

Katedra Inżynierii Systemów

Wydział Nauk Technicznych

Pomiary wybranych właściwości fizycznych mieszanin ziarnistych i pasz

| | | |
|---|---|--|
| Rok grupa | Imiona i nazwiska 1 2..... 3 | Data ćwiczenia |
| Nr grupy laboratoryjnej | TEMAT: Pomiary wybranych właściwości fizycznych mieszanin ziarnistych i pasz | Uwagi |
| | | ocena |

Pomiary wybranych właściwości fizycznych mieszanin ziarnistych

Pojęcie „właściwości fizyczne” stosuje się powszechnie do opisu cech materiału, które dają się określić przy zastosowaniu fizycznych metod pomiaru bez naruszenia (zniszczenia) jego struktury.

Właściwości fizyczne takich materiałów jak ziarno zbóż można podzielić na: właściwości mechaniczne, kształt i wymiary, gęstość i porowatość, tarcie, właściwości aerodynamiczne, właściwości reologiczne, właściwości cieplne, właściwości elektromagnetyczne i elektrostatyczne oraz właściwości dyfuzyjne. Cechy masowe ziarna mają znaczenie w technologii przechowywania i przetwórstwie ziarna zbóż.

Niniejsze ćwiczenia mają za zadanie zapoznanie z podstawowymi metodami oceny właściwości fizycznych mieszanin ziarnistych. Ziarno zbóż może być stosowane jako materiał konsumpcyjny a także jako komponent pasz treściwych dla poszczególnych grup zwierząt gospodarskich. Jednakże niezależnie od przeznaczenia oznaczanie właściwości fizycznych jest jednakowe. Poznanie wartości poszczególnych wielkości fizycznych ma kluczowe znaczenie między innymi przy projektowaniu silosów do ich przechowywania, projektowaniu środków transportu (przenośników), dozowników, urządzeń rozdrabniających. Znajomość fizycznych właściwości surowców rolniczych pozwala na oszacowanie ich jakości technologicznej, konsumpcyjnej czy paszowej.

1. Gęstość rzeczywista materiału, masa właściwa

Masa właściwa ziarna zależy od jego składu chemicznego, ze względu na zróżnicowane masy właściwe poszczególnych składników. Największą masą właściwą wynoszącą 1,458 - 1,630 g/cm³ charakteryzuje się skrobia. Masa właściwa białek wynosi 1,345 g/cm³ (w tym glutenu 1,242 - 1,313 g/cm³), a tłuszczu 0,892 - 0,999 g/cm³.

Przeciętna masa właściwa ziarna zbóż w stanie absolutnie suchym przedstawia się następująco [g/cm³]:

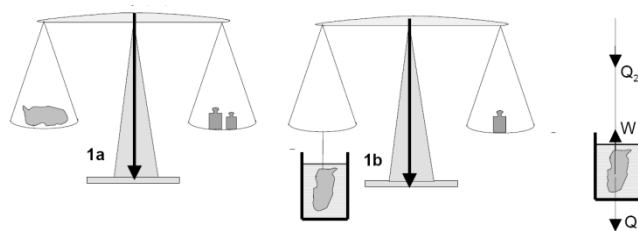
pszenica - 1,29 - 1,49,
żyto - 1,23 - 1,44,
jęczmień - 1,13 - 1,27,
owies - 0,95 - 1,08,
kukurydza - 1,19 - 1,25,
ryż - 1,11 - 1,12.

Wykonanie pomiarów

Oznaczanie gęstości oparte jest na prawie Archimedesesa, które brzmi:

„Ciało zanurzone w cieczy doznaje od niej parcia skierowanego ku górze, równego co do wielkości masie cieczy wypartej przez to ciało”.

Środowiskiem, w którym wykonuje się hydrostatyczne ważenie może być dowolna ciecz mająca dobre własności zwilżające i nie reagująca chemicznie z badanym materiałem. Najczęściej używa się wodę lub naftę. Stosowanie wody destylowanej zaleca się we wszystkich przypadkach, gdy badany materiał nie reaguje z nią chemicznie. Dla materiałów reagujących z wodą, stosuje się naftę (można używać również ksylenu i toluenu).



