

JÓZEF GROCHOWICZ

*Katedra Mechanizacji Rolnictwa WSR — Lublin*

## ANALIZA PRZYDATNOŚCI I WYKORZYSTANIA NIEKTÓRYCH CECH NASION W PROCESACH ROZDZIELCZYCH

### 1. Wprowadzenie

W szeregu procesów produkcyjnych istnieje konieczność rozdzielania lub przetwarzania ciał sypkich, w tym mieszanin ziarnistych. Z rozdzielaniem tego rodzaju spotykamy się przy zagadnieniu wzbogacania rud i kopalni, w hutnictwie, technice budowlanej i transportowej. Podobnie w dziedzinie rolniczej sortuje się olbrzymie ilości nasion. Do tej grupy zagadnień należy również zaliczyć sortowanie owoców oraz oddzielanie ziemniaków od grudek ziemi i kamieni.

O randze tego problemu w dziedzinie rolniczej może świadczyć fakt, że corocznie zachodzi konieczność czyszczenia i sortowania około 14 500 tys. ton samych tylko nasion czterech podstawowych zbóż (14). Jeżeli dodamy do tego nasiona roślin motylkowych, oleistych, strączkowych, gryki, prosa, warzyw, a także ilość sortowanych ziemniaków i owoców, to uzyskamy właściwy obraz masy przetwarzanej przez różnego typu urządzenia rozdzielające. Przy tym pamiętać należy, że niektóre gatunki nasion (np. zboża) często czyszczone są dwukrotnie: pierwszy raz w kombajnie lub młocarni, drugi raz w maszynach czyszczących.

W przemyśle zagadnienia te są szczegółowo badane znacznie dawniej niż w rolnictwie. Z tej przyczyny, tam należy szukać analogii i możliwości przystosowania niektórych rozwiązań konstrukcyjnych dla celów czyszczenia i sortowania nasion.

Podkreślić należy, że w dziedzinie rolniczej procesy czyszczenia są o wiele bardziej skomplikowane niż w innych dziedzinach. Mamy tu przecież do czynienia z materiałem ziarnistym o charakterze biologicznym, który cechuje się olbrzymią zmiennością pod różnymi względami. Zmienność w obrębie jednego gatunku, a nawet odmiany, spowodowana jest dodatkowo czynnikami zewnętrznymi, jak klimat, zabiegi agrotechniczne, warunki ekologiczne itp., które również są bardzo zmienne. Uwzględniając fakt, że procesy rozdzielania obejmują kilkaset gatunków nasion (tj. nasion podstawowych i nasion chwastów), zrozumiemy występujące przy tym trudności.

Procesy rozdzielcze, tj. czyszczenie i sortowanie nasion, jak zresztą większość procesów w produkcji rolniczej, oparte są na własnościach fizycznych materiału obrabianego. Konieczna jest zatem znajomość fizycznych cech nasion, a już szczególnie tych, które mogą stanowić podstawę do ich rozdzielenia w odpowiednim urządzeniu. Ważne jest również poznanie prawidłowości w zachowywaniu się cząstek, zależnie od warunków wytwarzanych przez określony element rozdzielający.

Wzrost plonów i względy ekonomiczne zmuszają nas do intensyfikacji procesów rozdzielczych przez wprowadzanie coraz nowszych i doskonalszych metod, np. wibracyjnych, elektrostatycznych itp. Możliwość ich wprowadzenia jest jednak uzależniona od poznania szeregu nowych cech fizycznych nasion. Równocześnie nowe metody przynoszą ryzyko szkodliwego wpływu obróbki nasion na ich własności biologiczne.

Jak wiadomo, nawet najdoskonalsze, współcześnie stosowane metody nie zawsze pozwalają doprowadzić nasiona do wymaganej normy czystości, nie mówiąc już o całkowitym wyeliminowaniu nasion chwastów. Wymagają więc dalszego doskonalenia, a szczególnie dla tych gatunków nasion, których czyszczenie sprawia zawsze znaczną trudność, jest mało wydajne i kosztowne.

Szybki rozwój czyszczalnictwa, szczególnie w ostatnich latach, sprawił, że za granicą powstało szereg nowych urządzeń rozdzielających. Przy tym powstało szereg nowych terminów, które nie mają odpowiedników w języku polskim. Istnieje więc konieczność wprowadzenia nowych definicji i ujednoczenia niektórych pojęć.

Tematem niniejszej pracy jest analiza niektórych cech fizycznych pojedynczych cząstek i ich mieszaniny w ujęciu dotychczasowym, ocena ich przydatności do procesów rozdzielczych, a także propozycje nieco odmiennego ujęcia niektórych cech fizycznych nasion. Z tego powodu zawarte tutaj definicje i podziały należy potraktować dyskusyjnie.

Autor prowadzi badania nad możliwością wibracyjnego rozdzielania nasion (głównie koniczyny czerwonej) w oparciu o jedną z cech mechanicznych oraz nad wpływem czynnika udarowego na zmianę własności biologicznych nasion.

## *2. Własności fizyczne i cechy rozdzielcze nasion*

Własności nasion można rozpatrywać z różnego punktu widzenia. W procesach rozdzielczych jednakże interesować nas będą tylko niektóre spośród nich, a więc:

- a) zewnętrzne (powierzchniowe);
- b) wewnętrzne (strukturalne);
- c) biologiczne, w zależności od cech zewnętrznych i od wpływu na nie obróbki mechanicznej.

Własności te muszą być uwzględniane przy projektowaniu maszyn mających kontakt z nasionami, zarówno do zbioru, jak i obróbki pozbiorowej (młocka, czyszczenie i sortowanie, transport, składowanie itp.).

Podstawą procesów rozdzielczych są różnice w niektórych własnościach fizycznych między nasionami poszczególnych gatunków. Rozdzielanie według własności biologicznych jest dotychczas niemożliwe i dlatego przy wydzielaniu materiału siewnego z mieszaniny korzystamy z dodatniej korelacji między „wielkością” lub „ciężarem” nasion i ich siłą kiełkowania.

Nie wszystkie własności fizyczne są dotychczas wykorzystywane do procesów rozdzielczych. Własności te (lub cechy) określane są w literaturze bardzo różnie, a mianowicie jako: 1) mechaniczne (7, 13), 2) specyficzne (7, 13), 3) fizyko-mechaniczne (5, 8), 4) fizyczne (3, 10).

Termin „własności mechaniczne” jest zbyt wąski, gdyż do cech umożliwiających rozdzielanie mieszanin zaliczyć należy kolor i cechy elektryczne, które nie są cechami mechanicznymi, chociaż należą do fizycznych. Natomiast pojęcie „specyficzne własności nasion” niczego nam bliżej nie określa. Każda cecha nasion (nie tylko fizyczna) może być uważana za specyficzną w określonym układzie odniesienia. Do cech specyficznych zalicza się tutaj własności powierzchni nasion oraz ich zachowanie się na powierzchniach drgających. Rodzaj powierzchni nasienia jest cechą gatunkową, a nawet odmianową, zresztą poznaną w niewielkim stopniu z punktu widzenia przydatności w procesach rozdzielczych. Zachowanie się nasion na powierzchniach drgających nie jest cechą, lecz wynikiem działania zespołu cech fizycznych, co zresztą wykorzystano jako jedną z metod rozdzielania nasion.

