przenośnik zasilający podnośnik bębnowy.

Tabela 3 przedstawia czas działania pierwszej szczotki separatora na odrzucone i przepuszczone składniki mieszaniny. Szczotkę podniesiono w stosunku do palcowej taśmy zasilającej na wysokość 0,03 m. Z analizy poklatkowej filmów również wynika, że pierwsza szczotka nie oddziela 80% brył, część mieszaniny w ogóle nie dochodzi do szczotki i jest spychana przez składniki odrzucone przez szczotkę wirującą. Zatem prawdopodobieństwo, że bryły, które w stanie nie rozdrobnionym doszły do końca drugiego przenośnika, wejdą na stół selekcyjny, jest stosunkowo duże.

Wyniki przedstawione w tabeli 4 charakteryzują czas wciągania symulowanych brył przez walce pneumatyczne w zależności od frakcji tych brył. Czas ten liczono od chwili dotknięcia walców przez bryłę do zniknięcia bryły z pola widzenia. Większe bryły mają tendencję do zatrzymywania się przed „gardzielą” walców i do blokowania przepływu masy, co powoduje spiętrzenie masy przed walcami. Interpretacja tej części doświadczenia jest utrudniona z powodu pominięcia czynnika kształtu bryły, a także prawdopodobnej równoczesności wciągania i rozdrabniania, nieuchwytej na bryłach symulowanych. Niemniej jednak w świetle zdjęć filmowych, nie ulega

wątpliwości, że jedną z przyczyn bardzo niepożądanego zapychania się pierwszego przenośnika jest obecność brył dużych w transportowanym materiale i ich „postój” przed walcami. W zakresie dwóch mniejszych frakcji występuje w przybliżeniu prosta proporcjonalność masy brył i czasu wchłaniania, które jednak dla większej frakcji zanika. Ma to zapewne związek ze stosunkiem średnicy walców i rozmiarów brył do wielkości szczeliny, która w doświadczeniu wynosiła 0,032 m.

T a b e l a 5

Liczba zanieczyszczeń wybranych na stołach selekcyjnych kombajnów w czasie zbioru

Kombajn	Stanowiska sortowaczy								
	1		2		3				
	szt/400 klatek		szt/min		szt/400 klatek		szt/min		
	\bar{x}	$\sigma \bar{x}$	\bar{x}	$\sigma \bar{x}$	\bar{x}	$\sigma \bar{x}$	\bar{x}	$\sigma \bar{x}$	
Z 644	18,3	0,427	87,8	18,2	0,468	87,4	13,8	0,615	66,2
Z 667/4	-	-	-	16,3	0,524	78,2	20,1	0,437	96,6

T a b e l a 6

Liczba brył na odcinku o długości 0,9 m stołu selekcyjnego kombajnu E 667/4

Strona stołu	sztuki		%
	\bar{x}	$\sigma \bar{x}$	
Lewa	39,1	1,033	34
Prawa	61,8	2,087	66

Filmując przepływ mieszaniny przez stół selekcyjny zmierzono rzeczywistą wydajność sortowaczy w warunkach polowych, jak również określono równomierność obciążenia taśm dwudzielnego stołu selekcyjnego kombajnu E 667/4.

W analizie pokłatkowej taśmy filmowej odcinki liczące po 400 klatek potraktowano jako powtórzenia. Z wyników analizy zestawionych w tabeli 5 należy wnioskować, że wydajność zespołu sortowaczy w czasie badań była obniżona do 60-80% normalnej wydajności [5]. Przy szeregowym ustawieniu pracowników przy stole selekcyjnym kombajnu Z 644 wydajność drugiego z kolei sortowacza spadła o 25% w porównaniu z wydajnością pracownika stojącego na początku stołu. Należy zaznaczyć, że natężenie przepływu zanieczyszczeń przez stół selekcyjny było duże i wynosiło około 1000 szt./min.