Rys.2 Sposób wyznaczania objętości bryły

Objętość rzeczywistą (V) wylicza się ze wzoru:

$$V = \frac{m_0 - m_1}{\rho_c}$$

Gęstość rzeczywista (ρ_{rz}) wyliczana jest na podstawie wzoru:

$$\rho_{rz} = \frac{m_0}{V} = \frac{m_0}{m_0 - m_1} * \rho_c$$

ρ_{rz} - gęstość rzeczywista,

m_0 - masa próbki badanego materiału,

m_1 - masa próbki przy hydrostatycznym ważeniu w cieczy, po usunięciu powietrza,

ρ_c - gęstość cieczy, w której odbywa się ważenie,

V - objętość rzeczywista.

Gęstość wody ρ_c w zależności od temperatury ma następujące wartości:

| Temperatura wody [°C] | ρ_c [g/cm ³] |
|-----------------------|-------------------------------|
| 13÷17 | 0,999 |
| 18÷23 | 0,998 |
| 24÷27 | 0,997 |
| 28÷31 | 0,996 |

W celu wykonania oznaczeń gęstości ziarna na początku należy odważyć masę materiału. Następnie należy zważyć zawieszony na druciku pusty koszycek zanurzony w cieczy oraz ten sam koszycek z odważonym uprzednio ziarnem, po umieszczeniu go w zlewce z cieczą. Jeżeli używa się bardzo cienkiego drucika to można zaniedbać jego masę. Przy wykonywaniu pomiarów należy uważać aby koszycek był całkowicie zanurzony, nie dotykał dna i ścianek naczynia z cieczą.

Rodzaj materiału:

| Powtórzenie | Masa materiału | Masa materiału w wodzie | Gęstość rzeczywista |
|-----------------|----------------|-------------------------|----------------------------------|
| | m_0 [g] | m_1 [g] | ρ_{rz} [kg/m ³] |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| Wartość średnia | | | |

Rodzaj materiału:

| Powtórzenie | Masa materiału | Masa materiału w wodzie | Gęstość rzeczywista |
|-----------------|----------------|-------------------------|----------------------------------|
| | m_0 [g] | m_1 [g] | ρ_{rz} [kg/m ³] |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| Wartość średnia | | | |

Obliczenia:

Wnioski:

2. Gęstość pozorna materiału - gęstość w stanie zsypanym

Gęstość pozorna jest wielkością charakteryzującą masę ziarna, wykorzystywaną w obliczeniach procesów zachodzących w warstwie ziarna, a także projektowaniu silosów do przechowywania ziarna. Gęstość w stanie zsypanym jest mniejsza od gęstości pojedynczego ziarna, gdyż pomiędzy poszczególnymi ziarnami znajdują się wolne przestrzenie wypełnione powietrzem. Na wielkość tej cechy masy ziarna mają wpływ te same czynniki, które decydują o gęstości pojedynczych ziaren, tj. kształt i wymiary, wilgotność oraz masa tysiąca ziaren, a ponadto ilość i rodzaj zanieczyszczeń, sposób ułożenia warstw ziarna i stan jego powierzchni.

Przykładowe wartości gęstości w stanie zsypanym wybranych rodzajów ziarna zbóż [kg/m³]:

- | | |
|--------------------------|---------------------------|
| 1. pszenica - 750 - 850, | 2. żyto - 670 - 750, |
| 3. jęczmień - 480 - 680, | 4. owies - 300 - 550, |
| 5. proso - 680 - 750, | 6. kukurydza - 600 - 850, |
| 7. gryka - 460 - 550, | 8. pszenżyto - 608 - 675. |

Materiały sypkie dzielimy pod względem ich masy usypowej na:

- lekkie, dla których $\rho_u = 600 \text{ kg/m}^3$ (plewy, sieczka, torf),
- średnio ciężkie o $\rho_u = 600\text{-}1100 \text{ kg/m}^3$ (nasiona zbóż i innych roślin),
- ciężkie o $\rho_u = 1100\text{-}2000 \text{ kg/m}^3$ (nawozy mineralne).

Gęstość w stanie zsypanym ma istotny wpływ na wyciąg mąki podczas przemiału ziarna. Dla pszenicy twardej stwierdzono np. że przy obniżeniu gęstości z 819 - 843 kg/m³ do 691 - 716 kg/m³ wyciąg mąki zmniejszył się z 72,1 do 66,4%. Gęstość w stanie zsypanym decyduje również o ładowności zbiorników magazynowych, a porowatość warstwy, ziarna wahająca się dla zbóż w granicach 35 - 60%, o łatwości prowadzenia zabiegów konserwacyjnych, np. aktywnej wentylacji.