Z powyższych powodów, cechy fizyczne nasion, które różnicują między sobą poszczególne cząstki w mieszaninie i mogą być wykorzystane jako podstawa do procesów ich rozdzielania, nazywać będziemy cechami rozdzielczymi. Jak wynika z tej definicji, za cechę rozdzielczą możemy uważać gatunek lub odmianę nasion, jednakże nie są one dotychczas wykorzystane w procesach rozdzielania przy pomocy urządzeń mechanicznych.

Do cech rozdzielczych dotychczas zaliczane są następujące cechy spośród fizycznych:

- 1) wielkość (5, 17) określana trzema wymiarami; przy tym: grubość — wymiar najmniejszy, szerokość — wymiar średni, długość — wymiar największy;
- 2) kształt (5, 17);
- 3) współczynniki tarcia (12);
- 4) własności powierzchni (5, 17);
- 5) ciężar właściwy (5, 12);

6) własności aerodynamiczne (17), oraz niekiedy

7) sprężystość nasion (3, 5).

Do cech rozdzielczych należy również zaliczyć kolor nasion (3, 8) oraz własności elektryczne, które służą za podstawę rozdzielania nasion w polu elektrostatycznym (5), lub pod działaniem prądu wysokiej częstotliwości (1).

Niektóre wartości liczbowe cech rozdzielczych można ustalić drogą analizy pojedynczych nasion w warunkach wyizolowanych, tj. w laboratorium, po wydzieleniu średniej próby nasion z mieszaniny. Jednakże w procesach rozdzielczych mamy najczęściej do czynienia z ich mieszaninami w warunkach dynamicznych. Wynikają przy tym nowe zależności i zmiana wartości niektórych cech fizycznych, np. zmiana wartości współczynnika tarcia wewnętrznego na elemencie wibracyjnym.

Analizując szczegółowo stopień poznania poszczególnych cech rozdzielczych oraz ich przydatność do procesów rozdzielania, nasuwa się szereg wątpliwości:

1. W Polsce nie prowadzono szczegółowych badań nad cechami rozdzielczymi i dlatego w literaturze nie ma kompletnego ich zestawienia. Bardzo cenna w tym zakresie jest praca Kulpy (11), zawierająca dane odnośnie wymiarów najczęściej spotykanych u nas nasion chwastów i poza nią nie ma szerszych opracowań. Z konieczności więc opieramy się na literaturze obcej, głównie niemieckiej (por. 7, str. 26), co nie zawsze jest słuszne. Odmienne warunki klimatyczne wpływają bowiem na zmianę wartości cech rozdzielczych i zmianę składu gatunkowego mieszaniny nasion. Dla przykładu przytaczam zestawienie szerokości nasion pszenicy ozimej według różnych autorów z pomiarem własnym (tabela).

Autor	Szerokość nasion w mm		
	najmniejsza	średnia	największa
Dorywalski i in. (7)	3,2	—	3,9
Gładkow (8)	1,8	—	4,0
Lampeter (12)	2,5	3,5	4,5
Ruzicic (15)	1,6	2,9	4,7
Pomiar własny <sup>1</sup>	2,0	—	4,5

<sup>1</sup> Pomiar przeprowadzono na nasionach pszenicy, odmiany Wysokolitewka Sztynnostoma o wilgotności 12%, przy czym około 10% nasion miało szerokość przekraczającą 4,0 mm.

Dodać należy, że większość bardziej złożonych maszyn czyszczących pochodzi z importu, więc zalecenia zawarte w instrukcji fabrycznej mogą okazać się nieprzydatne w naszych warunkach.

2. Metodyka określania wartości poszczególnych cech jest bardzo różna, co utrudnia możliwość bezpośredniego porównywania wyników badań prowadzonych w różnych krajach.

3. Przy pomiarach wartości niektórych cech rozdzielczych nie uwzględnia się wpływu wilgotności nasion, chociaż jest on niewątpliwie istotny.

4. Nie uwzględnia się wpływu odmiany na zmianę niektórych cech rozdzielczych w obrębie jednego gatunku nasion, chociaż różnice między nimi są niekiedy bardzo wyraźne.

Przed bliższą analizą niektórych cech rozdzielczych warto wspomnieć o pewnych szczególnościach cech i procesów rozdzielczych, wynikających z ich zmienności. Otóż niektórzy spośród autorów, np. (12), podając graniczne wartości cech rozdzielczych (tj. największą i najmniejszą), podają również ich wartość średnią. Pojęcie średniej wartości cechy, chociaż ma zasadnicze znaczenie przy ustalaniu parametrów procesu rozdzielczego, jest pojęciem relatywnym. Wartość średnią każdej cechy należy zawsze określać przed rozpoczęciem procesu rozdzielania. Dla prawidłowego jednak ustalenia tego procesu niezbędna jest znajomość nie tylko wartości średniej, ale i zakresu odchyłeń danej cechy od jej wartości średniej, a także granic przedziału liczbowego, w którym mieści się większość lub nawet cała ilość nasion materiału podstawowego. Zależnie bowiem od ilości i jakości zanieczyszczeń zawartych w materiale wejściowym (tj. przed czyszczeniem), uzyskanie czystego materiału podstawowego zawsze wiąże się z różnymi stratami nasion wartościowych.

Dotychczas doczyszczanie nasion do wymaganej normy czystości prowadzi się najczęściej drogą kilkakrotnego ich obrabiania na tej samej maszynie, przy raz ustalonych parametrach jej pracy. Metoda taka zawsze prowadzi do znacznego zwiększenia strat i niestety nie zawsze pozwala wyeliminować niepożądane nasiona chwastów.

Wśród dotychczasowych metod obliczeń, stosowanych przy ocenie przebiegu procesów rozdzielczych, nie ma metody na określenie z góry wielkości strat nasion wartościowych, jakie spowoduje użycie tylko jednego elementu rozdzielającego (np. tryjera), nie mówiąc już o całym procesie, w którym często stosuje się takich elementów znacznie więcej.

Wielkość strat nasion materiału podstawowego w procesie rozdzielczym i rozbieżności między ustaleniami laboratoryjnymi a procesem na skalę techniczną zależą (poza brakiem dokładnego rozeznania w wartości cech rozdzielczych) od szeregu innych, zmiennych czynników, które nadają tym procesom charakter stochastyczny. Zatem, zarówno określenie przebiegu zmienności cech, jak i procesów rozdzielczych, należy wartościować metodami statystyki matematycznej.

