

Міністерство освіти і науки України

СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



**Інженерно-
технологічний
факультет**

Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів

Методичні вказівки

щодо виконання лабораторних роботи

Суми – 2022

Міністерство освіти і науки України

Сумський національний аграрний університет

Кафедра "Тракторів, сільськогосподарських машин та транспортних технологій"

Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів

Методичні вказівки

**щодо виконання лабораторних робіт для студентів 2 курсу,
галузі знань: 20 «Аграрні науки та продовольство»; спеціальність:
208 «Агроінженерія» ступінь вищої освіти: «Молодший бакалавр»;
початкового (короткий цикл) рівня вищої освіти
кваліфікації: «Молодший бакалавр з агроінженерії»;
очної форми навчання**

Суми – 2022

ББК 40.72 я 73

М 55

УДК 620.16:63 (075.8)

Укладач: старший викладач *Калнагуз О. М.*

М 55 Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт для студентів 2 курсу, галузі знань: 20 «Аграрні науки та продовольство»; спеціальність: 208 «Агроінженерія» ступінь вищої освіти: «Молодший бакалавр»; кваліфікації: «Молодший бакалавр з агроінженерії»; очної форми навчання – Суми: СНАУ, 2022. – 60 с., 25 рис.

Методичні вказівки призначені для виконання лабораторних робіт студентами з наступних тем: Визначення вологості сільськогосподарських матеріалів; тарування пружин приладів з визначення механічних характеристик сільськогосподарських матеріалів; визначення твердості і коефіцієнта об'ємного зминання ґрунту; характеристик статичного та динамічного тертя с.г матеріалів по різних поверхнях; характеристик внутрішнього тертя сипких матеріалів; характеристик перерізання с.г. матеріалів; показників обмолочуваності с.г культур; розмірних характеристик зерна

Рецензенти:

Соларьов Олександр Олексійович к.т.н., кафедри “Тракторів, сільськогосподарських машин та транспортних технологій”.

Саржанов Олександр Анатолійович к.т.н., доцент, кафедри “Експлуатація техніки”.

Відповідальний за випуск завідувач кафедри „Тракторів, сільськогосподарських машин та транспортних технологій” **Зубко В. М.**

Рекомендовано до видання навчально-методичною радою
Інженерно-технологічного факультету
(протокол № 6 від " 25 " травня 2022 р.)

© Сумський національний аграрний університет, 2022 рік

ЗМІСТ

Вступ	5
<i>Лабораторна робота 1. Визначення вологості сільськогосподарських матеріалів</i>	<i>8</i>
<i>Лабораторна робота 2. Тарування пружин приладів з визначення механічних характеристик сільськогосподарських матеріалів</i>	<i>13</i>
<i>Лабораторна робота 3. Визначення твердості і коефіцієнта об'ємного зминання ґрунту</i>	<i>21</i>
<i>Лабораторна робота 4. Визначення характеристик статичного тертя сільськогосподарських матеріалів по різних поверхнях</i>	<i>26</i>
<i>Лабораторна робота 5. Визначення характеристик динамічного тертя сільськогосподарських матеріалів по різних поверхнях</i>	<i>30</i>
<i>Лабораторна робота 6. Визначення характеристик внутрішнього тертя сипких матеріалів</i>	<i>35</i>
<i>Лабораторна робота 7. Визначення характеристик перерізання сільськогосподарських матеріалів</i>	<i>40</i>
<i>Лабораторна робота 8. Визначення показників обмолочуваності сільськогосподарських культур</i>	<i>47</i>
<i>Лабораторна робота 9. Вивчення розмірних характеристик зерна</i>	<i>53</i>
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	58

ВСТУП

Методичні вказівки з дисципліни «Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів» написаний відповідно до чинної програми. Лабораторні роботи складені так, що охоплюють основні властивості матеріалів, найбільш поширених в сільському господарстві.

Перелік лабораторних робіт, які мають виконати студенти згідно з програмою, а також орієнтовні витрати часу на їх виконання наведено в табл. 1.

Таблиця 1. Орієнтовні витрати часу на виконання лабораторних робіт

Лабораторна робота	Витрати навчального часу, год.		
	Аудиторні заняття	Самостійна робота	Всього
1. Визначення вологості сільськогосподарських матеріалів	4	1	5
2. Тарування пружин приладів з визначення механічних характеристик сільськогосподарських матеріалів	3	1	4
3. Визначення твердості і коефіцієнта об'ємного зминання ґрунту	3	1	4
4. Визначення характеристик статичного тертя сільськогосподарських матеріалів по різних поверхнях	3	1	4
5. Визначення характеристик динамічного тертя сільськогосподарських матеріалів по різних поверхнях	3	1	4
6. Визначення характеристик внутрішнього тертя сипких матеріалів	3	1	4
7. Визначення характеристик перерізання сільськогосподарських матеріалів	4	1	5
8. Визначення показників обмолочуваності сільськогосподарських культур	3	1	4
9. Визначення розмірних характеристик зерна сільськогосподарських культур	4	1	5
Всього	30	9	39

Залежно від наявності лабораторного обладнання у вищих навчальних закладах тематику передбачених програмою лабораторних робіт можна скорегувати в обсязі, що не перевищує 20 %.

Відомо, що властивості сільськогосподарських матеріалів залежать від багатьох факторів, тому для отримання достатньо точних результатів досліди іноді потрібно повторювати по декілька десятків разів. Однак на практиці це виконати не завжди можливо. У зв'язку з цим іноді доводиться йти на порушення цього правила.

Студенти мають бути підготовленими до виконання лабораторних робіт. Для цього виділяється час на самостійну роботу, що дає змогу своєчасно виконувати роботу й оформляти звіт.

Для кожної лабораторної роботи проводять обробку результатів методами математичної статистики з визначенням середньої арифметичної величини, середнього квадратичного відхилення та коефіцієнта варіації.

Середню арифметичну величину обчислюють за формулою

$$M = \frac{\sum k_i \cdot l_{Ci}}{\sum k_i} \quad \text{або} \quad M = \frac{\sum P_i \cdot l_{Ci}}{100}, \quad (1)$$

де k_i , P_i – частота повторення ознаки i -го класу, шт., г, %;

l_{Ci} – середній розмір i -го класу.

Середнє квадратичне відхилення визначають за формулою

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (M - l_{Ci})^2 \cdot k_i}{\sum k_i}} \quad \text{або} \quad \sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (M - l_{Ci})^2 \cdot P_i}{100}}, \quad (2)$$

Величина σ характеризує розбіжність розмірів варіаційного ряду.

Для визначення коефіцієнта варіації (%) застосовують формулу

$$V = \frac{\sigma}{M} \cdot 100. \quad (3)$$

Коефіцієнт варіації дає змогу порівнювати мінливість розмірів ознаки.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 1

ВИЗНАЧЕННЯ ВОЛОГОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ

Мета роботи

Навчитися визначати вологість ґрунтів та інших сільськогосподарських матеріалів.

Теоретична частина

Вологість різноманітних сільськогосподарських матеріалів визначають для того, щоб:

- а) характеризувати умови роботи сільськогосподарських машин (вологість повітря, ґрунту, добрив, насіння тощо);
- б) контролювати технологічний процес, що виконується машиною (вологість теплоносія в сушарках, вологість ґрунту в шарах до та після проходження робочого органа машини, динаміку вологості сільськогосподарського матеріалу тощо);
- в) характеризувати умови розвитку сільськогосподарських рослин.

Вологість можна визначати прямим або непрямим способами. Прямі вимірювання вологості ґрунту, насіння та деяких сільськогосподарських матеріалів проводять за допомогою спеціальних електричних приладів. Цей спосіб зручний, оскільки він не потребує багато часу. Однак часто залежно від внутрішньої структури матеріалу та його стану можуть траплятися помилки, тому до таких вимірювань слід вдаватися лише тоді, коли не потрібна висока точність.

Прямі вимірювання вологості повітря або відпрацьованого теплоносія можна виконувати напівпровідниковими електропсихрометрами, непрямі – стаціонарними або аспіраційними психрометрами. У разі потреби реєстрації відносної вологості упродовж деякого часу можна скористатися гігрографами, що забезпечують вимірювання вологості в межах 30 – 100 % з точністю до 2 %.

Найбільш поширеним способом визначення вологості сільськогосподарських матеріалів є висушування проб в електросушильних шафах за температури 100 –

105 °С. Залежно від стану матеріалу та його фізико-механічних властивостей метод відбирання, розмір проби та наважка мають бути різними.

Висушувати сирий матеріал рослини відразу за високої температури не можна, оскільки від цього на поверхні її частин утворюється кірка, яка порушує нормальний процес сушіння. Крім того, може початися процес обуглення і втрати маси. Якщо матеріал дуже сирий, то його спочатку підсушують у шафі за температури 50 – 60 °С.

Загальна тривалість висушування проб залежно від виду сільськогосподарського матеріалу та його вологості може становити 4 – 12 год. У разі прискореного сушіння насіння допускається його висушування при 105 °С упродовж 30 – 50 хв. з наступним подрібненням на лабораторному млині та досушуванням протягом 40 хв. при 130 °С.

Точність визначення вологості матеріалу в основному залежить від якості зважування та висушування.

У цій роботі визначають вологість ґрунту. Про вміст води у ґрунті судять за його абсолютною вологістю (%), яку визначають як відношення маси води до маси сухого ґрунту

$$W_A = \frac{m_B - m_C}{m_C} \cdot 100, \quad (1.1)$$

де m_B та m_C – маси відповідно вологого і сухого ґрунту, г.

Зміст роботи

Визначити вологість ґрунту (чи іншого сільськогосподарського матеріалу за завданням викладача), виконати математичну обробку результатів дослідів, написати звіт.

Обладнання, прилади, матеріали

Електрична сушильна шафа, бюкси, терези, проби ґрунту (сільськогосподарського матеріалу за завданням викладача).

Сушильна шафа ШС – 150 призначена для сушіння різних сільсько-господарських матеріалів у лабораторних умовах. Вона складається з робочої камери і підставки (рис. 1.1). Робоча камера – це металевий корпус 6 циліндричної форми, який зачиняється спереду круглими дверцятами 7. У верхній частині шафи є вентиляційний ковпачок 5. Усередині камери встановлені три полиці 4, які можна знімати, а знизу прикріплений керамічний під, у пазах якого вміщено закритий нагрівний елемент. До нагрівного елемента послідовно приєднана обмотка повзункового реостата, який розміщений усередині підставки і дає змогу змінювати температуру шафи в межах 85 – 150 °С.

Температуру регулюють пересуванням ручки повзунка реостата 1, крайні положення якого позначено написами "Уведений" і "Виведений" на правій стінці підставки.

Усередині підставки розміщена сигнальна лампа 3. У разі прикладання напруги до нагрівного елемента сигнальна лампа спалахує.