Wykonanie pomiarów

Pomiar wykonać w 5 powtórzeniach dla każdej odmiany lub gatunku zboża. **Postąpić zgodnie z PN-73 R 74007: Oznaczenia gęstości.**

Rodzaj materiału:

| Powtórzenie | Masa gęstościomierza pustego [g] | Masa gęstościomierza z ziarnem [g] | $c = b - a$ [g] | Gęstość $\rho_u = (c/0.25)/100$ [kg/hl] |
|-----------------|----------------------------------|------------------------------------|-----------------|---|
| | a | b | c | d |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| Wartość średnia | | | | |

3. Porowatość

Zależność pomiędzy porowatością a gęstością rzeczywistą oznaczaną wg PN-74/Z- 04002 oraz gęstością usypową oznaczaną wg PN-ISO 7971-2, określa zależność:

$$p = \frac{\rho_{rz} - \rho_u}{\rho_{rz}} * 100\%$$

gdzie:

p - porowatość [%], ρ_{rz} - gęstość rzeczywista [kg/m^3], ρ_u - gęstość usypowa [kg/m^3].

Rodzaj materiału:

| Powtórzenie | Gęstość rzeczywista | Gęstość usypowa | Porowatość |
|-----------------|---------------------------------|------------------------------|------------|
| | ρ_{rz} [kg/m^3] | ρ_u [kg/m^3] | p [%] |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| Wartość średnia | | | |

Rodzaj materiału:

| Powtórzenie | Gęstość rzeczywista | Gęstość usypowa | Porowatość |
|-----------------|---------------------------------|------------------------------|------------|
| | ρ_{rz} [kg/m^3] | ρ_u [kg/m^3] | p [%] |
| 1 | | | |
| 2 | | | |
| 3 | | | |
| 4 | | | |
| 5 | | | |
| 6 | | | |
| Wartość średnia | | | |

Obliczenia:

4. Kąt naturalnego usypu

W procesach transportu, składowania i przetwarzania ziarna zbóż duże znaczenie ma właściwość masy ziarna określana jako sypkość. Zależy ona od właściwości i stanu głównego składnika mieszaniny oraz ilości i rodzaju zanieczyszczeń. Cecha ta ma znaczenie w obliczeniach magazynów, zwłaszcza lejów wysypowych w komorach silosowych oraz przy przemieszczaniu ziarna w rurach spustowych. Sypkość ziarna wyraża się kątem naturalnego zsypania oraz kątem naturalnego usypu. Natomiast kąt naturalnego usypu i zsypania jest ściśle związany z tarcie wewnętrzne i zewnętrzne.

Tarcie uczestniczy we wszystkich operacjach technologicznych, którym poddawane jest ziarno zbóż. Szeroki zakres zmian współczynnika tarcia roślinnych materiałów sypkich często istotnie modyfikuje przebieg wykonywanych operacji. Powszechnie przyjętą jest podział tarcia na zewnętrzne i wewnętrzne. Uważa się, że tarcie zewnętrzne to proces zachodzący na styku materiału konstrukcyjnego i sypkiego, a tarcie wewnętrzne to tarcie między elementami tego samego ośrodka. Stosowanie takiego podziału jest umowne. W obu przypadkach mamy bowiem do czynienia z tarcie zewnętrzne, które jest sumą elementarnych składowych oporów tarcia powstających między stykającymi się elementami - w tym między ziarnami tego samego ośrodka. Tarcie wewnętrzne zależy od właściwości samych ziaren oraz od struktury ich upakowania w ośrodku. Szorstkość i falistość powierzchni, kształt i wymiary ziaren oraz ich odkształcalność to właściwości, które najbardziej wpływają na kąt tarcia wewnętrzne. Właściwości te modyfikowane są przez gatunek i odmianę, a przede wszystkim przez wilgotność.

Pod względem ruchliwości poszczególnych cząstek materiały sypkie dzielimy na samozsypanie się i nie zsypanie się samoczynnie. Dla przeważającej większości materiałów kąt zsypania naturalnego zależy od wilgotności i zwiększa się z jej wzrostem.