## 2.1. Analiza niektórych cech rozdzielczych nasion

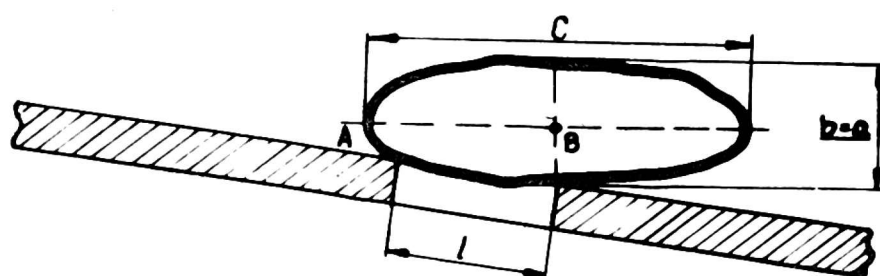
Zajmiemy się bliżej czterema cechami, a więc: wielkością nasion, kształtem, własnościami powierzchni i współczynnikami tarcia, pomijając metodykę ich określenia.

Wielkość nasion charakteryzowana jest tylko trzema wymiarami, przy czym grubość ( $a$ ) jest wymiarem najmniejszym, szerokość ( $b$ ) — wymiarem średnim, a długość ( $c$ ) — wymiarem największym. Szerokość i grubość określane są zazwyczaj z największego przekroju poprzecznego nasienia. Wielkość nasion jest też niekiedy określana średnim ciężarem pojedynczego nasienia, lub ciężarem 1000 nasion, ale są to cechy stosowane w ocenie jakościowej. Wymiary nasion są cechą odmianową i dla każdej odmiany istotny jest stosunek  $c : b : a$ , który jest zachowany niezależnie od zmiany warunków klimatycznych i glebowych.

Rozdzielanie nasion według wymiarów prowadzi się na sitach i powierzchniach z wgłębieniami (tryjerach). Według dotychczasowych definicji, sita o otworach okrągłych rozdzielają nasiona wyłącznie według ich szerokości, sita o otworach podłużnych rozdzielają na podstawie różnic w grubości, tryjer zaś rozdziela nasiona tylko według różnic w ich długości. Wynikałoby z tego, że do właściwego ustawienia parametrów elementu rozdzielającego wystarczy nam znajomość tylko jednej, odpowiadającej mu cechy rozdzielczej.

Zajmijmy się nieco bliżej tym zagadnieniem. Wiadomo, że warunkiem przejścia nasienia przez otwór okrągły jest prostopadłe ustawienie najdłuższej jego osi do powierzchni sita. Jeżeli szerokość nasienia jest bardzo zbliżona do jego długości, to proces przesiewania zachodzi dość łatwo; jeżeli jednak ta różnica jest znaczna, to nasienie musi mieć takie warunki dynamiczne, które pozwolą mu na pionowe ustawienie się do płaszczyzny tego sita. Zatem na sitach o otworach okrągłych należy uwzględnić długość nasion, gdyż właśnie ona decyduje o wyborze kinematycznych parametrów sita, a szczególnie o kierunku działania drgań, który zapewni ruch materiału ziarnistego z podrzutem.

Przy analizie przesiewania niesposób pominąć wpływu położenia środka ciężkości nasienia oraz zależności między jego długością i szerokością, jako stosunku  $b : c$ . Jako dowód podaję przykład (rys. 1). Załóżmy, że nasienie znajdujące się na sicie (którego warunki kinematyczne nie zapewniają ruchu nasienia z podrzutem) ma długość znacznie przekraczającą jego szerokość, np.  $b : c < 0,5$ , przy czym jego środek ciężkości leży na połowie wymiaru  $c$ . Załóżmy dalej, że średnica sita  $l$  ma wartość minimalnie większą od  $b$ , co pozwala przyjąć, że  $l = b$ . Jeżeli nasienie znajdzie się na krawędzi otworu, to jego obrót wokół krawędzi, a więc i przejście przez otwór jest wówczas teoretycznie niemożliwe. Przypadek,

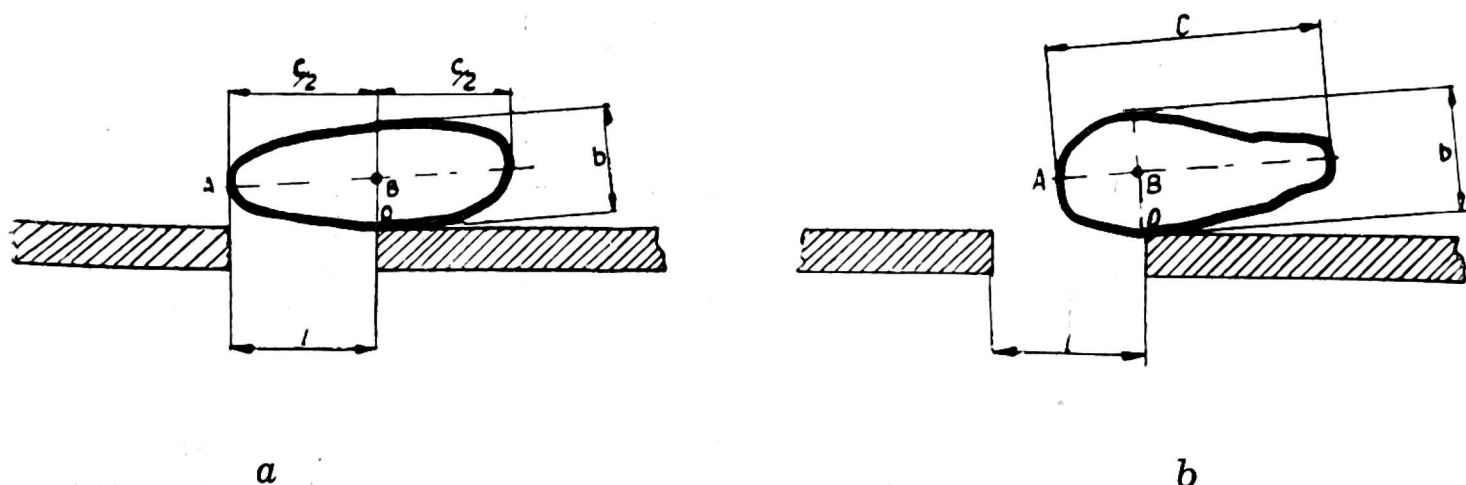

 Rys. 1.  $AB > l$ ;  $l \cong b$ 

gdy  $b : c = 0,5$  jest tutaj przypadkiem granicznym (rys. 2a). Jeżeli jednak nasienie o identycznej zależności między  $b$  i  $c$ , lecz mając środek ciężkości w każdym innym punkcie znajdzie się na krawędzi otworu sita, to będzie miało spełniony niezbędny warunek do przejścia przez ten otwór (rys. 2b).