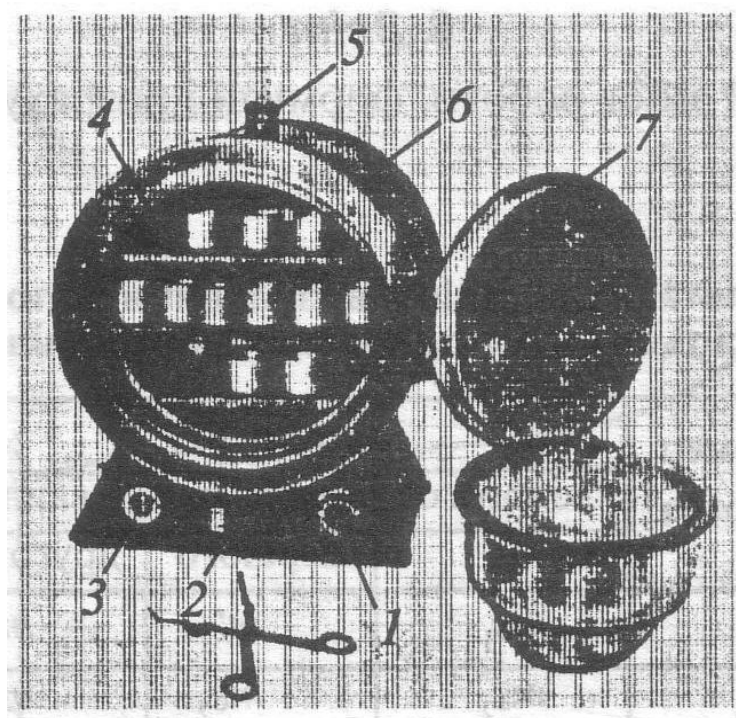


Рис. 1.1. Сушильна шафа ШС – 150:

- 1 – ручка повзунка реостата; 2 – вимикач; 3 – сигнальна лампа; 4 – полиці;
5 – вентиляційний ковпачок; 6 – металевий корпус; 7 – дверцята

Після завантаження шафи термометр встановлюють у верхньому отворі вентиляційного ковпачка так, щоб нижній його кінець не торкався до зразків, розміщених на верхній полиці. На передній стінці також розміщений вимикач 2. Під час нагрівання контролюють температуру. У разі потреби зниження температури змінюють опір реостата пересуванням повзунка справа вліво.

Під час сушіння вентиляційний ковпачок слід повернути так, щоб його бічні отвори були повністю відчинені для виходу вологи, яка випаровується.

Порядок виконання роботи

1. З шарів 5, 10 та 15 см взяти в бюкси проби ґрунту (повторити чотири рази).
 2. Бюкси з пробами ґрунту зважити з точністю до 0,01 г.
 3. Бюкси з пробами ґрунту висушити в електричній сушильній шафі за температури 100 – 105 °С протягом 3 год. Після охолодження зважити з попередньою точністю.
 4. Бюкси з ґрунтом знову вмістити у сушильну шафу, через 1 год. дістати і знову зважити з тією ж точністю.
 5. Різниця маси бюксів після першого і другого висушування не повинна перевищувати 0,05 г. Якщо різниця перевищує 0,05 г, то бюкси знову слід вмістити у сушильну шафу на 1 – 2 год., після чого зважити.
 6. Визначити абсолютну вологість ґрунту за формулою (1.1).
 7. Виконати математичну обробку результатів дослідів, визначити середнє арифметичне $\bar{W}_A$ (1), середнє квадратичне відхилення σ (2) та коефіцієнт варіації V (3).
 8. За завданням викладача згідно з наведеною методикою визначити вологість іншого сільськогосподарського матеріалу.
- Результати дослідів записати в табл. 1.1.

Результати дослідів з визначення вологості сільськогосподарських матеріалів

Матеріал	Повторність дослідів	Номер бюкса	Маса ґрунту, г			W_A , %	$\overline{W}_A$, %	σ , %	V , %
			вологого	після висушування					
				першого	другого				
Ґрунт	1		m_{B1}	m'_{C1}	m''_{C1}		$\overline{W}_A$	σ	V
	2		m_{B2}	m'_{C2}	m''_{C2}				
	3		m_{B3}	m'_{C3}	m''_{C3}				
	4		m_{B4}	m'_{C4}	m''_{C4}				

6. Звіт

Навести стислий зміст роботи, формули і розрахунки, таблицю. Зробити висновки.

7. Контрольні запитання

7.1. Назвіть особливості висушування сирих сільськогосподарських матеріалів.

7.2. За якою формулою визначають абсолютну вологість сільськогосподарських матеріалів?

7.3. Розповісти про будову сушильної шафи.

7.4. Наведіть послідовність визначення вологості ґрунту.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 2

ТАРУВАННЯ ПРУЖИН ПРИЛАДІВ З ВИЗНАЧЕННЯ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ

1. Мета роботи

Навчитися тарувати силові пружини, які застосовуються на приладах для визначення механічних характеристик сільськогосподарських матеріалів.

2. Теоретична частина

На деяких приладах (твердомір, прилади для визначення механічних характеристик сільськогосподарських матеріалів під час розтягання, стискання, обмолочування, зусиль відривання колосків від плодоніжок волоті та ін.) застосовують пружини як пружні елементи.

Величина сили, яка прикладається до пружини, залежить від виду деформації (розтяг, стиск, кручення) і її масштабу. Масштабом пружини m називають силу, яка необхідна для зміни деформації пружини на одиницю довжини.

Більшість пружин незалежно від величини деформації мають постійний масштаб. При навантаженні таких пружин між силою P та величиною деформації H існує залежність

$$m = \frac{P}{H}. \quad (1.2)$$

Вибір сили P обумовлюється технічними міркуваннями.

На твердомірах, приладах для визначення механічних характеристик сільськогосподарських матеріалів під час розтягання, стискання, перерізання та ін. застосовуються пружини стиску (рис. 1.2), на приладах для визначення показників обмолочування сільськогосподарських культур – пружини розтягу (рис. 1.3).

Масштаб силової пружини m може бути одержаний статичним і динамічним способами на приладах для тарування пружин. Статичний спосіб визначення масштабу обґрунтовується на статичному навантаженні пружини. Динамічний спосіб визначення масштабу обґрунтовується на динамічному навантаженні пружини і здійснюється за допомогою фізичного маятника.

Міцність сільськогосподарських матеріалів при розтязі (розриванні) та стиску (роздавлюванні) визначається на приладах, які дозволяють спостерігати в статичних умовах зусилля і відповідні їм подовження (або скорочення) протягом всього процесу розтягування (або стискання) зразка до руйнування.

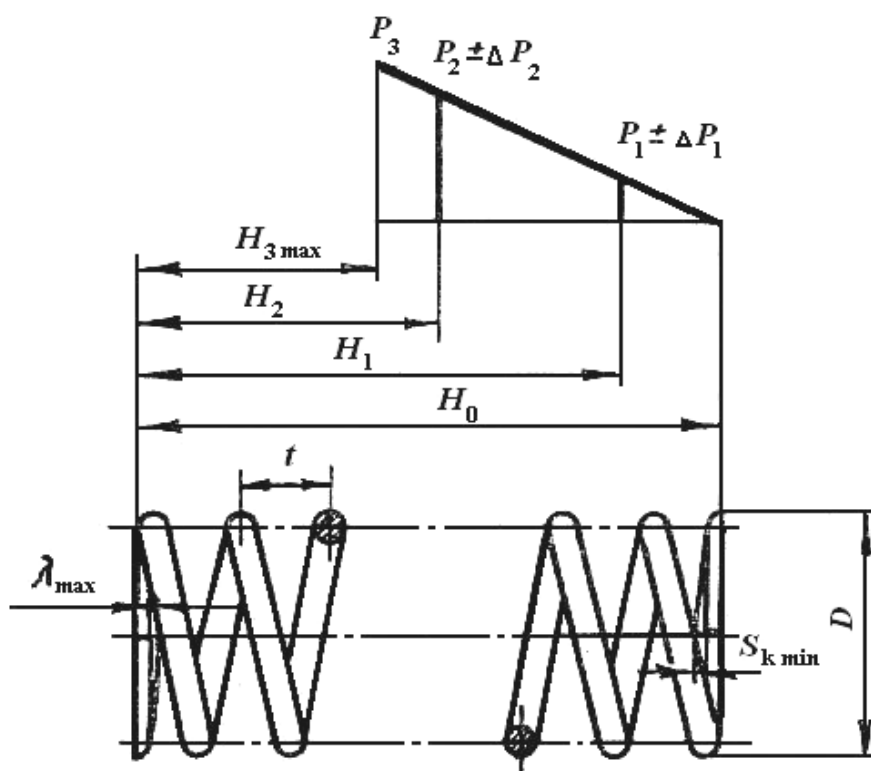


Рис. 1.2. Пружина стиску

Тому в цій роботі буде розглянутий статичний спосіб тарування силової ланки (пружини) приладів.

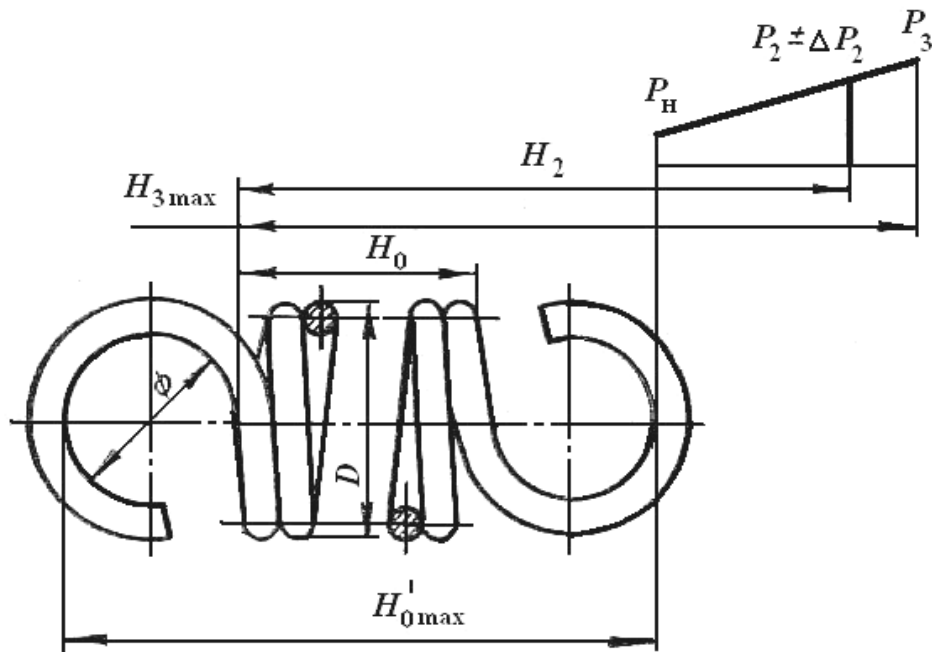


Рис. 1.3. Пружина розтягу

3. Зміст роботи

- 3.1. Зняти розміри силової пружини.
- 3.2. Скласти таблицю тарування пружини.
- 3.3. Визначити похибку приладу.
- 3.4. Визначити масштаб пружини.
- 3.5. Побудувати тарувальну криву.