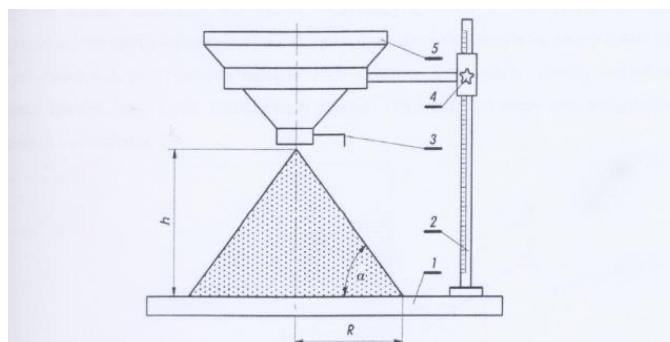
Wykonanie pomiarów

Nasypać 200 g ziarna do zamkniętego zbiornika zasypowego (5). Środek kosza ustawić w środku okręgu. Ustawić odległość kosza zasypowego od podstawy (1) równą 5 cm. Otworzyć zasuwę (3) tak aby materiał został swobodnie wysypany z kosza. Odczytać wysokość (h) oraz promień (R) usypanego stożka. Wyniki zestawzić w tabeli i obliczyć kąt usypu. Pomiar wykonać w 5 powtórzeniach dla każdej odmiany lub gatunku zboża.

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{h}{R}$$

h – wysokość usypanego stożka [mm],

R – promień podstawy usypanego stożka [mm].



Schemat przyrządu do pomiaru kąta zsypania naturalnego materiałów sypkich: 1 – podstawa, 2 – stojak, 3 – zasuwka otworu wylotowego, 4 – pokrętło regulacji wysokości zbiornika zasypowego, 5 – zbiornik zasypowy [Z. Gwizdz, T. Rawa 2000]

5. Kąt naturalnego zsypu

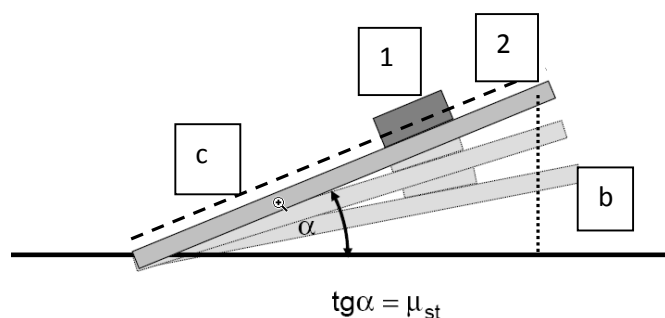
Wykonanie pomiarów

Do płytki o wymiarach 5x5 cm przykleić ziarniaki na całej powierzchni płytki. Pomiar wykonać w 5 powtórzeniach dla każdej odmiany lub gatunku zboża. Próbę ułożyć na pochylni (2) i powoli podnosić pochylnię do momentu, aż próbka (1) zacznie zsuwać się po pochylni (2). Na skali odczytać wysokość (b).

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{b}{c}$$

b – wysokość od płaszczyzny

c – długość pochylni



Rodzaj materiału:

| Lp. | Rodzaj materiału | Wysokość od płaszczyzny [mm] | Długość pochylni [mm] | Kąt naturalnego zsypu |
|-----|------------------|------------------------------|-----------------------|----------------------------|
| | a | b | c | α |
| 1 | drewno | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | Wartość średnia | | | |
| 2 | plastik | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | Wartość średnia | | | |
| 3 | stal | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | Wartość średnia | | | |

6. Masa 1000 ziaren

Masa 1000 nasion jest podstawowym wskaźnikiem jakości towarowej ziarna zbóż i jest wyróżniającą cechą dla różnych odmian. Uzależniona od niej jest wydajność wielu procesów czy operacji jednostkowych, np. decyduje ona o wydajności obłuskiwania ryżu, a współczynnik korelacji wynosi 0,96. Stwierdzono również, że wyciąg mąki wzrasta z 69,5% do 74,6% wraz ze wzrostem masy 1000 ziaren z 18,2 g do 41,5 g. Jest to związane ze zwiększeniem względnego udziału bielma skrobiowego w ziarnie, gdyż przy wzroście masy 1000 ziaren z 15,0 do 30,0 g, zawartość skrobiowej części bielma wzrasta z 64 do 80%. Masa właściwa i masa 1000 ziaren informuje o stopniu wypełnienia ziarna składnikami chemicznymi, o jego budowie morfologicznej, a także decyduje o ilościowym składzie produktów przemiału.

