Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie
Wydział Inżynierii Produkcji i Energetyki
Instytut Eksploatacji Maszyn, Ergonomii i Procesów Produkcyjnych

Norbert Marks

Maszyny do czyszczenia i sortowania płodów rolnych

Kraków 2012

Recenzent: prof. dr hab. Andrzej Kwieciński (Lublin)

Wydano za zgodą Dziekana Wydziału Inżynierii Produkcji i Energetyki Uniwersytetu Rolniczego im. H. Kołłątaja w Krakowie

Spis treści

str.

1. Wprowadzenie i definicje do procesów 3

1.1. Fizyczne właściwości materiału ziarnistego 3

2. Czyszczenie materiału ziarnistego 9

2.1. Elementy i urządzenia rozdzielające 10

3. Czyszczalnie pneumatyczne 11

4. Przesiewacze płaskie 16

5. Przesiewacze obrotowe 24

6. Tryjery 28

6.1. Tryjery cylindryczne 28

6.2. Tryjery tarczowe 35

6.3. Tryjery szpilkowe 36

7. Czyszczalnie złożone 37

8. Separatory tarciowe 49

9. Czyszczalnie specjalistyczne 52

9.1 Czyszczalnie magnetyczne 52

9.2. Sortownik stołowy 56

9.3. Separatory fotoelektryczne 59

9.4 Separatory elektrostatyczne 62

1. Wprowadzenie i definicje do procesów

Czyszczenie jest to wydzielanie zbędnych lub szkodliwych domieszek (zanieczyszczeń) z materiału użytkowego (nasiona, ziemniaki, buraki, owoce).

Sortowanie jest to podział materiału użytkowego na grupy (klasy) o różnej wartości (przydatności) użytkowej. Np. podział uzyskanego plonu bulw ziemniaków na frakcję odpadową, sadzeniaki i konsumpcyjne, czy też jabłek na klasę extra, pierwszą i drugą. W zależności od wybranego parametru użytkowego możemy rozdzielać plon wszystkich gatunków roślin uprawnych.

Procesy czyszczenia i sortowania określamy pojęciem separacji, czyli rozdzielania składników mieszaniny. Separacja dotyczy materiałów o różnym stanie skupienia (fizycznym). Rozdziela się więc:

1. Fazę stałą od cieczy,
2. Fazę stałą od gazu,
3. Fazę stałą od fazy stałej, ale o innych cechach fizycznych.

Dla rozdzielenia fazy stałej od cieczy stosuje się sedymentację, flotację, hydrocyklony, wirówki, filtry, prasy, przesiewacze, mikro- lub ultrafiltrację.

Natomiast do rozdzielania fazy stałej od gazowej stosuje się urządzenia pneumatyczne jak: osadniki, cyklony, rzutniki, kolumny pneumatyczne, wialnie i młynki. Do tej grupy zaliczamy również oddzielanie pyłów od powietrza przez stosowanie cyklonów i filtrów.

Z kolei do rozdzielania fazy stałej od fazy stałej obejmujące mieszaniny o różnej granulacji, jak ziarno zbóż, nasiona innych gatunków roślin uprawnych, owoce, warzywa, ziemniaki i inne pochodne produkty zawierające frakcje o znacznym stopniu rozdrobnienia, stosuje się urządzenia lub maszyny wykorzystujące określoną cechę, własność lub właściwość mieszaniny.

1.1 Fizyczne właściwości materiału ziarnistego

Znajomość tych właściwości wykorzystywana jest w procesach rozdzielczych obejmujących czyszczenie i sortowanie materiałów oraz w wielu procesach wstępnych i podstawowych w przemyśle rolno-spożywczym. Właściwości te wykorzystuje się w procesach mechanicznych, cieplnych i przenoszenia masy a więc we wszystkich procesach technologicznych związanych z przetwórstwem materiałów i surowców pochodzenia rolniczego/materiały biologiczne/. Są to: właściwości aerodynamiczne, właściwości/cechy/ geometryczne, właściwości/charakterystyki/ masowe, tarcie, właściwości/cechy/ powierzchniowe, sprężystość i inne cechy wytrzymałościowe, właściwości elektryczne, właściwości optyczne i właściwości hydrodynamiczne.

A. Właściwości aerodynamiczne- opisują zachowanie się materiału ziarnistego w pionowym, ukośnym i poziomym strumieniu powietrza. Scharakteryzowane są zwykle trzema wskaźnikami to jest prędkością krytyczną, współczynnikiem oporu i współczynnikiem lotności.
   Prędkość krytyczna jest to taka prędkość pionowego strumienia powietrza ,która zapewnia uzyskanie stanu równowagi pomiędzy ciężarem cząstki a siłą podmuchu

strumienia powietrza, czego efektem jest utrzymywanie cząstki w stanie zawieszonym. Na wartość tej cechy mają wpływ; kształt cząstki, zależność pomiędzy ciężarem a powierzchnią przekroju poprzecznego cząstki oraz jej tekstura decydująca o tarciu w strumieniu powietrza. Innymi słowy cząstka znajdująca się w strumieniu powietrza/gazu/ podlega działaniu siły ciężkości oraz ciśnieniu wywieranemu przez powietrze/gaz/ na jej powierzchnię. W stanie równowagi tych sił cząstka jest zawieszona w powietrzu, a prędkość powietrza/gazu/, przy której taki stan występuje nazywa się prędkością krytyczną lub prędkością unoszenia. Prędkość krytyczną cząstki kulistej można wyliczyć z następującego wzoru:

$$u = \sqrt{\frac{4d\rho_s g}{3\lambda\rho_g}}$$

gdzie: d – średnica kuli, m; ρ_s - gęstość materiału, kg/m^3; ρ_g - gęstość powietrza, kg/m^3, λ - współczynnik oporu środowiska, g – ciężar cząstki.

Lotność jest to zdolność cząstki do stawiania oporu strumieniowi powietrza. Opisuje ją współczynnik lotności obliczony wzorem:

$$k_0 = \lambda A \frac{\rho_g}{12m}$$

gdzie: A- powierzchnia cząstki, m ; m – masa cząstki, kg.

Cechy te wykorzystuje się w klasyfikacji pneumatycznej.

Współczynnik oporu/CD/ - jest to bezwymiarowy współczynnik, zależny od kształtu, kątowej orientacji opadającej cząstki względem kierunku ruchu i liczby Reynoldsa/Re/. W szerokim zakresie liczb Reynoldsa współczynnik ten jest wartością stałą. Dla kuli wynosi około 0,45. Mniejsze współczynniki mają cząstki owalne/ jajowate/ ułożone osią długą równolegle do kierunku spadania a większe ułożone osią długą prostopadle do kierunku spadania.
Właściwości aerodynamiczne wykorzystuje się w maszynach czyszczących prostych i złożonych, klasyfikatorach pneumatycznych, mieszarkach i suszarkach pneumatycznych oraz w transporcie pneumatycznym.

B. Właściwości/cechy/ geometryczne
Są to cechy mierzalne cząstek będących bryłami mniej lub bardziej foremnymi do których zaliczono: długość jako wymiar największy, szerokość jako wymiar pośredni, grubość jako wymiar najmniejszy, objętość, powierzchnia zewnętrzna, sferyczność wyrażana stosunkiem długości do grubości oraz szerokości do grubości określające w pewnym stopniu również kształt nasion oraz stosunek objętości do powierzchni zewnętrznej. Dla brył nieforemnych stosuje się wymiary zastępcze jak średnica zastępcza, średnica Fereta, objętość zastępcza. Cechy te wykorzystuje się w maszynach czyszczących i sortujących dostosowując odpowiedni wymiar lub kształt do wymiaru lub kształtu oczek sita. Właściwości te mają również wpływ na właściwości aerodynamiczne nasion.

C. Charakterystyki/właściwości/ masowe

Są to charakterystyki określane dla próbek o dużej liczebności cząstek/nasion/ do których zaliczono gęstość czyli ciężar właściwy, gęstość usypową/usypną/, która określa masę objętościową luźno usypanego materiału w kg/m^3, gęstość pozorną/w stanie utrzęsionym/ wyrażoną w kg/m^3, masę 1000 nasion, porowatość którą określa się procentowo jako suma wolnych przestrzeni/porów/ pomiędzy cząstkami w danej objętości luźno usypanych cząstek/nasion/ w całości lub rozdrobnionych. Dla nasion zbóż wynosi ona od 30 – 80%. Właściwości te wykorzystano w procesach czyszczenia i sortowania materiałów sypkich, do oceny podatności materiału na zagęszczanie w transporcie i magazynowaniu oraz w procesach granulowania, brykietowania i ekstruzji, do projektowania pojemności magazynowych, w procesach mieszania i suszenia pneumatycznego, na wibracyjnych stołach sortujących.

D. Tarcie

Jest zjawiskiem fizycznym towarzyszącym przemieszczaniu się względem siebie dwóch ciał/tarcie zewnętrzne/ lub elementów tego samego ciała/tarcie wewnętrzne/ i powodujących rozpraszanie energii podczas ruchu. Tarcie zewnętrzne występuje na granicy dwóch ciał stałych a tarcie wewnętrzne przy przepływie płynów jak i deformacji ciał stałych. Siła tu występująca nazywana jest siłą tarcia.
Podział tarcia: tarcie zewnętrzne ślizgowe i toczne, statyczne i kinetyczne.
Siła tarcia dynamicznego równa się:

$$T_d=\mu \cdot N$$

Gdzie: μ- współczynnik tarcia zależny od rodzaju stykających się ciał,
N- siła nacisku prostopadła do powierzchni styku ciał.
Podobnie oblicza się siłę tarcia statycznego/spoczynkowego/.
Przedstawionego tu tarcia wewnętrznego nie należy utożsamiać z reologicznym tarciem wewnętrznym, które występuje wewnątrz pojedynczego obiektu/cząstka, ziarno/ poddanego działaniu siły zewnętrznej czyli wzajemnego przemieszczania się struktur odkształcanego lub niszczonego obiektu. Tarcie i jego współczynnik wykorzystano w takich maszynach jak: rozdzielacze kaskadowe, żmijka, płótniarka, rozdzielacz tarczowy, rozdzielacz cylindryczny, rozdzielacz bębnowy, rozdzielacze wibracyjno-tarciowe.

E. Cechy powierzchniowe/tekstura/

W sensie ogólnym oznaczają określoną cechę powierzchni obiektu lub wrażenie, które odczuwa się organoleptycznie. Mogą to również być charakterystyczne dla danego obiektu wzory lub ukształtowanie jego powierzchni. W praktycznym zastosowaniu używa się dwóch cech a mianowicie:
- higroskopijność i zdolność do wytwarzania śluzowej otoczki;
- chropowatość powierzchni, a w związku z tym zdolność do zatrzymywania na niej różnych sproszkowanych materiałów, którą można przedstawić przy pomocy współczynnika przyczepności cząstki danego materiału. Higroskopijność może być podstawową cechą np. rozdzielczą, częściej jednak wykorzystywana jest jako cecha uzupełniająca w procesie oklejania nasion proszkiem ferromagnetycznym i dalszej ich obróbce w polu magnetycznym. Najpierw jednak nasiona muszą zostać nawilgocone albo wodą albo olejem a potem wymieszane z proszkiem. Cechy te

wykorzystano w separatorach magnetycznych do rozdzielania mieszanin różniących się tylko tymi cechami/wszystkie inne cechy są podobne/.

F. Sprężystość materiałów

Jest to właściwość fizyczna opisująca zdolność materiału do powrotu do pierwotnego kształtu i pierwotnych wymiarów po zredukowaniu siły powodującej jego odkształcenie pod warunkiem że siła nie przekracza granicy sprężystości tego materiału. Teoretycznie materiały/ciała/ można podzielić na: absolutnie sprężyste, absolutnie plastyczne oraz elasto-plastyczne. Materiały biologiczne są materiałami w różnym stopniu elasto-plastycznymi oraz anizotropowymi pod względem różnych swoich właściwości. Właściwości sprężyste określa się zwykle modułem sprężystości, a w teorii zderzeń współczynnikiem restytucji prędkości, który można wyznaczyć eksperymentalnie z następującego wzoru:

$$R_v = \frac{V_2}{V_1}$$

gdzie: V_1- prędkość ciała w momencie zderzenia z nieruchomą płaszczyzną, m/s
V_2- prędkość ciała w momencie odbicia, m/s.
Dla ziarnistych materiałów biologicznych trudno jest określić moduł sprężystości, stąd przyjęto aby właściwości sprężyste takich materiałów charakteryzować współczynnikiem restytucji energii kinetycznej, określanym wzorem:

$$D = \frac{h_2}{h_1}$$

Gdzie: h_1 – wysokość spadku ciała,
h_2 – maksymalna wysokość odbicia.
Właściwość tą wykorzystano przy separacji nasion, ziemniaków, cebuli, owoców i jagód na stołach sortujących i separatorach młocarni.

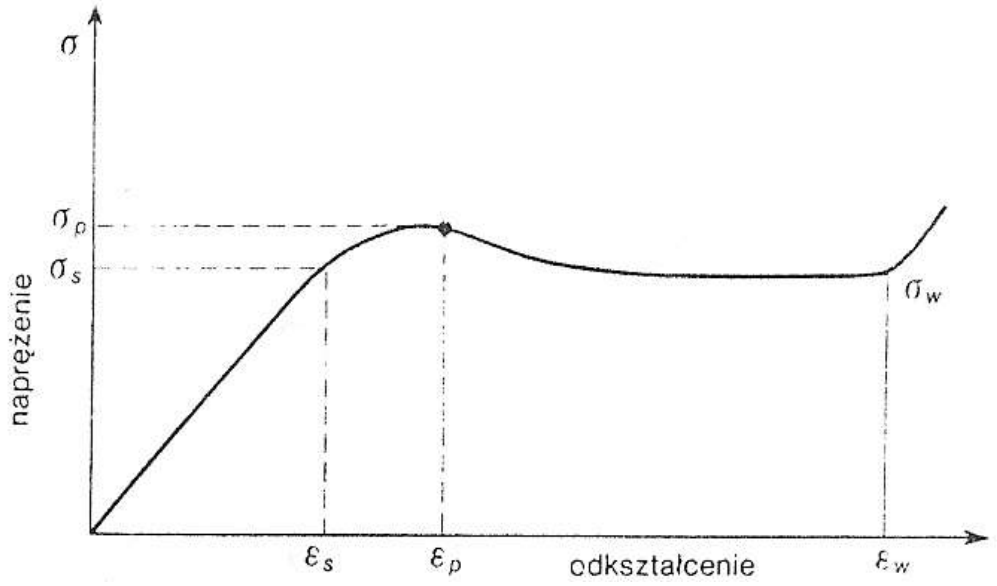
G. Właściwości elektryczne materiałów ziarnistych

Właściwości elektryczne opisują zachowanie się cząstek w polu elektrycznym wśród których można wyróżnić: przewodnictwo, przenikalność dielektryczną, zdolność do polaryzacji i przyjmowania lub oddawania ładunków. Właściwości te wykorzystano w separatorach elektrycznych.

H. Właściwości reologiczne

To grupa właściwości mechanicznych obejmująca lepkie płynięcie materiałów i związanych z nim pełzaniem oraz relaksacją. Lepkość ciał stałych objawia się sprężystością opóźnioną, polegającą na tym, że odkształcenie odpowiadające danemu naprężeniu nie występuje natychmiast w lepkim materiale sprężysto-plastycznym, lecz po upływie określonego czasu. Również przy odciążeniu odwracalne odkształcenie sprężyste nie znika natychmiast, lecz maleje stopniowo z upływem czasu. Zależności reologiczne przedstawia

poniższy wykres opisujący zależność odkształcenia od naprężenia przy prostym ściskaniu lub rozciąganiu próbki materiału biologicznego.



Ryc. 1. Zależność odkształcenia od naprężenia charakterystyczna dla materiału biologicznego /Byszewski, Haman 1977/

Opis wykresu:

a/ Granica sprężystości jest to największe naprężenie , po ustąpieniu którego ustąpi również odkształcenie. Odkształcenie jest tu liniową funkcją naprężenia,

b/ Granica płynności biologicznej jest to naprężenie, po przekroczeniu którego następuje dalsze odkształcenie bez wzrostu naprężenia, a nawet przy jego niewielkim zmniejszeniu. W materiałach biologicznych punkt ten odpowiada początkowi procesu niszczenia komórek,

c/ Granica wytrzymałości biologicznej to wartość przy której następuje rozerwanie /zniszczenie/ próbki. Odpowiada to np. pęknięciu ziarna, przebiciu skórki lub okrywy owocowej. Następuje tu zniszczenie makrostruktury, które może wystąpić natychmiast po przekroczeniu tej granicy lub przy stałym naprężeniu po dłuższym czasie płynięcia materiału.

Inne pojęcia tu występujące to:

a/ Plastyczność materiałów- objawia się po przekroczeniu granicy sprężystości i oznacza odkształcenie trwałe/nieodwracalne/. Próbka w takim przypadku nie powróci do pierwotnego kształtu i wymiarów.

b/ Relaksacja materiału to redukowanie naprężeń, które powstały w materiale w czasie jego odkształcania na które składają się relaksacja natychmiastowa/sprężysta/, a następnie

płynięcie materiału. Po dostatecznie długim czasie materiał przestaje relaksować, a niezrelaksowana część odkształcenia wyznacza odkształcenie trwałe.

c/ Pełzanie to zjawisko polegające na powolnym wzroście odkształcenia materiału poddanego stałemu naprężeniu. Krzywa pełzania składa się z odkształcenia natychmiastowego/sprężystego/ a następnie obserwuje się odkształcenie plastyczne i lepkie.

d/ Odkształcenie sprężyste polega na tym, że po odciążeniu materiał wraca do pierwotnych wymiarów i kształtu. Przy obciążeniu liniowym mamy tu do czynienia z odkształceniem względnym liniowym, odkształceniem względnym poprzecznym i odkształceniem względnym objętościowym.

e/ Odkształcenie plastyczne polega na zniszczeniu i przemieszczaniu się względem siebie cząsteczek, grup cząsteczek i całych struktur materiału pod działaniem siły. Jest to odkształcenie trwałe. Mamy tu do czynienia z ciałami plastycznymi i kruchymi.

f/ Odkształcenie lepkie polega na przemieszczaniu się względem siebie części materiału przy obecności wody pod wpływem przyłożonej siły. Woda działa tu jak smar i ułatwia przemieszczanie się względem siebie struktur krystalicznych lub grup bezpostaciowych. Materiał pod wpływem siły zaczyna płynąć a zatem zdolność materiału do płynięcia jest funkcją jego wilgotności. Wiele materiałów biologicznych wykazuje właściwości charakterystyczne zarówno dla ciał sprężystych jak i cieczy. Nazywane są one ciałami lepko-sprężystymi. Właściwości reologiczne wykorzystuje się w szeregu procesach związanych z rozdrabnianiem materiałów.

I. Właściwości optyczne

Określane są zdolnością absorpcyjną ciał. Zdolność absorpcyjna ciała jest wielkością fizyczną charakteryzującą stopień pochłaniania promieniowania elektromagnetycznego przez to ciało. Określa ją stosunek strumienia energii promieniowania pochłoniętego przez dane ciało do strumienia padającego na nie. Jej wartość zależy od częstotliwości promieniowania. Ciała ze względu na ich właściwości optyczne dzielimy na: doskonale czarne, szare, doskonale białe, zwierciadlane, przeźroczyste i nieprzeźroczyste. Właściwości te wykorzystano w separacji produktów i surowców takich jak: nasiona roślin uprawnych, orzeszki ziemne, kawa, pomidory, owoce cytrusowe, jabłka według koloru/barwy/.

J. Właściwości hydrodynamiczne

Są to cechy ciała stałego, od których zależy jego ruch i równowaga pod wpływem sił związanych z przepływem otaczającej je wody lub innej cieczy. Do tych cech należą te, które składają się na właściwości geometryczne, charakterystyki masowe, teksturę. Właściwości te opisują wskaźniki podobne do tych, które opisują właściwości aerodynamiczne. Właściwości te wykorzystano w procesach separacji wodnej, myciu i czyszczeniu oraz transporcie wodnym materiałów i surowców.

2. Czyszczenie materiału ziarnistego

Mieszanina podlegająca procesowi czyszczenia zawiera następujące składniki:

- nasiona gatunku podstawowego,
- nasiona innych gatunków uprawnych, ale obcych obniżających lub dyskwalifikujących nasiona gatunku podstawowego,
- nasiona chwastów,
- zanieczyszczenia mineralne (piasek, drobne kamienie),
- zanieczyszczenia organiczne (części liści, łodyg lub korzeni).

Z takiej mieszaniny należy wydzielić frakcję nasion podstawowych o czystości wymaganej przez normy dla określonego kierunku ich użytkowania. Wydzielanie nasion odbywa się na podstawie cech rozdzielczych obejmujących cechy fizyko-mechaniczne, mechaniczne i fizyczne. Cechy rozdzielcze można sklasyfikować uwzględniając ich współzależność oraz zasady ich wykorzystania i oddziaływania. Do cech rozdzielczych można zaliczyć:

a. zespół cech aerodynamicznych (prędkość krytyczna, współczynnik oporu, współczynnik lotności),
b. cechy geometryczne (wymiary, kształt, powierzchnia),
c. ciężar właściwy,
d. współczynnik tarcia (zewnętrznego i wewnętrznego),
e. tekstura powierzchni (gładka, chropowata, pośrednia),
f. właściwości mechaniczne (twardość, sprężystość),
g. właściwości elektryczne - oddziaływanie pól elektromagnetycznych na fizyczne właściwości nasion,
h. właściwości optyczne - wybarwienie nasion wykorzystywane przez fotokomórki.

Dla scharakteryzowania niektórych biologicznych i jakościowych właściwości mieszanin ziarnistych przyjmuje się następujące wskaźniki:

a. zdolność kiełkowania,
b. wartość użytkowa,
c. czystość,
d. wykształcenie nasion,
e. masa 1000 nasion,
f. masa objętościowa,
g. masa absolutna,
h. zapach, połysk, barwa,
i. wyrównanie.

- zdolność kiełkowania wskazuje, ile nasion znajdujących się w danym materiale siewnym wytworzy zdrowe, normalne kiełki. Określa się ją liczbą wyrażającą procent nasion normalnie skiełkowanych w ciągu określonego czasu, tak obliczonego, aby wszystkie prawidłowo rozwinięte nasiona zdążyły wykiełkować,
- wartość użytkową określamy liczbą wyrażającą procent nasion o określonej czystości i zdolności kiełkowania w danym materiale siewnym. Oblicza się ją następująco:

  W_u = (czystość * zdolność kiełkowania)/100 [%]

gdzie: W_u - wartość użytkowa

- czystość nasion przedstawia procentową zawartość nasion i zanieczyszczeń danej partii materiału. Wartość minimalna czystości określona jest normą w zależności od przeznaczenia nasion (siewne, konsumpcyjne, browarnicze),
- wykształcenie nasion określają jego wymiary charakterystyczne dla gatunku i odmiany. Mamy ziarno pełnowartościowe, czyli wykształcone i poślednie, czyli słabo wykształcone,
- masa 1000 ziaren określa masę 1000 ziaren powietrznie suchych. Służy do porównania wykształcenia nasion,
- masa absolutna jest masą 1000 nasion wysuszonych (bezwodnych) ,
- masa objętościowa zwana również gęstością wyrażona jest masą nasion w jednostce objętości np. kg/l, kg/hl, t/m^3. Można określić również tzw. stopień wyrównania nasion. Wielkość ta wyrażona w procentach przedstawia masę nasion o zbliżonych wymiarach w stosunku do ogólnej masy próby,
- zapach, połysk, barwa oceniane są organoleptycznie i w dużej mierze są oceną subiektywną,
- barwa nasion jest charakterystyczną właściwością danego gatunku. Wykorzystuje się ją w urządzeniach wyposażonych w fotokomórki.

2.1. Elementy i urządzenia rozdzielające

Elementy i urządzenia rozdzielające wykorzystują jedną lub kilka cech, jako podstawę rozdziału.

Urządzenia rozdzielające dzielimy na proste i złożone.

- Urządzenia proste:
    a. pneumatyczne,
    b. sitowe,
    c. tryjery,
    d. grawitacyjne,
    e. tarciowe,
    f. oparte na teksturze powierzchni nasion,
    g. oparte na zespole cech mechanicznych,
    h. elektrostatyczne,
    i. fotoelektryczne.
- Urządzenia złożone:
    a. sitowo-pneumatyczne,
    b. sitowo-pneumatyczne z tryjerami,
    c. tarciowo-pneumatyczne.

Innym kryterium podziału urządzeń rozdzielających jest geometryczna postać elementów roboczych. Według tego kryterium rozdzielacze dzielimy na:

a. cylindry i bębny (tryjery, bębny magnetyczne, elektrostatyczne, tarciowe, sita cylindryczne),
b. stożki ścięte (wirówki, stożkowe czyszczalnie pneumatyczne),

c. płaszczyzny całkowite i perforowane,
d. komory o różnym kształcie powierzchni poprzecznego przekroju,
e. tarcze (tryjer tarczowy, tarcza rozdzielająca),
f. spirale (żmijka).

Klasyfikację procesów separacji przedstawiono w tabeli 1. Przedstawia ona cechy rozdzielcze nasion, sposób rozdzielania, rodzaj separatora i cel separacji.

Tabela 1. Klasyfikacja procesów separacji materiałów sypkich pochodzenia rolniczego

Gatunek	Rodzaj sit i otworów					
	wstępne		sortujące		podsiewne	
	średnica otworu okrągłego (mm)	średnica otworu podłużnego (mm)	średnica otworu okrągłego (mm)	średnica otworu podłużnego (mm)	średnica otworu okrągłego (mm)	średnica otworu podłużnego (mm)
Buraki cukrowe	12,0; 10,0	—	4,0; 3,0	2,5; 2,0	—	1,2
Fasola	16,0	—	—	—	—	4,5
Gorczyca	2,7	—	—	1,7; 1,1	1,2	—
Groch	8,0	7,0	6,0; 5,0	5,0	4,0	2,7
Gryka[1]	6,5; 6,0	—	5,3	—	3,7; 3,5	—
Jęczmień	8,0; 7,0; 6,5; 4,5	4,5; 4,0; 3,7	—	2,7; 2,5	2,5	2,2; 2,0
Koniczyna biała	2,0	1,5	—	0,95; 0,85	0,8 (0,9) — 1,0 (1,1)	—
Koniczyna czerwona,						
lucerna	2,2; 2,0	1,7; 1,3	2,0; 1,8	1,2; 1,0	1,2; 1,0	0,6; 0,7
Konopie	6,5; 5,0	3,0	—	2,7	3,5	2,5
Len włóknisty	2,5	—	—	1,4; 1,2	1,9	—
Owies	9,0; 5,5	4,0; 3,5; 3,0	—	2,0; 1,8	2,5; 2,0	1,7; 1,5
Proso	4,0; 2,7 (3,5)	2,3; 2,0	2,5; 2,3	1,7; 1,5	2,0; 1,8	1,3; 1,0
Pszenica	9,5; 7,0; 6,0; 5,0	4,0; 3,7	—	2,5	2,5; 2,2; 2,0	2,2; 2,0; 1,7; 1,5
Rzepak	3,0; 2,2	—	—	—	—	1,5; 1,2
Saradela	—	1,7	—	1,5; 1,6	—	1,75; 2,0
Tymotka	1,3	0,9	1,2; 0,9	—	0,7; 0,8	—
Wyka	7,5; 6,0	—	5,3	4,5	—	2,25

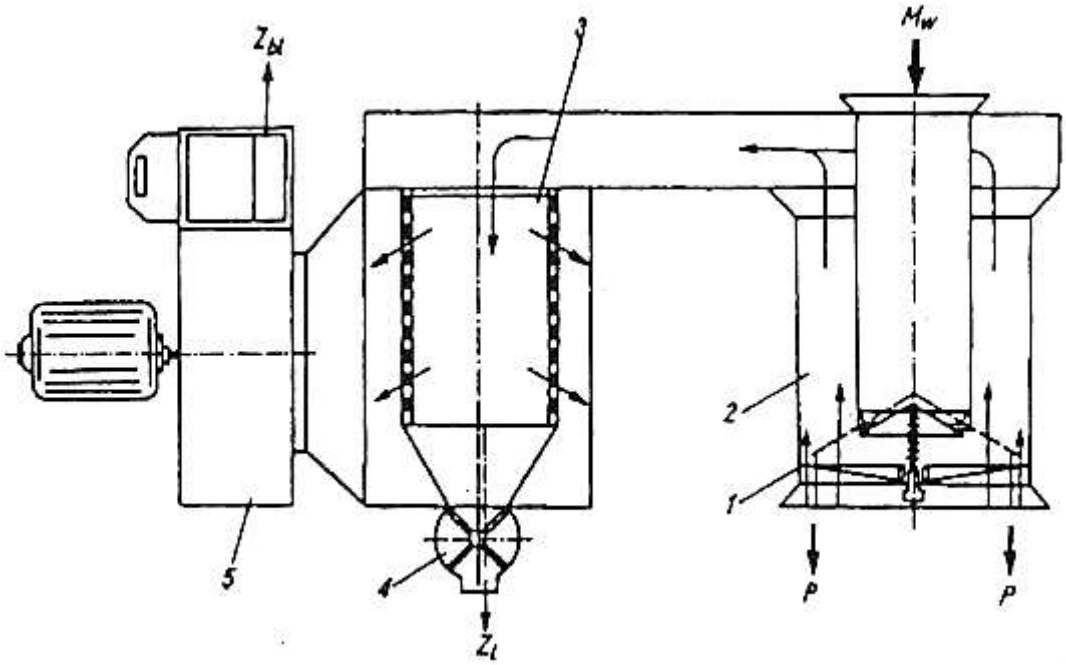
[1] W procesie technologicznym czyszczenia gryki przewiduje się również zastosowanie dwóch sit z otworami trójkątnymi

3. Czyszczalnie pneumatyczne

Czyszczalnie pneumatyczne, wykorzystujące w procesie separacji strumień powietrza i właściwości aerodynamiczne masy, podzielić można według systemu obiegu powietrza na dwie grupy:

a. czyszczalnie z obiegiem otwartym,
b. czyszczalnie z obiegiem zamkniętym.