4. Обладнання, прилади, матеріали

Для тарування необхідні пристрої. На рис. 1.4 представлена схема пристрою для тарування пружини стиску. Він складається із підвіски 1 для вантажу, вантажу 3 та вимірювальної лінійки 4.

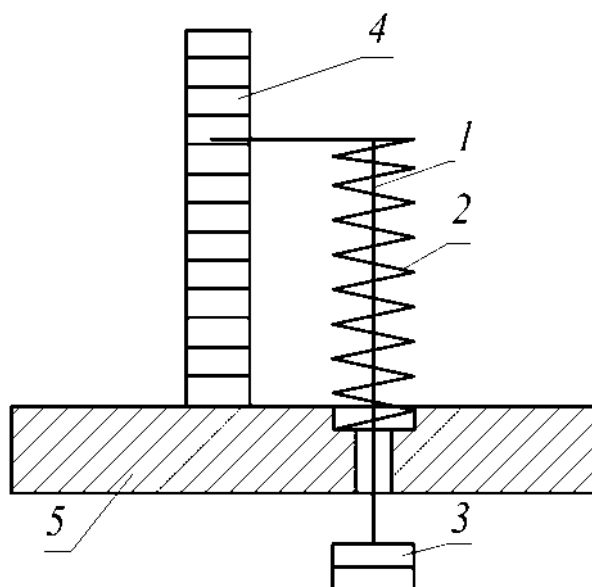


Рис. 1.4. Схема приладу для тарування пружини стиску:

1 – підвіска для вантажу з показчиком; 2 – пружина стиску; 3 – вантаж;
4 – вимірювальна лінійка; 5 – основа

На рис. 1.5 представлена схема пристрою для тарування пружини розтягу. Він складається із стійки 1, підвісок 2 (для пружини) та 4 (для вантажу), вантажу 5 та вимірювальної лінійки 6.

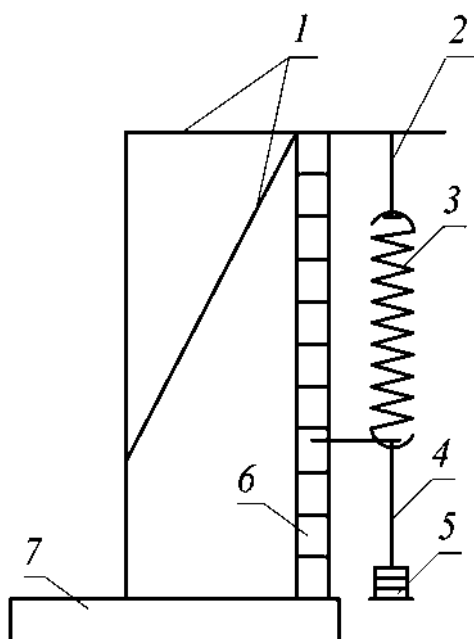


Рис. 1.5. Схема приладу для тарування пружини розтягу:

1 – стійка; 2 – підвіска для пружини; 3 – пружина розтягу; 4 – підвіска для вантажу з показником; 5 – вантаж; 6 – вимірювальна лінійка; 7 – основа

5. Порядок виконання роботи

5.1. Зняти розміри силових пружин. Результати записати в табл. 1.2.

Таблиця 1.2.

Вихідні дані силових пружин

Тип пружини	Діаметр проволочи d , мм	Зовнішній діаметр D , мм	Внутрішній діаметр D_1 , мм	Довжина гачка зачепа l_k , мм	Число робочих витків n	Довжина пружини H_0 , мм

5.2. Провести навантаження і розвантаження пружини. Пружину встановлюють на прилад і приводять вимірювальну систему в вихідне положення. При цьому лінійка встановлюється в нульове положення. Навантажують пружину ступенями $P_1, P_2 \dots P_n$ з інтервалом ΔP (P_1 і P_n – відповідно мінімальна і максимальна сили, Н). Число ступенів навантаження може відрізнятись від числа, яке показано на рис. 1.2, 1.3.

Навантаження кожного наступного ступеня повинно бути більшим на величину інтервалу. Після того, як буде досягнута верхня межа навантаження, пружину поступово розвантажують в зворотній послідовності з тим же інтервалом. Довжину пружини вимірюють на кожному ступеню навантаження і розвантаження.

Цикл повторюють 3 рази.

5.3. За одержаними даними скласти таблицю тарування приладу (табл. 1.3) для визначення похибки приладу, яка викликається тертям, і отримання величин, необхідних для побудови тарувальної кривої.

На кожному ступеню навантаження і розвантаження визначається середня довжина пружини $H_{\text{сер}}$. Для кожного ступеня визначається також максимальна різниця

$$f = H_{\text{СЕР}} - H_{\text{МН}} \quad \text{або} \quad f = H_{\text{МАКС}} - H_{\text{СЕР}}. \quad (1.3)$$

Похибка приладу (%) для кожного ступеня навантаження і розвантаження визначається за формулою

$$\alpha_{\text{СТ}} = \frac{f}{H_{\text{СЕР}}} \cdot 100. \quad (1.4)$$

Середня похибка $\alpha_{\text{СЕР}}$ визначається як середня арифметична із похибок $\alpha_{\text{СТ}}$, одержаних для кожного ступеня

$$\alpha_{\text{СЕР}} = \frac{\sum \alpha_{\text{СТ}i} \cdot K_i}{\sum K_i}, \quad (1.5)$$

де $\alpha_{\text{СТ}i}$ – величина похибки i – го класу, %;

K_i – частота повторення похибки i – го класу, шт.

5.4. За формулою (1.2) визначити масштаб пружини. Побудувати тарувальну криву.

Таблиця 1.3.

Результати тарування силової пружини приладу

Зусилля P , Н	Деформація пружини H , мм при						Середня деформація $H_{\text{СЕР}}$, мм	Максимальна різниця f , мм	Похибка $\alpha_{\text{СТі}}$, %
	навантаженні			розвантаженні					
	1	2	3	1	2	3			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	4,3	4,4	4,4	4,3	4,5	4,5	4,4	0,1	2,3
10	9,1	9,1	9,2	9,2	9,3	9,3	9,2	0,1	1,1
15	13,7	13,8	13,8	14,0	14,1	13,9	13,9	0,2	1,4
20	18,2	18,3	18,6	18,4	18,4	18,6	18,4	0,2	1,1
25	22,6	22,7	22,8	22,9	22,9	23,0	22,8	0,2	0,9
30	26,6	26,7	26,8	26,6	26,7	26,8	26,7	0,1	0,4

Середня похибка приладу $\alpha_{\text{СЕР}} = 1,03 \%$.

5.5. Тарувальна крива (рис. 1.6), яка виражає залежність деформації пружини приладу від навантаження, креслять на міліметровому папері за величинами P і $H_{\text{СЕР}}$, взятих із табл. 1.3 і використовується при обробці діаграм, одержаних при роботі приладу.

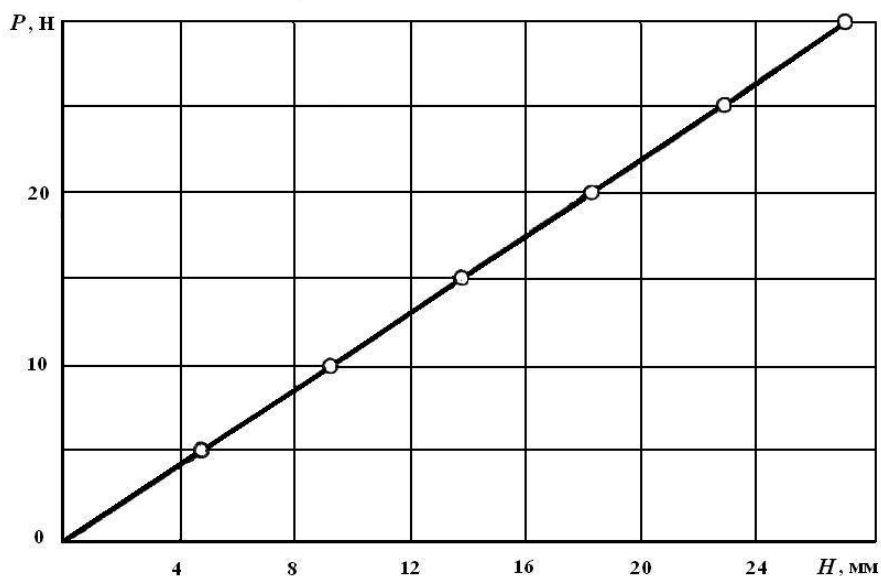


Рис. 1.6. Тарувальна крива силової пружини приладу

У табл. 1.3 наведені результати тарування силової пружини одного із приладів статичним способом і обробки цих результатів за приведеними вище формулами.

5.6. Оцінити результати дослідів.

6. Звіт

Звіт повинен включати:

- 6.1. Стислий зміст роботи.
- 6.2. Характеристику силової пружини.
- 6.3. Схему пристрою.
- 6.4. Таблицю тарування пружини.
- 6.5. Необхідні розрахунки.
- 6.6. Тарувальну криву.

6.7. Висновки.

7. Контрольні запитання

7.1. Як визначається масштаб пружини?

7.2. Що розуміють під статичним та динамічним способами тарування пружини?

7.3. Розповісти про будову пристрою для тарування пружини.

7.4. Розповісти про порядок тарування пружини.

7.5. Як визначаються похибка для кожного ступеня навантаження і розвантаження та середня похибка пружини?

7.6. Як будується тарувальна крива силової пружини?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 3

ВИЗНАЧЕННЯ ТВЕРДОСТІ І КОЕФІЦІЄНТА ОБ'ЄМНОГО ЗМИНАННЯ ҐРУНТУ

1. Мета роботи

Для конкретних умов визначити твердість і коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту.

2. Теоретична частина

Показником опору ґрунту до зминання є середня твердість ґрунту. Твердість ґрунтів вимірюють приладами – твердомірами. Під час введення в ґрунт наконечника твердоміра викреслюється діаграма (рис. 1.7).

На діаграмі є декілька фаз. Упродовж першої фази (ділянка OA) опір деформації росте пропорційно величині заглиблення наконечника в ґрунт (до $l = l_A = 5...6$ см).