Schemat ten jest uproszczony, gdyż w warunkach dynamicznych mamy szereg czynników dodatkowych, z których jedne ułatwiają proces przesiewania (np. odpowiednio dobrane parametry ruchu sita), inne zaś wpływają ujemnie (warstwa nasion różnej grubości, pewna grubość samego sita itp.).

Zagadnienie przesiewalności i wyboru parametrów procesu przesiewania nasion na sitach o otworach okrągłych jest już dość szczegółowo rozpatrzone w szeregu prac (np. 6, 16). Jak wynika z niektórych prac, dla przesiewania nasion zbóż najkorzystniejsze są następujące parametry: kierunek działania drgań  $55^\circ$ , nachylenie sita  $0-8^\circ$ , amplituda drgań  $10-15$  mm, częstotliwość od 230 do 320 obr./min. Parametry te nie dotyczą oczywiście sit wibracyjnych.

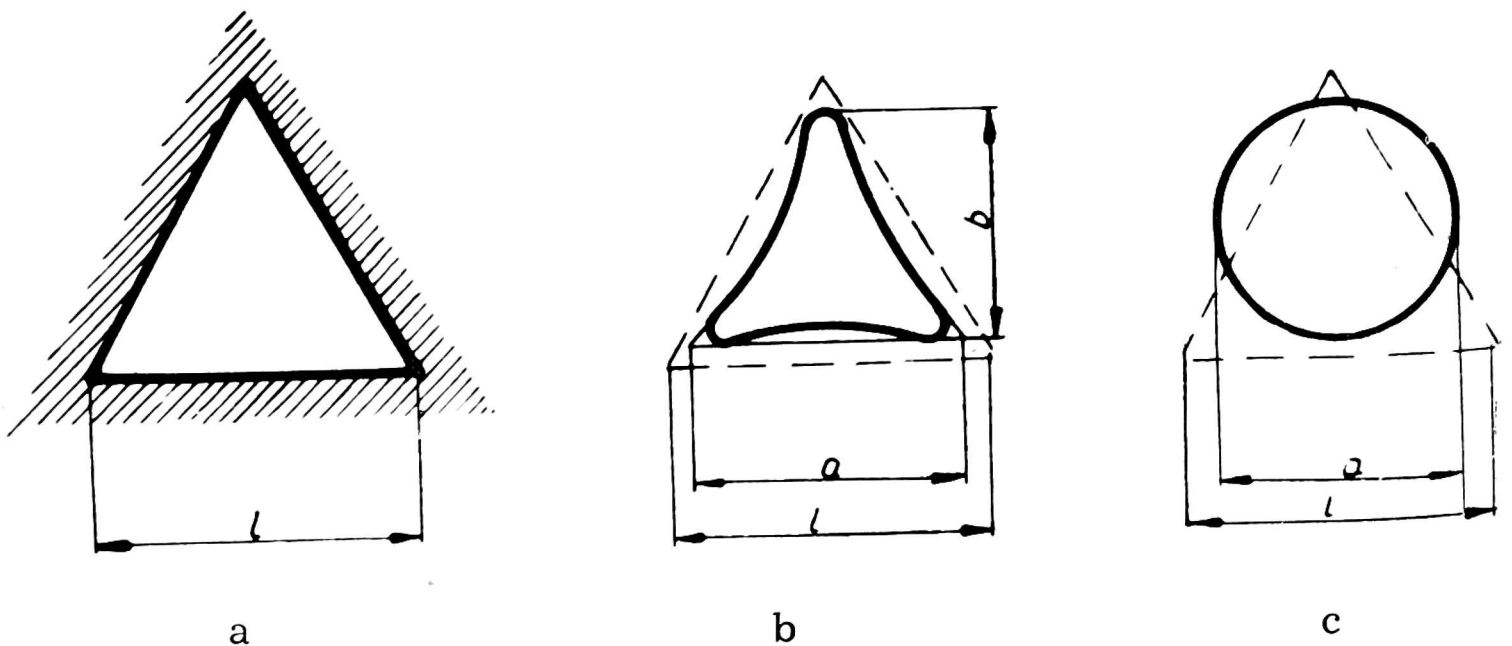
Przy analizie ruchu nasienia na powierzchni nachylonej (a więc nie tylko na sitach) istotny jest sposób jego poruszania się, tzn. czy nasienie obraca się wokół swojego środka ciężkości, czy wykonuje tylko ruch z poślizgiem. Wymagałoby to dodatkowego określenia dla poszczególnych


 Rys. 2. a)  $AB = \frac{c}{2} \cong l$ ; b)  $AB < \frac{c}{2}$

nasion charakteru ich ruchu, zależnie od wymiarów, rozmieszczenia środka ciężkości, kształtu, rodzaju powierzchni, współczynników tarcia itp.

Zdaniem wszystkich autorów, cechą rozdzielczą nasion w tryjerze jest wyłącznie ich długość. Wydaje się, że to określenie nie jest całkowicie zgodne z prawdą. W tryjerze istotną rolę będzie odgrywać położenie środka ciężkości, który decyduje o momencie wypadania nasion z wgłębień. Przy tym u nasion ościstych należy uwzględniać długość ości, ponieważ może ona wpływać na moment wypadania nasion z wgłębień. Przy badaniu procesów zachodzących wewnątrz cylindra tryjera należy również uwzględniać szereg czynników dodatkowych, choćby tzw. kąt naturalnego usypu, który jest w zasadzie współczynnikiem tarcia wewnętrznego, a zależy, między innymi, od rodzaju powierzchni nasienia.

Jak wynika z powyższych uwag, do właściwego ustalenia parametrów procesu rozdzielczego konieczne jest rozpatrzenie współzależności szeregu cech oraz uzyskanie szeregu nowych, nie określanych dotąd informacji. Wynika stąd jasno, że dotychczasowy sposób ujmowania cech rozdzielczych nie jest najlepszy, co można jeszcze potwierdzić następującym przykładem. W procesach rozdzielczych stosuje się niekiedy sита o otworach trójkątnych. Ułatwiają one znacznie rozdzielanie, m. in. nasion gryki i zanieczyszczeń uciążliwych (łopucha, tataraka itp.). Sita takie u nas niestety nie są stosowane, chociaż czyszczenie nasion gryki sprawia olbrzymie trudności. Tutaj nie wystarczy już nam znajomość nawet trzech wymiarów, ponieważ sito takie może rozdzielić dwa nasiona o wymiarach identycznych (rys. 3). Okazuje się zatem, że sита nie rozdzielają nasion tylko według dwóch wymiarów (tj. grubości lub szerokości). Jako pojęcie uzupełniające podaje się tutaj „kształt” nasion.