Schemat czyszczalni z otwartym obiegiem powietrza przedstawiono na rycinie 2.

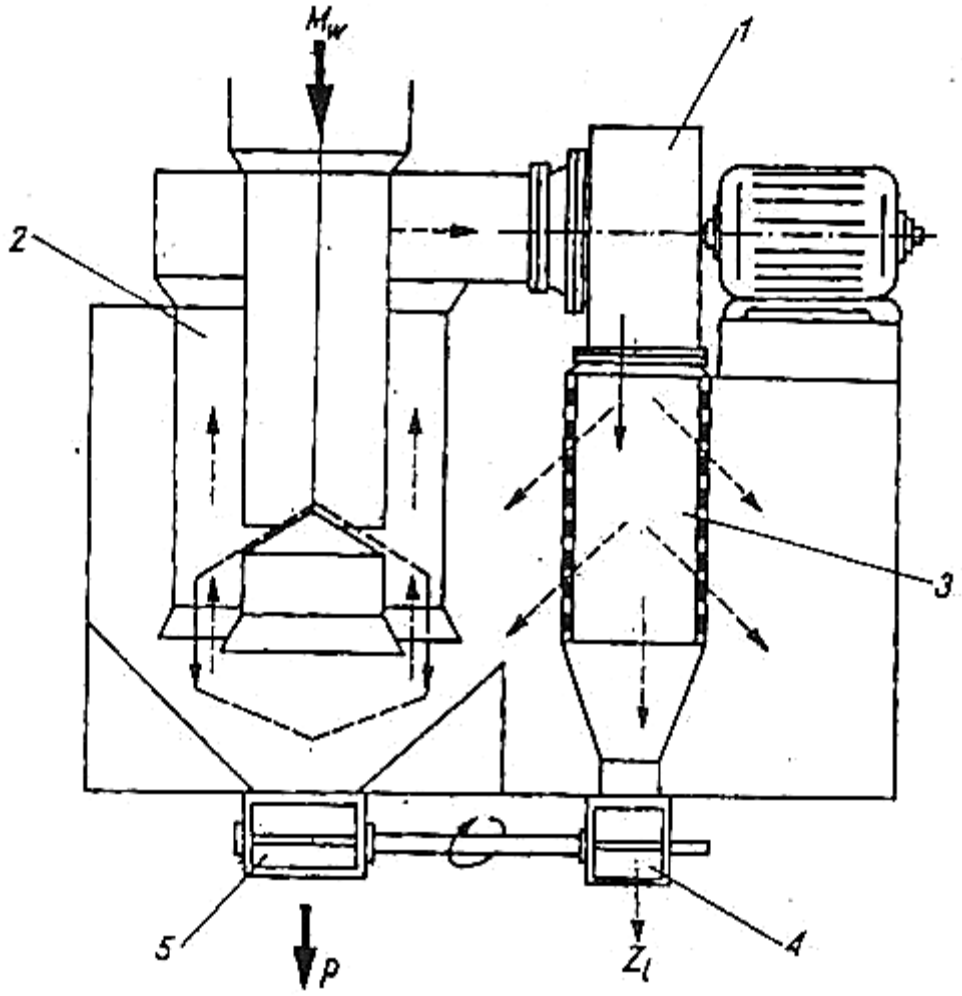


Ryc. 2. Schemat czyszczalni z kanałem cylindrycznym i otwartym systemem obiegu powietrza:

1 - samonastawny dozownik typu stożkowego, 2 - cylindryczny kanał roboczy, 3 - osadnik typu siatkowego, 4 - zawór wylotu zanieczyszczeń lekkich, 5 - wentylator; P - oczyszczona masa nasion, M_w - mieszanina wejściowa, Z_l - zanieczyszczenia lekkie, Z_{bl} - zanieczyszczenia bardzo lekkie

Źródło: Grochowicz 1994

Zasada działania czyszczalni przedstawionej na rycinie 2 jest następująca: Mieszanina(M_w) przez samoczynny dozownik (1) wpada do pierwszego kanału roboczego (2), przez który przepływa strumień powietrza. Powietrze porywa wszystkie zanieczyszczenia lżejsze od materiału podstawowego i przenosi je do siatkowego osadnika (3), gdzie są oddzielane od powietrza. Zatrzymane zanieczyszczenia opadają i gromadzą się w dolnej części osadnika, skąd wydalane są przez zawór (4), natomiast oczyszczone powietrze przechodzi przez wentylator na zewnątrz do atmosfery. Natomiast na rycinie 3 przedstawiono schemat czyszczalni z obiegiem zamkniętym.



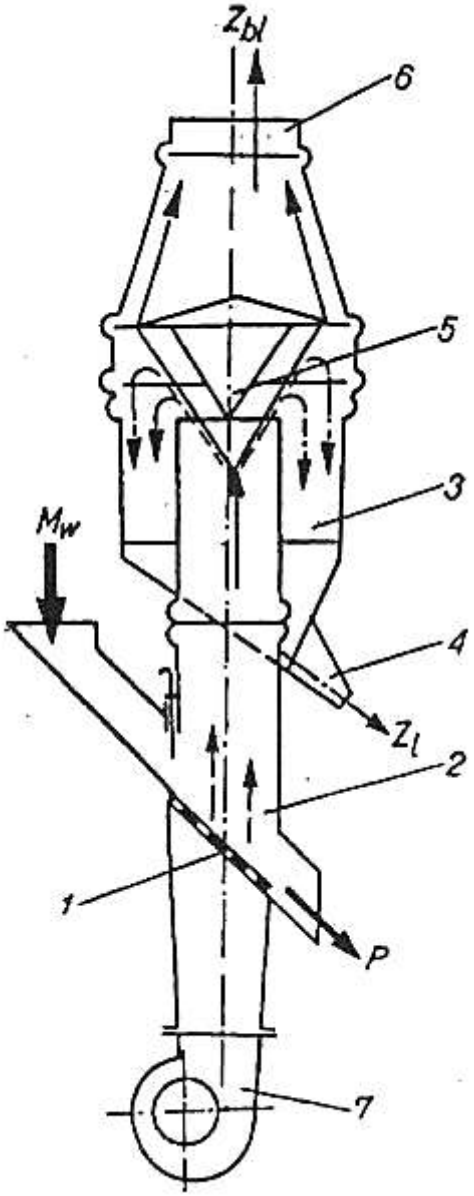
Ryc. 3. Schemat czyszczalni z kanałem cylindrycznym i zamkniętym obiegiem powietrza:

1 - wentylator, 2 - cylindryczny kanał roboczy, 3 - osadnik zanieczyszczeń, 4 i 5 - zawory

Źródło: Grochowicz 1994

Zasada działania czyszczalni przedstawionej na rycinie 3 jest następująca: masa wejściowa (M_w) wsypywana jest od góry do kanału roboczego (2), przez który równocześnie od dołu wsysane jest powietrze. Zanieczyszczenia lżejsze od masy podstawowej porywane są strumieniem powietrza do osadnika (3), natomiast masa podstawowa już oczyszczona zsypuje się przez zawór 5 do workownicy. Powietrze z zanieczyszczeniami skierowane do osadnika jest oczyszczane na filtrze siatkowym i kierowane w stronę komory roboczej (2) do następnego wykorzystania tworząc obieg zamknięty. Oddzielone zanieczyszczenia spadają na dno osadnika i przez zawór (4) wyrzucane są na zewnątrz.

Czyszczalnie pneumatyczne mogą mieć kanały robocze ustawione pionowo lub ukośnie. Na rycinie 4 przedstawiono czyszczalnię z pionowym kanałem pneumatycznym a na rycinie 5 z kanałem ukośnym.



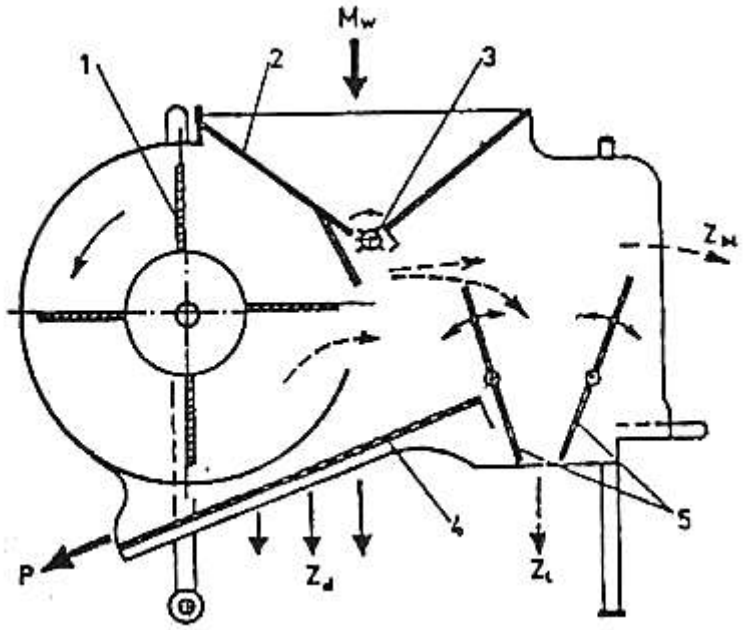
Ryc. 4. Schemat czyszczalni z pionowym kanałem pneumatycznym:

1 - sito, 2 - robocza część kanału pneumatycznego, 3 - komora osadowa (osadnik) zanieczyszczeń lekkich, 4 - wylot zanieczyszczeń lekkich, 5 - stożek odchylający strumień powietrza, 6 - wylot powietrza z zanieczyszczeniami bardzo lekkimi, 7 - wentylator; M_w - masa wejściowa, P - wylot oczyszczonej masy podstawowej, Z_l - zanieczyszczenia lekkie, Z_{bl} - zanieczyszczenia bardzo lekkie (pył)

Źródło: Grochowicz 1994

Materiał wejściowy podawany jest z zsypu na nachylone sito, przegradzające kanał (2) mający przekrój kołowy, kwadratowy lub prostokątny. Do kanału od strony dolnej wtłaczany jest strumień powietrza wytwarzany przez wentylator (7). Przesypująca się przez sito (1) masa owiewana jest strumieniem powietrza, który porywa z niej zanieczyszczenia (Z_l i Z_{bl}). Oczyszczona masa podstawowa zsypem (7) kierowana jest do workownicy lub dalszych

zespołów w przypadku czyszczalni złożonej. Zanieczyszczenia podnoszone są do góry. Górna część kanału pionowego jest rozszerzona tworząc osadnik. Gromadzą się w niej zanieczyszczenia lekkie (Z_l), które przez wylot wydalane są na zewnątrz. Zanieczyszczenia lekkie osiadają w komorze, ponieważ maleje w niej prędkość strumienia powietrza (dzięki rozszerzeniu kanału) i część zanieczyszczeń ze strumienia powietrza wypada. Proces osiadania ułatwia stożek odchylający (5), który pionowy kierunek strumienia powietrza odchyla na boki a zanieczyszczenia uderzając w powierzchnię stożka opadają na dół. Powietrze z zanieczyszczeniami bardzo lekkimi (Z_{bl}) wyrzucane jest do atmosfery przez otwór w górnej części czyszczalni.



Ryc. 5. Schemat czyszczalni z ukośnym kanałem pneumatycznym (młynek):

1 - wentylator, 2 - zasuwa regulacyjna wielkości zasilania, 3 - karbowany wałek wygarniający, 4 - pochylnia gładka lub sito sortujące, 5 - przegrody nastawne; M_w - masa wejściowa, P - wylot oczyszczonej masy podstawowej (ziarna), Z_d - zanieczyszczenia duże (poślad), Z_l - zanieczyszczenia lekkie (zgoniny, poślad), Z_{bl} - zanieczyszczenia bardzo lekkie (pył)

Źródło: Grochowicz 1994

Czyszczalnia przedstawiona na rycinie 5 popularnie nazywana jest młynkiem. Składa się ona z kosza zasypowego, zasuwy regulującej ilość podawanej masy, wałka wygarniającego, mającego za zadanie wyrównanie masy zsypującej się z kosza zasypowego, wentylatora wytwarzającego strumień powietrza oraz dwóch nastawnych przegród, których położenie dostosowane jest do gatunku i wymiarów czyszczonych nasion. Przegrody mają za zadanie rozdzielenie zanieczyszczeń na lekkie i bardzo lekkie oraz nasion na właściwe (nasiona celne) i poślad. Ziarno wygarniane wałkiem spływa równomierną strugą w dół i dostaje się w strefę działania strumienia powietrza. Strumień powietrza wytworzony przez wentylator posiada parametry dostosowane do składu i gatunku czyszczonej masy. Mieszanina poddana działaniu strumienia powietrza jest rozdzielana na frakcje, których tory są w różnym stopniu odchylane (ryc.5). Prędkość strumienia powietrza (m/s) oraz położenie przegród są tak dobrane, że materiał podstawowy (ziarno celne) spada przed przegrodę pierwszą (od strony wentylatora),

ziarno połamane i nie w pełni rozwinięte (poślad) spadają w komorę pomiędzy przegrodę pierwszą i drugą, a zanieczyszczenia lekkie (plewy) wyrzucane są poza przegrodę drugą. Prędkość strumienia powietrza przy czyszczeniu zbóż zawiera się w granicach 7 - 10 m/s^{-1}. Prędkości krytyczne dla różnych frakcji mieszanin wejściowych przedstawia tabeli 2.

Tabela 2. Prędkości krytyczne frakcji mieszanin wejściowych (wg J. Grochowicza)

Rodzaj materiału		Prędkość krytyczna ($m\ s^{-1}$)
Pszenica	a) ziarno celne	9,0 — 11,5
	b) ziarna niedorozwinięte	5,5 — 7,5
	c) ziarna rozbite w poprzek	8,0 — 9,8
	d) ziarna rozbite wzdłuż	5,7 — 8,3
	e) plewy	0,75 — 5,25
	f) słoma	12,0 — 19,0
Żyto	a) ziarno	8,5 — 10,0
	b) słoma	6,4 — 8,4
Jęczmień	a) ziarno	8,5 — 11,0
	b) plewy	0,67 — 3,10
Owies	a) ziarno	5,00 — 12,0
	b) słoma	7,0 — 8,7
	c) plewy	0,74 — 3,86
Kłos bez ziarna		3,0 — 5,0
Słoma cięta o długości do 100 mm		3,5 — 4,25
Słoma cięta o długości do 50 mm (równolegle do strumienia)		2,7 — 8,0
Słoma cięta o długości do 50 mm (prostopadle do strumienia)		2,0 — 4,0
Proso	a) nasiona	10,0 — 12,0
	b) plewy	0,16 — 2,2
Gryka	a) nasiona	2,5 — 9,5
	b) plewy	0,92 — 2,73

4. Przesiewacze płaskie

W procesach czyszczenia i sortowania oprócz własności aerodynamicznych wykorzystywane są geometryczne cechy nasion. Geometryczne cechy nasion (zanieczyszczeń) określa się zwykle trzema wymiarami, z których grubość (wymiar najmniejszy) i szerokość (wymiar pośredni) wykorzystywane są w procesie przesiewania na sitach mających otwory o różnorodnych kształtach. Proces ten nazywany jest przesiewaniem a maszyny realizujące ten proces przesiewaczami. Koniecznymi warunkami przesiewania są - określony ruch mieszaniny na sitach oraz właściwa relacja otworów sit i grubości lub szerokości nasion.

W procesie przesiewania materiał ziarnisty doprowadzany jest równomierną warstwą na pochylone pod odpowiednim kątem ruchome sito i przemieszcza się wzdłuż niego. W czasie przemieszczania, ziarno mające wymiary mniejsze od roboczego wymiaru otworów sita przelatuje przez nie i spada w dół, natomiast nasiona o wymiarach większych niż roboczy wymiar oczek sita pozostają na nim i zsuwają się zgodnie ze spadkiem. Proces przesiewania na jednym sicie polega więc na rozdzielaniu mieszaniny na dwie frakcje tzn. na frakcję dolną - nasiona mniejsze i frakcję górną - nasiona większe. Rozdzielanie nasion według grubości (wymiar najmniejszy) można prowadzić tylko na sitach o otworach podłużnych, natomiast rozdzielanie według szerokości (wymiar pośredni) prowadzi się na sitach o otworach okrągłych lub kwadratowych. W procesie przesiewania wykorzystywana jest jeszcze jedna

cecha geometryczna a mianowicie kształt nasion. Stworzone są bowiem w procesie rozdzielania sita o otworach trójkątnych do czyszczenia gryki czy też z otworami eliptycznymi do nasion lnu. Ze względu na to, że materiał wejściowy zawiera większą niż jedna liczbę frakcji oraz zanieczyszczenia w procesach rozdzielania stosuje się co najmniej dwa sita. Sita mogą być albo przestrzenne albo płaskie. W sitach płaskich wszystkie otwory leżą w jednej płaszczyźnie w odróżnieniu od sita przestrzennego, w którym otwory leżą np. w dwu płaszczyznach.

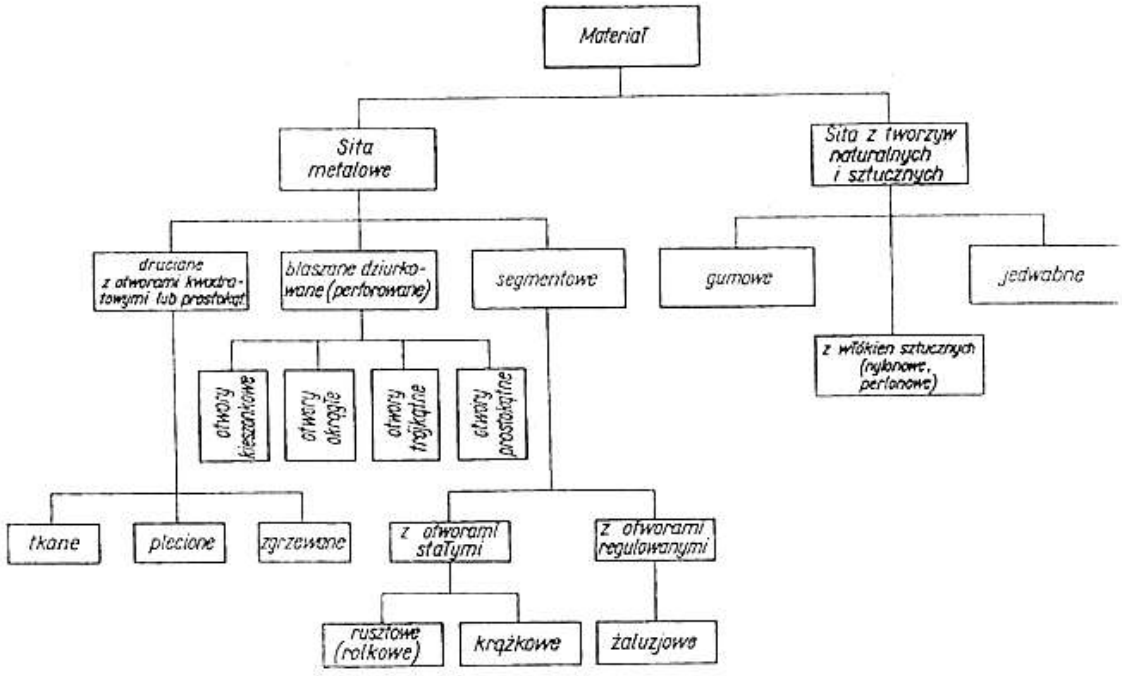
Biorąc pod uwagę skuteczność rozdzielania, niezawodność pracy sit i przesiewania, kryteriami podziału sit płaskich są:

- geometria otworów w sicie,
- możliwość regulacji roboczego wymiaru otworu,
- rozmieszczenie otworów względem siebie i kierunku ruchu materiału,
- rodzaj materiału i sposób wykonania sit,
- rodzaj ruchu sita.

Według miejsca w procesie technologicznym sita płaskie dzielimy na:

- czyszczenia wstępnego,
- sortujące,
- piaskowe.

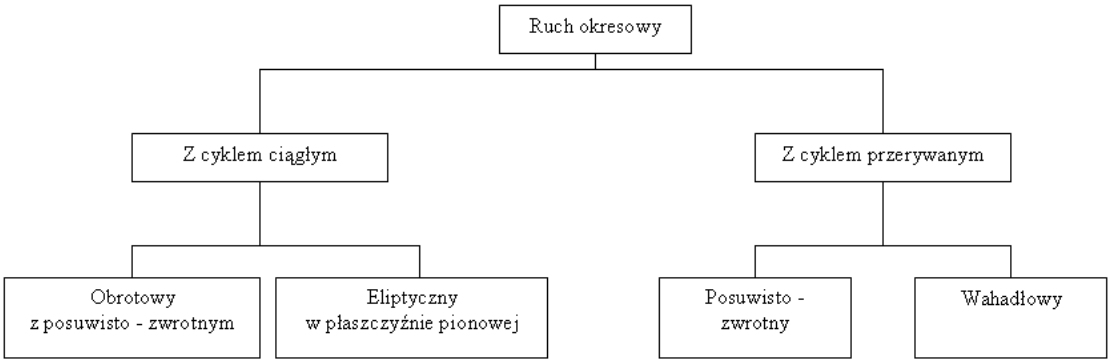
Ze względu na rodzaj materiału i sposób wykonania sit, dzielimy je tak, jak pokazano na rycinie 6.



Ryc. 6. Podział sit według rodzaju użytego materiału i sposobu ich wykonania

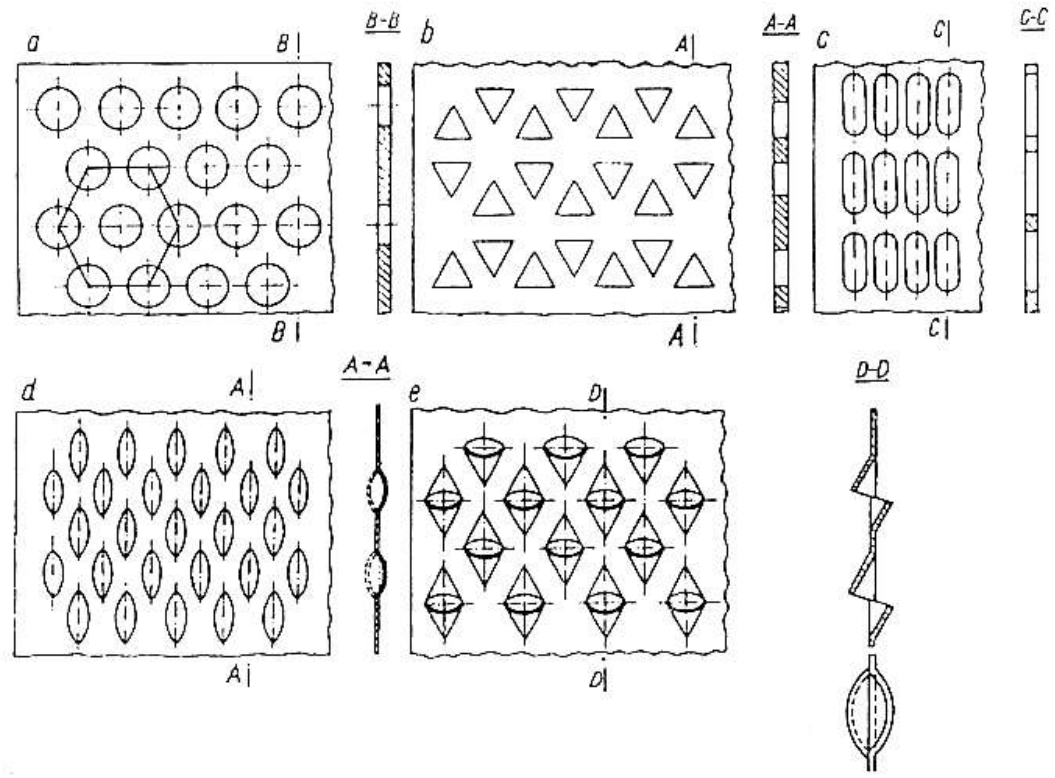
Źródło: Grochowicz 1994

Jeżeli za kryterium podziału przyjąć rodzaj ruchu sita, dzielimy je tak, jak na rycinie 7.



Ryc. 7. Podział sit według rodzaju ruchu sit

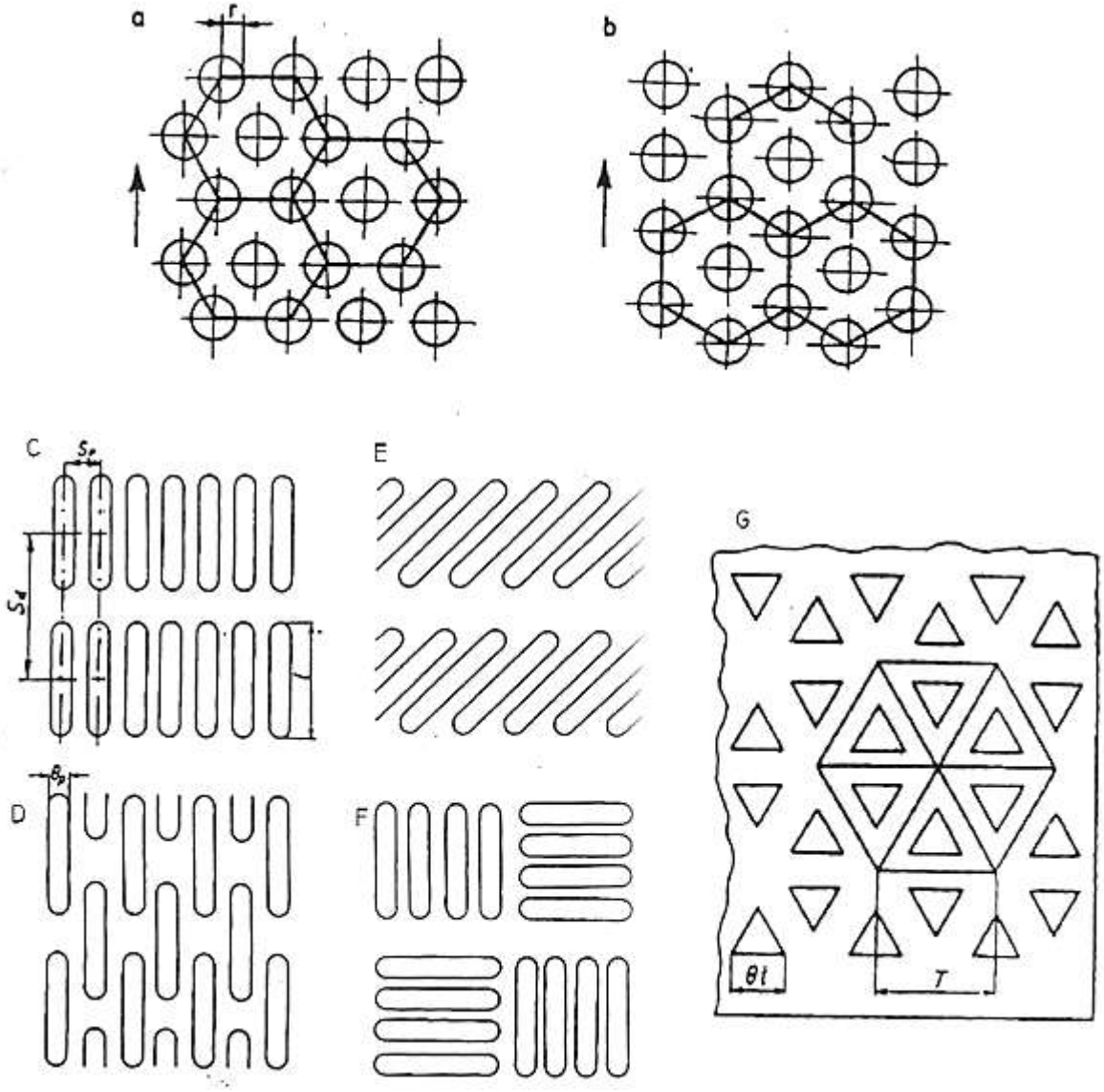
Według sposobu wykonania sita dzielimy na: dziurkowane, plecione, tkane i segmentowe. Sita dziurkowane mają otwory okrągłe i podłużne, sita plecione - kwadratowe, tkane - kwadratowe i podłużne, segmentowe - żaluzjowe, rolkowe i krążkowe. Sita mogą współpracować z ukośnym strumieniem powietrza. Sita dziurkowane zwane też perforowanymi lub tłoczonymi wykonane są z blachy mosiężnej, cynkowej lub stalowej ocynkowanej. Na rycinie 8 przedstawiono rodzaje sit z otworami wytłaczanymi a na rycinie 9 - sposób rozmieszczenia otworów w sicie.