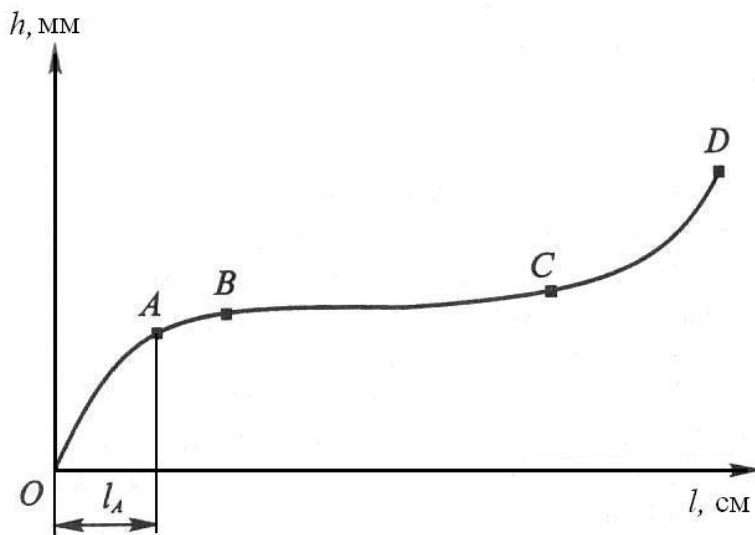


Рис. 1.7. До визначення твердості ґрунту твердоміром

Друга фаза AB є перехідною. В цей період заглиблення наконечника перед його основою утворюється конусоподібний наріст із сильно ущільненого ґрунту (ущільнене ядро). У третій фазі (ділянка BC) ґрунт деформується конусоподібним наростом, що розклинює його, зсуваючи в боки і зустрічаючи при цьому постійний

опір (грунт "тече"). Перша фаза в декілька разів коротша за третю, однак має велике практичне значення, оскільки деформація ґрунту сільськогосподарськими машинами, як правило, не виходить за межі першої ділянки діаграми. Лише після проходу наконечником орного шару крива CD стрімко здіймається вгору, оскільки на його шляху зустрічається щільніша "плужна підшва". Твердість ґрунту (кПа) визначають за формулою

$$T = \frac{10 \cdot \bar{h} \cdot m}{S}, \quad (1.6)$$

де $\bar{h}$ – середня ордината діаграми, мм;

m – масштаб пружини (береться з тарувальної характеристики), у цьому приладі $m = 10$ Н/мм;

S – площа основи наконечника, см^2 .

Для характеристики ґрунту використовують також коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту (Н/см^3)

$$q = \frac{F_A}{S \cdot l_A} = \frac{h_A \cdot m}{S \cdot l_A}, \quad (1.7)$$

де F_A – зусилля, потрібне для вдавлювання наконечника до межі пропорційності, Н;

l_A – заглиблення наконечника, що відповідає F_A , см;

h_A – ордината діаграми, яка відповідає межі пропорційності (точка A), мм.

3. Зміст роботи

Записати за допомогою твердоміра декілька діаграм твердості ґрунту (3 – 5), обробити отримані діаграми, виконати математичну обробку результатів дослідів, написати звіт.

4. Обладнання, прилади, матеріали

Твердомір, штангенциркуль, досліджуваний ґрунт, міліметровий папір.

Твердомір (рис. 1.8) складається з двох напрямних штанг 1, телескопічної штанги 2 зі змінним наконечником 3, пружини 4, планки 8 для кріплення паперу 7, записувального пристрою 5 і натискних тримачів 6. Записувальний пристрій сполучений із пружиною 4. Ланки цього пристрою розраховані так, що олівець переміщується у вертикальному напрямку (вісь y) на величину заглиблення наконечника і в горизонтальному напрямку (вісь x) на величину стиснення пружини.

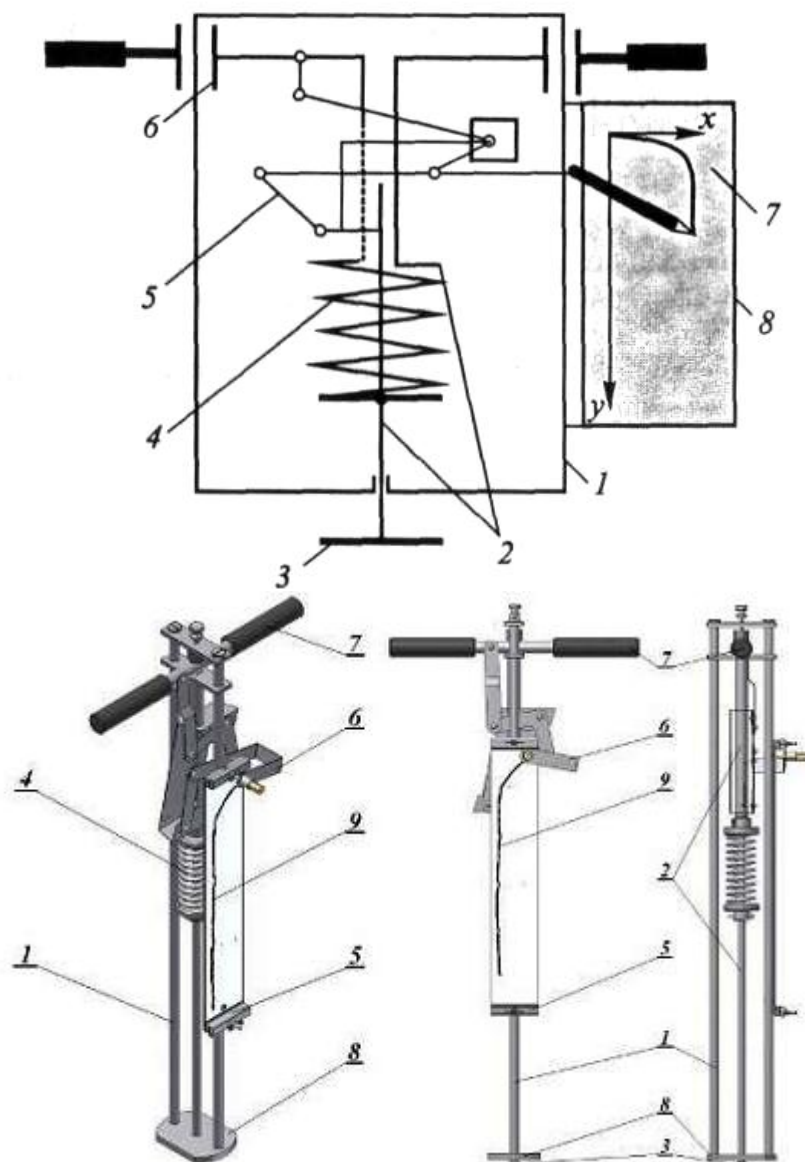


Рис. 1.8. Схема твердоміра:

1 – напрямні штанги; 2 – телескопічна штанга; 3 – наконечник; 4 – пружина;
5 – записувальний пристрій; 6 – натискні тримачі; 7 – папір; 8 – планка

5. Порядок виконання роботи

5.1. Записати 3 – 5 діаграм твердості.

5.2. Твердість ґрунту змінюється з глибиною. Тому зазвичай вимірюють твердість ґрунту на глибині 0 – 10 см, 12 – 20 см, 22 – 30 см. Для певних меж глибини через кожні 2 см на діаграмі визначають величину h_i . Значення меж глибини та інтервалів h можна прийняти іншими. Знайти h_{Ci} , $\bar{h}$, σ , V , T . Отримані значення занести в табл. 1.4.

5.3. Виконати обробку результатів дослідів методами математичної статистики з визначенням середньої арифметичної величини T (1), середнього квадратичного відхилення σ (2) і коефіцієнта варіації V (3). Приклад математичної обробки результатів дослідів по визначенню твердості ґрунту за програмою Microsoft Excel наведено в додатку 3.

5.4. Визначити коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту.

Таблиця 1.4.

Результати вимірювання твердості ґрунту

Глибина, см	Заглиблення наконечника l , см	h_i , мм, для діаграми				h_{Ci} , мм, для діаграми				$\bar{h}$, мм	σ , мм	V , %	T , кПа
		1	2	3	4	1	2	3	4				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
0 – 10	0	h_1	h_2	h_3	h_4	h_{C1}	h_{C2}	h_{C3}	h_{C4}	$\bar{h}$	σ	V	T
	2	h_1	h_2	h_3	h_4								
	4	h_1	h_2	h_3	h_4								
	6	h_1	h_2	h_3	h_4								
	8	h_1	h_2	h_3	h_4								
	10	h_1	h_2	h_3	h_4								
12 – 20	12	h_1	h_2	h_3	h_4	h_{C1}	h_{C2}	h_{C3}	h_{C4}	$\bar{h}$	σ	V	T
	14	h_1	h_2	h_3	h_4								
	16	h_1	h_2	h_3	h_4								
	18	h_1	h_2	h_3	h_4								
	20	h_1	h_2	h_3	h_4								

22 – 30	22	h_1	h_2	h_3	h_4								
	24	h_1	h_2	h_3	h_4								
	26	h_1	h_2	h_3	h_4	h_{C1}	h_{C2}	h_{C3}	h_{C4}	$\bar{h}$	σ	V	T
	28	h_1	h_2	h_3	h_4								
	30	h_1	h_2	h_3	h_4								

6. Звіт

Навести стислий зміст роботи, схему та опис твердоміра, формули і розрахунки, таблицю. Зробити висновки.

7. Контрольні запитання

7.1. За якою формулою визначають твердість ґрунту?

7.2. Розповісти про фази діаграми, отриманої в разі вимірювання твердості ґрунту.

7.3. За якою формулою визначають коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту?

7.4. Зазначити одиниці вимірювання твердості і коефіцієнта об'ємного зминання ґрунту.

7.5. Розповісти про будову твердоміра.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 4

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СТАТИЧНОГО ТЕРТЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ ПО РІЗНИХ ПОВЕРХНЯХ

1. Мета роботи

Визначити статичний коефіцієнт тертя сільськогосподарських матеріалів по різних поверхнях і оцінити отримані результати.

2. Теоретична частина

Статичний коефіцієнт тертя (коефіцієнт тертя спокою) можна визначити за умови, що тіло переходить із стану спокою в стан руху, коли рухома сила дорівнює максимальному значенню сили тертя (рис. 1.9). Тіло, що перебуває на похилій площині, намагається утриматися на ній за рахунок сили тертя, яка зрівноважує складову сили гравітації. У момент початку ковзання тіла по площині

$$Y \sin \alpha = F_{C \text{ MAX}}. \quad (1.8)$$

Сила тертя

$$F_{C \text{ MAX}} = f_C \cdot N = \operatorname{tg} \varphi_C \cdot Y \cos \alpha \quad (1.9)$$

де f_C і φ_C – відповідно статичний коефіцієнт і кут тертя;

N – нормальна сила; Y – сила гравітації;

α – кут нахилу площини.