Rys. 3. a) trójkątny otwór w sicie; b) nasienie o przekroju trójkątnym w otworze sita; c) nasienie okrągłe o identycznych wymiarach jak nasienie trójgraniaste — na tle otworu sita



Kształt nasion jest pojęciem oderwanym, więc rozpatrywanie go niezależnie od wzajemnej proporcji wymiarów jest absurdem. Jednakże trzema wymiarami można określić tylko kształt regularnej bryły geometrycznej, a jak wiadomo, nasiona wykazują tak wielką różnorodność pod tym względem, że poza kulistymi, trudno jest przyrównać je do znanych brył.

W dziedzinie nasiennictwa podział nasion według kształtu jest tak bardzo różny, że przydatność tych prac dla celów czyszczenia jest prawie żadna. Dla celów czyszczenia podaje się podział znacznie uproszczony, wyodrębniając tylko kilka (5—6) grup ogólnych, różnie przez każdego autora nazywanych. Rużičič (15) np. wyodrębnia tylko trzy grupy nasion, a mianowicie:

- okrągłe ( $a \simeq b \simeq c$ ), typu wyki i gorzycy,
- owalne, gdzie różnica między  $a$ ,  $b$  i  $c$  jest niewielka, np. żyto i pszenica,
- wydłużone, gdzie  $c$  znacznie przekracza  $a$  i  $b$ , np. owies.

Taki sposób określenia kształtu jest niezbyt ścisły, ponieważ wcale stąd nie wynika, gdzie leży granica, np. między nasionami o kształcie owalnym i wydłużonym. Przy tym podział ten pomija dość regularny kształt nasion gryki (trójgraniasty). Według powyższej klasyfikacji należałoby je zaliczyć do owalnych, z czym pogodzić się niesposób.

Niezależnie od tych rozbieżności, w czyszczeniu dość często spotykamy się z określeniami: nasiona „płaskie”, „krótkie”, „długie” itp., które należy definiować ściśle. Sytuacja taka sprawia, że niezbędne jest wprowadzenie i zdefiniowanie nowych zależności. Jednym ze wskaźników może być wspomniana już wielkość  $b : c$ , którą dalej będziemy nazywali współczynnikiem sferyczności, oznaczając go przez  $K_1$ . Można też wprowadzić pojęcie drugiego współczynnika sferyczności  $K_2 = a : c$ .

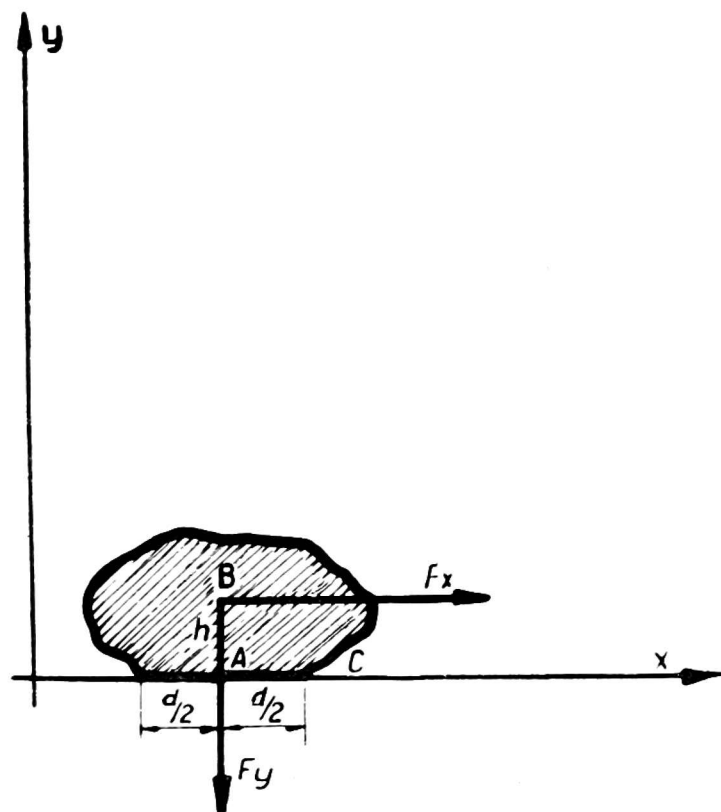
Bardzo często do analizy szeregu procesów wystarczy nam jeszcze bardziej uproszczony podział cząstek według kształtu od podanego wyżej, o czym wspomina Blechman (4), a więc na: 1) cząstki płaskie; 2) cząstki okrągłe. Zaliczenie cząstki do pierwszej lub drugiej grupy jest uwarunkowane jej geometrycznymi zależnościami (rys. 4).

Założmy, że na cząstkę mającą środek ciężkości w punkcie  $B$  działają siły, które rozkładają się na  $F_x$  (w kierunku dodatnim osi  $x$ ), oraz normalną  $F_y$ . Założmy dalej, że siły te mogą zmieniać się w czasie według dowolnej zasady. Wówczas ruch cząstki w kierunku działania siły  $F_x$  jest możliwy, gdy

$$F_x \geq f_s F_y$$

gdzie  $f_s$  — jest współczynnikiem tarcia statycznego oraz gdy

$$F_x \geq f_t F_y, \quad \text{gdzie } f_t = \frac{d}{2h}$$



Rys. 4.  $h$  — odległość środka ciężkości od płaszczyzny,  $d$  — odcinek, którym cząstka opiera się na płaszczyźnie

Forma ruchu, jaka się wytworzy, zależy wówczas tylko od stosunku wielkości  $f_s$  i geometrycznej zależności  $f_t$ . Zatem, jeżeli  $f_s < f_t$ , to cząstka będzie się tylko ślizgać, jeżeli natomiast  $f_s > f_t$ , to cząstka będzie się ciągle obracać wokół „krawędzi” C. Jeżeli teraz cząstka będzie miała choćby jedną ścianę taką, dla której warunek  $f_s < f_t$  będzie zachowany, to cząstka od chwili zetknięcia się tą ścianą z powierzchnią będzie się dalej tylko ślizgać. Cząstka taka nazywana jest płaską i jej ruch na płaszczyźnie drgającej (w warunkach bez podrzutu) jest rozpatrywany jako ruch punktu materialnego. Cząstki, dla których warunek ten nie jest spełniony, nazywane są cząstkami okrągłymi i są traktowane jako ciało sztywne.

Wynika stąd jasno, że do takiej analizy potrzebna jest nam znajomość kilku wielkości, a głównie:

- 1) rozmieszczenia środka ciężkości, tj. wielkości  $h$  i  $d : 2$ ,
- 2) powierzchni nasienia stykającej się z powierzchnią elementu rozdzielającego.

Jak wynika z podanego wyżej podziału, może zdarzyć się, że spośród nasion tego samego gatunku, a nawet odmiany, jedne będziemy zaliczać do grupy cząstek płaskich, a inne do okrągłych. Chodzi mianowicie, o to, że w masie ziarnistej mamy zawsze część nasion niedorozwiniętych, uszkodzonych itp., które będą miały inną zależność między  $d$  i  $h$  niż nasiona zdrowe, zachowujące się na płaszczyźnie jak cząstki okrągłe. Podział ten jest zatem niezależny od gatunku badanych nasion.