Ryc. 8. Rodzaje sit wytłaczanych (perforowanych):

a - otwory okrągłe, b - otwory trójkątne, c - otwory podłużne, d - otwory owalne, e - otwory okrągłe o wygiętych krawędziach

Źródło: Grochowicz 1994



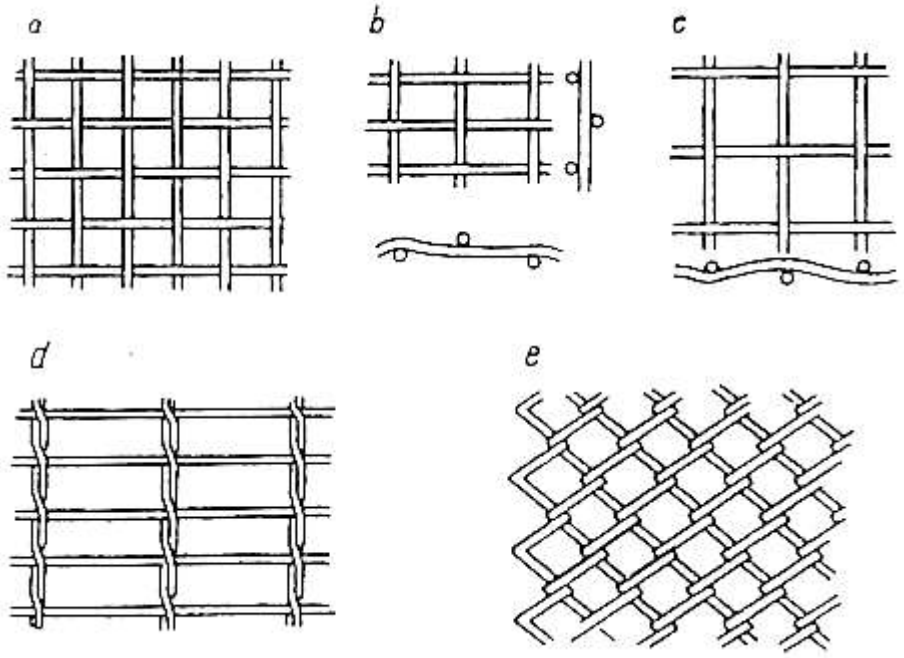
Ryc. 9. Zasada rozmieszczenia otworów w sitach wytłaczanych:

a,b - otwory okrągłe rozmieszczone w narożach równoramiennego sześciokąta, c,d - otwory podłużne rozmieszczone równolegle do kierunku ruchu nasion, e - otwory podłużne ustawione ukośnie, f - otwory podłużne ustawione w szachownicę, g - rozmieszczenie otworów trójkątnych; r - średnica otworu, Q_p - szerokość otworu, S_p - odległość otworów w rzędzie, S_d - rozstaw rzędów

Źródło: Grochowicz 1994

Sita plecione lub tkane są zazwyczaj wykonane z drutu stalowego o różnej grubości. Otwory są najczęściej kwadratowe, rzadziej prostokątne. Sita te nie zapewniają dokładnego rozdzielania nasion, bo w przypadku np. otworu kwadratowego nasiona mogą się ustawiać wzdłuż boku kwadratu lub też wzdłuż jego przekątnej, która jest większa od boku. Stąd sita te są najczęściej stosowane jako sita czyszczenia wstępnego, owiewane strumieniem powietrza. W konstrukcji sita wyróżnić można osnowę i wątek. Za osnowę uważa się druty ustawione wzdłuż sita, a za wątek - druty poprzeczne. Zatem druty osnowy określają długość sita, a

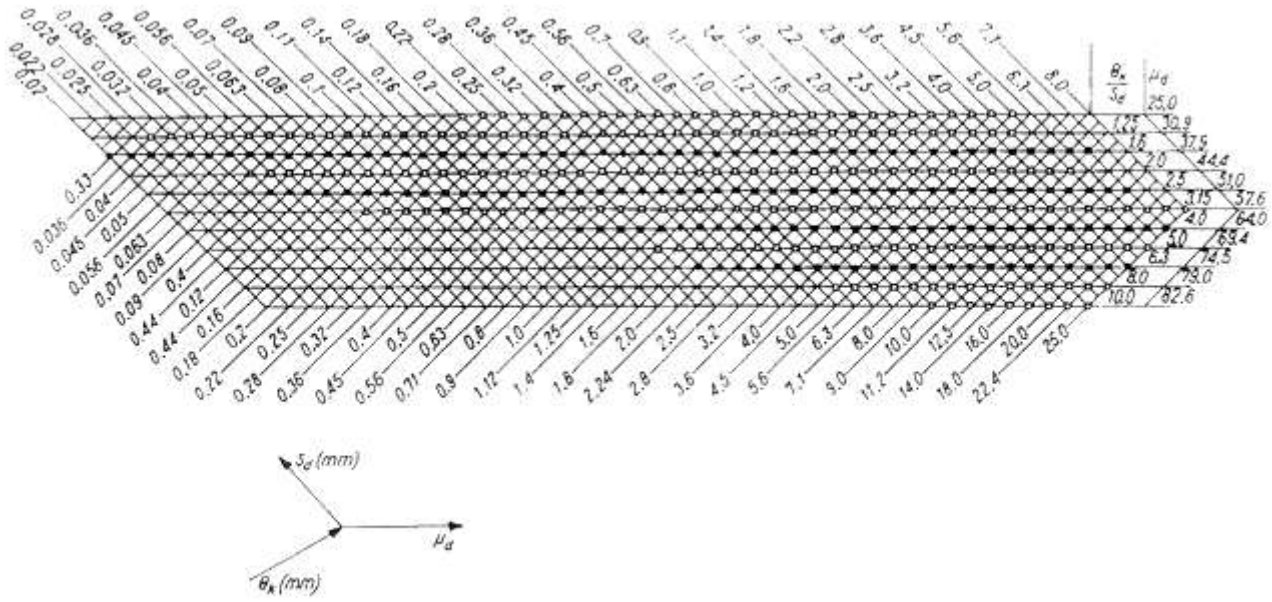
wątku - jego szerokość. Rodzaje sit drucianych przedstawia rycinie 10, a asortyment sit drucianych – rycinie 11



Ryc. 10. Rodzaje sit drucianych:

a,b,c - sita tkane, d,e - sita plecione

Źródło: Grochowicz 1994



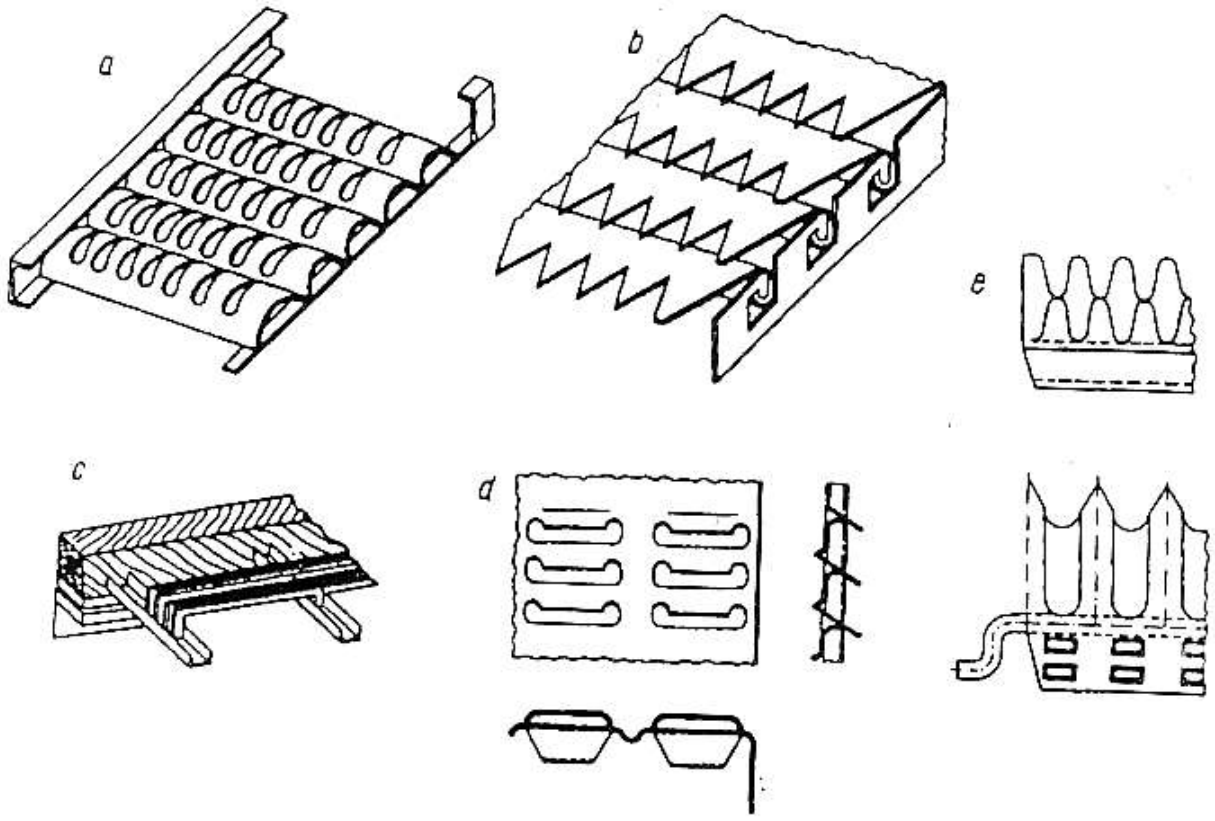
Ryc. 11. Asortyment sit drucianych

Źródło: Grochowicz 1994

Sita charakteryzowane są wymiarem średnicy koła, boku lub przekątnej kwadratu, boku prostokąta a w Anglii i USA również liczbą oczek (otworów) przypadających na 1 cal (1 cal = 25,4 mm). Jednostka określająca liczbę otworów na długości jednego cala, określana jest symbolem M (od słowa mesh - oczko).

Sita segmentowe biorą swoją nazwę od szeregu takich samych elementów (segmentów) wchodzących w ich skład. Elementy składowe takich sit wykonane są z blachy a umieszczone są w obudowie zwanej koszem.

Najczęściej stosowane sita segmentowe to: sita z rozszerzającymi się otworami, grzebieniowe, szczelinowe, łuskowate i żaluzjowe. Typy sit segmentowych przedstawiono na rycinie 12.

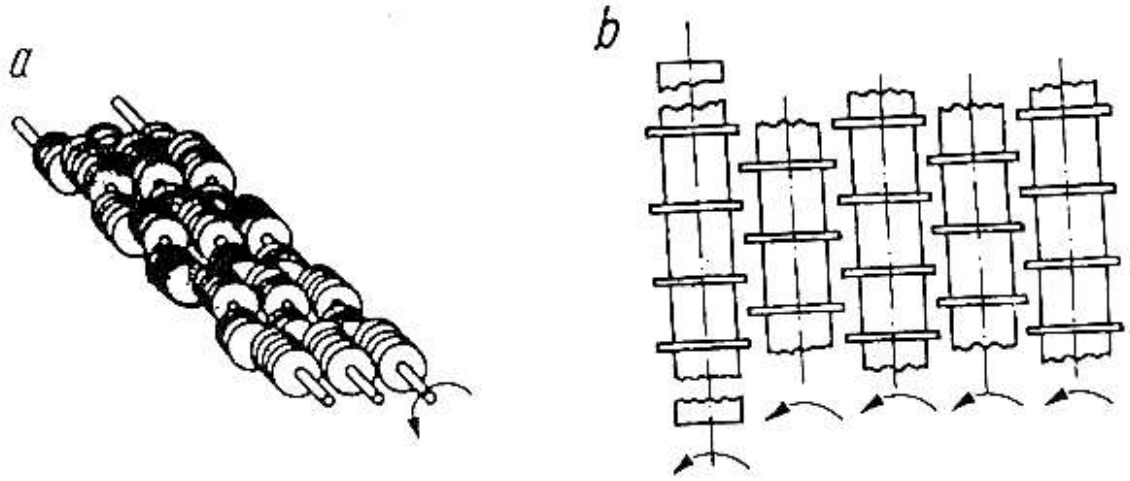


Ryc. 12. Przykłady sit segmentowych:

a - z rozszerzającymi się otworami, b - grzebieniowe, c - szczelinowe, d - łuskowate, e - żaluzjowe

Źródło: Grochowicz 1994

Szczególną grupę wśród sit segmentowych zajmują segmentowe sita obrotowe. Poszczególne segmenty wykonują ruch obrotowy wzajemnie zsynchronizowany. Wśród sit segmentowych obrotowych możemy wyróżnić sita krążkowe (tarczowe) i sita rolkowe. Typy sit segmentowych obrotowych przedstawiono na rycinie 13.



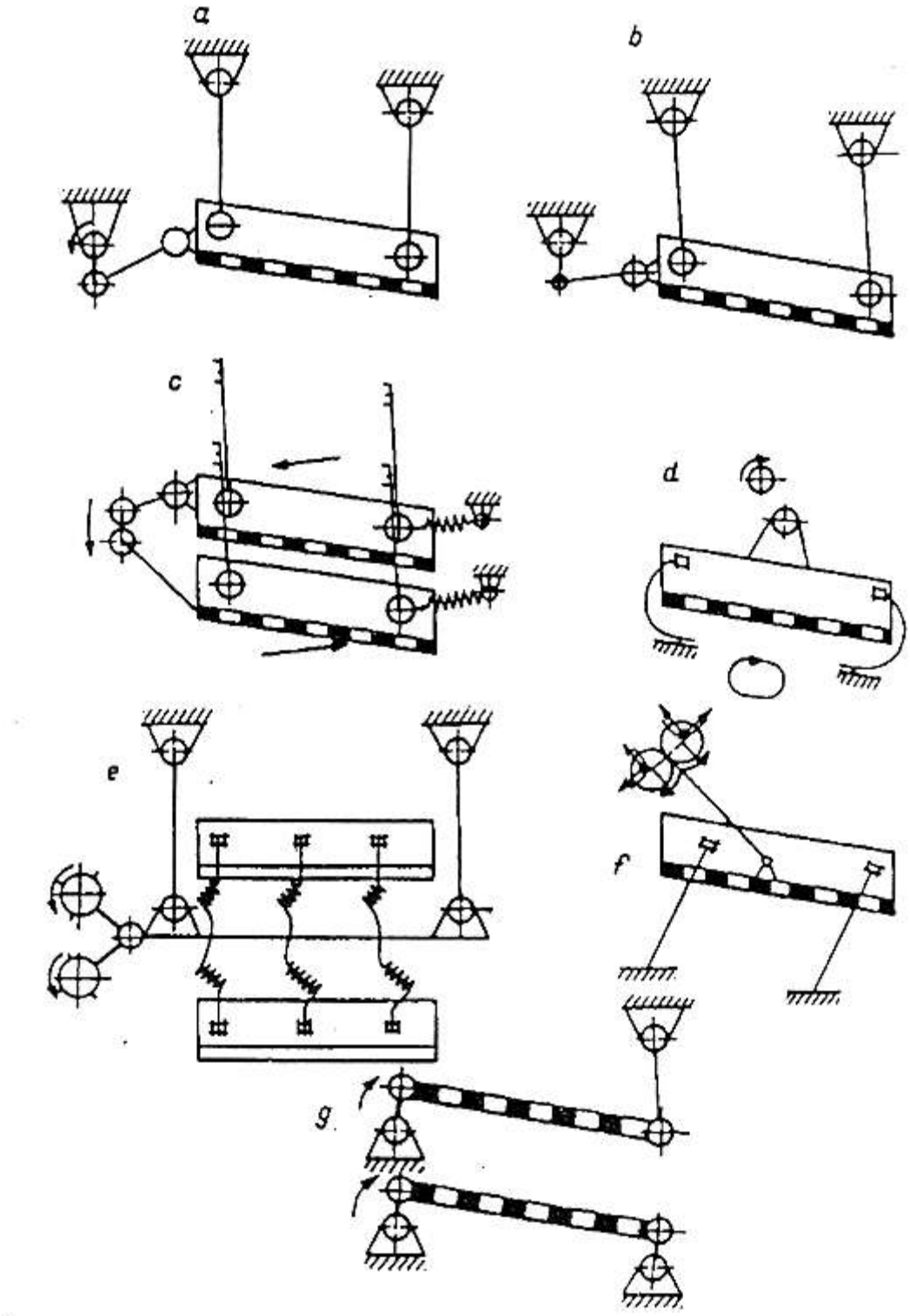
Ryc. 13. Typy sit segmentowych obrotowych (przykłady):

a - sito krążkowe (tarczowe), b - sito rolkowe

Źródło: Grochowicz 1994

Sita segmentowe (bierne) znalazły szerokie zastosowanie w kombajnach zbożowych a obrotowe w kombajnach do ziemniaków oraz w maszynach do sortowania ziemniaków, owoców i warzyw.

Kosz sitowy zwany też rzeszotem składa się z metalowej lub drewnianej ramy. W ramie znajdują się podłużne wycięcia służące do mocowania sit i ułatwiające ich wymianę. Kosz sitowy zawieszany jest na ramie młocarni, czyszczalni lub sortownika za pośrednictwem płaskich wahaczy lub podparty na sprężystych stalowych podporach wykonanych z wygiętych płaskowników. Kosz sitowy najczęściej ma możliwość regulacji kąta pochylenia, co umożliwia zastosowanie np. czyszczalni do czyszczenia kilku gatunków roślin oraz pracy w różnych warunkach. Przykłady zawieszeń kosza sitowego przedstawiono na rycinie14.

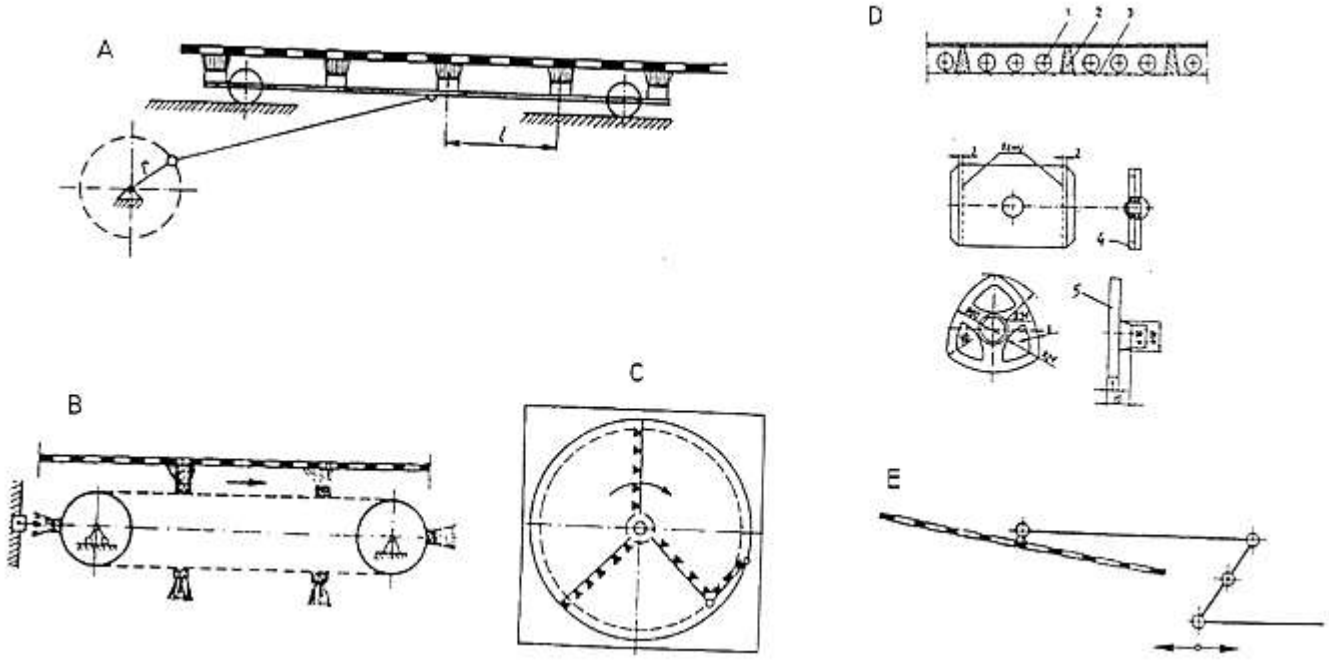


Ryc. 14. Przykłady zawieszenia i napędu przesiewaczy:

a,b - wahadłowe z napędem mimośrodowym, c,d,e,f - wibracyjne z napędem bezwładnościowym lub sprężystym, g - mimośrodowy z kołowym ruchem kosza sitowego

Źródło: Grochowicz 1994

W koszu sitowym znajdują się również urządzenia do czyszczenia otworów w sitach płaskich. Mogą to być ruchome szczotki, wahadłowe młotki lub gumowe kule. Szczotki wykonując określony ruch oczyszczają otwory od strony dolnej, natomiast sprężyste młotki lub kulki wprawiają sito w ruch drgający, powodujący jego oczyszczenie. Przykłady oczyszczaczy sit przedstawia rycina 15.



Ryc. 15. Przykłady schematów oczyszczaczy sit płaskich:

a - szczotkowy wahadłowy (płaski), b - szczotkowy łańcuchowy, c - szczotkowy obrotowy, d - bezwładnościowy, e - udarowy; 1 - gumowa kula, 2 - przegroda, 3 - siatka, 4,5 - kształtki

Źródło: Grochowicz 1994

5. Przesiewacze obrotowe

Przesiewacze obrotowe zbudowane są z cylindrycznych bębnowych sit usytuowanych w różnych płaszczyznach i wykonujących ruch obrotowy z różnymi prędkościami. Przyjmując jako kryterium przestrzenne usytuowanie obrotowych sit, wyodrębnić można dwa rodzaje przesiewaczy obrotowych:

- z poziomą osią obrotu,
- z pionową osią obrotu.

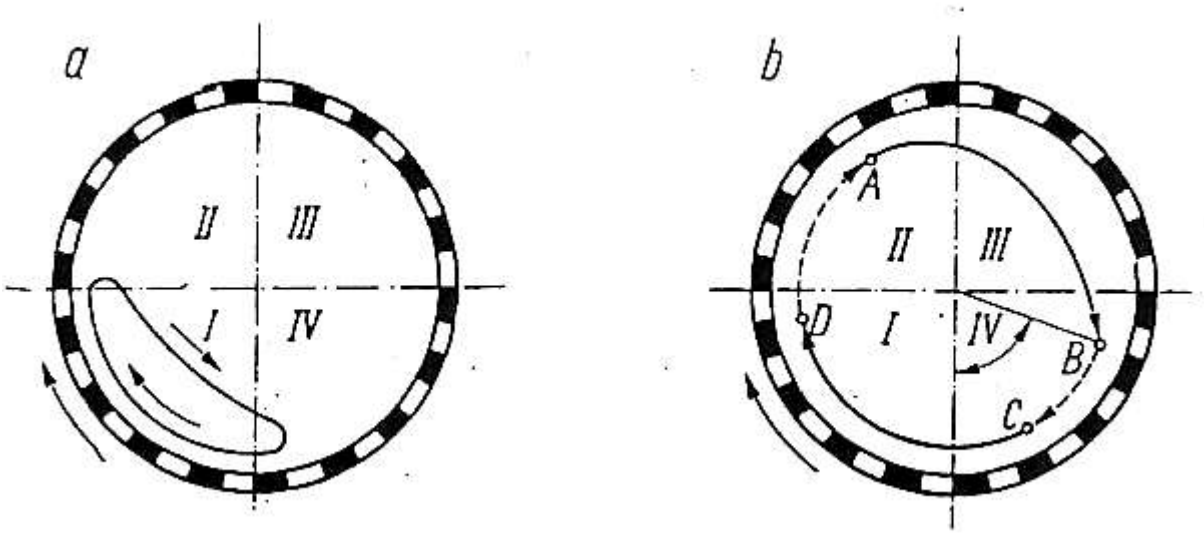
Powszechnie stosowanym przesiewaczem z poziomą osią obrotu jest sito cylindryczne, stanowiące perforowaną, plecioną lub tkaną pobocznicę walca i obracające się wraz z wałem napędowym. Mieszanina ziarnista wprowadzana jest do wnętrza cylindra z jednej jego strony

zwanej wlotową. Masa przesuwa się w głąb cylindra (poosiowo) w wyniku ruchu obrotowego, wzajemnego nacisku ziarna oraz jego pochylenia pod niewielkim kątem. Równocześnie w wyniku sił tarcia ziarno wynoszone jest przez obracający się cylinder na taką wysokość, na której kąt nachylenia jego pobocznicy będzie większy od kąta tarcia i wtedy ziarno spadnie na spód, by rozpocząć swój ruch od początku. Cykle wynoszenia i spadania ziarna trwają tak długo, aż ziarno opuści cylinder albo przez otwory w sicie, albo przez wylot. W czasie przemieszczania przez cylinder masa jest intensywnie mieszana, co zwiększa prawdopodobieństwo przesiewania się różnych frakcji ziarna przez otwory. Sita cylindryczne mają średnice od 400 - 800 mm, a ich długość zależna jest od średnicy. Zależność tą przedstawia poniższy wzór:

$$\frac{L_c}{2R_c} = 3{,}75 - 4{,}0$$

gdzie: L_c - długość cylindra, R_c - promień cylindra

Na rycinie 16 przedstawiono ruch ziarna w sitach cylindrycznych.



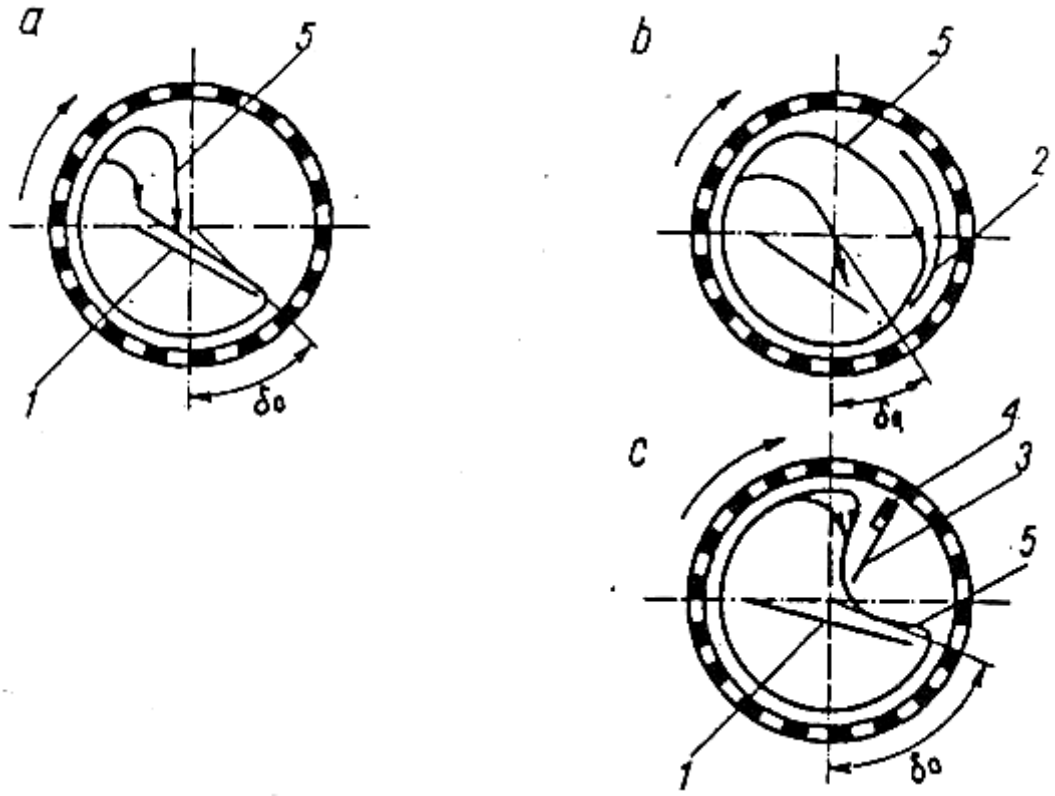
Ryc. 16. Ruch ziarna w sitach cylindrycznych:

a - wolnoobrotowych, b - szybkoobrotowych; I,II,III,IV - ćwiartki koła cylindra, A - maksymalny punkt wyniesienia ziarna, B - punkt spadku ziarna, C - początek wynoszenia ziarna, D -punkt równowagi kąta tarcia i nachylenia pobocznicy. Strzałki oznaczają drogę ziarna.