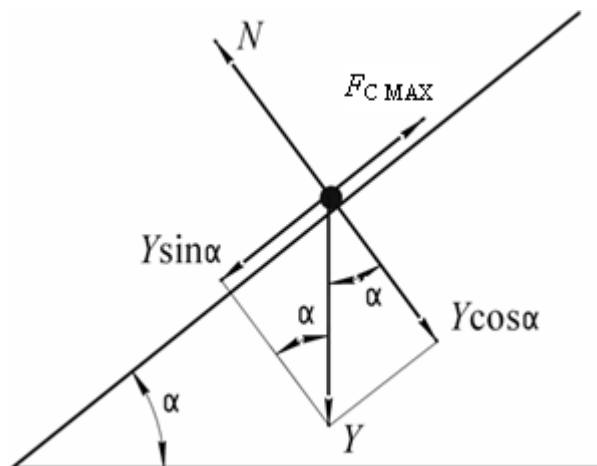


Рис. 1.9. До визначення статичного коефіцієнта тертя

Отже,

$$Y \sin \alpha = \operatorname{tg} \varphi_c \cdot Y \cos \alpha,$$

Звідки

$$\varphi_c = \alpha, \quad f_c = \operatorname{tg} \alpha \quad (1.10)$$

3. Зміст роботи

Визначити статичний коефіцієнт тертя сільськогосподарських матеріалів по різних поверхнях, оцінити отримані результати, написати звіт.

4. Обладнання, прилади, матеріали

Прилад для визначення статичного коефіцієнта тертя, пластини з різних матеріалів, що використовуються в сільгоспмашинобудуванні, зразки сільськогосподарських матеріалів.

Для визначення статичного коефіцієнта тертя використовують прилад (рис. 1.10), який складається з горизонтальної плити 1, похилої площини 3, на якій закріплена досліджувана поверхня 4, та гвинта 2, поворотом якого змінюють кут нахилу площини 3. На закріплену поверхню вміщують досліджуваний матеріал 5.

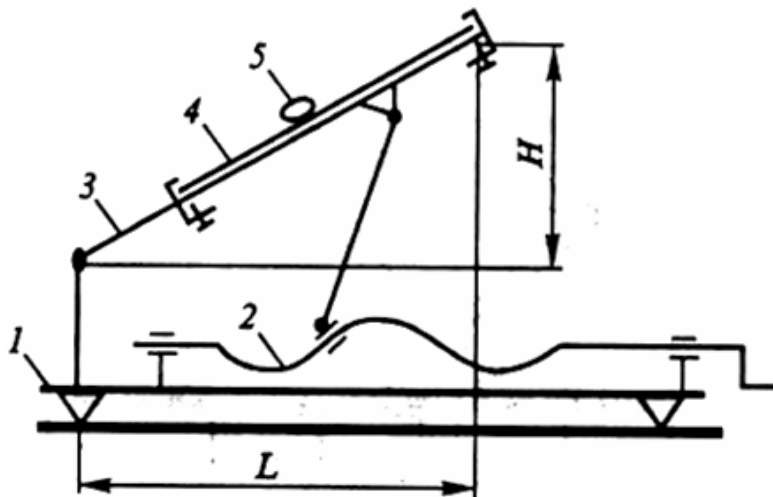


Рис. 1.10. Схема приладу для визначення статичного коефіцієнта тертя:

1 – плита; 2 – гвинт; 3 – похила площина; 4 – досліджувана поверхня;

5 – досліджуваний матеріал

Якщо повільним обертанням гвинта 2 збільшувати кут нахилу площини 3, то моменту початку ковзання пар тертя відповідатиме умова $\varphi_c = \alpha$.

5. Порядок виконання роботи

5.1. Закріпити на похилій площині 3 (див. рис. 1.10) пластину 4 досліджуваної поверхні і, обертаючи рукоятку гвинта 2, встановити площину 3 в положення, близьке до горизонтального.

5.2. Помістити на пластину досліджуваний матеріал 5.

5.3. Повільно обертаючи рукоятку гвинта 2, збільшити кут нахилу площини 3 до початку ковзання досліджуваного матеріалу 5.

5.4. Виміряти величини H і L (див. рис. 1.10).

5.5. Обчислити статичний коефіцієнт тертя за формулою

$$f_{ci} = \operatorname{tg} \alpha = \frac{H_i}{L}. \quad (1.11)$$

Дослід повторити 4 рази для кожної пари тертя.

5.6. Оцінити значення статичного коефіцієнта тертя, визначити середню арифметичну величину $\bar{f}_c$ (1), середнє квадратичне відхилення σ (2) та коефіцієнт варіації V (3). Приклад математичної обробки результатів дослід по визначенню характеристик статичного тертя сільськогосподарських матеріалів за програмою Microsoft Excel наведено в додатку 4.

5.7. Визначити кут тертя за формулою

$$\bar{\varphi}_c = \operatorname{arctg} \bar{f}_c, \quad (1.12)$$

Результати вимірювань і обчислень записати в табл. 1.5.

Таблиця 1.5.

Результати вимірювань і обчислень статичного коефіцієнта тертя

Пара тертя	Номер дослідку	L , мм	H_i , мм	f_{Ci}	$\bar{f}_c$	σ	V , %	$\bar{\varphi}_c$, град.
	1	L	H_1	f_{C1}	$\bar{f}_c$	σ	V	$\bar{\varphi}_c$
	2		H_2	f_{C2}				
	3		H_3	f_{C3}				
	4		H_4	f_{C4}				

6. Звіт

Навести короткий зміст роботи, схему та опис приладу, формули і розрахунки, результати вимірювань і обчислень статичного коефіцієнта тертя (див. табл. 1.5). Зробити висновки.

7. Контрольні запитання

7.1. Що розуміють під статичним коефіцієнтом тертя?

7.2. Довести, що кут тертя спокою сільськогосподарського матеріалу дорівнює куту нахилу площини, за якого зразок переходить із стану спокою в стан руху.

7.3. Яку будову має прилад для визначення статичного коефіцієнта тертя сільськогосподарських матеріалів?

7.4. Написати формули для розрахунку коефіцієнта і кута статичного тертя сільськогосподарських матеріалів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 5

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ДИНАМІЧНОГО ТЕРТЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ ПО РІЗНИХ ПОВЕРХНЯХ

1. Мета роботи

Визначити динамічний коефіцієнт тертя сільськогосподарських матеріалів по різних поверхнях і оцінити отримані результати.

2. Теоретична частина

Для визначення динамічного коефіцієнта тертя використовують такі теоретичні положення. Між максимальними значеннями сили тертя і сили нормального тиску N існує залежність

$$F_{\text{дmax}} = f_{\text{д}} \cdot N, \quad (1.13)$$

де $f_{\text{д}}$ – динамічний коефіцієнт тертя.

Кут між напрямками сил N і $F_{\text{дmax}}$ завжди дорівнює 90° (рис. 1.11). У разі додавання сил N і $F_{\text{дmax}}$ результуюча сила R відхилиться від напрямку вектора N на деякий кут. З рис. 1.11 випливає, що $F_{\text{дmax}} = N \tan \varphi_{\text{д}}$.

Отже

$$f_{\text{д}} = \tan \varphi_{\text{д}}, \quad (1.14)$$

Згідно з цим, динамічний коефіцієнт тертя можна визначити, знаючи напрямки рівнодійної сили R і нормальної сили N . Напрямок сили R легко визначити під час взаємного руху двох тіл тертя.

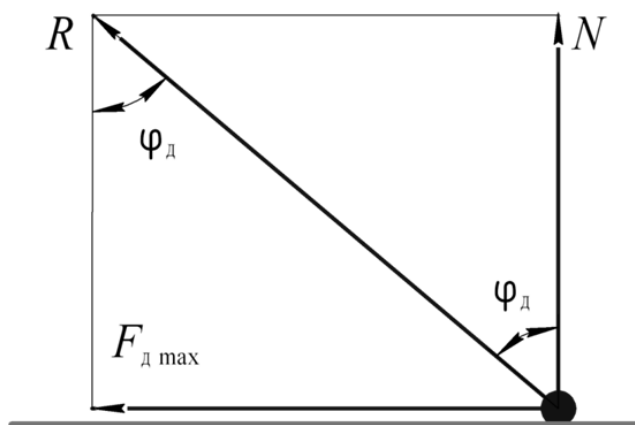


Рис. 1.11. До визначення динамічного коефіцієнта тертя

3. Зміст роботи

Визначити динамічний коефіцієнт тертя сільськогосподарських матеріалів по різних поверхнях, оцінити отримані результати, написати звіт.

4. Обладнання, прилади, матеріали

Прилад для визначення динамічного коефіцієнта тертя, пластини з різних матеріалів, що використовуються в сільгоспмашинобудуванні, косинець, транспортер, папір, кнопки, зразки сільськогосподарських матеріалів.

Динамічний коефіцієнт тертя визначають на приладі академіка В.А. Желіговського (рис. 1.12). Прилад складається з креслярської дошки, лінійки та каретки. Колодка 1 лінійки 2 ковзає по краю креслярської дошки, а вільний кінець лінійки 2 спирається на полозок 3, підтримуючи цей кінець лінійки на деякій висоті над поверхнею креслярської дошки.

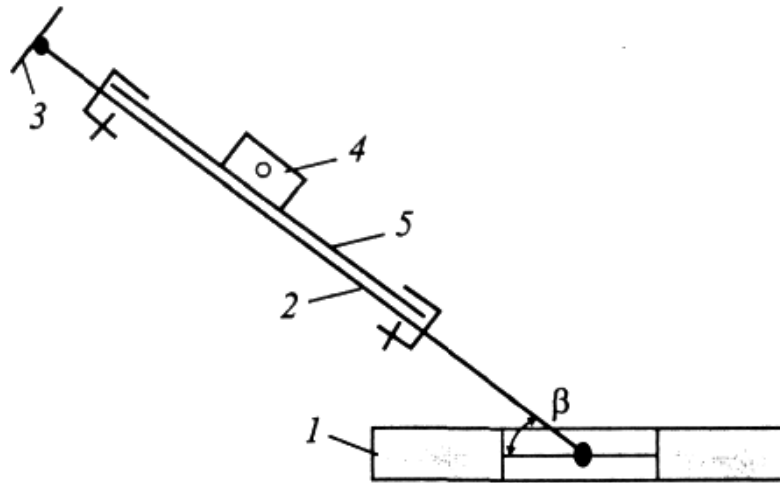


Рис. 1.12. Схема приладу для визначення динамічного коефіцієнта тертя:

1 – колодка; 2 – лінійка; 3 – полізок; 4 – каретка; 5 – досліджуваний матеріал

Перед початком експерименту один із досліджуваних матеріалів 5 прикріплюють до лінійки, а інший матеріал фіксують у каретці 4. Лінійку закріплюють під деяким кутом до колодки 1. Каретка 4 має олівець для записування траєкторії її руху. Під час переміщення колодки вздовж краю креслярської дошки лінійка 2 приводить у рух каретку 4. Якщо $\beta < \frac{\pi}{2} - \varphi_d$ (рис. 1.13), то під час руху лінійки досліджувані матеріали дотикаються, внаслідок чого між ними виникає сила тертя, а олівець приладу креслить напрямок рівнодійної сили.