W chwili obecnej są już skonstruowane urządzenia rozdzielające, które potwierdzają słuszność takiego podziału cząstek. Jak wynika z teoretycznej analizy ruchu cząstek na elementach wibracyjnych, istnieje możliwość wykorzystania wygiętej łukowato powierzchni (o zmiennym promieniu krzywizny) do rozdzielania cząstek płaskich i okrągłych. Parametry ruchu powierzchni należy tak dobrać, aby zapewniały ruch cząstek „w górę”, tj. w kierunku przeciwnym do nachylenia drgającej powierzchni. Cząstki okrągłe, których ruch w górę ograniczony jest zależnościami geometrycznymi, staczą się na dół, podczas gdy cząstki płaskie wynoszone są wyżej i wypadają poza drgającą powierzchnię. Na takiej powierzchni można również rozdzielić dwie cząstki płaskie, pod warunkiem, że różnią się one wartością współczynników tarcia.

W innym urządzeniu elementem rozdzielającym jest wymienna, nachylona do poziomu taca drgająca, powleczone matową, lepką emalią. Parametry ruchu tacy można tak dobrać, że wszystkie nasiona, które przylegają większą powierzchnią do emalii (począwszy od pewnej, wyznaczonej doświadczalnie wartości granicznej), są przez nią przytrzymywane, podczas gdy nasiona okrągłe i dorodne wypadają poza tę tacę.

Mimo pozorów, błędem byłoby twierdzenie, że elementy te rozdzielają nasiona tylko według różnic w ich kształcie. Tutaj istnieje konieczność uwzględniania szeregu czynników dodatkowych, jak rodzaju powierzchni nasienia, rodzaju powierzchni ciernej elementu rozdzielającego, niektórych zależności geometrycznych i współczynników tarcia. Przy analizie ruchu cząstek „z podrzutem” na powierzchni drgającej, potrzeba dodatkowo uwzględniać jeszcze inne wielkości, choćby np. wielkość powierzchni stykowej nasion między sobą.

Właściwości powierzchni nasion, które dalej będziemy nazywali teksturą powierzchni, interesują nas w czyszczałnictwie z kilku punktów widzenia. Zasadnicza jest tutaj wielkość, którą można określić mianem przyczepności właściwej. Wielkość tę należałoby określać drogą ważenia ilości przylgniętego proszku magnetycznego oraz trocin drzewnych do poszczególnych nasion w stanie suchym i po nawilgoceniu. Z tymi wielkościami wiąże się ściśle zagadnienie stopnia gładkości nasion oraz ich higroskopijność. Przy tym okazuje się, że niektóre gatunki nasion po zwilżeniu wodą stają się śluzowate, co zresztą wykorzystuje się jako cechę rozdzielczą. Należy tu jednak odnotować pewien interesujący fakt. Dotychczas uważa się, że np. nasiona babki lancetowatej są higroskopijne i śluzowate po zwilżeniu wodą, więc łatwo przyjmują proszek magnetyczny. Zatem wydzielenie ich z nasion koniczyny czerwonej nie powinno nastęrczać większych trudności. Jak się jednak okazuje, coraz częściej spotykamy wśród nich nasiona „twarde”, które nie chłoną wody, a więc i nie przyjmują proszków magnetycznych. Podobnie wygląda

sprawa z nasionami kianiaki. Jej powierzchnia, uważana dotychczas za siateczkowaną, jest coraz częściej gładka. Jest to wynikiem masowej niezamierzonej selekcji nasion chwastów w wyniku regularnego czyszczenia nasion na tych samych maszynach magnetycznych (9). Z tego powodu metoda magnetycznego rozdzielania nasion jest coraz mniej skuteczna. Podobna zresztą selekcja nasion zachodzi również przy czyszczeniu innymi metodami.

W nasiennictwie rodzaj powierzchni nasion charakteryzowany jest bardzo różnie. Wyodrębnia się np. nasiona siateczkowane, żeberkowane itp., co dla nas niestety nie ma większego znaczenia praktycznego.

**Współczynniki tarcia** należy zawsze rozpatrywać w powiązaniu z teksturą powierzchni, kształtem i wymiarami nasion przy różnej ich wilgotności. Wyróżniamy tu współczynniki: 1) tarcia zewnętrznego (toczenia lub poślizgu); 2) tarcia wewnętrznego (tj. między nasionami w warstwie).

**Współczynniki tarcia** należy zawsze rozpatrywać w po-  
namicznych i sprężystości nasion, której niestety nikt dotychczas nie uwzględni w rozważaniach teoretycznych.

Letoszniew (13) uważa, że siła tarcia między nasieniem i powierzchnią, na której ono się znajduje, jest cechą ilościową, która wskazuje na różnice w stanie powierzchni nasion. Jeżeli więc mamy określić możliwość rozdzielania dwu gatunków nasion według różnic w stanie ich powierzchni, to wystarczy sprawdzić na jakiegokolwiek powierzchni ciernej czy różnią się one współczynnikami tarcia. Przy tym materiał, z którego wykonana jest ta powierzchnia cierna, nie ma większego znaczenia. Wydaje się, że określenie skuteczności rozdzielania, a także i optymalnych parametrów procesu rozdzielczego, jest możliwe tylko wtedy, kiedy zarówno do ustaleń wartości współczynników tarcia, jak i w procesie praktycznym, będziemy używali identycznej powierzchni ciernej (np. gumowa taśma, płótno, aksamit itp.).

Tarcie zewnętrzne rozpatrywane jest również w dwóch innych aspektach, mianowicie jako statyczne i dynamiczne. Współczynnik tarcia statycznego określany jest na płaszczyźnie, której kąt nachylenia można zmieniać w zakresie od 0 do  $90^\circ$ . Płaszczyzną tarciovą jest najczęściej taśma wykonana z różnych materiałów, które są stosowane w urządzeniach rozdzielających typu tarciovego. Metoda ta nie jest jednak zbyt dokładna, gdyż nasiona najczęściej nie ślizgają się lecz obracają.

Wydaje się więc, że należy tu wprowadzić jeszcze pojęcie tzw. najmniejszego kąta staczania, którego wielkość będzie uwarunkowana zależnościami geometrycznymi danego nasienia.

W większości urządzeń typu tarciovego mamy do czynienia z przypadkiem podawania nasion na ruchomą powierzchnię cierną z pewną ich

prędkością początkową. Tarcie nasion jest wówczas tarcie dynamiczne. Współczynnik tarcia dynamicznego maleje w sposób istotny wraz ze wzrostem względnej prędkości w układzie nasienie — powierzchnia cierna. Spadek jest tym wyraźniejszy, im większą wartość miał dla danego nasienia współczynnik tarcia statycznego. Prowadzi to w efekcie do zmniejszenia różnic we współczynnikach tarcia dynamicznego między poszczególnymi gatunkami nasion. Nasuwa się stąd praktyczny wniosek, że proces rozdzielczy będzie bardziej skuteczny przy mniejszych prędkościach względnych nasion i powierzchni tarciovych.