Wykonanie pomiarów

Odliczyć 250 szt. ziarniaków i zważyć z dokładnością do 0,01 g. Wyniki przeliczyć na 1000 ziaren i dokonać dalszych obliczeń zgodnie z podanym wzorem. Pomiary wykonać w 5 powtórzeniach.

Rodzaj materiału:

| Lp. | Masa 250 ziaren [g] | Masa 1000 ziaren [g] | Wilgotność [%] | Ciężar absolutny [g] |
|-----------------|---------------------|----------------------|----------------|----------------------|
| | | a | c | A |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| Wartość średnia | | | | |

Rodzaj materiału:

| Lp. | Masa 250 ziaren [g] | Masa 1000 ziaren [g] | Wilgotność [%] | Ciężar absolutny [g] |
|-----------------|---------------------|----------------------|----------------|----------------------|
| | | a | c | A |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| Wartość średnia | | | | |

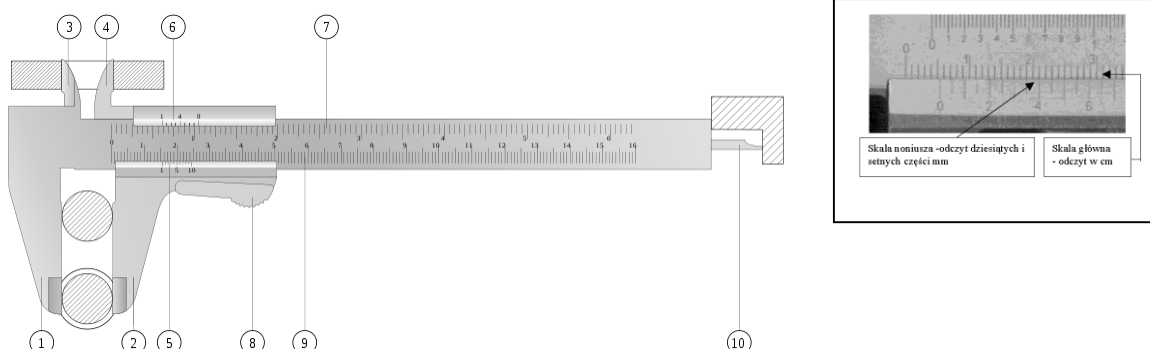
7. Pomiar cech geometrycznych

Właściwości fizyczne materiałów możemy podzielić na wiele sposobów – ze względu na: obiekt którego dotyczą (ciecz, pojedyncze ciało stałe, złoże czy mieszanina ziarnista itp.), sposób uzyskiwania ich wartości (pomiar bezpośredni, wyznaczanie na drodze obliczeń) czy znaczenie merytoryczne (ilościowe, jakościowe), itp.

Wśród podstawowych właściwości geometrycznych oraz ilościowych wyróżniamy: wymiary liniowe (długość, szerokość, średnica itp.) – mierzone przy pomocy prostych narzędzi pomiarowych takich jak: liniał, suwmiarka, śruba mikrometryczna itp., a także przy pomocy bardziej skomplikowanych systemów wykorzystujących np. analizę obrazu kształt – ocena wizualna. W przypadku materiałów biologicznych kształt rzadko bywa regularny (np. sześciąt, kula, elipsoida), częściej spotykane są formy zbliżone do regularnych, lub całkowicie nieregularne. Szczególnymi substancjami są ciecze i większość materiałów sypkich, które przyjmują kształt naczynia w jakim się znajdują.

Do pomiaru właściwości geometrycznych mogą służyć przyrządy pomiarowe takie jak: linijka, suwmiarka, śruba mikrometryczna. Średnią wielkość cząstek możemy oznaczyć za pomocą analizy sitowej.

Celem ćwiczenia jest wykonanie pomiaru cech geometrycznych tj.: długość, szerokość oraz grubość ziarników zbóż. Na podstawie obliczonych wymiarów linowych należy obliczyć współczynniki kształtu. Pomiar należy wykonać za pomocą suwmiarki oraz śruby mikrometrycznej.