Źródło: Grochowicz 1994

W sitach szybkoobrotowych umieszcza się wewnątrz cylindra urządzenia, za pomocą których można dowolnie regulować punkt zetknięcia się ziarna z sitem. Dzięki nim można zwiększać

obroty cylindra, a tym samym zwiększać jego wydajność. Urządzenia pozwalające na zwiększenie obrotów sit obrotowych przedstawiono na rycinie 17.

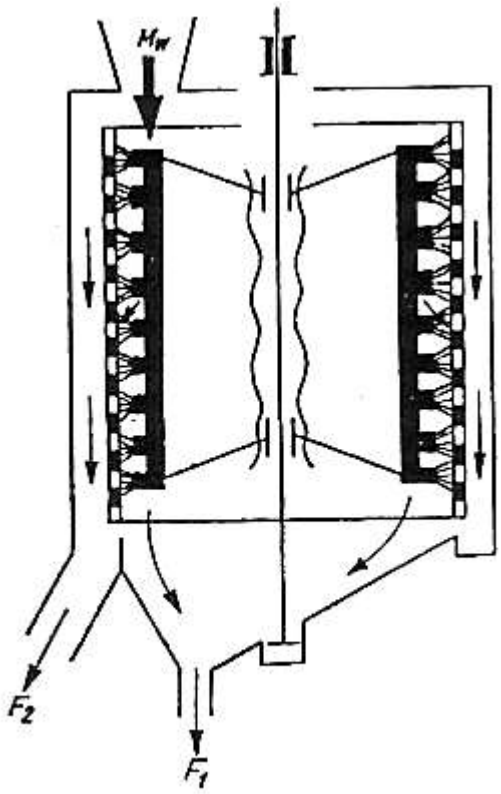


Ryc. 17. Typ urządzeń stosowanych w sitach szybkoobrotowych:

1 - pochylnia, 2 - przegroda cylindryczna, 3 - przegroda prosta, 4 - szczotka zgarniająca ziarno, 5 - tor ziarna; $S_o >> -30^o$ - kąt podawania ziarna przez pochylnię.

Źródło: Grochowicz 1994

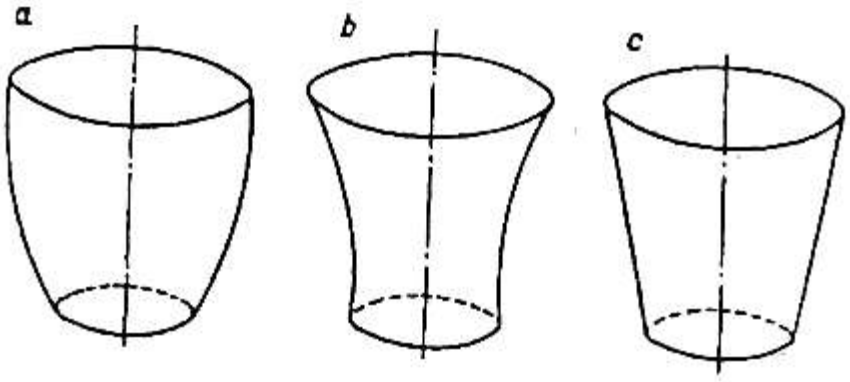
Urządzenie przedstawione na rycinie 17a pozwala zwiększyć obroty do 80/min na rycinie 17b do 100 obr/min a na rycinie 17c do 180 obr/min. Prędkość obwodowa sit wolnoobrotowych wynosi 0,65 - 0,75 m/s. Do grupy poziomych sit cylindrycznych zaliczamy jeszcze sita w postaci nieruchomych cylindrów, wewnątrz których umieszczony jest wirnik z łopatkami wywołujący ruch ziarna. Do przesiewaczy obrotowych z pionową osią obrotu należą wirówki sitowo-pneumatyczne i wirówki sitowo-wibracyjne. Sito cylindryczne z wirnikiem szczotkowym przedstawiono na rycinie 18 a kształty elementów roboczych wirówek wibracyjnych stożkowych na rycinie 19.



Ryc. 18. Sito cylindryczne z wirnikiem szczotkowym:

F_1 - frakcja ziarna celnego, F_2 - frakcja ziarna pośledniego, M_w - mieszanina wejściowa

Źródło: Grochowicz 1994



Ryc. 19. Kształty elementów roboczych wirówek wibracyjnych stożkowych

Źródło: Grochowicz 1994

6. Tryjery

Podstawową cechą rozdzielczą wykorzystywaną w tryjerach jest długość nasion. W wyniku procesu rozdzielczego w tryjerze uzyskuje się dwie frakcje - frakcję nasion długich, która pozostaje na dnie cylindra tryjera oraz frakcję nasion krótkich, która kierowana jest do rynienki znajdującej się we wnętrzu cylindra. Elementem roboczym tryjera jest pobocznica walca mająca na swojej wewnętrznej stronie wgłębienia (komórki) o różnej wielkości i różnych kształtach. Wymiary wgłębień dobiera się do gatunku rozdzielanych nasion tak, aby mieściły się w nich tylko niektóre z nich (nasiona krótkie i poślednie). We wnętrzu cylindra znajduje się rynienka z regulowanym położeniem. Do rynienki kierowane są właśnie nasiona krótkie, czyli takie, które mieszczą się we wgłębieniach i wynoszone są na pewną wysokość i spadając wychwytywane są przez rynienkę.

Biorąc jako kryterium budowę elementu roboczego tryjery dzielimy na:

- cylindryczne, w których proces rozdzielczy odbywa się wewnątrz obracającego się cylindra,
- bębnowe, w których proces rozdzielczy odbywa się na zewnętrznej stronie obracającego się bębna,
- skrzydełkowe albo łopatkowe, w których proces rozdzielczy realizowany jest przez odpowiednio ukształtowane skrzydełka,
- tarczowe, w których proces rozdzielczy realizowany jest poprzez szereg kołowych tarcz z wgłębieniami,
- taśmowe, w których proces rozdzielczy odbywa się na taśmie z wgłębieniami,
- cylindryczne ze skrzydełkami,
- szpilkowe, w których proces rozdzielczy odbywa się w cylindrze zaopatrzonym w szpilki i niektóre nasiona są nabijane i wynoszone.

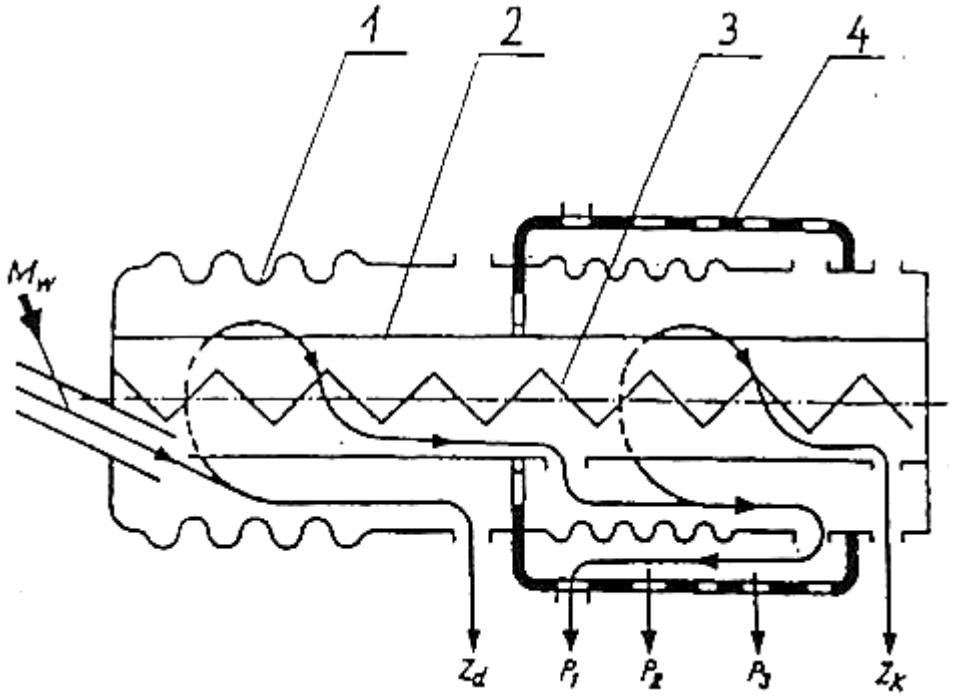
6.1. Tryjery cylindryczne

Według przeznaczenia tryjery cylindryczne dzieli się na dwie grupy:

a. do wydzielania zanieczyszczeń krótkich z materiału podstawowego np. nasiona chwastów,
b. do wydzielania materiału podstawowego z mieszaniny nasion różniących się długością np. jęczmienia z owsa.

Stąd też w praktycznym zastosowaniu znalazły się tryjery o pojedynczym i podwójnym działaniu. Tryjer o działaniu pojedynczym może wykonać tylko jedną z opisanych czynności i rozdziela mieszaninę na dwie frakcje. Z uwagi na to, że zwykle zachodzi potrzeba wykonania obydwu przedstawionych czynności, na wspólnej osi umieszcza się dwa cylindry o jednakowej średnicy, przy czym pierwszy z nich wydziela gatunek podstawowy z frakcji nasion długich a drugi wydziela z gatunku podstawowego frakcję nasion krótkich. Taki tryjer nazywany jest tryjerem o działaniu podwójnym, dzieli materiał wejściowy na trzy frakcje. Natomiast w zależności od prędkości obwodowej cylindra roboczego, tryjery dzieli się na wolnoobrotowe o prędkościach 0,4 - 0,6 m/s oraz szybkoobrotowe o prędkościach powyżej 1,2 m/s. Obecnie prawie wyłącznie stosuje się tryjery szybkoobrotowe. Jeżeli cylinder ma długość ponad 750 mm, wówczas ustawia się go pod kątem 2 - 5^{o} w stosunku do poziomu.

Zależnie od dodatkowego wyposażenia tryjery mogą być dzielone na klasy od pierwszej do piątej. Schemat tryjera o podwójnym działaniu przedstawia rycina 20.

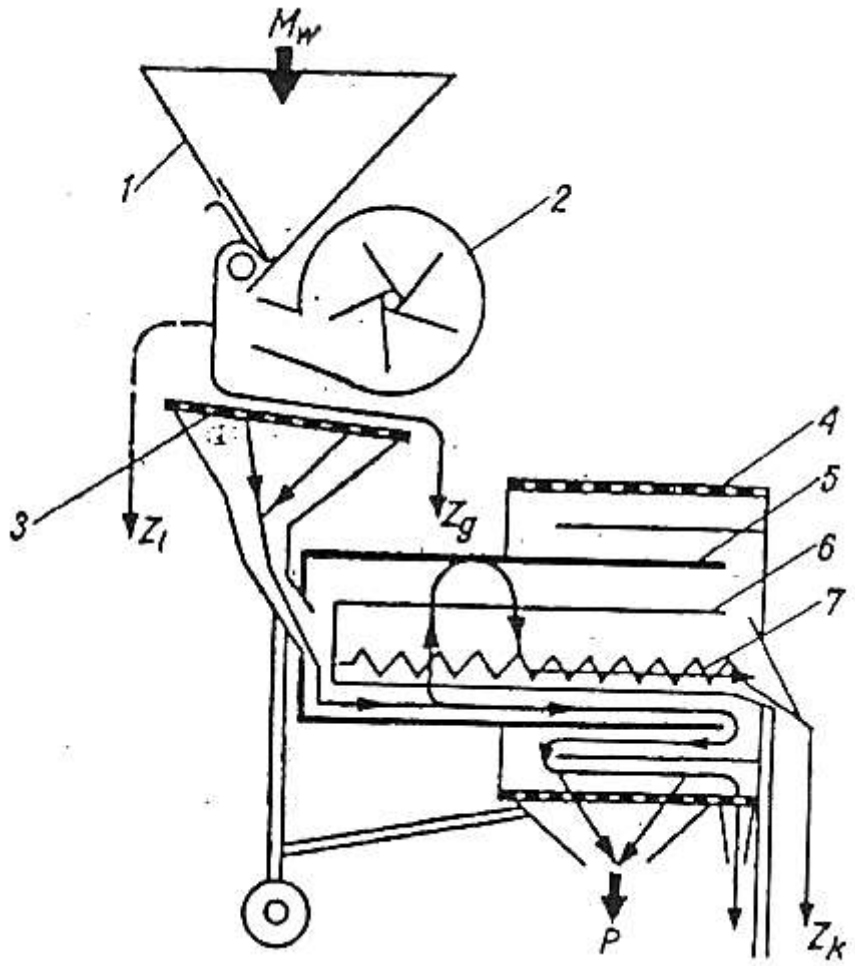


Ryc. 20. Schemat działania tryjera o działaniu podwójnym:

Z_d - nasiona długie, Z_k - nasiona krótkie i połamane, P_1,P_2,P_3 - frakcje nasion podstawowych, M_w - mieszanina wejściowa; 1 - cylinder roboczy, 2 - rynienka, 3 - ślimak przemieszczający masę w rynience, 4 - sito sortujące

Źródło: Grochowicz 1994

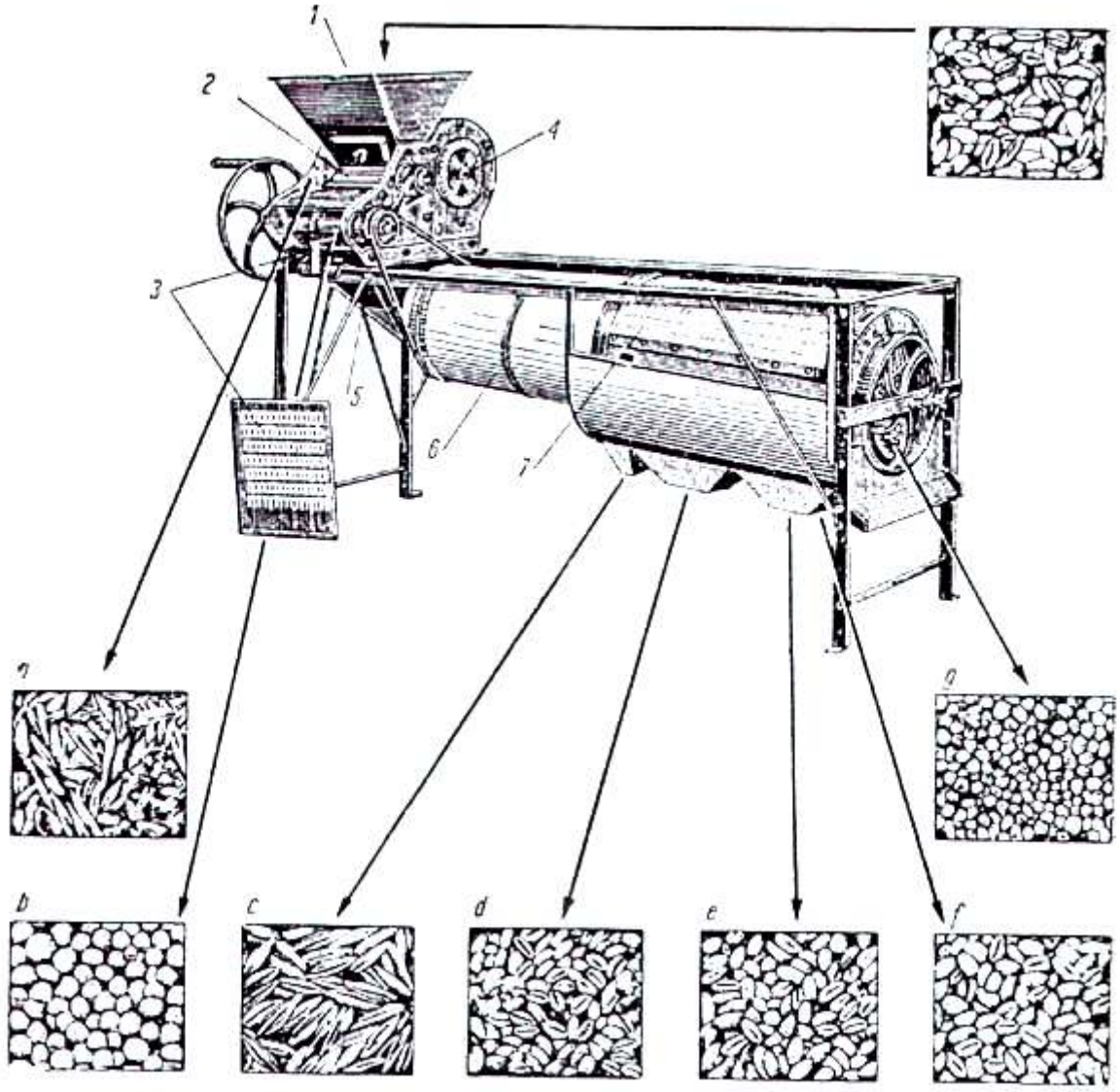
Ogólną budowę tryjera przedstawiono na rycinie 21.



Ryc. 21. Schemat działania tryjera z dodatkowym wyposażeniem:

1 - kosz zasypowy, 2 - wentylator, 3 - sito płaskie, 4 - cylindryczne sito sortujące, 5 - cylinder roboczy, 6 - rynienka, 7 - przenośnik ślimakowy; M_w - masa wejściowa, P - ziarno gatunku podstawowego, Z_l - zanieczyszczenia lekkie, Z_g - zanieczyszczenia większe od ziarna, Z_k - zanieczyszczenia krótkie

Źródło: Wójcicki 1969



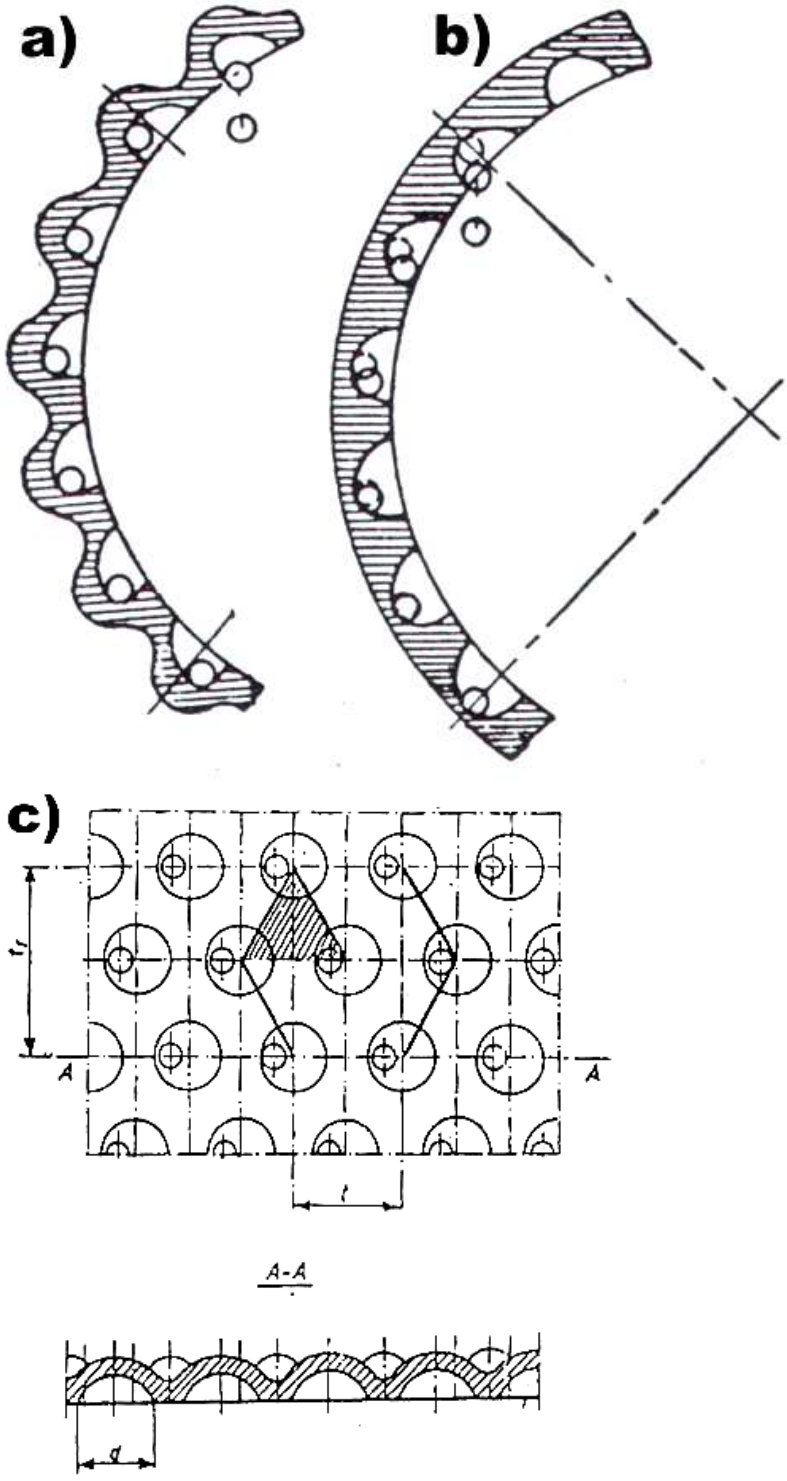
Ryc. 22. Zasada rozdziału w tryjerze podwójnego działania:

a-g frakcje rozdzielonej mieszaniny wejściowej; 1 - zbiornik zasypowy, 2 - żłobkowany wałek dozujący, 3 - sito, 4 - wentylator, 5 - kanał wprowadzający mieszaninę do cylindra, 6 - cylinder roboczy, 7 - sita sortujące

Źródło: Wójcicki 1969

Zasada działania tryjera przedstawionego na rycinie 22 jest następująca: materiał wejściowy znajdujący się w koszu zasypowym wygarniany jest w postaci równomiernej strugi przy pomocy karbowanego wałka. Z kosza masa zsypuje się na sito płaskie a dodatkowo podczas spadania owiewana jest strumieniem powietrza, który wydziela z niej zanieczyszczenia lekkie np. plewy, kurz. Na sicie następuje wydzielenie zanieczyszczeń wymiarowo większych niż ziarno gatunku podstawowego np. zgoniny. Z sita masa spada na pochylnię kierującą ją do cylindra tryjera. W cylindrze roboczym następuje właściwy proces rozdzielania masy na frakcje wymiarowo mniejsze niż nasiona gatunku podstawowego: nasiona chwastów, poślad oraz na nasiona celne gatunku podstawowego. Frakcja domieszek krótkich jest wynoszona we wgłębieniach cylindra i spada do rynienki, skąd przenośnikiem ślimakowym wyrzucana jest

na zewnątrz. Natomiast frakcja ziarna celnego zsuwa się po wewnętrznej stronie cylindra i kierowana jest do wylotu. Z wylotu ziarno spada na cylindryczne sito sortujące je na dwie lub trzy wymiarowo różne frakcje. Jest to opis pracy tryjera o działaniu pojedynczym, składającego się tylko z jednego cylindra roboczego. Tryjer podwójnego działania ma wszystkie dodatkowe urządzenia przedstawione na rycinie 22 oraz dwa cylindry ustawione albo jeden za drugim i napędzane wspólnym wałem (ryc. 20 i 22) albo jeden nad drugim i napędzane oddzielnymi wałami. Niezależnie od sposobu umieszczenia cylindrów zasada pracy jest taka sama. Ziarno z kosza zasypowego wygarniane jest wałkiem i spadając owiewane strumieniem powietrza wytwarzanym przez wentylator. Strumień powietrza wydziela zanieczyszczenia lekkie. Następnie masa spada na sito płaskie wykonujące ruch wahadłowy, gdzie wydzielane są zanieczyszczenia duże. Ziarno z zanieczyszczeniami krótkimi przesiewa się przez sito, spada na pochylnię i kierowane jest do cylindra pierwszego. W cylindrze pierwszym wgłębienia są tak dobrane do czyszczonego materiału, że nasiona krótkie np. pszenica wraz z krótkimi zanieczyszczeniami są podnoszone i spadają do rynienki a nasiona długie np. owies zsuwają się po wewnętrznej stronie cylindra i kierowane są do wylotu znajdującego się w końcowej jego części. Jest to frakcja opisana na rycinie 20 jako Zd Natomiast mieszanina znajdująca się w rynience przesuwana jest ślimakiem i przez wcięcie w dnie rynienki spada do cylindra drugiego. Wgłębienia w tym cylindrze są tak dobrane, że mieszczą się w nich zanieczyszczenia krótkie, które są wynoszone i kierowane powtórnie do rynienki, skąd wygarniane są ślimakiem na zewnątrz (frakcja Z_k). Natomiast ziarno gatunku podstawowego np. pszenicy zsuwa się po wewnętrznej stronie cylindra i wylotem spada na sito cylindryczne, gdzie sortowane są na frakcje wielkościowe (P_1,P_2,P_3). Ruch nasion po sicie wymuszony jest ślimakiem zamocowanym do zewnętrznej strony cylindra drugiego. W ten sposób uzyskano przeciwny kierunek ruchu nasion na sicie cylindrycznym w stosunku do ruchu nasion wewnątrz cylindra, który to ruch spowodowany jest naporem nasion i pochyleniem cylindra roboczego. Dla właściwej pracy tryjera oprócz doboru cylindrów z odpowiednimi wgłębieniami, koniecznym jest ustawienie rynienki wewnątrz cylindra. Stąd w tryjerach uniwersalnych przeznaczonych do czyszczenia różnych gatunków nasion rynienka mocowana jest wahliwie, co pozwala na właściwe jej ustawienie w zależności od wymiarów frakcji mieszaniny wejściowej. Podstawowymi parametrami roboczymi cylindra tryjera są wymiary i kształt wgłębień. Wgłębienia mogą być frezowane lub wytłaczane na zimno. Wykonuje się je w rozwiniętym arkuszu blachy (stalowa lub cynkowa), który po obróbce jest zwijany w cylinder i lutowany lub spawany. Większość stosowanych cylindrów ma otwory wytłaczane i rozmieszczone według określonego sposobu. Sposób rozmieszczenia wgłębień przedstawiono na rycinie 23.



Ryc. 23. Przykład rozmieszczenia wgłębień w cylindrze tryjera:

a - wtłaczane, b - wiercone (frezowane), c - rozmieszczenie wgłębień: t - odległość otworów w rzędzie, t_1 - odległość pomiędzy rzędami wgłębień o takim samym rozmieszczeniu otworów, d - średnica wgłębienia

Źródło: a,b - Wójcicki 1969, c - Grochowicz 1994

Wgłębienia rozmieszczone są w wierzchołkach sześcioboku foremnego, przy czym każde trzy sąsiednie wgłębienia leżą na wierzchołkach trójkąta równobocznego. Odległość między sąsiednimi wgłębieniami w rzędzie wynosi:

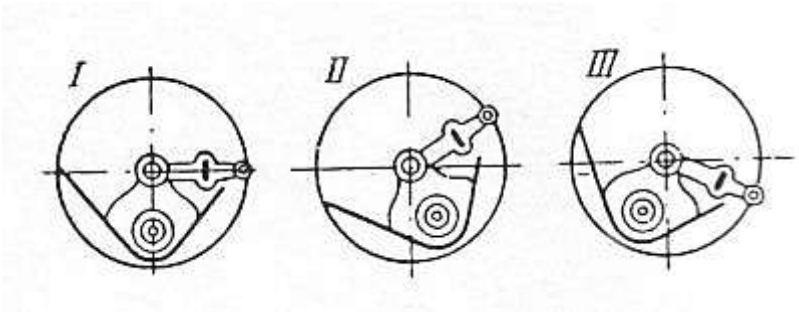
$$t = 0{,}6(1 + 2d) \text{ [mm]}$$

a rozmieszczenie rzędów:

$$t_1 = 1{,}04(1 + 2d) \text{ [mm]}$$

gdzie: d - średnica wgłębienia

Frakcja domieszek krótkich wynoszonych przez wgłębienia wypada i wychwytywana jest przez następną rynienkę, skąd kierowana jest poza cylinder roboczy. Masa w rynience może być przemieszczana przy użyciu ślimaka, bądź też w wyniku ruchu drgającego rynienki, która pochylona jest w stronę wylotu pod kątem 3 - 5^o do poziomu. Rynienka powinna być tak zaprojektowana i ustawiona wewnątrz cylindra aby odległość ścianek rynny od powierzchni roboczej cylindra wynosiła najwyżej 10 mm. Położenia rynienki przedstawiono na ryc. 1.23. W celu zwiększenia wydajności, cylindrom tryjera oprócz ruchu obrotowego można jeszcze nadać poosiowy ruch wahadłowy. W tab.3 i 4 przedstawiono parametry robocze cylindrów tryjerów.