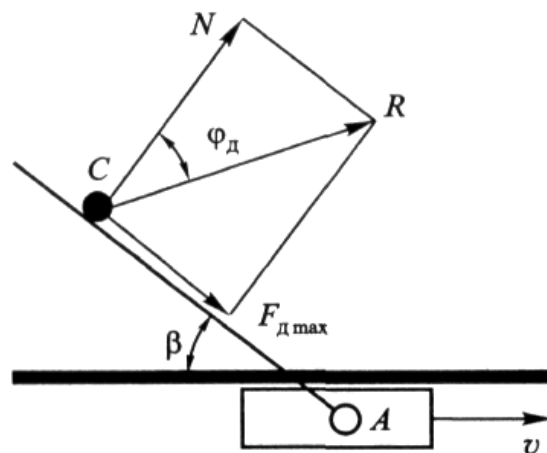


Рис. 1.13. До визначення динамічного кута тертя

Знявши з приладу каретку, продовжують напрямок лінійки і встановлюють перпендикуляр до цього напрямку з точки перетину з траєкторією руху каретки.

5. Порядок виконання роботи

5.1. Закріпити пластину 5 з досліджуваного матеріалу на лінійці 2 (див. рис. 1.12).

5.2. Закріпити на креслярській дошці аркуш паперу.

5.3. Встановити лінійку 2 під кутом $\beta < \frac{\pi}{2} - \varphi_d$ і закріпити її на колодці.

5.4. Помістити прилад на креслярську дошку, сумістивши колодку з краєм креслярської дошки.

5.5. Заповнити каретку приладу досліджуваним матеріалом і підвести її до закріпленої на лінійці пластини.

5.6. Повільно перемістити колодку приладу вздовж краю креслярської дошки. При цьому олівець каретки запише траєкторію її переміщення.

5.7. Зняти каретку з приладу, продовжити напрямок лінійки і встановити до цього напрямку перпендикуляр у точці перетину з траєкторією руху каретки (див. рис. 1.13). Кут між нормальною силою N і траєкторією каретки R і буде кутом тертя φ_d .

5.8. Виміряти транспортиром кут тертя φ_d .

5.9. Обчислити динамічний коефіцієнт тертя за формулою (1.14). Дослід повторити 4 рази для кожної пари тертя.

5.10. Оцінити значення динамічного кута тертя, визначити середню арифметичну величину $\bar{\varphi}_d$ (1), середнє квадратичне відхилення σ (2) і коефіцієнт варіації V (3).

Результати вимірювань і обчислень записати в табл. 1.6.

Таблиця 1.6.

Результати вимірювань і обчислень динамічного коефіцієнта тертя

Пара тертя	Номер дослідку	β , град.	$\varphi_{дi}$, град.	$\bar{\varphi}_{д}$, град.	σ , град.	V , %	$\bar{f}_{д}$
	1		$\varphi_{д1}$				
	2		$\varphi_{д2}$				
	3	β	$\varphi_{д3}$	$\bar{\varphi}_{д}$	σ	V	$\bar{f}_{д}$
	4		$\varphi_{д4}$				

6. Звіт

Навести короткий зміст роботи, схеми та опис приладу, формули і розрахунки, результати вимірювань і обчислень динамічного кута і коефіцієнта тертя (див. табл. 1.6). Зробити висновки.

7. Контрольні запитання

7.1. Що розуміють під динамічним коефіцієнтом тертя?

7.2. Яку будову має прилад для визначення динамічного коефіцієнта тертя сільськогосподарських матеріалів?

7.3. Написати формули для розрахунку коефіцієнта і кута динамічного тертя сільськогосподарських матеріалів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 6

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВНУТРІШНЬОГО ТЕРТЯ СИПКИХ МАТЕРІАЛІВ

1. Мета роботи

Визначити коефіцієнти і кути внутрішнього тертя сільськогосподарських матеріалів і оцінити отримані результати.

2. Теоретична частина

Різні сільськогосподарські матеріали мають властивості сипкості (піщані і супіщані ґрунти, зерно, мінеральні добрива). Характер взаємного переміщення часточок матеріалу в основному залежить від фрикційних властивостей цих часточок, що характеризуються коефіцієнтом внутрішнього тертя. Кути внутрішнього тертя сипких матеріалів дорівнюють кутам твірної конуса (рис. 1.14).

Взаємне переміщення часточок сипкого матеріалу припиниться, якщо

$$mg \sin \alpha = F'_{\max},$$

де mg – сила гравітації часточки;

α – кут природного укосу;

$F'_{\max}$ – сила тертя, що виникає під час взаємного переміщення часточок.

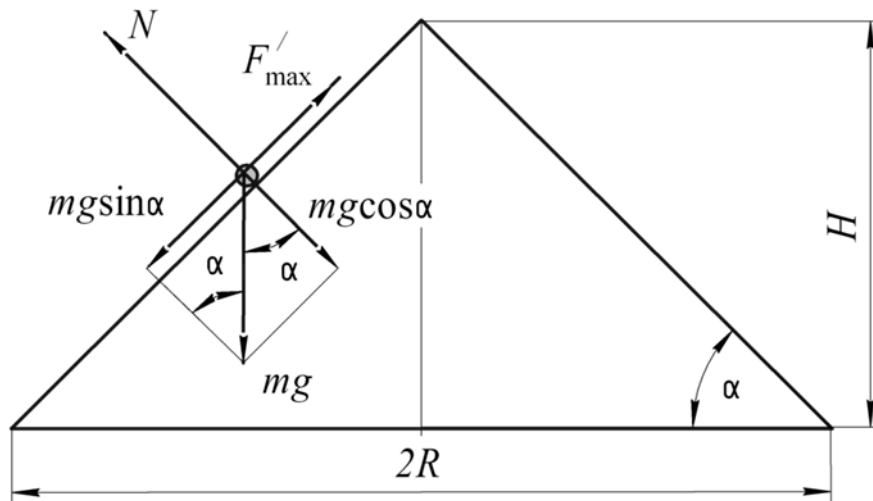


Рис. 1.14. До визначення коефіцієнта внутрішнього тертя

Сила тертя $F'_{\max} = f' N = \operatorname{tg} \varphi' N$, де f' – коефіцієнт внутрішнього тертя; φ' – кут внутрішнього тертя; N – нормальна сила.

Оскільки $N = mg \cos \alpha$, то $mg \sin \alpha = f' mg \cos \alpha$, або $\operatorname{tg} \alpha = f' = \operatorname{tg} \varphi'$.

Рівновага настає за умови

$$\alpha = \varphi'. \quad (1.15)$$

3. Зміст роботи

Визначити значення коефіцієнта внутрішнього тертя для двох – трьох видів сипких матеріалів (насіння різних сільськогосподарських культур, різні види добрив, піску), написати звіт.

4. Обладнання, прилади, матеріали

Лабораторний пристрій для насипання конуса із сипких матеріалів, набір різних сипких сільськогосподарських матеріалів. Основними частинами пристрою (рис. 1.15) є плита 1, шухляда 2, на дні якої є чотири радіально розміщені міліметрові шкали з початком відліку від центра, місткість 4 із заслінкою 3, напрямна 6, на яку нанесено шкалу з початком відліку, що відповідає збігу нижнього краю місткості з дном шухляди, і гвинтовий механізм 5 для підймання місткості.

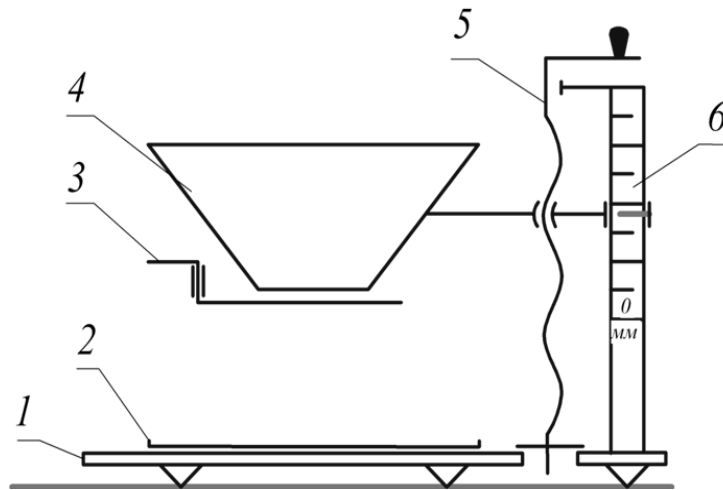


Рис. 1.15. Схема пристрою для визначення коефіцієнта внутрішнього тертя сипких матеріалів:

1 – плита; 2 – шухляда; 3 – заслінка; 4 – місткість; 5 – гвинтовий механізм;
6 – напрямна із шкалою

5. Порядок виконання роботи

5.1. Підготувати пристрій до роботи, для цього виставити плиту 1 в горизонтальне положення, перемістити місткість 4 в нижнє положення, заповнити її досліджуваним матеріалом.

5.2. Насипати конус із досліджуваного матеріалу на дно шухляди 2. Для цього відкрити заслінку 3 місткості, після початку витікання матеріалу поступово переміщати місткість вгору до утворення конуса заввишки 100 – 150 мм.

5.3. Закрити заслінку місткості.

5.4. Виміряти висоту насипаного конуса та радіус його основи в чотирьох радіальних напрямках. Для кожного сипкого матеріалу дослід повторювати 3 – 5 разів.

5.5. Обчислити значення коефіцієнтів внутрішнього тертя за результатами вимірювань за формулою

$$f_i' = \operatorname{tg} \alpha_i = \frac{H_i}{R_{Ci}}, \quad (1.16)$$

де H_i – висота конуса, мм;

R_{Ci} – середній радіус основи конуса, виміряний у чотирьох радіальних напрямках, мм;

i – номер досліду.

5.6. Оцінити значення коефіцієнта внутрішнього тертя сипких сільсько-господарських матеріалів, для чого визначити середню арифметичну величину $\bar{f}'$ (1), середнє квадратичне відхилення σ (2), коефіцієнт варіації V (3).

5.7. Повторити пункти 5.1 – 5.6 для іншого сипкого матеріалу.

5.8. Результати досліду записати в табл. 1.7.

5.9. Визначити кут тертя за формулою:

$$\bar{\varphi}' = \arctg \bar{f}', \quad (1.17)$$

Таблиця 1.7

Результати вимірювань і обчислень коефіцієнта внутрішнього тертя сипких матеріалів

Матеріал	Номер досліду	H_i , мм	R_i , мм	f_i'	$\bar{f}'$	σ	V , %	$\bar{\varphi}'$, град.
Зерно сільськогосподарської культури	1	H_1	R_1	f_1'	$\bar{f}'$	σ	V	$\bar{\varphi}'$
	2	H_2	R_2	f_2'				
	3	H_3	R_3	f_3'				
	4	H_4	R_4	f_4'				

6. Звіт

Навести стислий зміст роботи, схему та опис пристрою, формули і розрахунки, таблицю. Зробити висновки.