Budowa suwmiarki: 1 - Stała szczeka do pomiaru wymiarów zewnętrznych; 2 - Ruchoma szczeka do pomiaru wymiarów wewnętrznych; 3 - Stała szczeka do pomiaru wymiarów wewnętrznych; 4 - Ruchoma szczeka do pomiaru wymiarów wewnętrznych; 5 - Noniusz zwiększający dokładność pomiarową do 0,1[mm]; 6 - Noniusz zwiększający dokładność pomiarową do 1/128 cala; 7 - Podziałka calowa; 8 - Dźwignia zacisku ustalającego położenie przesuwnej szczęki; 9 - Podziałka milimetrowa; 10 - Głębokościomierz, do pomiarów głębokości i wymiarów mieszanych



Aby prawidłowo odczytać wartości należy

1. Policzyc liczbę odsłoniętych przez kraweż bębna kresek nieruchomej skali liniowej (5 kresek na rysunku). Ponieważ odsłonięcie jednej kreski odpowiada pełnemu obrotowi bębna to oznacza to przesuw o 0,5 mm. Tak więc odczyt będzie 5 kreski x 0,5mm = 2,5mm. Jest to pierwszy składnik ostatecznego wyniku.
2. Określić, która kreska podziałki bębna pokrywa się z linią środkową na wrzecionie (42 na rysunku). Ponieważ jedna kreska tej podziałki odpowiada przesuwowi o 0,01mm, to odczyt wartości jest: 42 x 0,01=0,42 mm i jest to drugi składnik ostatecznego wyniku.
3. Dodać te dwie wartości: 2,5+0,42=2,92mm. Jest to końcowy wartość odczytu.

Rodzaj materiału:

| Lp. | Długość [mm] | | Szerokość [mm] | | Grubość [mm] | |
|-----------------|--------------|-------|----------------|-------|--------------|-------|
| | c | | b | | a | |
| | suwmiarka | śruba | suwmiarka | śruba | suwmiarka | śruba |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| Wartość średnia | | | | | | |
| K ₁ | | | | | | |
| K ₂ | | | | | | |
| S _n | | | | | | |
| Fz | | | | | | |

Rodzaj materiału:

| Lp. | Długość [mm] | | Szerokość [mm] | | Grubość [mm] | |
|-----------------|--------------|-------|----------------|-------|--------------|-------|
| | c | | b | | a | |
| | suwmiarka | śruba | suwmiarka | śruba | suwmiarka | śruba |
| 1 | | | | | | |
| 2 | | | | | | |
| 3 | | | | | | |
| 4 | | | | | | |
| 5 | | | | | | |
| Wartość średnia | | | | | | |
| K ₁ | | | | | | |
| K ₂ | | | | | | |
| S _n | | | | | | |
| Fz | | | | | | |

8. Wyrównanie ziarna

Celność (C_s) wyrażona w procentach jest stosunkiem masy ziaren pozostających na sitach w wymiarach oczek 2,8 x 25 mm i 2,5 x 25 mm do masy przesiewanego ziarna (dla jęczmienia przeznaczonego dla przetwórstwa – 2,2 x 25 mm, dla owsa przeznaczonego dla przetwórstwa – 1,6 x 25 mm). W przypadku oznaczenia ziarna pszenicy stosowane są sita 2,5 x 25 mm, natomiast w przypadku oznaczania żyta – 2,2 x 25 mm.

Wykonanie pomiarów

Wyrównanie ziarna jęczmienia oblicza się wg wzoru:

$$C_s = (a + b/a+b+c)*100$$

a - masa ziarna zatrzymanego przez sito górne (2,8 x 25 mm) [g],

b - masa ziarna zatrzymanego przez sito środkowe (2,5 x 25 mm) [g],

c - masa ziarna zatrzymanego przez pozostałe dolne sita [g].

Pomiar wykonać w 5 powtórzeniach. Wyniki należy podawać w procentach.

Rodzaj materiału:

| Lp. | Masa ziarna na sicie 2,8 mm [g] | Masa ziarna na sicie 2,5 mm [g] | Masa ziarna na pozostałych sitach [g] | Celność ziarna [%] |
|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|--------------------|
| | a | b | c | C_s |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| Wartość średnia | | | | |

Rodzaj materiału:

| Lp. | Masa ziarna na sicie 2,8 mm [g] | Masa ziarna na sicie 2,5 mm [g] | Masa ziarna na pozostałych sitach [g] | Celność ziarna [%] |
|-----------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------------|--------------------|
| | a | b | c | C_s |
| 1 | | | | |
| 2 | | | | |
| 3 | | | | |
| 4 | | | | |
| 5 | | | | |
| Wartość średnia | | | | |