W czasie zbioru ziemniaków kombajnem E 667/4 odległość pierwszej szczotki oddzielającej od taśmy palczastej wynosiła 0,03 m, a szczotki drugiej 0,01 m. Pierwsza szczotka zgarniała większe bulwy i bryły na prawą taśmę selekcyjną, podczas gdy mniejsze bulwy i bryły były zmiatane przez drugą szczotkę do kanału lewej taśmy selekcyjnej. Wskutek tego wystąpiła nierównomierność rozdziału mieszanki na obie strony pod względem zarówno ilościowym, jak i jakościowym.

Z 20 kadrów filmu naświetlonego w czasie przepływu mieszanki przez stół selekcyjny, traktowanych jako powtórzenia, określono liczbę składników mieszanki na obu taśmach selekcyjnych (tab. 6). Stwierdzono, że około 40% szt. mieszanki znajdowało się na lewej taśmie selekcyjnej. Należy zwrócić uwagę na to, że taśma ta jest szersza, a składniki mieszanki drobniejsze. Czynnikiem ten spowodował prawdopodobnie spadek wydajności sortowacza o około 20% w stosunku do pracownika uzupełniającego separację z drugiej strony stołu.

4. Wnioski

1. Kamera do zdjęć szybkich pozwala na zidentyfikowanie, a w niektórych wypadkach ilościowe opisanie właściwości ruchu brył w zespołach rozdzielczych kombajnu E 667/4 i Z 644.

2. Filmowe pomiary prędkości ruchu brył wykazały przydatność specjalnie przygotowanych fragmentów cegły do symulowania brył ziemi.

3. Szeregowy sposób ustawienia pracowników przy stole selekcyjnym, jak również parametry regulacyjne szczotek separatora mechanicznego miały wpływ na wydajność zespołu sortowaczy.

4. Wyniki badań filmowych mogą być pomocne w optymalizacji zaleceń dotyczących regulacji mechanizmów rozdzielczych kombajnów do zbioru ziemniaków.

Literatura

1. Břečka J.: Vliv mačkacích válečků na prosévání píedy a poškození brambor. Zemědělská Technika 16, 159-170, 1970.
2. Budyn P.: Wpływ technologii uprawy międzyrzędowej na obciążenie ręczno-mechanicznych urządzeń separacyjnych kombajnów do zbioru ziemniaków. Praca doktorska AR, Kraków 1985.
3. Kalina J.: Vyhodnocování filmu z rychlostí kamery použité řešení kinematiky mechanismu a procesu na zemědělských strojích. Zemědělská Technika 9, 162-173, 1966.
4. Karwowski T.: Teoria i konstrukcje maszyn rolniczych. t. 2 cz. II. PWRiL, Warszawa 1982.
5. Zalewski P.: Metody ergonomicznej oceny maszyn rolniczych obsługiwanych ruchem powtarzalnym. Roczn. Nauk Rol. ser. D, t. 152, 1974.

П. Будын, П. Залевски

ИЗМЕРЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛ ПЕРЕХОДЯЩИХ ЧЕРЕЗ
РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ МЕХАНИЗМЫ КАРТОФЕЛЕУБОРОЧНОГО КОМБАЙНА

Р е з ю м е

Определяли параметры движения тел находящихся в массе борозды, переходящих через распределительные механизмы картофелеуборочных комбайнов. В исследованиях применяли метод киносъемок и симулированные тела вводимые искусственно в борозду. Объектами исследований были однорядный комбайн типа З 644 и двухрядный комбайн типа Э 665/4.

Установлено несколько характерных пороков в распределительных механизмах комбайнов и их влияние на производительность работников обслуживающих селекционный стол.

P. Budyn, P. Zalewski

MEASUREMENTS OF MOVEMENT PARAMETERS OF SOLIDS PASSING
THROUGH THE DISTRIBUTION SETS OF THE POTATO COMBINE HARVESTER

S u m m a r y

The movement parameters of solids to be found in the ridge mass and passing through distribution sets of the potato combine harvester have been estimated. Film methods and simulated solids introduced artificially into the ridge have been applied. The investigations comprised two combine harvester types: single-row one of the Z-644 type and double-row one of the E 667/4 type.

Several characteristic defects of the distribution sets of the combine harvesters and their effect on the productivity of workers attending the selection table have been found.