7. Контрольні запитання

7.1. Довести, що кут внутрішнього тертя сипкого сільськогосподарського матеріалу дорівнює куту укосу твірної конуса.

7.2. За якою формулою визначають коефіцієнти і кути внутрішнього тертя сипких матеріалів?

7.3. Описати будову пристрою для визначення коефіцієнта внутрішнього тертя сипких матеріалів.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 7

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРЕРІЗАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ

1. Мета роботи

Навчитися визначати максимальне і середнє зусилля перерізання, роботу і питому роботу різання стебла рослини.

2. Теоретична частина

На рис. 1.16 наведена приблизна діаграма, яка знята під час перерізання стебла сільськогосподарської культури за допомогою приладу. Відрізок O_1O є нульовою лінією, точка O відповідає моменту зустрічі робочого органа з зразком; точка Y_1 – моменту максимального опору зразка.

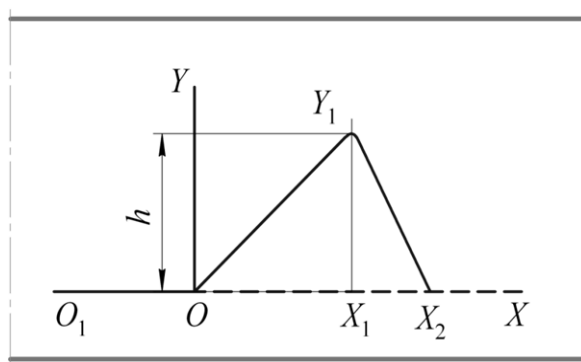


Рис. 1.16. Діаграма перерізання стебла

Величина максимального зусилля

$$P_{\text{MAX}} = m \cdot h, \quad (1.17)$$

де h – максимальна висота ординати, мм;

m – масштаб пружини, Н/мм.

Величина середнього зусилля

$$P_{\text{СЕР}} = \frac{S \cdot m}{l}, \quad (1.18)$$

де S – площа діаграми, мм^2 ;

$l = OX_2$ – шлях робочого органа, мм .

Робота різання (Дж) визначається за формулою

$$A = 10^{-3} \cdot P_{\text{СЕР}} \cdot l. \quad (1.19)$$

Питома робота різання, кДж/м^2

$$a = \frac{10^3 \cdot A}{S_{\text{СТ}}}, \quad (1.20)$$

де $S_{\text{СТ}}$ – площа перерізу стебла, мм^2 .

3. Зміст роботи

Отримати діаграми перерізання стебел або гілок сільськогосподарської культури, визначити основні механічні характеристики, виконати математичну обробку результатів дослідів, зробити висновок, написати звіт.

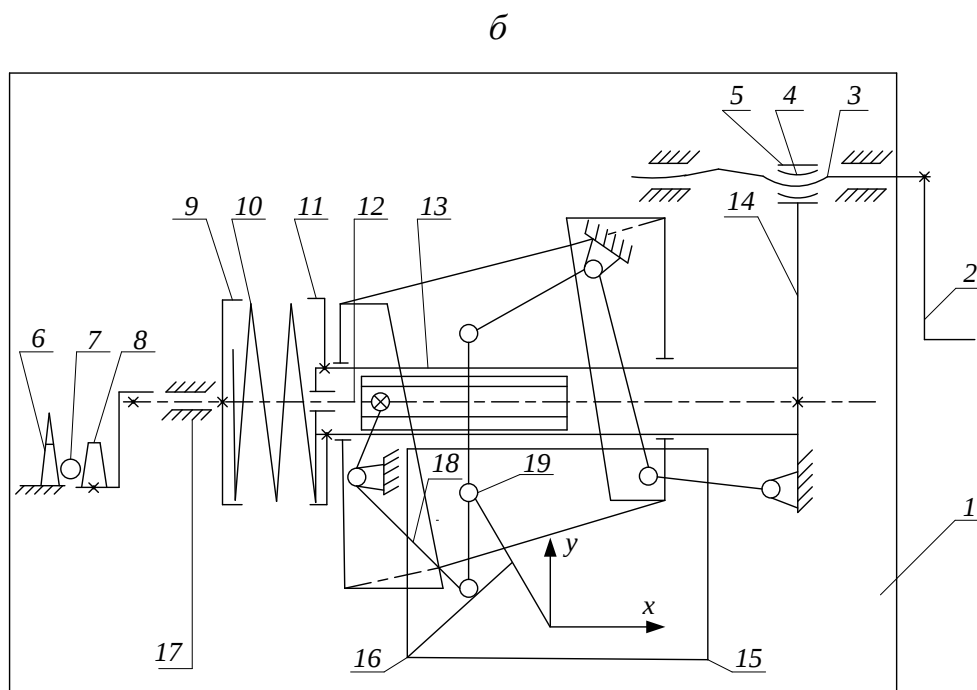
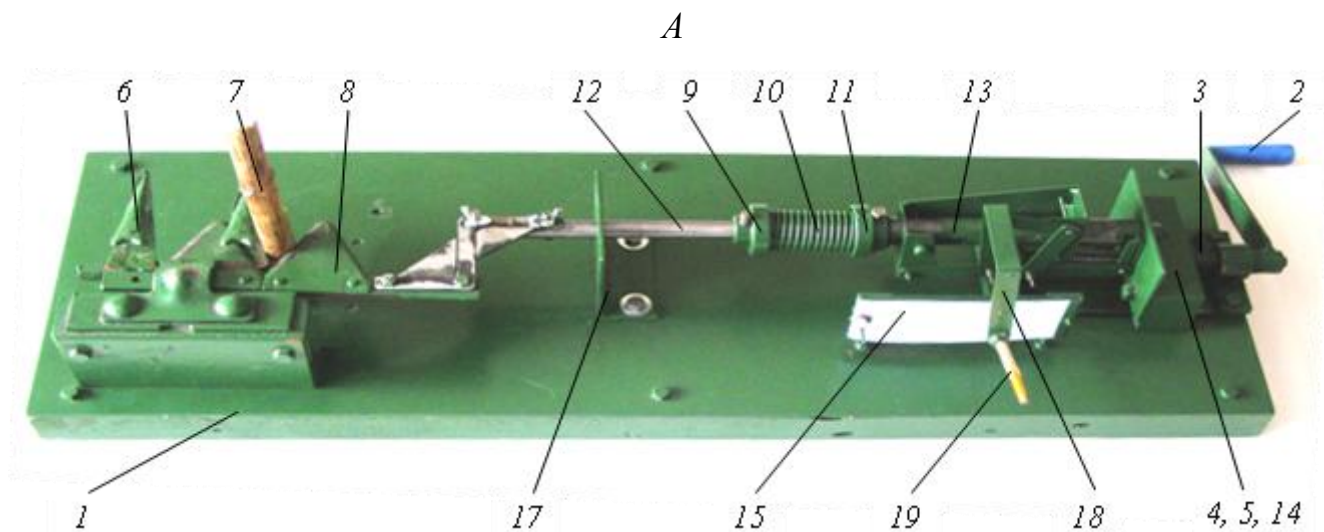
4. Обладнання, прилади, матеріали

Прилад для визначення опору рослин перерізанню, штангенциркуль, стебла рослин.

Прилад розроблений на кафедрі „Трактори та сільськогосподарські машини” на базі динамографа – роботоміра та твердоміра Ю.Ю. Ревякіна.

Обертанням рукоятки 2 (рис. 1.17) через ходовий гвинт 3 за рахунок гайки 4 і напрямних 5, які розташовані на підставці 1, приводиться в рух кронштейн 14. Кронштейн жорстко з'єднаний зі штовхачем 13. Силова пружина 10 розташована

між двома втулками, які жорстко закріплені. Це відповідно права 11 на штовхачу, ліва 9 — на штокові. Останній з'єднаний з тримачем сегмента.



**Рис. 1.17. Прилад для визначення характеристик перерізання
сільськогосподарських матеріалів:**

а – загальний вигляд; *б* – схема приладу; 1 – підставка; 2 – рукоятка;

3 – ходовий гвинт; 4 – гайка; 5 – напрямна; 6 – палець з протирізальною пластиною;

7 – зразок стебла; 8 – сегмент; 9 і 11 – втулки; 10 – пружина;

12 – шток; 13 – штовхач; 14 – кронштейн; 15 – паперова стрічка; 16 – діаграма; 17 –

нерухомий кронштейн; 18 – записувальний пристрій; 19 – олівець

Принцип роботи приладу полягає в тому, що сила опору зразка стебла 7 передається через сегмент 8 тримача і втулку 9 на силову пружину 10 і стискує її. Величина стискання пружини пропорційна силі опору зразка стебла перерізанню і записується на паперовій стрічці 15.

З моменту дотикання робочого органа зі зразком останній чинить опір переміщенню штоку 12. Шток переміщується в нерухомому кронштейні 17. Сила опору передається на силову пружину і змушує її стискуватись. Величина стискання пружини записується пристроєм 18 за допомогою олівця 19 на паперовій стрічці 15 у вигляді діаграми 16.

Записувальний пристрій 18 сполучений зі штоком. Ланки цього пристрою розраховані так, що олівець переміщується у вертикальному напрямку (вісь Y) на величину стискання пружини і в горизонтальному напрямку (вісь X) на величину переміщення штока.

При переміщенні штока до миті зустрічі робочого органа зі зразком 7 олівець записує нульову лінію в напрямку осі X .

У разі подальшого обертання рукоятки пружина долає опір зразка і він перерізується. Після цього пружина миттєво розвантажується, вона розтискується і подає шток вперед. Для зм'якшення удару штока передбачений амортизатор.

Для здійснення процесу перерізання на шток приладу закріплюють тримач ножа (рис. 1.18). Різальним елементом є стандартний сегмент 8, протирізальним елементом є також стандартний палець 6 з протирізальною пластиною.