Ryc. 24. Położenia rynienki tryjera:

I - środkowe, II - obniżone, III - za wysokie

Źródło: Wójcicki 1969

Tabela 3. Wymiary cylindrów tryjerów (wg J. Grochowicza)

Długość cylindra L (mm)	Powierzchnia robocza cylindra F (m^2) przy wewnątrznej średnicy D_c (mm)			
	400	500	600	800
750	0,895	1,120	—	—
1500	1,790	2,240	2,685	—
2250	—	3,350	4,025	5,370
3000	—	—	5,370	7,160

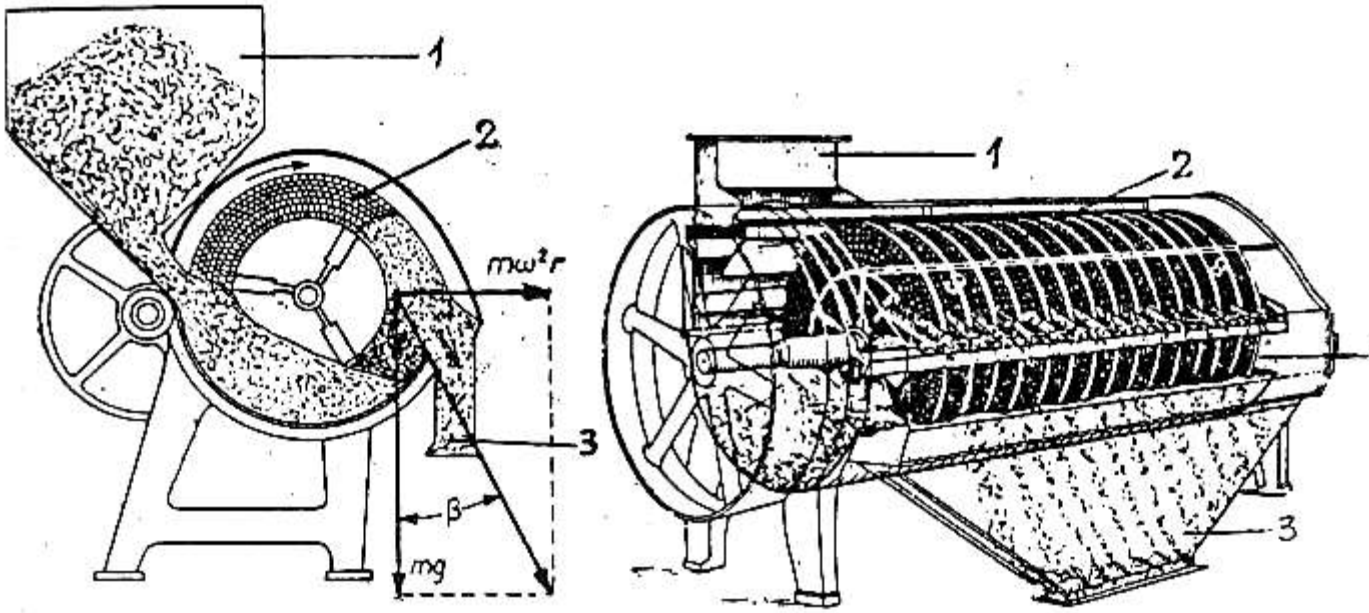
Tabela 4. Zalecane wymiary wgłębień cylindrów do rozdzielania nasion różnych gatunków roślin uprawnych (wg J. Grochowicza)

Gatunek	Średnica wgłębień (mm) do wydzielania		Długość nasion
	zanieczyszczeń długich	zanieczyszczeń krótkich	
Pszenica ozima	8,0; 8,5; 9,0	4,5; 5,0	4,2 — 8,6
Pszenica jara	8,0; 8,5; 9,0	4,0; 4,5	4,0 — 8,6
Żyto	8,5; 9,0; 9,5	5,0; 5,6; 6,3	5,0 — 9,8
Jęczmień	11,2; 11,8; 12,5	5,6; 6,3; 7,1	8,4 — 10,8
Owies	—	8,0; 8,5; 9,0; 9,5; 10,5	8,0 — 18,6
Gryka	8,5	5,0	4,2 — 6,2
Proso	3,15; 3,5	2,2; 2,5	1,8 — 3,2
Soczewica	8,0	4,5	5,2 — 8,5
Wyka	8,5	4,5	2,9 — 4,0
Seradela	6,0	3,0; 4,0[1]	2,5 — 3,1
Len włóknisty	5,0	3,0; 3,5	3,0 — 5,0
Konopie	—	3,15; 3,5	2,8 — 6,5
Gorczyca	2,5	—	1,2 — 2,8
Koniczyna czerwona	2,5; 2,8	1,3; 1,5	1,6 — 2,3
Koniczyna biała	2,0	—	1,2 — 1,4
Esparceta	8,5	4,5; 5,0	5,1 — 7,1
Lucerna siewna	2,5; 2,8	1,5; 1,8	2,3 — 2,8
Tymotka	2,2; 2,5	1,3	1,0 — 2,4
Stokłosa bezostna	—	6,3	6,1 — 8,2
Kupkówka	8,0; 10,0	3,0; 3,5	4,5 — 6,1
Kostrzewa łąkowa	9,0; 11,0	3,5; 4,0	4,7 — 6,8
Wiechlina łąkowa	3,15; 3,5	1,8; 2,0	2,5 — 3,2

[1] Tylko do wydzielania rdestu

6.2. Tryjery tarczowe

Elementem roboczym tryjera tarczowego jest płaska tarcza z rozmieszczonymi na niej po obydwu stronach kieszonkowatymi wgłębieniami. Tryjer tarczowy składa się z szeregu tarcz osadzonych równolegle na wspólnym poziomym wale. Tarcze pracują w cylindrycznej osłonie a w przestrzeniach międzytarczowych usytuowane są rynienki. Tarcze dolną częścią zagłębiają się w mieszaninie. Podczas obrotu tarcz do kieszonek wpadają cząstki frakcji drobnej, po czym wynoszone są i spadają na rynienki, skąd zsuwają się do wspólnego wylotu. Frakcja nasion podstawowych zsuwa się po wewnętrznej stronie cylindrycznej osłony do wylotu. Po wypadnięciu nasiona mogą być sortowane na frakcje wielkościowe. Zewnętrzna średnica tarcz może wynosić 380, 460 i 600 mm. Liczba tarcz tryjera wynosi 12 - 30 sztuk. Tryjery tarczowe mogą być tryjerami o działaniu pojedynczym lub podwójnym. Ogólna zasada pracy tryjera tarczowego jest podobna do pracy tryjera cylindrycznego. Schemat budowy i zasady działania przedstawia rycina 25.



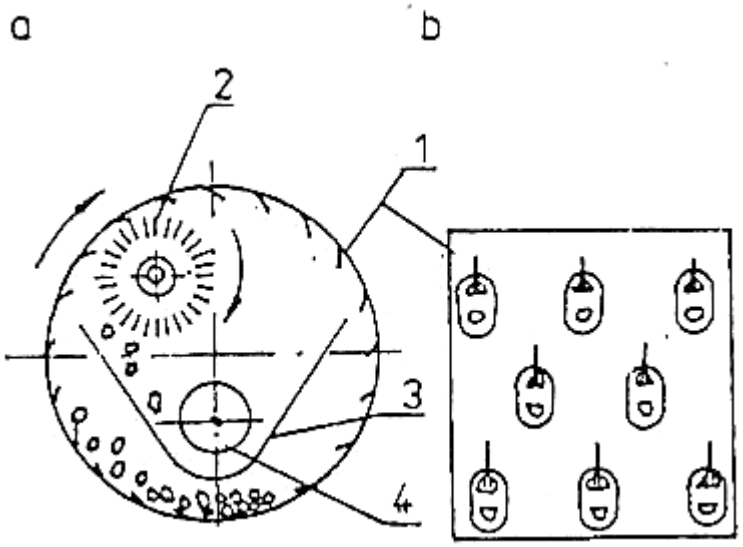
Ryc. 25. Budowa i działanie tryjera tarczowego o pojedynczym działaniu:

1 - kosz zasypowy, 2 - tarcza robocza, 3 - wylot frakcji drobnej, 4 - wylot nasion celnych

Źródło: Wójcicki 1958

6.3. Tryjery szpilkowe

Tryjery szpilkowe są to maszyny, w których proces rozdzielczy realizowany jest w obracającym się cylindrze, mającym zamiast wgłębień wewnętrzną powierzchnię pokrytą igłami ustawionymi pod pewnym kątem. Tryjery te stosuje się wyłącznie do wydzielania z nasion roślin strączkowych wszystkich tych nasion, które są uszkodzone mechanicznie lub nadgryzione przez szkodniki. Schemat tryjera szpilkowego przedstawiono na rycinie 26.



Ryc. 26. Schemat tryjera szpilkowego:

a - przekrój poprzeczny, b - sposób umieszczenia i mocowania szpilek; 1 - cylinder roboczy, 2 - szczotka zgarniająca, 3 - rynienka, 4 - przenośnik

Źródło: Grochowicz 1994

Zasada działania tryjera szpilkowego jest następująca: nasiona wprowadzane są do wnętrza cylindra wykonującego ruch obrotowy, gdzie podlegają selektywnemu działaniu szpilek. Nasiona gładkie bez uszkodzeń przesuwają się po dnie cylindra w stronę wylotu, natomiast nasiona uszkodzone nabijane są na szpilki i wynoszone. Na pewnej wysokości w cylindrze znajduje się obrotowa szczotka zgarniająca nabite nasiona ze szpilek i kierująca je do rynienki. Z rynienki przenośnikiem wyrzucane są na zewnątrz maszyny. Szpilki ustawione są w szachownicę, w płaszczyznach prostopadłych do osi obrotu cylindra, ostrzami w kierunku zgodnym z ruchem cylindra. Średnica cylindra wynosi 905 mm a jego prędkość obrotowa 11 obr/min.

7. Czyszczalnie złożone

Czyszczalnie złożone są to maszyny czyszczące wykorzystujące w procesie rozdzielczym więcej niż jedną cechę lub właściwość masy ziarnistej. W zależności od przyjętych właściwości masy i kolejności ich wykorzystania możemy tu wyróżnić:

- rozdzielacze sitowo-pneumatyczne,
- rozdzielacze sitowo-pneumatyczne z tryjerami.

Zatem rozdzielacze sitowo-pneumatyczne posiadają zarówno wentylator wytwarzający ssący lub tłoczący strumień powietrza jak i sita. Obydwie czynności, to jest rozdzielanie w strumieniu powietrza i na sitach mogą przebiegać niezależnie od siebie lub też równocześnie.

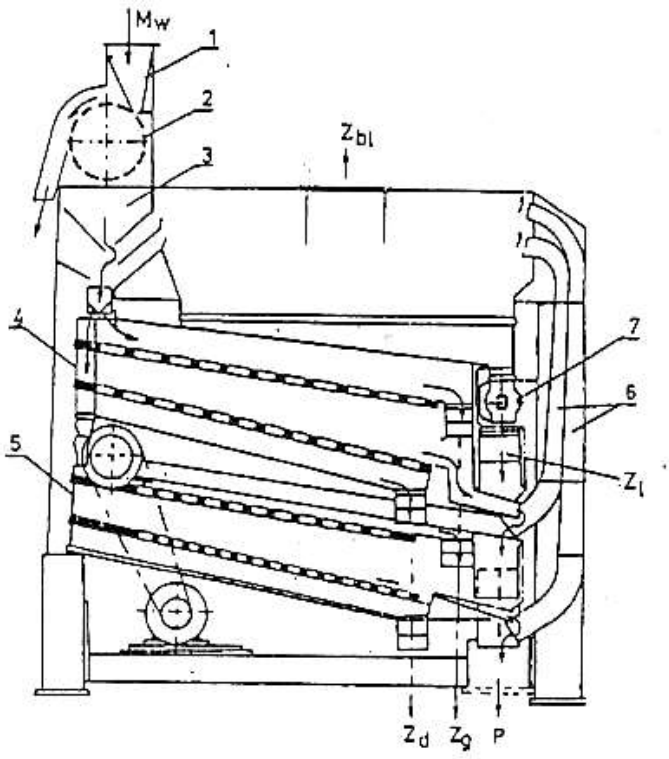
Biorąc pod uwagę przebieg czynności, rozdzielacze sitowo-pneumatyczne można podzielić na dwie grupy:

- rozdzielacze z niezależnym układem sitowym i pneumatycznym,
- rozdzielacze z układem sitowym przedmuchiwanym strumieniem powietrza.

Jeżeli przyjąć za kryterium podziału sposób łączenia i kolejności oddziaływania na mieszaninę sit i strumienia powietrza, uzyskamy następujące warianty:

- sito - kanał pneumatyczny,
- sito - kanał pneumatyczny - sito,
- kanał pneumatyczny - sito,
- kanał pneumatyczny - sito - kanał pneumatyczny,
- kanał pneumatyczny - kanał pneumatyczny - sito,
- sito - sito - kanał pneumatyczny

Przykładem czyszczalni z niezależnym układem sitowym i pneumatycznym jest czyszczalnia przedstawiona na rycinie 27.



Ryc. 27. Schemat czyszczalni złożonej (Heid):

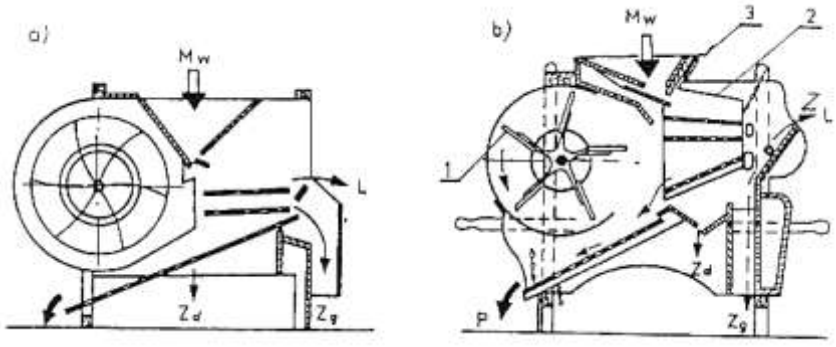
1 - kosz zasypowy, 2 - sito cylindryczne obrotowe, 3 - kaskadowy układ I aspiracji, 4,5 - kosze dwusitowe, 6 - równoległe kanały pneumatyczne II aspiracji, 7 - zawór ciągu zanieczyszczeń lekkich, M_w - masa wejściowa, Z_g - zanieczyszczenia grube, Z_l - zanieczyszczenia lekkie, Z_{bl} - zanieczyszczenia bardzo lekkie, Z_d - domieszki drobne, P - nasiona gatunku podstawowego

Źródło: Grochowicz 1994

Przedstawiona na rycinie 27, czyszczalnia składa się z następujących zespołów w kolejności:

- sito cylindryczne wstępnego czyszczenia,
- zespół czyszczenia pneumatycznego,
- zespół dwu równolegle pracujących zestawów sit,
- dwu kanałów pneumatycznych sortujących materiał schodzący z pierwszego i drugiego kosza sitowego.

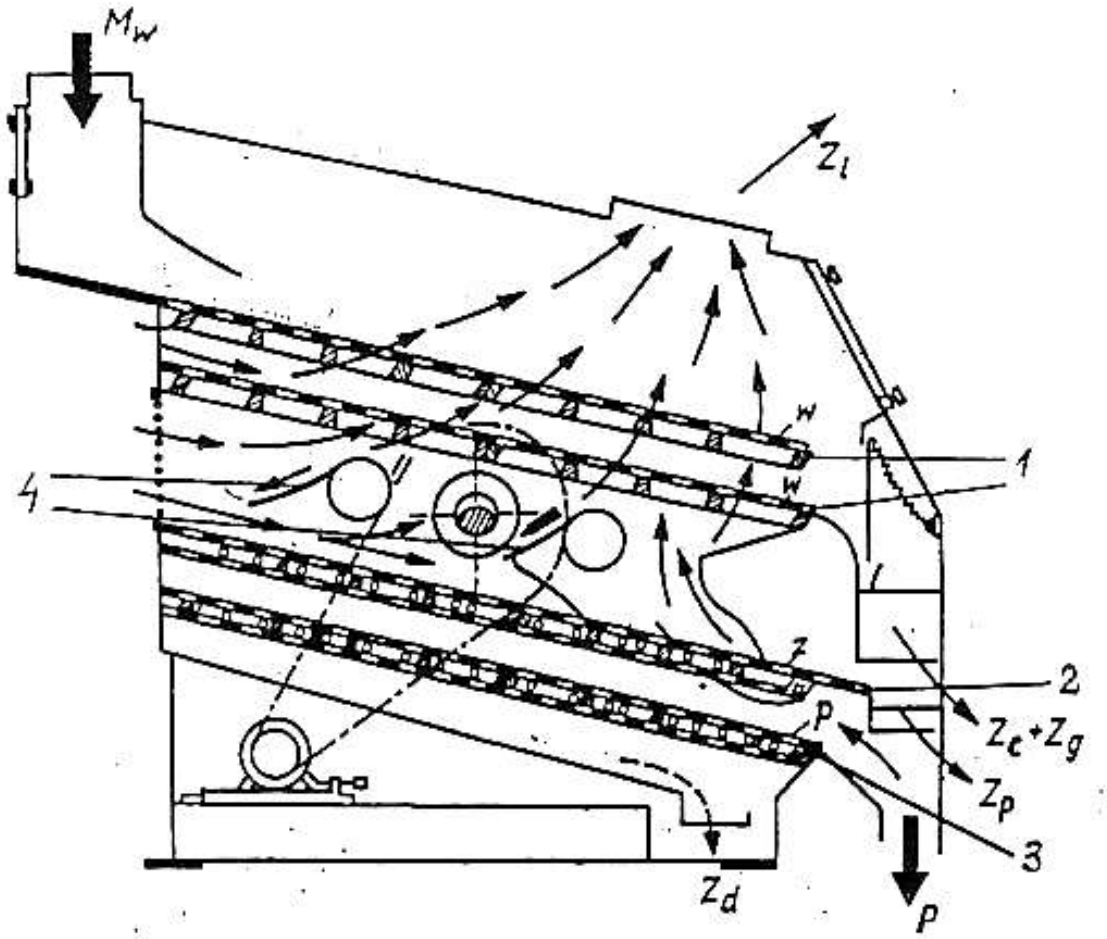
Kosze sitowe są napędzane przeciwbieżnie i wyposażone w sita ziarnowe i piaskowe. Zasada działania czyszczalni przedstawionej na rycinie 27 jest następująca: z kosza zasypowego (1) masa dostaje się na sito cylindryczne (2) o zasilaniu zewnętrznym. Na sicie tym oddzielane są zanieczyszczenia grube (zgoniny, obce duże nasiona) i poprzez ruch obrotowy sita, wyrzucane wylotem na zewnątrz. Pozostała masa ziarnista przesiewa się przez sito i dostaje się do kaskadowego kanału I aspiracji (3). W kanale tym wydzielone są zanieczyszczenia bardzo lekkie i lekkie, z których zanieczyszczenia bardzo lekkie wyrzucane są na zewnątrz a zanieczyszczenia lekkie gromadzone są w komorze pneumatycznej. Pozostała masa spada na sita (4,5), na których jest rozdzielana. Na sicie pierwszym wydzielane są zanieczyszczenia grube (Z_g) i wyrzucone na zewnątrz. Na sicie drugim zatrzymane są nasiona celne wymiarowo największe, które zsuwają się z niego i dostają w strefę działania strumienia powietrza kanału II aspiracji (6). Tu wydzielone są nasiona wymiarowo równe nasionom celnym ale od nich lżejsze (puste lub słabo wypełnione). Frakcja lekka kierowana jest do komory pneumatycznej a frakcja właściwa do wylotu (P). Przez sito drugie przesiewa się frakcja drobna (poślad, nasiona chwastów) i kierowana do wylotu (Zd). Komora pneumatyczna opróżniana jest poprzez zawór (7). Masa w zależności od wymiarów kierowana jest albo na sita górne albo na sita dolne. Zasada ich działania jest taka sama z tym, że z sitami dolnymi współpracuje inny kanał aspiracji II. W czyszczalni tej wykorzystano właściwości aerodynamiczne, cechy geometryczne i ciężar właściwy mieszaniny ziarnistej. Przedstawicielem czyszczalni z układem sitowym przedmuchiwanym strumieniem powietrza jest wialnia przedstawiona na rycinie 28 i wialnia wibracyjna przedstawiona na rycinie 29. W tej grupie rozdzielaczy strumień powietrza i zespół sitowy tworzą jedną całość. Sita przedmuchiwane są ukośnym strumieniem powietrza, który wydziela zanieczyszczenia lekkie ale nie sortuje nasion.



Ryc. 28. Schemat wialni:

a - trzysitowej, b - czterositowej; 1 - wentylator, 2 - kosz sitowy, 3 - dozownik; M_w - masa wejściowa, Z_l - zanieczyszczenia lekkie, Z_g - zanieczyszczenia grube, Z_d - zanieczyszczenia drobne

Źródło: Grochowicz 1994



Ryc. 29. Schemat wialni wibracyjnej:

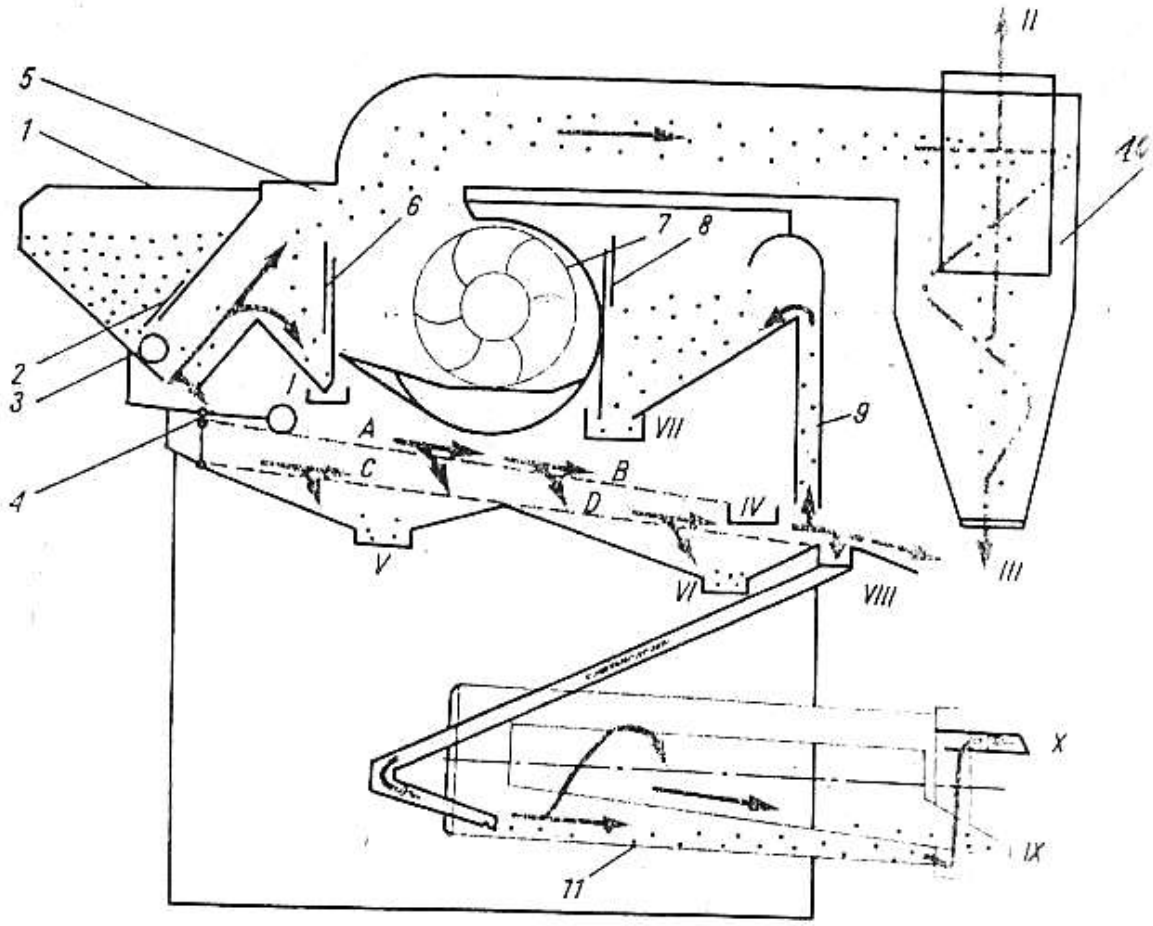
M_w - masa wejściowa, Z_l - zanieczyszczenia lekkie, Z_c - zanieczyszczenia ciężkie, Z_g - zanieczyszczenia duże, Z_d - zanieczyszczenia drobne, Z_p - zanieczyszczenia nieco większe od ziarna, P - nasiona właściwe, 1(w) - sita czyszczenia wstępnego, 2(z) - sito ziarnowe, 3(p) - sito piaskowe, 4 - przegrody kierujące

Źródło: Grochowicz 1994

Zasada działania wialni przedstawionej na rycinie 28 jest następująca: masa wejściowa z kosza zasypowego poprzez regulowaną szczelinę spada na sito pierwsze będące sitem wstępnego czyszczenia. Na sicie tym owiewanym strumieniem powietrza wydzielane są zanieczyszczenia lekkie (Z_l) porywane przez strumień powietrza i zanieczyszczenia duże zatrzymane na sicie i skierowane do wylotu (Z_g). Masa, która przesiała się przez sito pierwsza spada na sito drugie również owiewane strumieniem powietrza wytwarzanym przez wentylator. Na sicie drugim oddzielone są zanieczyszczenia wymiarowo większe od nasion celnych (Z_g) i kierowane do wylotu. Nasiona celne i nasiona drobne spadają na sito trzecie i na nim wydzielane są zanieczyszczenia drobne (Z_d), natomiast nasiona właściwe zsuwają się z niego i wypadają przed maszynę. Jeżeli jest czwarte sito, to spełnia ono rolę sita sortującego. Strumień powietrza ułatwia rozdzielenie nasion od zanieczyszczeń dużych i wydziela zanieczyszczenia lekkie, które wynosi poza maszynę. W wialni wykorzystano własności aerodynamiczne i cechy geometryczne czyszczonej mieszaniny. Na rycinie 29 przedstawiono wialnię, która różni się od wialni przedstawionej na rycinie 28 tym, że jej sita

wprawiane są w drgania (wibracje). Kosz sitowy tej maszyny podparty jest na czterech sprężynach. Wał napędowy wprawia kosz sitowy w drgania kołowe w płaszczyźnie pionowej, wytwarzane mimośrodami zamocowanymi na koszu sitowym. Wialnia ta nie ma własnego wentylatora, lecz podłączona jest do centralnej sieci pneumatycznej magazynu (elewatora). Strumień powietrza owiewa obydwa górne sita na całej ich długości oraz końcówkę sita ziarnowego (zbożowego). Zasada pracy tej wialni jest podobna jak i innych maszyn tego typu. Masa wejściowa kierowana jest na dwa sita górne wstępnego czyszczenia. Sita te owiewane są strumieniem powietrza. Strumień powietrza rozluźnia masę i wydziela z niej zanieczyszczenia lekkie (Z_l), które wyrzucane są na zewnątrz. Na sitach zatrzymywane są zanieczyszczenia duże (Z_c i Z_g), które zsuwają się z nich i wylotem spadają poza maszynę. Ziarno podstawowe i zanieczyszczenia drobne przesiewają się przez sita i pochylniami kierowane są na sito trzecie ziarnowe (z). Na sicie trzecim wydzielane są domieszki nieco większe od ziarna podstawowego, które zsuwają się po nim i wylotem (Z_p) usuwane są z maszyny. Ziarno podstawowe oraz domieszki drobne przesiewają się i spadają na sito czwarte, gdzie zatrzymywane jest ziarno podstawowe, które zsuwa się po nim i wypada wylotem (P). Natomiast zanieczyszczenia drobne (Z_d) przesiewają się przez sito, spadają na pochylnię, skąd kierowane są do wylotu (Z_d). Dużą grupę złożonych maszyn czyszczących stanowią czyszczalnie sitowo-pneumatyczne z tryjerami. Najczęściej stosowanym układem pod względem kolejności działania zespołów rozdzielających jest układ: - kanał powietrzny I - sita płaskie - kanał powietrzny II - tryjer.

Tryjer może być mocowany albo na przedłużeniu sit albo też pod nimi. Czyszczalnie złożone o dużych wydajnościach mają dwa równolegle ustawione tryjery. Przykłady czyszczalni złożonych przedstawiono na rycinach 30 i 31.