Wielkość powierzchni nasienia stykającej się z powierzchnią tarciową wpływa na zmianę warunków tarcia. Dobrze byłoby więc określić tzw. powierzchnie kontaktowe: zewnętrzną (między nasieniem i powierzchnią cierną elementu rozdzielającego) i wewnętrzną — między nasionami, tym bardziej, że wielkości te mają istotne znaczenie w procesach rozdzielania wibracyjnego.

### *2.1.1. Proponowana klasyfikacja omawianych cech rozdzielczych*

Z powyższych uwag wynika, że dotychczasowy sposób ujmowania niektórych cech rozdzielczych jest mało dokładny ze względu na niewielką ilość uzyskiwanych informacji o geometrii nasienia i współzależnościach liczbowych między niektórymi cechami. Uniemożliwia to analizowanie ruchu cząstek na różnych powierzchniach rozdzielających.

Proponuję zatem potraktowanie omawianych cech jako jednego zespołu, który należy uzupełnić szeregiem nowych informacji. Cechy te zgrupujemy w dwa współzależne podzespoły, z których pierwszy nazwiemy zespołem cech geometrycznych, drugi natomiast — teksturą powierzchni.

Do zespołu cech geometrycznych zaliczymy: wymiary, kształt i współczynniki tarcia nasion, uzupełniając go informacjami, jak: 1) współczynniki sferyczności ( $K_1$  i  $K_2$ ); 2) rozmieszczenie środka ciężkości; 3) najmniejszy kąt staczenia; 4) wielkość powierzchni kontaktowej (zewnętrznej i wewnętrznej).

Do tego zespołu należy jeszcze zaliczyć wielkość powierzchni przekroju poprzecznego i podłużnego — jako współczynników przydatnych w aerodynamice nasion.

Teksturę powierzchni należy analizować pod kątem „stopnia gładkości”, charakteryzowanego kilkoma wielkościami, jak: 1) przyczepność różnych proszków; 2) higroskopijność; 3) śluzowatość. Do tego zespołu cech cenne byłoby wprowadzenie jeszcze jednej wielkości, którą można nazwać powierzchnią właściwą lub równoważną, wyliczaną ze wzoru:

$$P_r = \frac{P_n}{P_k}$$

gdzie:  $P_n$  — powierzchnia nasienia o określonej objętości;

$P_k$  — powierzchnia kuli o identycznej objętości.

Wielkość  $P_r$  dla każdego gatunku wahać się będzie w określonych przedziałach liczbowych. Można zatem uzyskać stąd informację o rodzaju powierzchni nasienia, a także o jego stopniu wypełnienia. Celowość wprowadzenia takiej cechy jest uzasadniona tym, że dotychczas istnieje obiektywna trudność w określeniu (bez kiełkowania) granicznej „wielkości” nasion, od której należy zaliczać je do dobrze wypełnionych, tj. mających wartość siewną. Dotychczas stosowane kryteria oceny według wielkości lub ciężaru nie są dokładne, gdyż zdarza się, że nasienie o dużych wymiarach jest źle wypełnione i nie kiełkuje.

Wielkość powierzchni równoważnej można spróbować określić jako zmianę ciężaru nasienia po zanurzeniu go w odpowiednim płynie, który nie wsiąkałby w nasienie a pokrył jego powierzchnię równomierną warstwą.

W dokonanym powyżej skrótowym przeglądzie niektórych cech rozdzielczych wspomniałem już o kilku urządzeniach rozdzielających. Każde urządzenie rozdzielające wytwarza inne warunki, w których nie zawsze odgrywa rolę tylko jedna cecha, lub jeden zespół cech nasion. Dla pełniejszego obrazu przydatności omówionych cech rozdzielczych i ich współzależności zatrzymamy się pokrótce nad ich wykorzystaniem w stosowanych dotychczas urządzeniach rozdzielających.

### 2.1.2. *Mechaniczne środki rozdzielania nasion oparte na zespole cech geometrycznych i teksturze powierzchni*

Urządzenia służące do rozdzielania nasion według zespołu cech geometrycznych i tekstury powierzchni można sklasyfikować następująco: 1) urządzenia sitowe — przesiewacze; 2) tryjery; 3) rozdzielacze tarciove; 4) rozdzielacze magnetyczne; 5) rozdzielacze oparte na różnicy w śluzowatości nasion.

Rozdzielanie nasion według szerokości prowadzi się na sitach o otworach okrągłych, przy czym nasiona powinny przesuwac się odpowiednio cienką warstwą, przy energicznych drganiach pionowych sita. Efekt końcowy procesu rozdzielczego, określaný tzw. współczynnikiem skuteczności rozdzielania, zależy tu od czasu przebywania nasion na sicie, dokładności wykonania otworów w sicie i wielkości różnic w szerokości rozdzielanych nasion. Uwzględniać przy tym należy długość nasion i rozmieszczenie ich środka ciężkości, aby można było ustalić optymalne parametry ruchu sita.

Rozdzielanie nasion według różnic w ich grubości odbywa się na sitach o otworach podłużnych. Sita te najczęściej są wykonane jako tłoczone lub plecione. Uważa się, że przesiewanie następuje tu niezależnie od długości i szerokości nasion. Wynikałoby stąd, że sita takie mogą mieć minimalną składową pionową ruchu, znacznie mniejszą niż sita o otworach okrągłych. Takie sformułowanie zbytnio jednak upraszcza wpływ składowych ruchu sita na przebieg procesu przesiewania. Zajmiemy się tym nieco bliżej.

W przypadku ruchu płaskiego (tj. w warunkach bez podrzutu) nasienie zawsze wywiera pewien nacisk na sito, co prowadzi do zatykania nasionami otworów sita. Przy tym nie mają one szansy wydostania się na powierzchnię sita, co pogarsza skuteczność procesu przesiewania.

Spostrzec również należy, że w przypadku drgań poprzecznych sita (prostopadłych do większej osi podłużnego otworu sita), przesiewanie przy pewnych parametrach jego ruchu może w ogóle nie zaistnieć. Zjawisko to wynika z różnic względnej prędkości nasion i sita. Dzieje się tak w przypadku, kiedy energia kinetyczna nasienia jest większa od pracy potrzebnej na wydzwignięcie go z otworu na pewną wysokość  $h$  (6):

$$\frac{mv^2}{2} \geq mgh$$

gdzie:  $m$  — masa nasienia;  $v$  — prędkość nasienia.

Jeżeli więc

$$v \geq \sqrt{2gh},$$

to przesiewanie nie zaistnieje. Zjawisko to jest również niekorzystne z punktu widzenia wydajności sita.