Ryc. 30. Schemat działania czyszczalni złożonej:

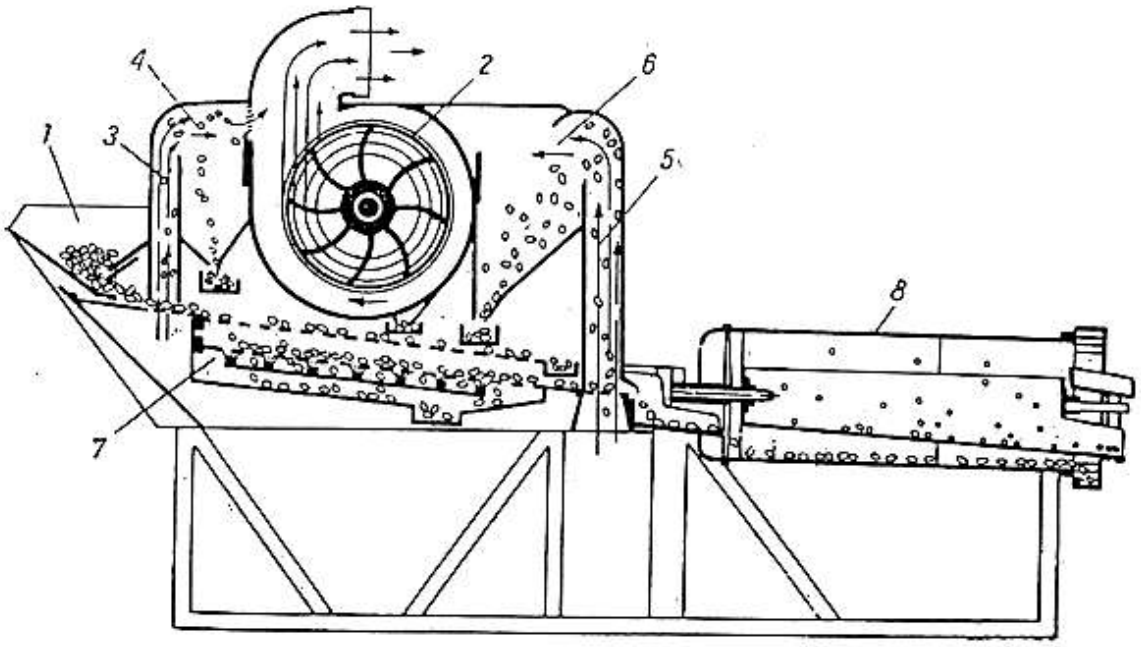
1 - kosz zasypowy, 2 - zasuwa szczeliny kosza, 3 - karbowany wałek wygarniający, 4 - młotkowe bijaki wstrząsowe sita, 5 - kanał powietrzny I (aspiracyjny), 6,8 - zasuwy regulacyjne wentylatora, 7 - wentylator, 9 - kanał powietrzny II (aspiracyjny), 10 - osadnik (cyklon), 11 - cylinder tryjera, 12 - rynienka; A,B - sita czyszczenia wstępnego, C - sito piaskowe, D - sito pośladowe; I - ziarno najlżejsze, II - zanieczyszczenia najlżejsze, III - zanieczyszczenia lekkie, IV - zanieczyszczenia duże, V - zanieczyszczenia drobne ciężkie, VI - ziarno poślednie, VII - ziarno lekkie (niewypełnione), VIII - ziarno konsumpcyjne, IX - zanieczyszczenia krótkie (poślad), X - ziarno celne (siewne)

Źródło: Łaszczyk 1979

Zasada pracy czyszczalni przedstawionej na rycinie 30 jest następująca: masa wejściowa z kosza zasypowego (1) poprzez regulowaną szczelinę (2) roboczą, wygarniana jest żłobkowanym wałkiem (3) i dostaje się do pierwszego kanału powietrznego (5). Ssący strumień powietrza wytwarza wentylator odśrodkowy (7). Strumień powietrza porywa zanieczyszczenia lekkie, które po drodze są rozdzielane na najlżejsze ziarno (I), najlżejsze zanieczyszczenia (II-pył) i zanieczyszczenia lekkie (III-plewy) zbierane w osadniku (10). Frakcje I i II wyrzucane są na zewnątrz. Pozostała masa spada na sita wstępnego czyszczenia (A,B). Na sitach wstępnych, z których sito B może być zastąpione pochylnią, oddzielane są zanieczyszczenia wymiarowo duże IV zwane zgoninami i skierowane do wylotu. Pozostała

masa przesiewa się na sito C, przez które przesiewają się zanieczyszczenia drobne (V) i ciężkie typu piasek i nasiona chwastów, które wylotem usuwane są z maszyny. Pozostała masa, w tym ziarno podstawowe, przesuwa się na sortujące sito D. Na sicie D oddzielany jest poślad, który przesiewa się przez nie i wypada wylotem VI. Masa ziarna podstawowego zsuwa się po sicie D i dostaje się do drugiego kanału powietrznego (9), gdzie oddzielone są nasiona wymiarowo równe frakcji podstawowej ale od nich lżejsze (słabo wypełnione). Nasiona te porywane są strumieniem powietrza i kierowane do wylotu VII. Jeżeli czyszczone ziarno jest przeznaczone do konsumpcji, to proces czyszczenia jest zakończony i ziarno kierowane jest do wylotu VIII, gdzie jest workowane lub odbierane i przesyłane do składowania. Jeżeli jest to ziarno siewne, to frakcja VIII kierowana jest pochylnią do cylindra tryjera (11), w których następuje doczyszczenie. Poślad i pozostałe zanieczyszczenia krótkie wynoszone są wgłębieniami i spadają do rynienki (12), skąd wylotem IX wypadają na zewnątrz. Frakcja ziarna celnego przesuwa się po dnie cylindra (11), skąd zsypuje się do przenośnika bębnowo-łopatkowego, który wynosi je do dwukanałowego workownika X. Ziarno jest workowane lub odbierane i przesyłane do przechowywania luzem. W celu zwiększenia wydajności, sita wprawiane są w ruch wibracyjny. Sita górne (wstępnego czyszczenia) są oczyszczane z zakleszczonych nasion lub zanieczyszczeń przez drgania wywoływane uderzeniami bijakowych młotków gumowych a sita dolne przy pomocy szczotek wykonujących ruch posuwisto-zwrotny od strony dolnej.

Czyszczalnia przedstawiona na rycinie 31 działa podobnie jak czyszczalnia z ryciny 30 ma tylko inny układ przestrzenny położenia tryjera.

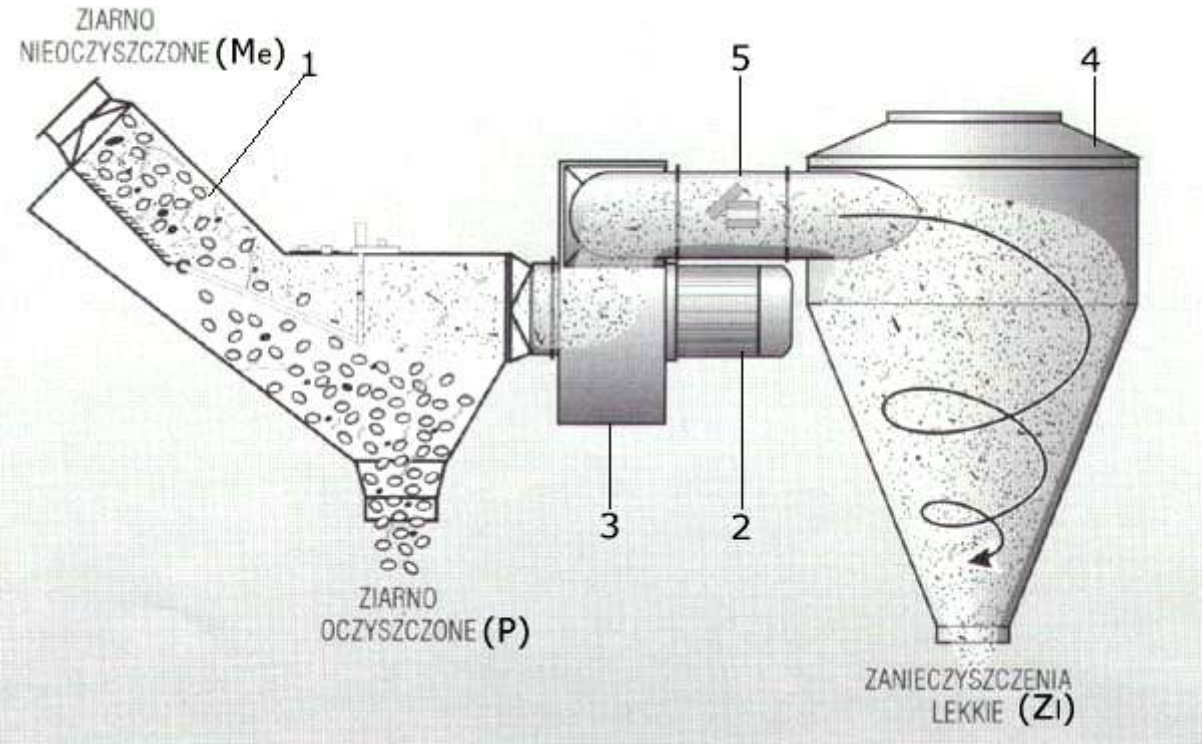


Ryc. 31. Schemat działania czyszczalni Petkus:

1 - kosz zasypowy, 2 - wentylator ssący, 3 - pierwszy kanał aspiracyjny, 4 - osadnik pierwszej komory aspiracyjnej, 5 - drugi kanał aspiracyjny, 6 - osadnik drugiej komory aspiracyjnej, 7 - zespół sit sortujących, 8 - tryjer

Źródło: Wójcicki 1969

Na rycinie 32 przedstawiono wialnię wstępnego czyszczenia, a na rycinach 33 i 34 czyszczalnię złożoną intensywnego czyszczenia.

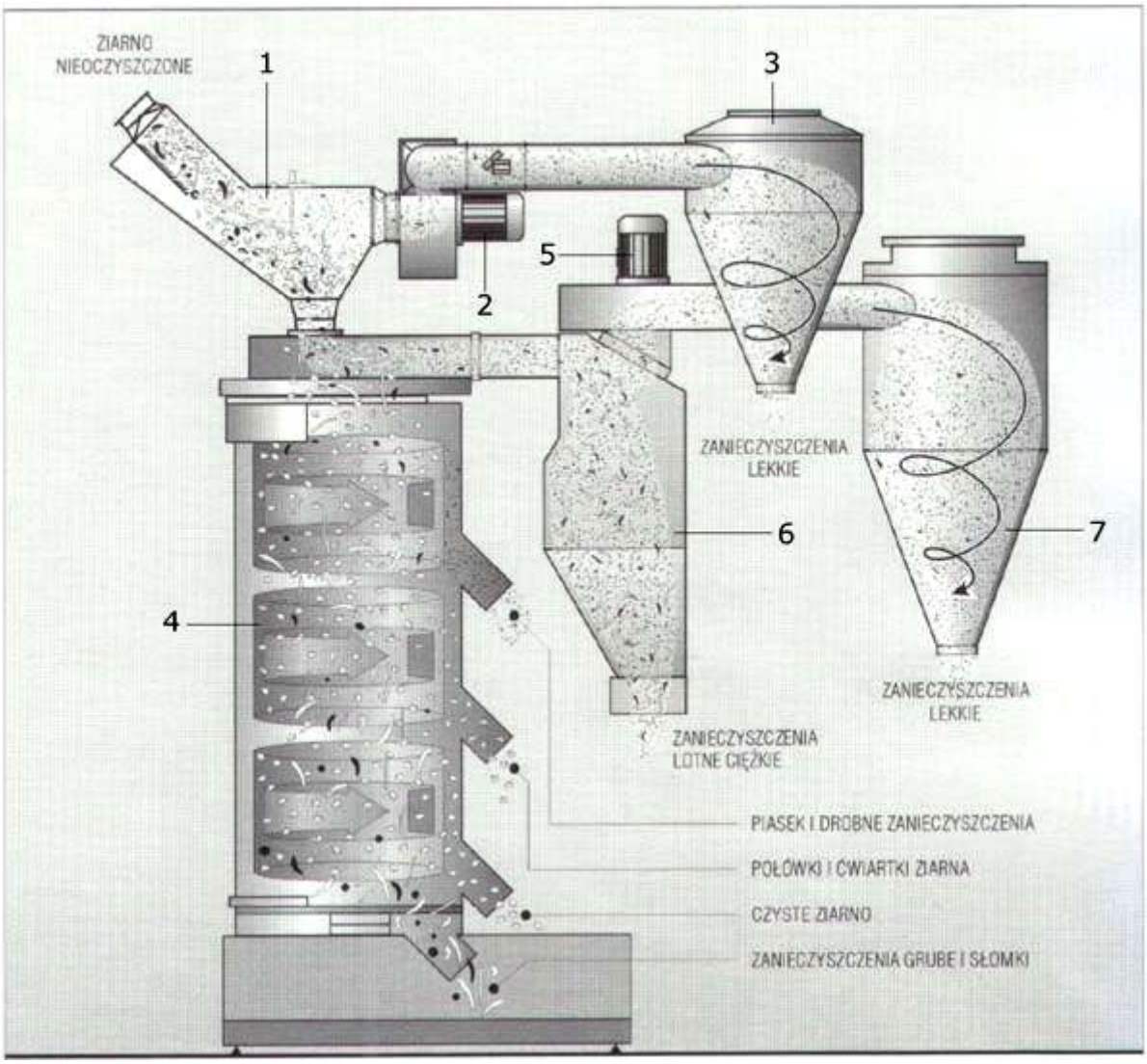


Ryc. 32. Schemat działania i budowa wialni KOM:

1 - komora sitowo-pneumatyczna, 2 - silnik, 3 - wentylator, 4 - cyklon, 5 - przewód pneumatyczny; Me - masa wejściowa, P - ziarno oczyszczone, Zl - zanieczyszczenia lekkie.

Źródło: Karta techniczna PPW "ARAJ" Wrocław

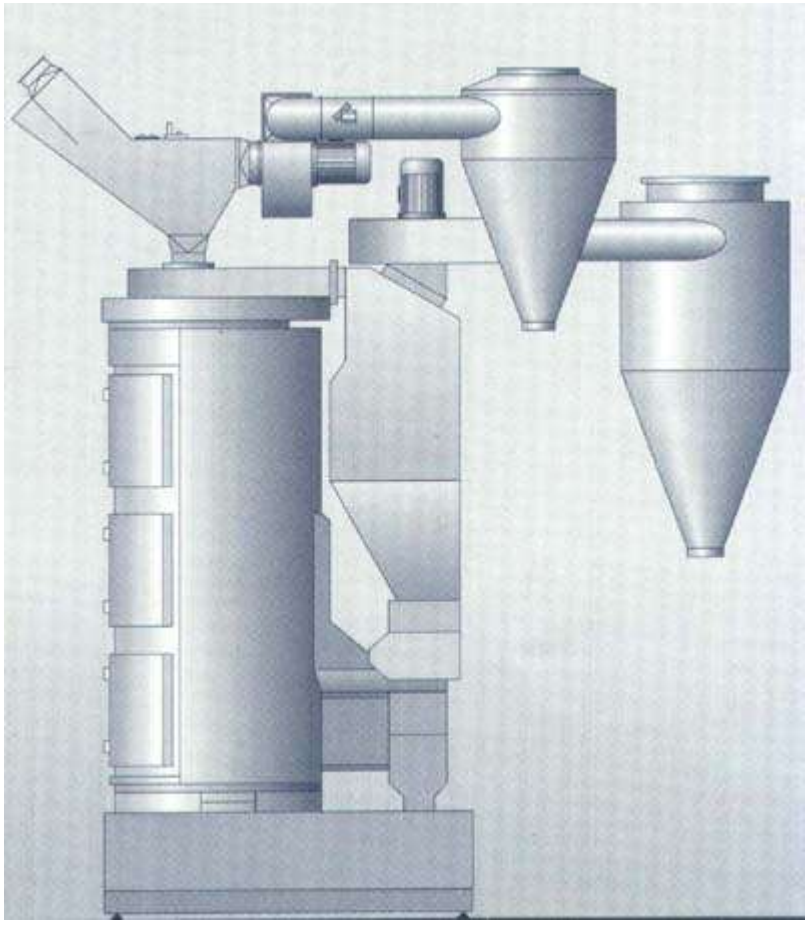
Wialnia przedstawiona na rycinie 32 składa się z komory sitowo - pneumatycznej, zespołu napędowego, wentylatora wytwarzającego ssąco - tłoczący strumień powietrza, cyklonu do oddzielania zanieczyszczeń lekkich oraz regulatora. Przeznaczona jest ona do wstępnego czyszczenia (wydzielania zanieczyszczeń lekkich takich jak plewy, kawałki słomy, pył) z nasion zbóż, rzepaku, słonecznika, grochu, kukurydzy. Zasada działania tej maszyny jest następująca: mieszanina wejściowa (Me) wprowadzana jest do maszyny od strony wlotowej (komora sitowo - pneumatyczna), w której działa ssący strumień powietrza. Po regulowanej pochylni sitowej zsuwająca się masa rozdzielana jest na frakcję zanieczyszczeń lekkich (Zl) kierowanych do cyklonu gdzie jest wydzielana oraz frakcję nasion oczyszczonych (P), wypadających poza maszynę lub kierowanych do dalszego oczyszczania o ile przewiduje to stosowana technologia. Czyszczalnia złożona przedstawiona na rycinach 33 i 34 przeznaczona jest do czyszczenia nasion wszystkich gatunków roślin przeznaczonych do przetwórstwa, a przy użyciu dodatkowego tryjera dla celów siewnych.



Ryc. 33. Schemat budowy i zasada działania czyszczalni złożonej CZA 25:

1 - wialnia wstępnego czyszczenia, 2 - zespół napędowy wialni, 3 - cyklon wialni, 4 - zespół sit wibracyjno - odśrodkowych (48 sit wymiennych), 5 - zespół napędowy czyszczalni, 6 - odstojnik zanieczyszczeń lotnych ciężkich, 7 - cyklon czyszczalni.

Źródło: Karta techniczna PPW "ARAJ" Wrocław



Ryc. 34. Widok czyszczalni złożonej CZA 25

Źródło: Karta techniczna PPW "ARAJ" Wrocław

Maszyna składa się z: wialni wstępnego czyszczenia KOM z cyklonem, czyszczalni wielositowej z trzema sekcjami wibracyjno - odśrodkowych sit, odstojnika zanieczyszczeń lotnych ciężkich, cyklonu zanieczyszczeń lekkich. W czyszczalni masa rozdzielana jest na następujące frakcje:

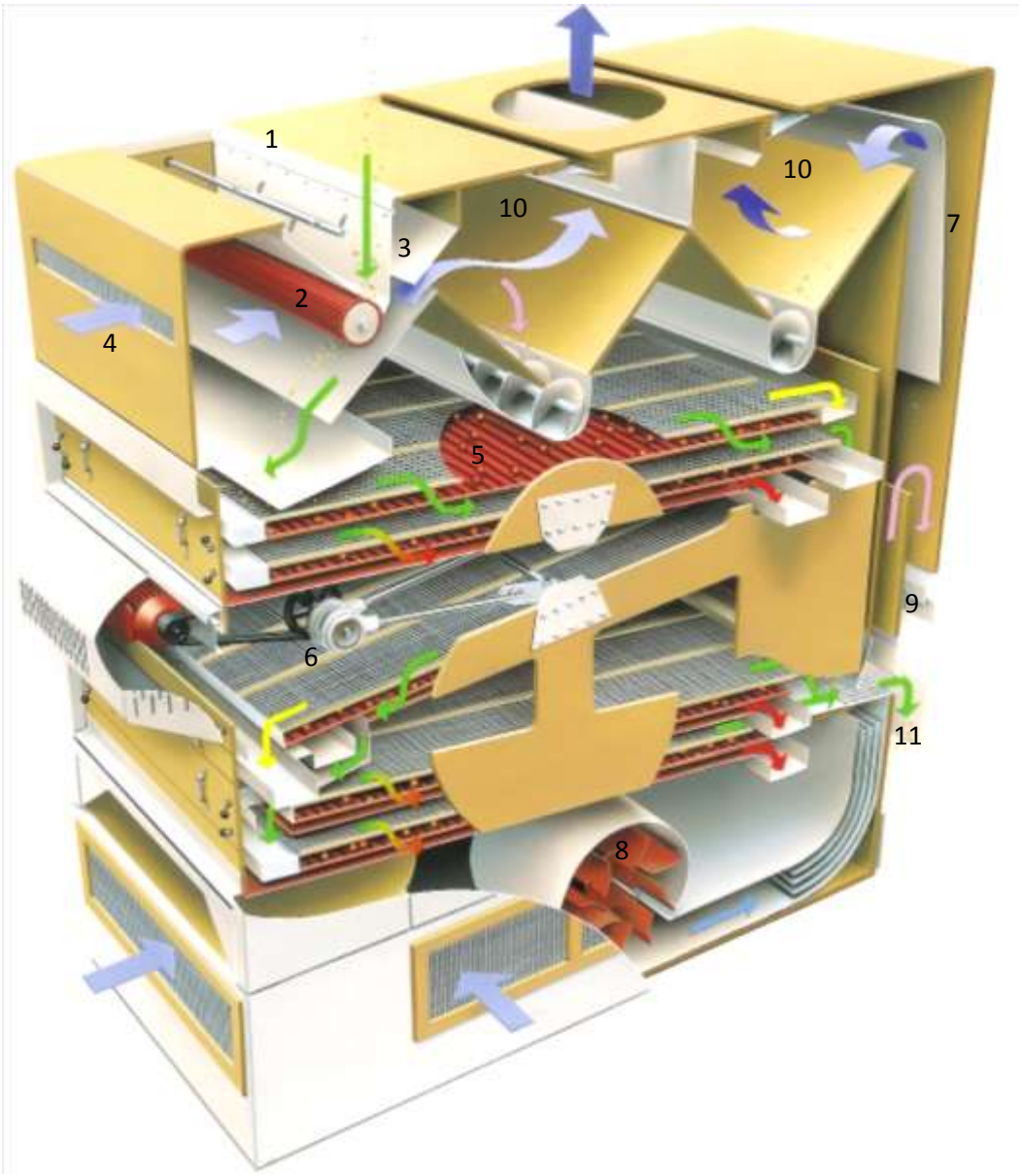
- zanieczyszczenia lotne lekkie,
- zanieczyszczenia lotne ciężkie,
- piasek i inne zanieczyszczenia drobne,
- ziarno poślednie i połamane,
- zanieczyszczenia grube i zgoniny,
- ziarno celne.

Zasada działania przedstawiona na rycinie 33 jest następująca: masa wejściowa podawana wialni rozdzielana jest na frakcję zanieczyszczeń lekkich wydzielanych w cyklonie pierwszym i masę pozostałą kierowaną do czyszczalni, gdzie jest po raz drugi wstępnie czyszczona z zanieczyszczeń lotnych ciężkich wydzielanych w odstojniku i pozostałych zanieczyszczeń lekkich lotnych w cyklonie drugim. Pozostałość kierowana jest do oczyszczania w sitach wibracyjno - odśrodkowych i rozdzielana na cztery różne frakcje:

- piasek i drobne zanieczyszczenia,
- ziarno poślednie i połamane,

- zanieczyszczenia grube i zgoniny,
- ziarno celne.

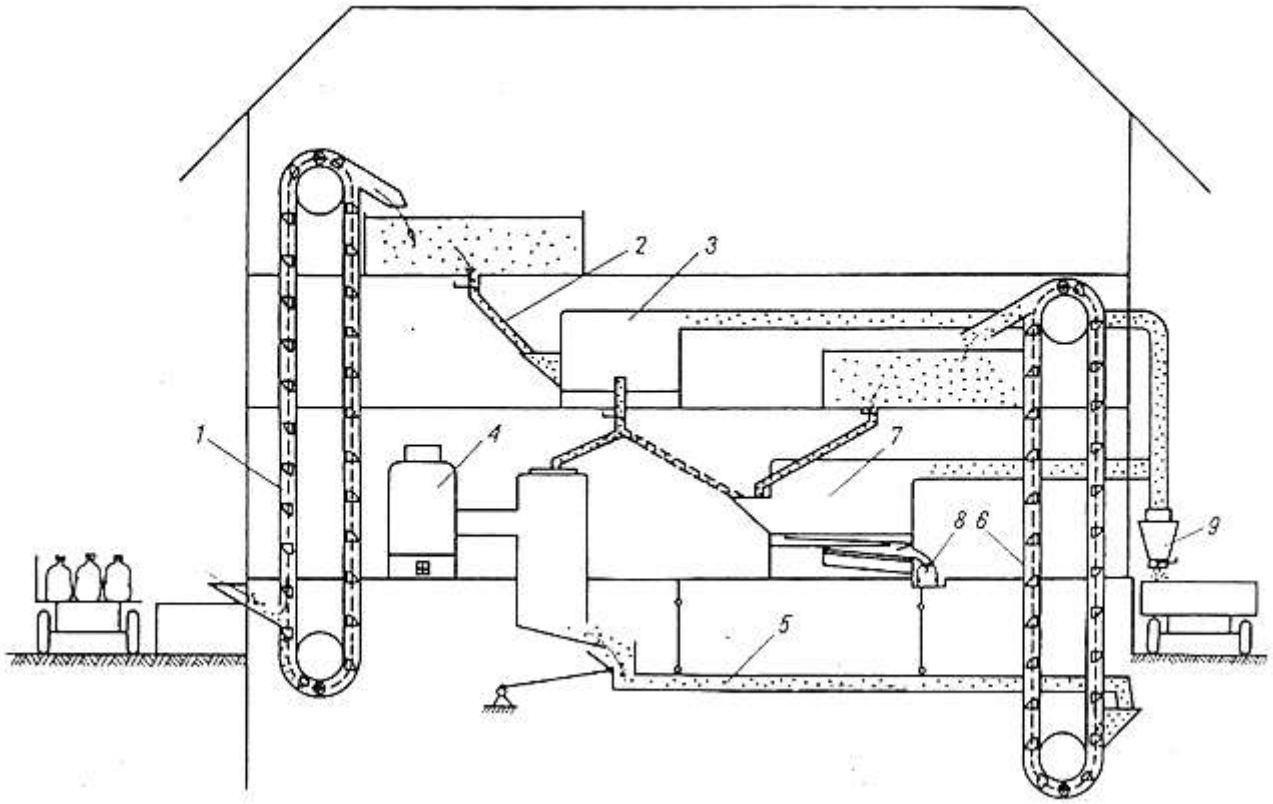
Na rycinie 35 przedstawiono czyszczalnię złożoną Cimbria Delta, która przeznaczona jest do dokładnego czyszczenia nasion prawie wszystkich gatunków roślin uprawnych/21 różnych gatunków nasion/.



Ryc. 35. Budowa i zasada działania czyszczalni złożonej Cimbria Delta : 1- wlot masy nasion, 2 – wałek rozgarniający podawane nasiona, 3 – sprężysty zawór wlotowy, 4 – nawiew strumienia powietrza oddzielającego zanieczyszczenia bardzo lekkie, 5 – zespół sit z oczyszczaniem kulowym, 6 – mimośrodowy napęd sit, 7 – końcowy kanał aspiracyjny/ powietrzny /oddzielający zanieczyszczenia lotne, 8 – wentylator/ dmuchawa /, 9 – wylot nasion poślednich/ II gat. /, 10 – komory ekspansyjne, 11 – wylot nasion celnych/ I gat. /. Strzałki zielone pokazują drogę nasion z wylotem nasion celnych, strzałki żółte i czerwone wyloty poszczególnych frakcji nasion, strzałki różowe wylot frakcji lekkich, strzałki niebieskie wlot i wylot strumienia powietrza.

***Źródło: Karta** techniczna CIMBRIA-DELTA*

Na rycinie 36 przedstawiono schemat linii technologicznej do obróbki ziarna pokombajnowego.



Ryc. 36. Schemat linii technologicznej obróbki pozbiorowej ziarna:

1 - podnośnik kubełkowy, 2 - rura zsypowa, 3 - wialnia wibracyjna wstępnego czyszczenia, 4 - suszarka do ziarna, 5 - rynna drgająca, 6 - podnośnik kubełkowy, 7 - czyszczalnia dokładnego czyszczenia, 8 - ziarno celne, 9 - osadnik zanieczyszczeń lekkich, 10 - kosz zasypowy

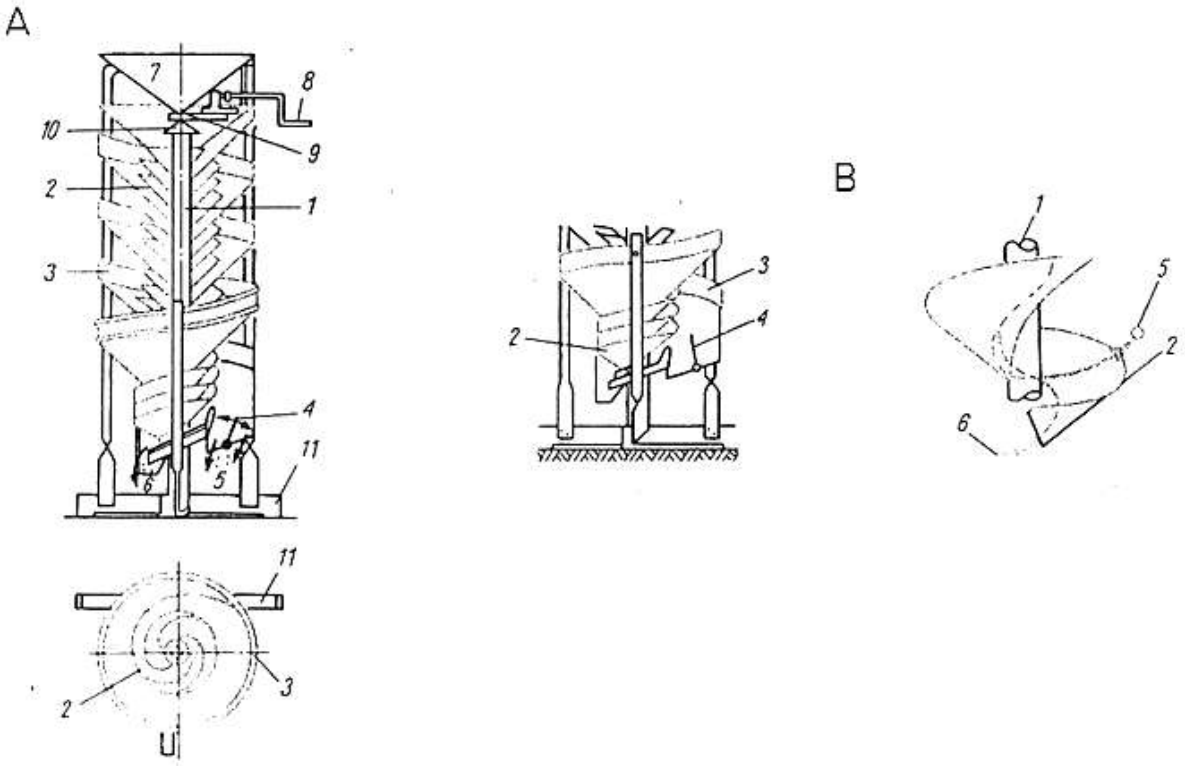
Źródło: Łaszczyk 1979

Przedstawiona na rycinie 36 linia technologiczna jest typową linią obróbki pozbiorowej ziarna przed jego przechowywaniem. Zasada działania jest następująca: do kosza zasypowego ziarno podawane jest albo z worków albo, co częściej luzem ze skrzyń ładunkowych przyczep lub samochodów przez ich wywrót. Z kosza zasypowego przez regulowaną szczelinę roboczą ziarno dostaje się do przenośnika kubełkowego (1), który przenosi je do pierwszej komory dozującej, skąd grawitacyjne zsypem rurowym (2) do wialni wibracyjnej (3). W wialni wydzielone są zanieczyszczenia lotne kierowane do osadnika i zanieczyszczenia duże (zgoniny). Pozostała masa rurami zsypowymi kierowana jest bądź do suszenia (4) przy

wilgotności nasion powyżej 15% lub bezpośrednio do czyszczalni złożonej (7). Jeżeli nasiona są suszone, to po wysuszeniu i schłodzeniu, rynną drgającą (5) przemieszczane są do drugiego przenośnika kubełkowego (6), który podnosi je do drugiej komory dozującej, skąd rurą zsypową kierowane są do kosza zasypowego czyszczalni złożonej (7). Po oczyszczeniu i wydzieleniu domieszek szkodliwych, frakcja nasion celnych (8) kierowana jest do workowania lub przechowywania luzem.

8. Separatory tarciowe

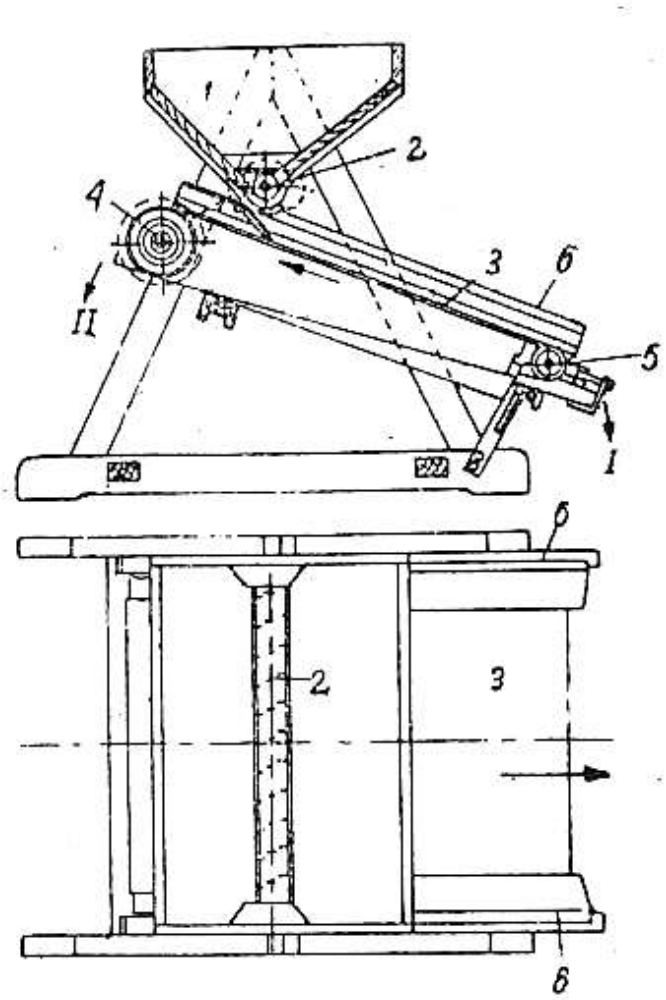
W separatorach tarciowych jako cechę rozdzielczą wykorzystuje się rodzaj tarcia i związany z nim współczynnik tarcia zewnętrznego oraz kształt nasion i ich teksturę, rzutujących na charakter ruchu nasion. Z maszyn wykorzystujących te cechy można spotkać w użytkowaniu płótniarki, żmijki, stoły kaskadowe i rozdzielacze obrotowe. Zasada ich działania omówiona zostanie na przykładzie żmijki i płótniarki przedstawionych na rycinach 37 i 38.



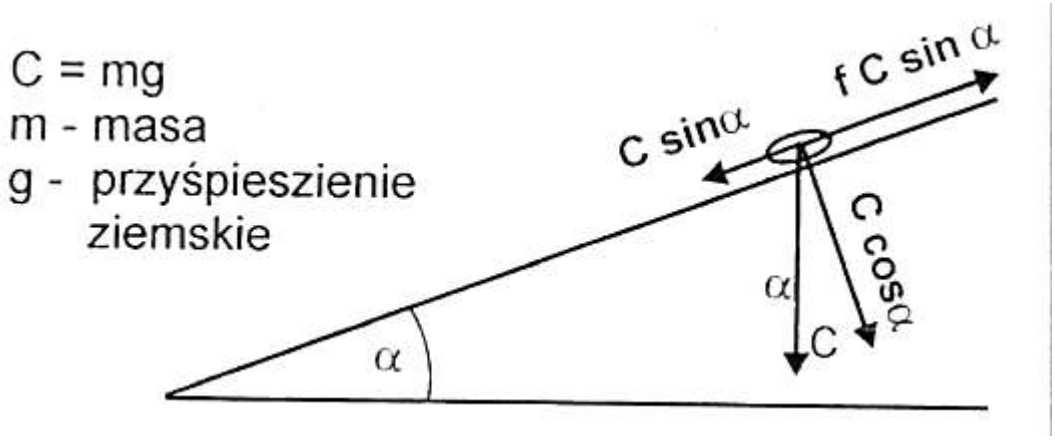
Ryc. 37. A - Budowa żmijki oraz B - tory ruchu nasion:

1 - maszt, 2 - pochylnie (tory) wewnętrzne, 3 - pochylnia (tor) zewnętrzny, 4 - przegroda regulacji nasion kulistych, 5 - nasiona kuliste, 6 - nasiona podłużne, 7 - kosz zasypowy, 8 - korba regulacji otworu wylotowego kosza zasypowego, 9 - szczelina wylotowa, 10 - stożek rozdzielający nasiona, 11 - podstawa żmijki

Źródło: Łaszczyk 1979



A



B

Ryc. 38. A - Płótniarka z ukośnym ustawieniem wałków, B - rozkład sił działających na płótniarce:

I - wylot nasion, II - wylot zanieczyszczeń długich (zgoniny); 1 - kosz zasypowy, 2 - wałek wygarniający, 3 - płótno (równia pochyła), 4,5 - wałki płótniarki, 6 - listwy boczne

Źródło: Wójcicki 1958

Żmijka przedstawiona na rycinie 37 jest beznapędową pochylnią spiralną, służącą do rozdzielenia nasion okrągłych od podłużnych oraz cięższych i lżejszych nasion kulistych. Zasada działania żmijki jest następująca: mieszanina ziarnista z kosza zasypowego (7) poprzez wylot (9) spada na stożkowy rozdzielacz (10) służący do równomiernego rozdzielenia nasion. Z rozdzielacza (10) nasiona spadają na pochylnie wewnętrzne (2) stanowiące ślimacznice w liczbie 3 - 5 nawinięte na maszcie (1) będącym stalową rurą, pochylone do poziomu pod kątem 45^{o}. Pod pochylniami wewnętrznymi znajduje się większa od nich pochylnia zewnętrzna (4) z kołnierzem. Nasiona spadające na pochylnie wewnętrzne przesuwają się po nich w dół. W miarę zwiększania prędkości ich ruchu po linii spiralnej (ryc. 37B) nasiona wskutek działania siły odśrodkowej będą się oddalały od osi żmijki. Nasiona o kształtach kulistych lub zbliżonych do kulistego będą oddalały się od osi bardziej niż nasiona płaskie lub podłużne. Zwiększenie prędkości przesuwania się nasion kulistych spowoduje zwiększenie siły odśrodkowej działającej na nie, przesunięcie ich ku krawędziom pochylni wewnętrznych i ostatecznie wypadnięcie z nich do pochylni zewnętrznej zaopatrzonej w kołnierz zapobiegający wypadaniu nasion z toru. Pochylnią wewnętrzną nasiona kierowane są do wylotu (5) zaopatrzonego w regulowaną przegrodę (4). Przegroda dzieli wylot nasion na dwie części. Częścią wylotu położonego bliżej osi żmijki wypadają nasiona toczące się bliżej środka i wśród nich mogą być nasiona podłużne. Natomiast częścią wylotu położonego dalej od osi żmijki wypadają duże nasiona okrągłe. Nasiona podłużne o niższej prędkości ruchu i mniejszej sile odśrodkowej na nie działającej przesuwają się na pochylniach wewnętrznych i wypadają wylotem (6). Żmijka rozdziela więc mieszaninę na nasiona kuliste i nasiona podłużne. Przyczyną rozdziału są różnice prędkości ruchu nasion i różnica współczynników tarcia. Nasiona podłużne wykonują najczęściej ruch ślizgowy, z którym związane jest tarcie posuwiste (suwliwe), natomiast nasiona kuliste wykonują ruch obrotowy (toczny), z którym związane jest tarcie potoczyste (toczne), które jest mniejsze od tarcia posuwistego. Chcąc uzyskać należyte rozdzielenie nasion, muszą się one zsuwać po pochylniach wewnętrznych warstwą nie grubszą niż grubość jednego ziarna tak, aby każde z nich mogło się toczyć lub zsuwać po powierzchni pochylni. Współczynnik tarcia zależny jest nie tylko od kształtu nasion ale również od ich tekstury. Na podobnej zasadzie działa płótniarka przedstawiona na rycinie 38. Wykorzystano w niej współczynnik tarcia i przyczepność składników mieszaniny. Częścią roboczą płótniarki jest płótno żaglowe (lub inne) o dużej przyczepności i zwiększonym oporze tarcia. Płótno napięte jest na dwu wałkach równoległych do poziomu, ale umocowanych na dwóch poziomach, tworząc równię pochyłą. Płótno wykonuje ruch pod górę przeciwny do kierunku spadku. Podczas ruchu płótna, nasiona o małym współczynniku tarcia staczają się po nim w dół, natomiast nasiona szorstkie lub części łodyg o dużym współczynniku tarcia płótno zabiera w górę i zrzuca poza maszynę. Jeżeli płótno nachylone do poziomu pod kątem a porusza się w górę z prędkością V, to przy ruchu ziarna po powierzchni płótna zachodzić mogą trzy przypadki (ryc. 38B):

1. Jeżeli współczynnik tarcia nasion jest większy niż tangens kąta nachylenia płótna do poziomu ($f > tg\ a$), to nasiona będą wynoszone w górę i na końcu płótna spadną w dół.
2. Jeżeli współczynnik tarcia jest równy tangensowi kąta nachylenia płótna do poziomu, czyli kąt tarcia nasion jest równy kątowi nachylenia płótna ($f = tg\ a$), to nasiona będą przesuwały się z tą samą prędkością co płótno, w przeciwnym kierunku, jednak z niego nie spadną.
3. Jeżeli współczynnik tarcia nasion jest mniejszy niż tangens kąta nachylenia płótna do poziomu ($f < tg\ a$), to nasiona będą się staczały w dół ze stale rosnącą prędkością. Płótniarka może służyć do rozdzielenia kłębków (nasion) buraków od połamanych części łodyg lub nasion koniczyny od kanianki/chwast/. Zasada działania płótniarki przedstawionej na ryc. 9.32. jest następująca: mieszanina wygarniana jest z kosza

zasypowego (1) przez karbowany wałek (2) na równię pochyłą, którą stanowi płótno (3) napięte na wałkach (4,5) i osłonięte po bokach dwoma listwami (6). Położenie wałka (5) można zmieniać i w ten sposób zmieniać nachylenie płótna. Płótno przesuwa się w górę równi z prędkością ok. 0,8 m/s a napęd płótna może być ręczny lub silnikiem elektrycznym. Nasiona buraka będą toczyć się w dół z prędkością większą niż ruch płótna i spadną z niego wylotem I. Natomiast części łodyg zatrzymują się na powierzchni płótna, zostają podniesione w górę i następnie spadają wylotem II. Każdorazowo kąt pochylenia płótna trzeba ustalić eksperymentalnie do parametrów rozdzielanej mieszaniny.

9. Czyszczalnie specjalistyczne

9.1 Czyszczalnie magnetyczne

Czyszczalnie magnetyczne w procesie rozdzielania mieszaniny wykorzystują tylko ferromagnetyczne właściwości materiału. Są zatem zdolne wydzielić domieszki (zanieczyszczenia) metaliczne ferromagnetyczne od materiałów nie wykazujących tych właściwości. Proces rozdzielania zachodzi w polu magnetycznym i obejmuje dwa rodzaje operacji:

1. Wydzielanie z mieszaniny ziarnistej tych cząstek, które po zmieszaniu z proszkiem ferromagnetycznym zatrzymują na swojej powierzchni taką jego ilość, aby wystarczyło to do wydzielenia ich w polu magnetycznym.
2. Wydzielanie zanieczyszczeń ferromagnetycznych w procesach obróbki pozbiorowej lub przetwórstwa głównie zbóż.

W przypadku pierwszym właściwości ferromagnetyczne są cechą nabytą poprzez oklejanie nasion specjalnie do tego celu przygotowanym proszkiem magnetycznym. Cecha ta jest cechą wtórną w stosunku do tekstury powierzchni cząstki oraz jej higroskopijności. Natomiast w przypadku drugim, właściwości ferromagnetyczne są fizyczną właściwością materiału. Magnetyczna metoda rozdzielania stosowana jest między innymi w czyszczeniu nasion lnu, koniczyny czerwonej, lucerny, esparcety, strączkowych, w których występują chwasty o bardziej chropowatej (przyczepnej) powierzchni przy innych cechach bardzo podobnych do czyszczonych nasion.

Proces czyszczenia magnetycznego składa się z trzech czynności:

1. Mieszanie nasion z proszkiem ferromagnetycznym,
2. Przemieszczenie nasion z mieszalnika w strefę działania pola magnetycznego,
3. Wydzielanie zanieczyszczeń w polu magnetycznym.

Podczas mieszania nasion z proszkiem wykorzystuje się przyczepność proszków na sucho lub na mokro, zwilżając nasiona wodą lub olejem, bądź też obydwoma cieczami w kolejności

woda - olej. Nasiona pokryte proszkiem magnetycznym umieszczone w polu magnetycznym są przyciągane przez magnes jedynie wtedy, gdy siła przyciągania magnesu F_m jest większa od wypadkowej siły ciężkości i siły tarcia. Wielkość siły F_m określić można wzorem:

$$F_m = \chi_m V H \frac{dH}{dx},$$

gdzie:

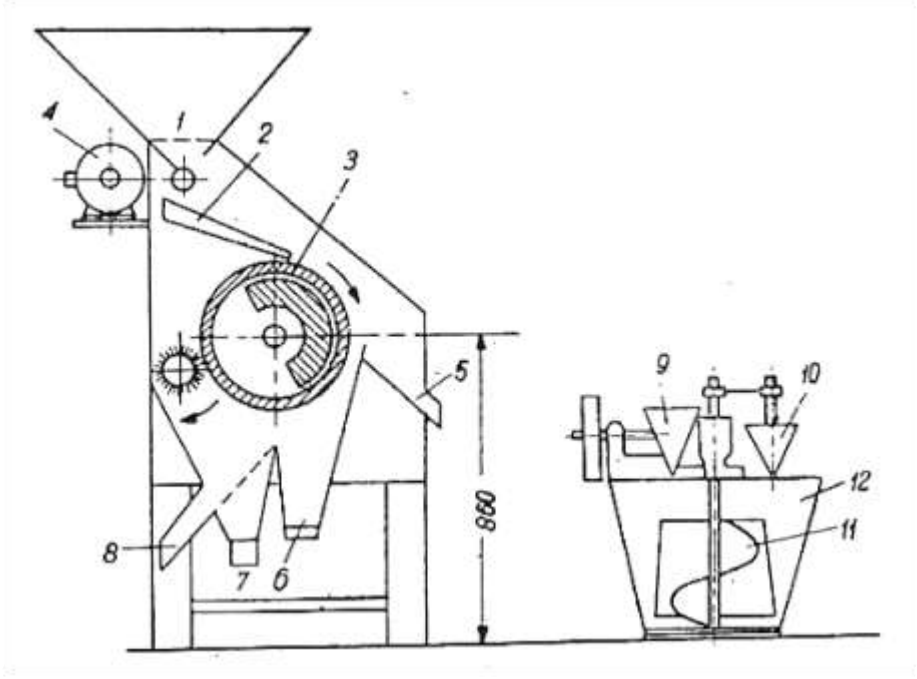
$\chi_m = \frac{\mu - 1}{4\pi}$ jest objętościową magnetyczną podatnością użytego proszku
V - objętość proszku zatrzymanego na powierzchni nasienia [cm^3]

H - natężenie pola magnetycznego [Oe]
$\frac{dH}{dx}$ - zmiana natężenia pola magnetycznego na kierunku działania siły w pewnej odległości x [Oe/cm^3]
μ - przenikalność magnetyczna.

Dla określonego typu maszyny wielkość $H\frac{dH}{dx}$ ma wartość stałą, stąd:

$$F_m = f(\chi V)$$

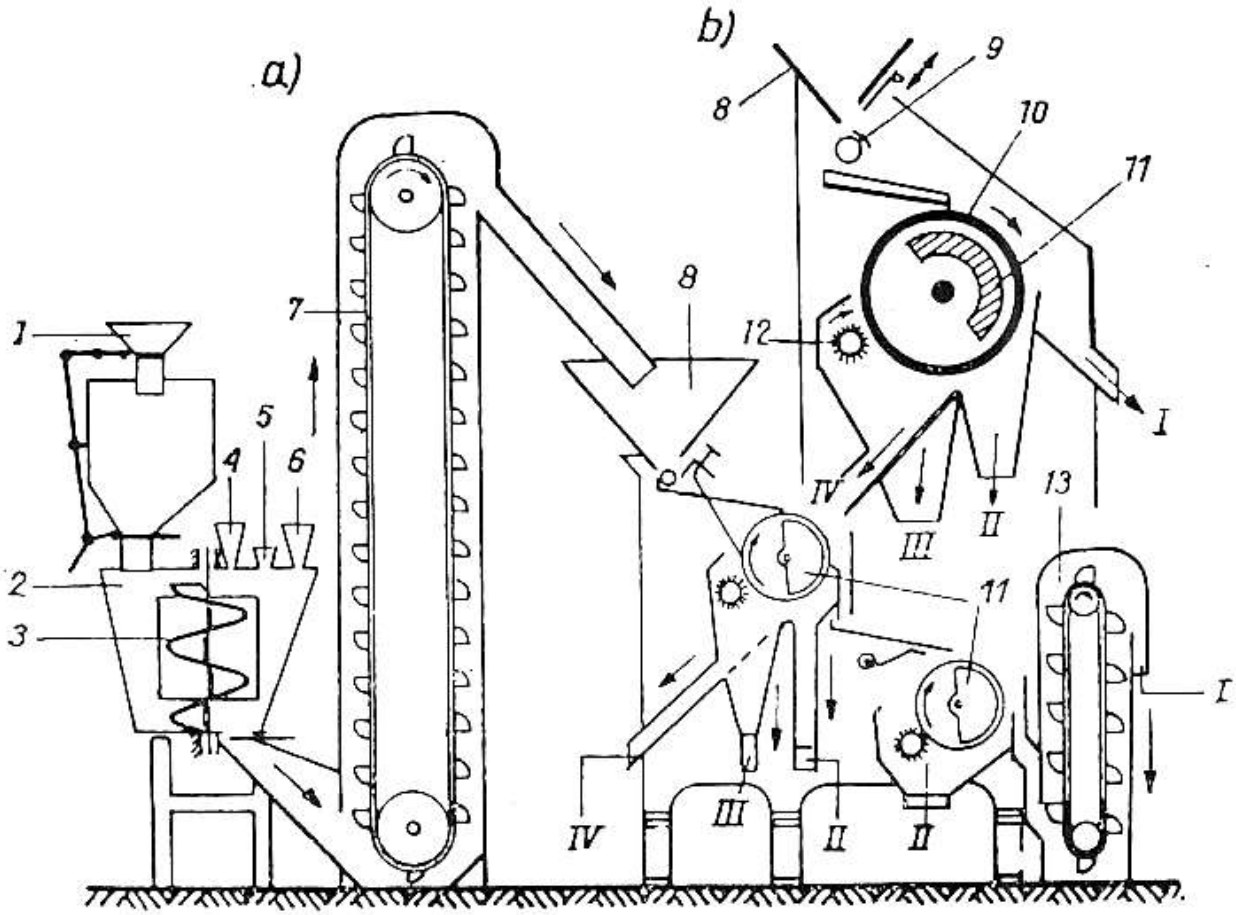
Przykład czyszczalni magnetycznej jednobębnowej przedstawiono na rycinie 39 a dwubębnowej na rycinie 40.



Ryc. 39. Czyszczalnia magnetyczna jednobębnowa:

1 - kosz zasypowy, 2 - rynienka zsypowa, 3 - bęben elektromagnetyczny, 4 - prądnica prądu stałego, 5,6,7,8 - wyloty nasion, 9 - lejek do proszku, 10 - lejek do wody, 11 - ślimak mieszający, 12 - zbiornik mieszalnika

Źródło: Wójcicki 1958



Ryc. 40. Czyszczalnia magnetyczna dwubębnowa:

a - schemat czyszczalni, b - zasada działania bębna magnetycznego czyszczalni, 1 - kosz zasypowy, 2 - mieszalnik nasion z proszkiem magnetycznym, wodą lub olejem, 3 - mieszadło ślimakowe, 4 - lejek doprowadzenia proszku, 5 - lejek doprowadzenia wody, 6 - lejek doprowadzenia oleju, 7 - podnośnik czerpakowy, 8 - kosz zasypowy bębna magnetycznego, 9 - wałek dozujący, 10 - bęben obrotowy, 11 - magnes, 12 - cylindryczna szczotka zgarniająca nasiona chwastów z bębna, 13 - przenośnik czerpakowy do czyszczonych nasion; I - wylot nasion pierwszego gatunku, II - wylot nasion drugiego gatunku, III - wylot proszku, IV - wylot nasion chwastów

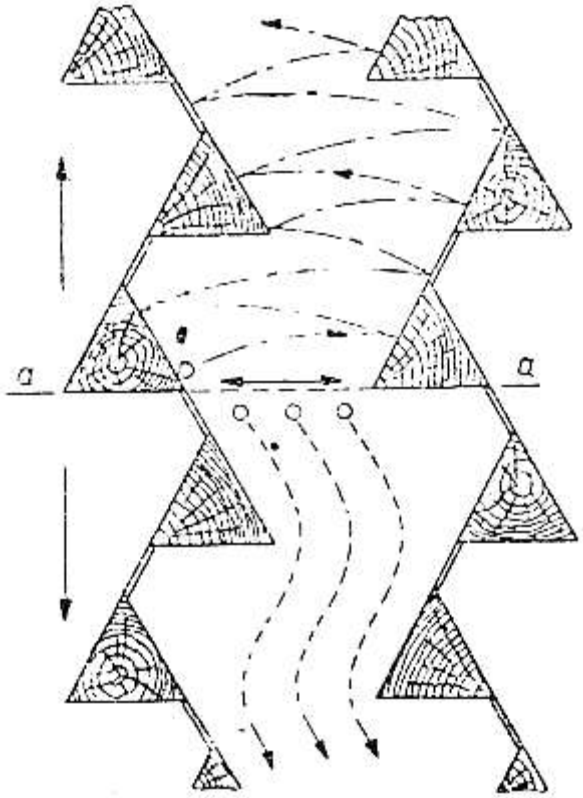
Źródło: Kuczewski 1978

Zasada działania obydwu czyszczalni jest podobna, z tą tylko różnicą, że w czyszczalni jednobębnowej proces wydzielania nasion chwastów zaczyna się i kończy na jednym bębnie. Natomiast w czyszczalni dwubębnowej nasiona gatunku podstawowego wydzielone na bębnie pierwszym kierowane są do powtórnego czyszczenia na bębnie drugim, co poprawia efektywność separacji. Działanie czyszczalni magnetycznej jest następujące: mieszanina ziarnista z kosza zasypowego (1) przez regulowaną szczelinę spada do mieszalnika (2). W mieszalniku zaopatrzonym w ślimakowe mieszadło następuje wymieszanie masy ze sproszkowanym najczęściej żelaznym proszkiem podawanym przez lejek (4). Jeżeli zachodzi konieczność nasiona zwilżane są wodą (5), olejem (6) lub obydwoma płynami naraz w kolejności woda - olej. Po wymieszaniu nasion z proszkiem, ślimak kieruje je na pochylnię, skąd przenośnikiem czerpakowym (7) są podnoszone i rurą zsypową kierowane do kosza

zasypowego pierwszego bębna magnetycznego (8). Z kosza zasypowego (1) przez regulowaną szczelinę, wałkiem wygarniającym (9) nasiona równomierną warstwą przez pochylnię kierowane są na pierwszy obrotowy bęben roboczy (10). Na około połowie bębna wytwarzane jest pole magnetyczne. Pole wytwarza magnes (11). Nasiona spadające z pochylni dostają się natychmiast w sferę działania pola magnetycznego, gdzie rozpoczyna się właściwa separacja. Pole magnetyczne przytrzymuje na powierzchni bębna nasiona pokryte proszkiem (są to zwykle nasiona chwastów), które razem z obracającym się bębnem przenoszone są do wylotów III i IV. Wylotem III wypada proszek żelazny a wylotem IV nasiona chwastów i nasiona poślednie. Natomiast nasiona wolne od proszku (materiał podstawowy) spadają wylotami I i II. Z wylotu I nasiona kierowane są na drugi bęben roboczy (11) poprzez wstrząsaną pochylnię. Natomiast z wylotu II nasiona wypadają na zewnątrz. Bęben drugi działa identycznie jak bęben pierwszy, z tą tylko różnicą, że rozdziela masę na dwie frakcje. Nasiona gatunku podstawowego częściowo pokryte proszkiem przenoszone są do wylotu II, natomiast nasiona celne wylotem spadają na pochylnię i dalej podnośnikiem czerpakowym (13) do workownic. Proszek przylgnięty do powierzchni bębnów zgarniają szczotki (12). Czyszczenie nasion w tej czyszczalni polega na wykorzystaniu przyczepności proszku żelaza do powierzchni nasion. Nasiona o chropowatej powierzchni pokrywane są warstwą proszku i są przyciągane przez magnes, zaś nasiona gładkie nie zatrzymują proszku i zachowują własności ciał diamagnetycznych i nie są przyciągane przez pole magnetyczne. Na czyszczalni tej można wydzielić np. z nasion koniczyny lub lnu nasiona takich chwastów jak kanianka, babka, żęcica, których nie można oddzielić przy pomocy innych maszyn. Dawkowanie proszku, wody lub oleju zależy od stopnia i rodzaju zachwaszczenia nasion. W przybliżeniu można orientować się następującymi wielkościami: proszku od 0,2 - 1,3%, oleju od 0,02 - 0,07% a wody od 0,2 - 1,2%. Proszek może być używany w postaci czystej lub z domieszkami. Proszek może być używany wielokrotnie.

9.2. Sortownik stołowy

Sortownik stołowy rozdziela mieszaninę ziarnistą wykorzystując różne ciężary właściwe i elastyczność (sprężystość) jej składników. Z nasion celnych można w ten sposób wydzielić nasiona skiełkowane lub porażone chorobami. Schemat działania sortownika stołowego przedstawiono na rycinie 41.