W procesach wibracyjnego przesiewania występuje jeszcze inne ciekawe zjawisko. Mianowicie przez odpowiedni dobór amplitudy i częstotliwości drgań sita możemy uzyskać efekt płynnego (pozornego) zmniejszenia szerokości jego otworów, co może być wykorzystane praktycznie.

Długość nasion i rozmieszczenie środka ciężkości odgrywają decydującą rolę przy rozdzielaniu ich na powierzchniach z wgłębieniami, zwanych tryjerami. Wgłębienia są wykonywane jako wiercone lub tłoczone. Przy tym bardzo istotne znaczenie ma kształt wgłębień i kąt nachylenia ich osi do stycznej w punkcie przecięcia osi otworu z zewnętrzną powierzchnią tryjera. Tryjery są dotychczas produkowane w kilku wersjach, jako: cylindryczne, tarczowe, taśmowe i skrzydełkowe (łopatkowe). Można je również podzielić na wolnoobrotowe, szybkoobrotowe oraz drgające (o drganiach podłużnych).

Przy rozdzielaniu nasion w rozdzielaczach typu tarcowego odgrywają rolę: kształt nasion, ich wymiary, współczynniki sferyczności, najmniejszy

kąt staczania, tekstura powierzchni i związane z nią współczynniki tarcia.

W jednym z nich, zwanym żmijką, nasiona o kształcie zbliżonym do kuli (o małej wartości najmniejszego kąta staczania i współczynnikach sferyczności bliskich do jedności) uzyskują znaczne przyspieszenia i wypadają poza krawędź rynny wewnętrznej. Nasiona, które zdefiniowaliśmy jako „płaskie”, poruszają się ze stałą prędkością w pobliżu pionowej osi spirali i poza tę rynnę nie wypadają.

Pozostałe rozdzielacze tarciove możemy podzielić następująco: 1) płótniarki taśmowe o różnych kierunkach ruchu taśmy; 2) płótniarki karuzelowe (tarczowe); 3) rozdzielacze szczelinowe; 4) rozdzielacze cylindryczne (z wykorzystaniem wewnętrznej powierzchni cylindra); 5) rozdzielacze bębnowe (z wykorzystaniem powierzchni zewnętrznej); 6) rozdzielacze kaskadowe.

Zdolność niektórych nasion do zatrzymywania na ich powierzchni różnych sproszkowanych preparatów o własnościach magnetycznych wykorzystano do rozdzielania przy użyciu maszyn magnetycznych. Maszyny te, konstruowane jako taśmowe lub bębnowe, przeznaczone są do rozdzielania nasion konicznej, lucerny, lnu i niektórych strączkowych od chwastów, które innymi metodami nie dają się rozdzielić.

Śluzowatość powierzchni nasion lnu po zwilżeniu wodą wykorzystana jest jako cecha rozdzielcza (2). Nasiona lnu zanieczyszczone okrągłymi nasionami chwastów podaje się na zwilżoną wodą ruchomą taśmę bez końca, która jest na pewnym odcinku osuszana przez nagrzewanie. Śluzowate nasiona lnu przyklejają się wówczas do taśmy i są dalej zdejmowane skrobakiem, podczas gdy nasiona innych gatunków nie przyklejają się do taśmy i są dalej wsysane przez aspirator.

Ten krótki przegląd nie wyczerpuje wszystkich aspektów wykorzystania powyższych cech nasion w skonstruowanych dotychczas urządzeniach rozdzielających. Jednakże pominięte tu urządzenia działają w oparciu o jeszcze inne cechy rozdzielcze, które wymagają oddzielnego omówienia. Przykładem może tu być choćby znana metoda czyszczenia nasion konicznej od babki lancetowatej drogą skrażania oklejonych trocinami drzewnymi nasion babki na przetaku, lub ich rozdzielania przy użyciu stołu pneumatycznego.

Jest zrozumiałe, że większość z powyższych rozważań dotyczy nasion drobnych (motylkowe, trawy), których czyszczenie jest bardzo trudne, a cena dość wysoka. Czyszczenie zbóż zwykle nie nastęcza większych trudności i ogranicza się tylko do zastosowania kombinacji sit, strumienia powietrza, tryjera i niekiedy żmijki.

W pracy celowo posługiwałem się terminem „nasienie” lub „cząstka”, pod którymi należy rozumieć zarówno ziarniaki, jak też nasiona i owoce



wszystkich gatunków roślin, chociaż nie zawsze jest to zgodne z terminologią botaniczną.

Na podstawie analizy stopnia poznania powyższego zespołu cech rozdzielczych nasion, stwierdza się wyraźne luki w naszej wiedzy szczególnie o teksturze ich powierzchni, czym należałoby się bliżej zainteresować. Wydaje się, że nawiązanie bliższej współpracy między pracownikami nasiennictwa i czyszczalnictwa byłoby w tym bardzo pomocne i przyniosłoby obopólne korzyści.

#### LITERATURA

1. Balkin W.: *Macch. e motori agric.*, nr 10, 1961.
2. Balkin W.: *Vorrichtung zum Reinigen von Saatgut*. Patent NRD. kl. 45e, 18/20, nr 24499, 2. I. 1963.
3. Batel W.: *Grundlagen der Landt.*, Heft 12, 1960.
4. Blechman I.: *Inżynieryjnyj sbornik*, t. XI, 1952.
5. Buszujew N.: *Siemieoczistitielnyje masziny*. Maszgiz. Moskwa—Swierdłowski, 1962.
6. Dietrych J.: *Teoria i budowa przesiewaczy*. Wydawnictwo Górniczo-Hutnicze. Katowice, 1962.
7. Dorywalski J. i inni: *Czyszczenie nasion*. PWRiL. Warszawa, 1963.
8. Gładkow N.: *Ziarnooczistitielnyje masziny*. Maszgiz. Moskwa 1961.
9. Grochowicz J.: *Nowe Rolnictwo*, nr 3, 1964.
10. Kozmina P.: *Ziarnowiedienije*. Zagotizdat. Moskwa, 1955.
11. Kulpa W.: *Owoce i nasiona chwastów*. PWN. Warszawa, 1958.
12. Lampeter W.: *Die Saatgutaufbereitung im besonderen für Futterpflanzen- sowie Möhren- und Leinsaatgut*. Deutscher Bauernverlag. Berlin, 1957.
13. Letoszniew M.: *Sielskochozjajstwiennyje masziny*. Sielchozgiz. Moskwa, 1955.
14. *Rocznik Statystyczny 1964*. GUS. Warszawa, 1965.
15. Rużičić N.: *Oczistka i sortirowanje ziarnowych kultur*. *Agri (Mech)* 13, ONZ. Genewa, 1959.
16. Terskow G.: *Rasczet ziernouborocznych maszin*. Maszgiz. Moskwa—Swierdłowski, 1961.
17. Turbin B. i inni: *Sielskochozjajstwiennyje masziny*. Maszgiz. Moskwa—Leningrad, 1963.