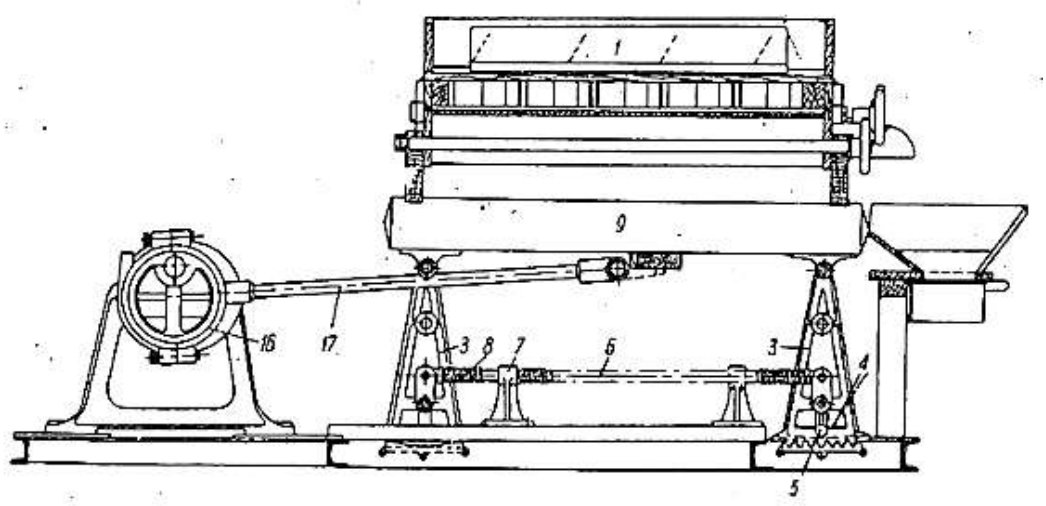
Ryc. 41. Ruch nasion na stole sortującym

Źródło: Wójcicki 1958

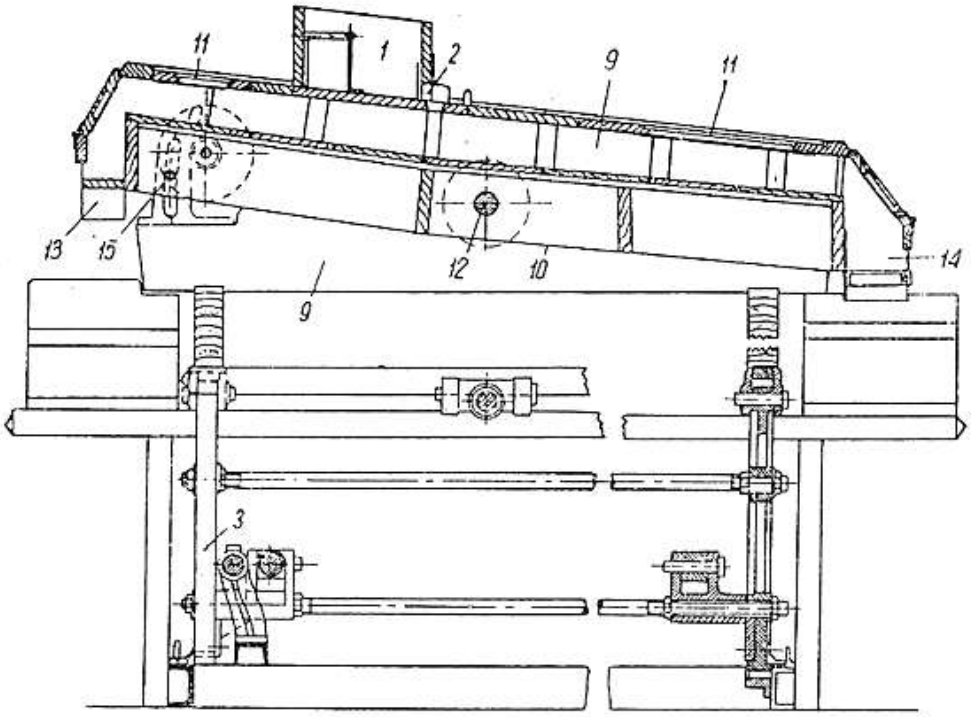
Rozdział nasion na sortowniku stołowym odbywa się według następującej zasady: jeżeli na środek lekko nachylonego stołu, zaopatrzonego w zygzakowato przebiegające ścianki, nasypiemy nasion i będziemy stołem wstrząsać w kierunku poprzecznym, w kanałach utworzonych przez ścianki nasiona będą się układały w warstwy w zależności od ciężaru właściwego, przy czym nasiona cięższe opadną w dół a lżejsze ułożą się na wierzchu. Ciężkie nasiona ułożą się warstwą na spodzie, dlatego też ruch nadawany im przez stół będzie hamowany przez nasiona lżejsze leżące na wierzchu (nad nimi). Natomiast ruch nasion lżejszych ograniczony jest jedynie przez wzajemne ich tarcie. W efekcie różnic w ruchu nasion na stole, nasiona cięższe przesuwają się powoli w dół (linia przerywana ryc. 41), a nasiona lżejsze uderzając o ściany przegród będą odrzucane od nich z siłą większą niż siła ciężkości na nie działająca i drogą zygzakowatą kierują się w górę stołu (linia kreskowo-kropkowa na ryc. 41). Nachylenie stołu, częstotliwość wstrząsów i ich siłę trzeba dobrać do gatunku i składu rozdzielanej mieszaniny. Zasada pracy sortownika stołowego jest następująca: z kosza zasypowego nasiona przez regulowaną szczelinę spadają na stół. Stół osadzony jest na podporach połączonych stalowymi prętami przechodzącymi przez prowadnicę. Na prętach między podporami i prowadnicami osadzone są spiralne sprężyny, amortyzujące uderzenia i nadające stołowi ruchy elastyczne. Spód stołu nie jest płaski, lecz prawa i lewa połowa jego dna tworzą kąt około 176^{o}. Połowa prawa (dolna) ma nachylenie mniejsze a lewa (górna) większe. Taka budowa dna wywiera zasadniczy wpływ na sortowanie. Mniejsze nachylenie dna powoduje wolniejszy ruch nasion cięższych w dół a nachylenie większe utrudnia przesuwanie się nasion w górę i dokładniejsze ich sortowanie.

Częstotliwość drgań stołu wynosi od 200 do 220 na minutę. Przekroje sortownika stołowego przedstawia rycina 42.

A



B



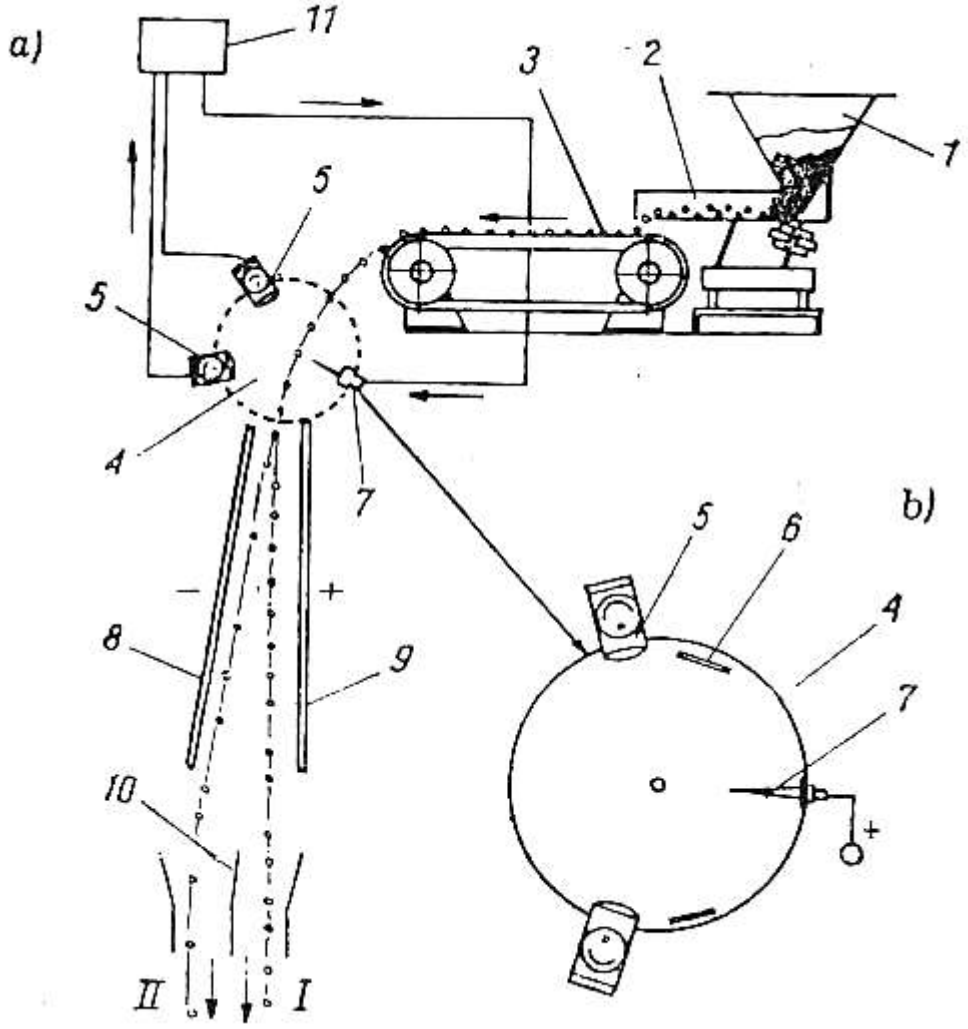
Ryc. 42. A - przekrój poprzeczny sortownika stołowego, B - przekrój podłużny sortownika stołowego:

1 - kosz zasypowy, 2 - otwory wylotowe, 3 - żeliwne podpory, 4,5 - zębatki, 6 - wał, 7 - prowadnice, 8 - sprężyna spiralna, 9 - rama drewniana, 10 - stół, 11 - szyby, 12 - oś, 13 - wylot nasion lżejszych, 14 - wylot nasion cięższych, 15 - zębatka

Źródło: Wójcicki 1958

9.3. Separatory fotoelektryczne

Rozdzielanie nasion w czyszczalni fotoelektrycznej przedstawionej na rycinie 43 odbywa się na zasadzie odchylania torów nasion wcześniej naładowanych ładunkiem elektycznym w zależności od ich koloru. Nasiona spadają swobodnie i tory ich są odchylane w polu elektrycznym.



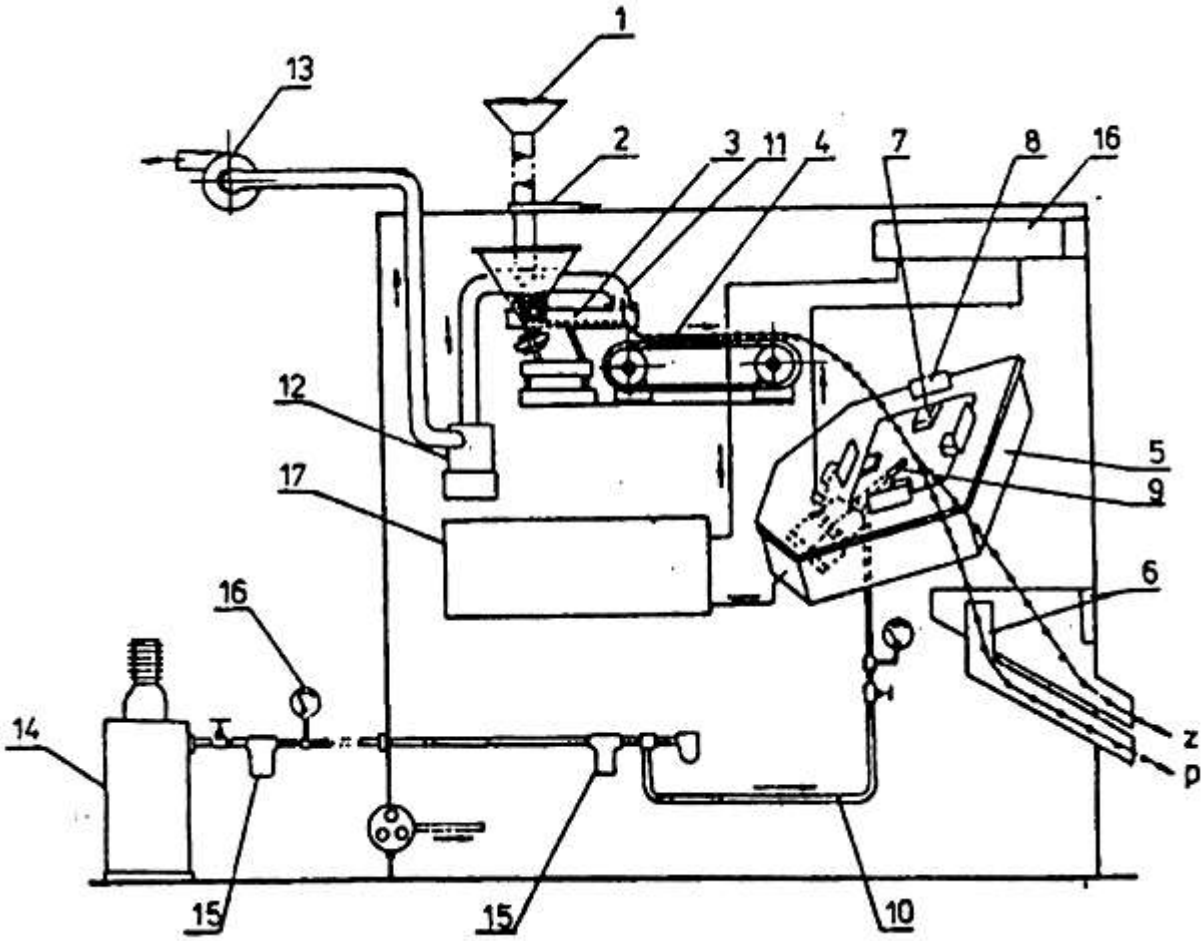
Ryc. 43. Czyszczalnia fotoelektryczna:

a - schemat działania, b - budowa komory sortującej; 1 - kosz zasypowy, 2 - dozownik wibracyjny, 3 - podajnik taśmowy, 4 - komora oświetleniowa, 5 - fotokomórki, 6 - płytki wzorcowe dla barwy, 7 - elektroda, 8,9 - naładowane elektrycznie płyty odchylające, 10 - zastawki, 11 - wzmacniacz; I - pierwszy gatunek nasion, II - drugi gatunek nasion

Źródło: Kuczewski 1978

Zasada działania czyszczalni przedstawionej na rycinie 43 jest następująca. Nasiona z kosza zasypowego (1) poprzez dozownik wibracyjny (2) podawane są na podajnik taśmowy (3), który równomiernym strumieniem kieruje je do komory sortującej (4). W komorze sortującej

każde z nasion jest "oglądane" przez dwie fotokomórki (5), na tle wzorca o jasnym kolorze (6). Po wystąpieniu różnicy kolorów, wszystkie nasiona ciemniejsze od wzorca otrzymują dodatni ładunek elektryczny z igły elektryzującej (7). Następnie strumień nasion przepływa pomiędzy dwoma naładowanymi płytami odchylającymi (elektrodami). W polu elektrycznym płyt (8,9) następuje odchylenie toru nasion naelektryzowanych dodatnio (przyciągnięcie), a nasiona bez ładunku spadają pionowo. Wylot rozdzielony jest nastawną przegrodą (10) na wyloty I i II. W miejsce odchylania toru elektrostatycznego może być zastosowane sprężone powietrze, które dyszą w postaci cienkiego strumienia wydmuchuje nasiona o barwie innej niż wzorcowa. Budowę takiego separatora przedstawia rycina 44.

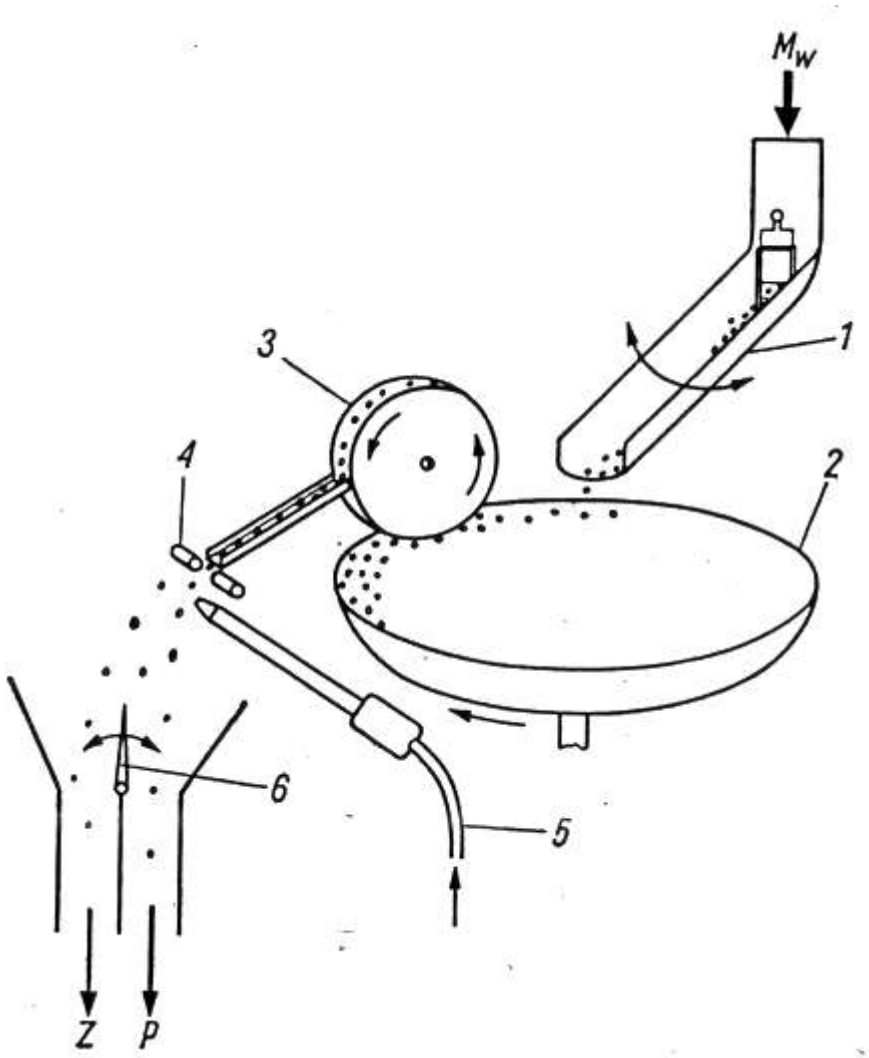


Ryc. 44. Schemat czyszczalni fotopneumatycznej:

1 - kosz zasypowy, 2 - dozownik, 3 - podajnik wibracyjny, 4 - przenośnik taśmowy, 5 - zespół optyczny, 6 - wyloty frakcji, 7 - fotokomórka, 8 - tło, 9 - dysza sprężonego powietrza, 10 - instalacja sprężonego powietrza, 11 - przewód układu odpylającego, 12 - osadnik, 13 - wentylator, 14 - sprężarka z zaworem, 15 - filtr powietrza, 16 - manometr, 17 - układ analizujący barwę i sterujący strumieniem powietrza z dyszy; Z - zanieczyszczenia odrzucone strumieniem sprężonego powietrza, P - ziarno celne (właściwe pod względem koloru)

Źródło: Grochowicz 1994

Podobne w działaniu jak na rycinie 44 urządzenie wykorzystujące różnice w wybarwieniu nasion lub owoców przedstawiono na rycinie 45.



Ryc. 45. Schemat działania rozdzielacza fotopneumatycznego:

1 - kosz zasypowy z wibracyjnym podajnikiem, 2 - wirująca czasza, 3 - bęben, 4 - fotokomórka, 5 - przewód sprężonego powietrza, 6 - nastawna przegroda, Z - nasiona odbiegające od wzorca, P - nasiona właściwe pod względem koloru.

Źródło: Grochowicz 1971

Działanie maszyny przedstawionej na rycinie 45 jest następujące: mieszanina nasion z kosza zasypowego podawana jest na podajnik wibracyjny (1) gdzie następuje porządkowanie ruchu i grubości warstwy nasion. Z podajnika (1) nasiona ruchem uporządkowanym zsypują się na obracającą się czaszę (2), na obwodzie której obraca się perforowany bęben (3). Wewnątrz bębna wytwarzane jest podciśnienie, które poprzez otwory przenosi się na zewnątrz powodując przysysanie do otworów nasion. Nasiona z bębna po ich zwolnieniu (wypuszczeniu) dzięki powrotowi do ciśnienia atmosferycznego części bębna, spadają na rynienkę prowadzącą uporządkowanym ruchem nasiona, które wypadając z rynienki przelatują pomiędzy fotokomórkami (4). Fotokomórka (4) analizuje barwę nasiona i

porównuje ją z wpisanym do pamięci wzorcem. Jeżeli kolor nasiona odpowiada wzorcowi, to takie nasionko spada bez zakłóceń grawitacyjnie do kanału z wylotem P. Natomiast jeżeli kolor nasiona nie odpowiada wzorcowi otrzymany z fotokomórki sygnał jest wzmacniany i kierowany do zaworu otwierającego przelot sprężonego powietrza w instalacji (5). Sprężone powietrze kierowane jest do dyszy będącej zakończeniem instalacji pneumatycznej i wylatując w odpowiednim momencie uderza w nasiono o nieprawidłowym kolorze wyrzucając je z toru spadania i kierując do kanału z wylotem Z. Wloty do kanału regulowane są nastawną przegrodą.

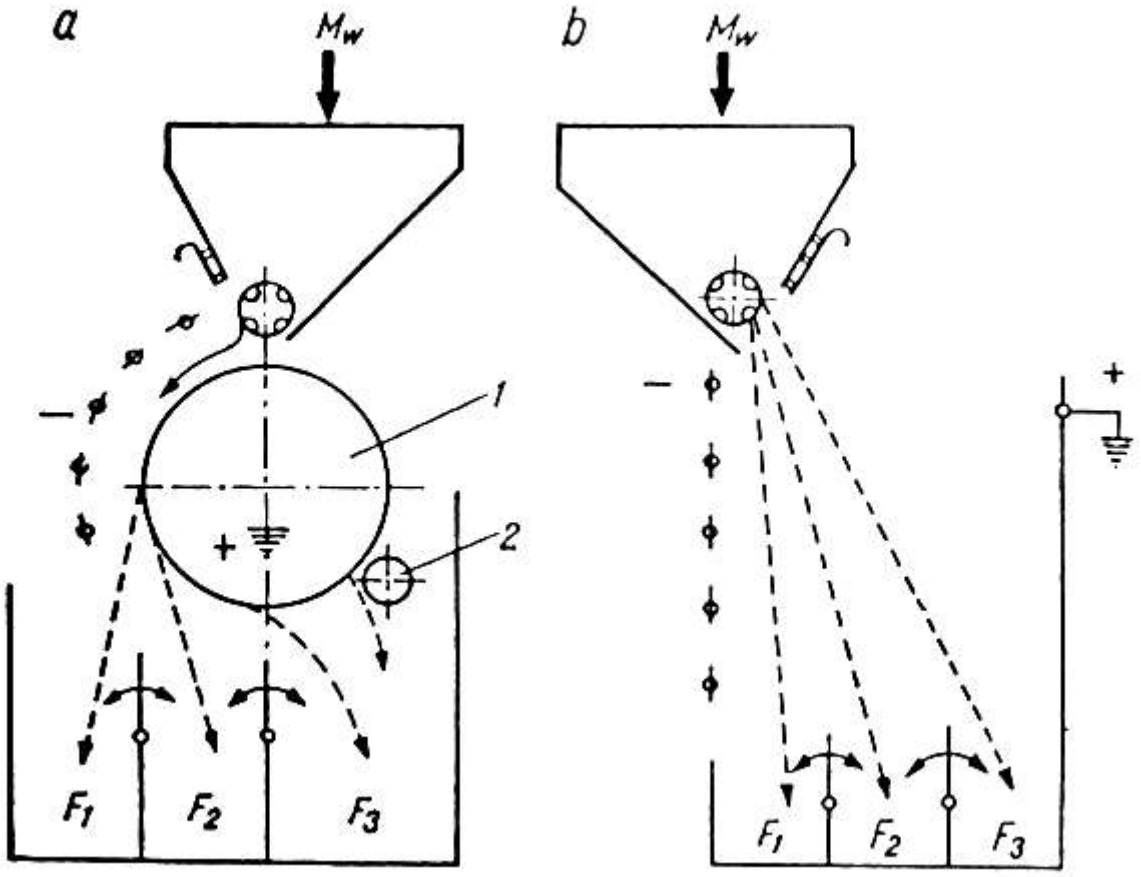
Przedstawione tu maszyny fotopneumatyczne nie gwarantują wydzielenia wszystkich nasion o niepożądanej barwie, jeżeli np. przebarwienie występuje na części powierzchni. Wady tej nie mają współczesne generacje maszyn, w których fotokomórki zastąpiono komputerami. Pozwalają one na bardzo dokładny rozdział nie tylko nasion jednolicie wybarwionych od pozostałych odbiegających od wzorca, ale też można rozdzielać cząstki przypisując im np. określony procent wybarwienia powierzchni.

9.4 Separatory elektrostatyczne

Właściwości elektryczne materiałów ziarnistych takie jak przewodnictwo, przenikalność dielektryczna, zdolność do polaryzacji i przyjmowanie lub oddawanie ładunków elektrycznych można wykorzystać w procesach rozdzielczych. Praktycznie wykorzystuje się trzy sposoby elektryzowania cząstek:

- elektryzowanie w wyniku tarcia zewnętrznego i wewnętrznego,
- elektryzowanie poprzez zetknięcie cząstek z elektrodą,
- elektryzowanie w polu elektrycznym wyładowań ulotowych.

Cząstki naelektryzowane dodatnio lub ujemnie można rozdzielić poprzez wprowadzenie ich między elektrody i odchylanie ich z toru swobodnego spadku (przyciąganie i odpychanie). Na rycinie 46 przedstawiono dwa rodzaje rozdzielaczy elektrostatycznych, w których rozdzielanie cząstek odbywa się w polu elektrycznych wyładowań ulotowych.



Ryc. 46. Schemat rozdziału cząstek w rozdzielaczach elektrostatycznych:

a - bębnowym, b - komorowym; 1 - bęben będący elektrodą dodatnią, 2 - szczotka zgarniająca, F_1, F_2, F_3 - frakcje rozdzielonych cząstek.

Rozdzielacz przedstawiony na rycinie 46a zbudowany jest z bębna obrotowego (20-60 obr/min) będącego elektrodą dodatnią oraz szeregu przewodów rozpiętych równolegle do tworzącej bębna, które stanowią ujemną elektrodę świetlącą. W tym zespole następuje rozdzielenie cząstek przy wykorzystaniu następujących sił: pola elektrycznego, ciężkości, odśrodkowej, wzajemnego oddziaływania pomiędzy naelektryzowaną cząstką a bębnem. W zależności od siły wypadkowej cząstki zachowują się różnie. I tak cząstki duże, ciężkie, wilgotne, o dobrej przewodności odrywają się od bębna najwcześniej i spadają do wylotu F_1. Cząstki lekkie i suche zatrzymują się na powierzchni bębna dłużej i spadają do wylotu F_2, a cząstki najlżejsze i najbardziej suche przylegają do bębna tak, że trzeba je odrywać szczotką i kierowane są one o wylotu F_3.

Rozdzielacz przedstawiony na rycinie 46b wykorzystuje dwie siły: siłę ciężkości cząstek i siłę przyciągania elektrostatycznego. Wykorzystuje więc własności elektryczne materiału. Zbudowany jest z elektrody dodatniej i podobnie jak w rozdzielaczu z ryciny 46a ujemnej elektrody świetlącej zbudowanej z przewodów rozpiętych równolegle do elektrody dodatniej. Wykorzystując podane własności cząstki mogą spadać swobodnie (nie działa na nie siła przyciągania elektrody dodatniej) do wylotu F_1 oraz mogą być odchylane różną siłą i spadać do wylotu F_2 lub F_3.

Rozdzielacze tego typu (46 a i b) są układami złożonymi z trzech zespołów ustawionych kaskadowo. Tą metodą można rozdzielać nawet nasiona takich gatunków, których innymi metodami rozdzielić się nie da. Są to maszyny uniwersalne, mogące mieć zastosowanie do rozdzielania nasion wymiarowo różnych bez konieczności wymiany zespołów roboczych. Wystarczy bowiem zmienić parametry elektryczne, dostosowując je do własności rozdzielanego materiału.

10. Literatura

J. Grochowicz: Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion. Wyd. Akademii Rolniczej, Lublin 1994.

M. Wójcicki: Maszyny i narzędzia rolnicze. Podręcznik dla techników mechanizacji rolnictwa. PWRiL, Warszawa 1969.

M. Wójcicki: Maszyny i narzędzia rolnicze. PWRiL, Warszawa 1958.

B. Łaszczyk, B. Pokrzywa, S. Regulski, F. Zapendowski: Maszyny rolnicze. PWRiL, Warszawa 1979.

J. Kuczewski: Budowa i regulacja maszyn rolniczych. Skrypt dla studentów akademii rolniczych. PWN, Warszawa – Poznań 1978.

J. Grochowicz: Maszyny do czyszczenia i sortowania nasion. PWRiL, Warszawa 1971.

PPW „ARAJ: Karta techniczna. Wrocław.

W.Byszewski , J. Haman : Gleba – maszyna – roślina. PWN Warszawa 1977.

WWW.buttimer.pl/index.php/produkt/items/czyszczalnia-delta.html