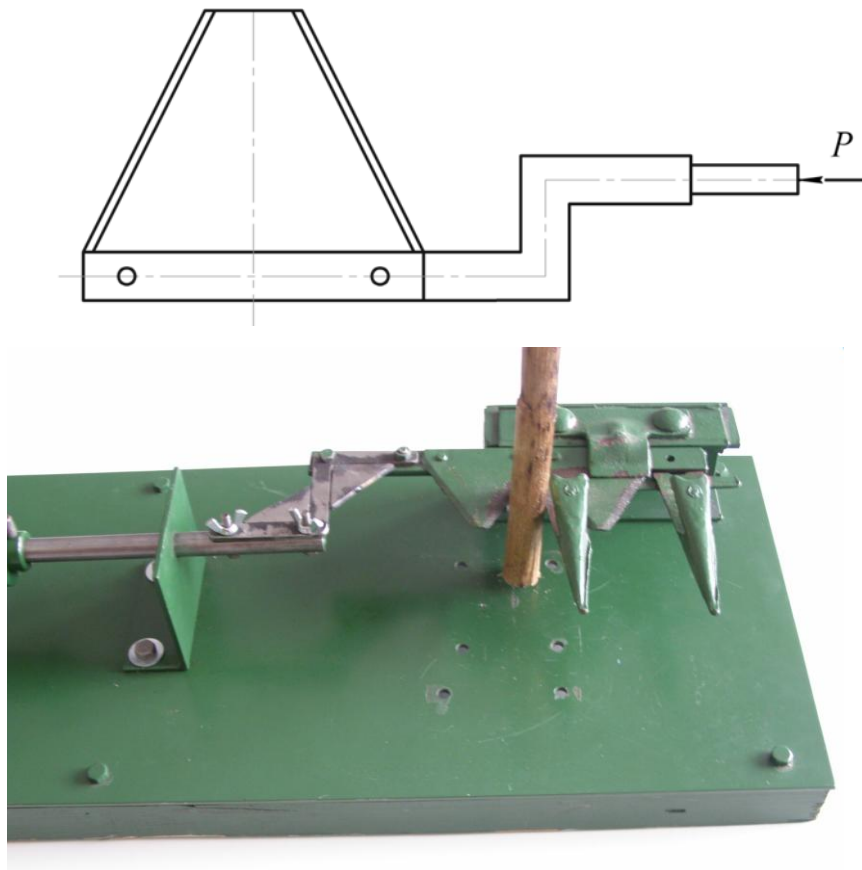


Рис. 1.18. Схема тримача ножа

Сегмент до тримача закріплюють гвинтами, для цього використовують два стандартних отвори в ньому.

5. Порядок виконання роботи

5.1. Підготувати прилад до роботи. Для цього потрібно:

- а) закріпити на передньому кінці штока тримач ножа і попереду нього змонтувати протирізальний пристрій;
- б) закріпити паперову стрічку;
- в) підвести до різальної пари стебло.

5.2. Плавним обертанням рукоятки зі швидкістю 20 хв.^{-1} рухому систему подати вперед до зустрічі з зразком. Одержати діаграму перерізання зразка.

5.3. Визначити максимальне зусилля перерізання зразка за формулою (1.24).

5.4. Визначити середнє зусилля перерізання зразка за формулою (1.25).

5.5. Визначити роботу перерізання зразка за формулою (1.26).

5.6. Визначити питому роботу перерізання зразка за формулою (1.27).

5.7. Результати досліду записати в табл. 1.8.

5.8. Дослід провести в повторності, запропонованій викладачем.

5.9. Оцінити результати досліду, визначивши середньоарифметичну величину $\bar{P}$ (1), середньоквадратичне відхилення σ (2) і коефіцієнт варіації V (3).

Таблиця 1.8.

Визначення характеристик перерізання стебел рослини

1. Сільськогосподарська культура					
2. Параметри зразка:	1	2	3	4	Середня величина
діаметр $d_{\text{СТ}}$, мм					
площа перерізу $S_{\text{СТ}}$, мм ²					
3. Максимальна висота ординати h , мм					
4. Максимальне зусилля $P_{\text{МАХ}}$, Н					
5. Шлях леза сегмента l , мм					
6. Середнє значення $\bar{l}$, мм					
7. Площа діаграми S , мм ²					
8. Середнє зусилля $P_{\text{СЕРі}}$, Н					
9. Середньоарифметична величина $\bar{P}$, Н					
10. Середньоквадратичне відхилення σ , Н					
11. Коефіцієнт варіації V , %					
12. Робота різання A , Дж					
13. Питома робота різання a , кДж/м ²					

6. Звіт

Навести стислий зміст роботи, формули і розрахунки, схему приладу, таблицю, зробити висновки по роботі.

7. Контрольні запитання

- 7.1. Розповісти про будову і роботу приладу по перерізанню зразків стебел рослин.
- 7.2. Як визначають максимальне зусилля перерізання стебла рослини?
- 7.3. Як визначають середнє зусилля перерізання стебла рослини?
- 7.4. Як визначають роботу різання стебла рослини?
- 7.5. Як визначають питому роботу різання?
- 7.6. В яких одиницях вимірюють зусилля перерізання, роботу і питому роботу різання?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 8

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ОБМОЛОЧУВАНOSTІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

1. Мета роботи

Навчитися визначати показники обмолочування сільськогосподарських культур.

2. Теоретична частина

Якість роботи молотильних пристроїв залежить насамперед не стільки від самого молотильного пристрою, скільки від фізико-механічних властивостей і стану обмолочуваної культури. Під час обмолочування робота в основному витрачається на протягування соломи крізь зазори між барабаном і декою, оскільки соломи перероблюється більше, ніж зерна за масою в середньому в 1,5 рази, за об'ємом – у 50 разів.

В результаті цього молотильний пристрій на відділення однієї зернини витрачає енергії приблизно в 100 разів більше, ніж її потрібно для подолання зв'язку зерна за ідеального процесу.

Одним із приладів, який дозволяє визначити роботу, потрібну для відділення однієї зернини від колоса і встановити вплив на величину цієї роботи різних факторів (сорту, стиглості, вологості, розміру і маси зерна, морфологічних особливостей колоса (волоті) і ін.), є класифікатор обмолочування.

У приладі за допомогою пружини колосу надається певна швидкість. Отримана зерном кінетична енергія витрачається на видалення його з колоса. Швидкість змінюється в широкому діапазоні. Знаючи кінцеву швидкість (момент удару важеля об обмежувач) і масу зернини, можна обчислити кінетичну енергію, яку мала зернина перед відділенням із колоса. Обчислену так енергію приблизно приймають за роботу відділення зерна від колоса.

3. Зміст роботи

Вивчити прилад для визначення обмолочування сільськогосподарських культур, визначити відносні і енергетичні показники обмолочування, оцінити отримані результати дослідів. Побудувати криві відносних і енергетичних показників обмолочування.

4. Обладнання, прилади, матеріали

Класифікатор обмолочування, зразки колосків сільськогосподарських культур, терези.

Схему приладу подано на рис. 1.19. Прилад складається з таких основних частин: корпуса 11, важеля 7, стакана 1, рукоятки 4, гребінки 6, лівого і правого обмежувачів 8, затискної цанги 5 з гайкою, пружини 10 та амортизатора 2.

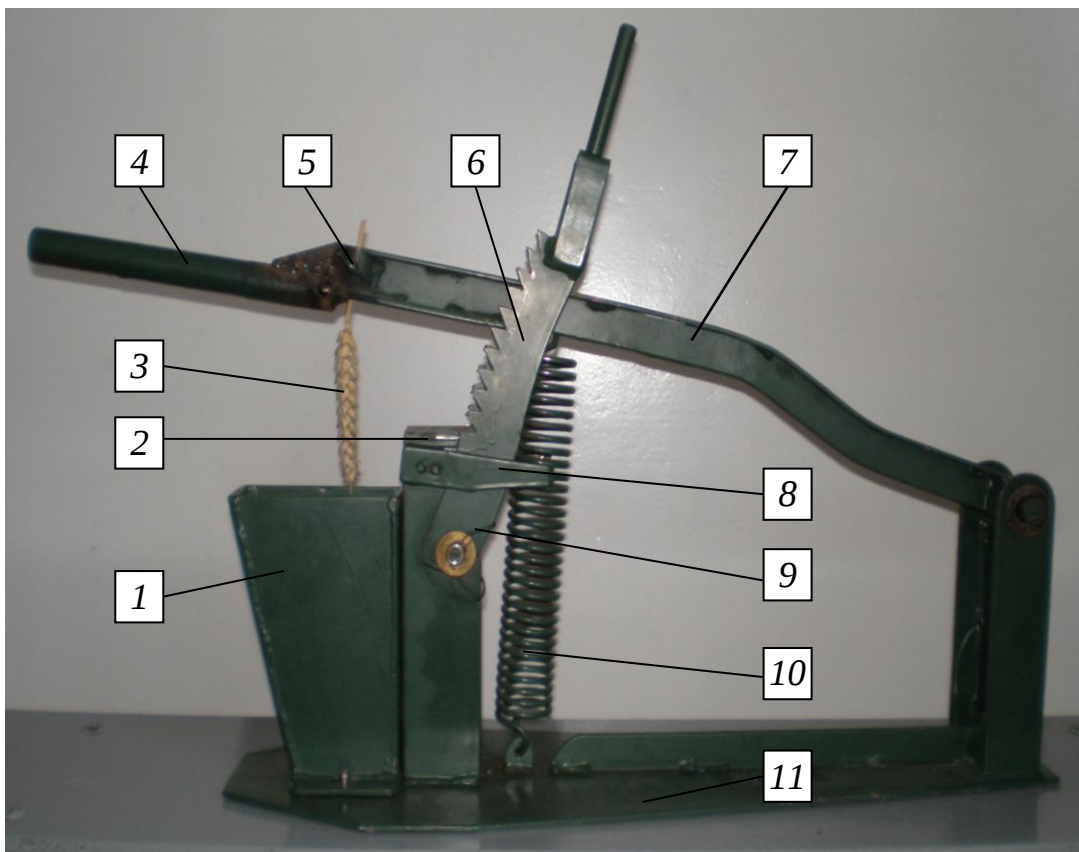


Рис. 1.19. Класифікатор обмолочування зернових культур:

1 – знімний стакан; 2 – амортизатор; 3 – колос; 4 – рукоятка; 5 – цанга;
6 – гребінка; 7 – важіль; 8 – обмежувач; 9 і 10 – пружини; 11 – корпус

Корпус 11 приладу складається із опорної плити, стояка і опорного бруса.

До верхнього кінця стояка шарнірно приєднаний важіль. Вільний кінець важеля спирається на амортизатор 2, закріплений на опорному брусі. У вільний кінець важеля встановлено цангу 5, до якої прилаштовано гайку, призначену для затискання колоса 3.

Важелю надано зігнутої форми з таким розрахунком, щоб центр ваги закріпленого колоса за його нульового положення розташовувався приблизно на горизонтальній лінії, яка проходить через центр обертання важеля, тобто щоб швидкість центра ваги колоса була спрямована вертикально.

Гребінка 6 зі штирем прикріплена до опорного бруса; на кінцях штиря встановлено пружину 9, кінці якої обхоплюють праву і ліву планки гребінки.

Пружина 9 забезпечує заціпання гребінки, а обмежувачі 8, встановлені в верхній частині опорного бруса, обмежують її відхід у разі опускання важеля. Стакан 1 знімний.

Важіль із нульового положення підіймають у робоче рукояткою 4, при цьому кінці пластинки важеля з обох боків кладуться відповідно на зубці опорної частини гребінки. Кожна планка гребінки має 10 зубців, що відповідає 10 ступеням (класам) приладу. Підіймання важеля на наступну пару зубців відповідає певному розтягу пружини 10.

Зерно відділяється з колоса в тому разі, коли сила інерції, що діє на зернину в момент зупинки колоса, за величиною перевищує силу зв'язку її з колосом.

Сила інерції зернини дорівнює добутку її маси на прискорення, а останнє залежить від величини швидкості перед ударом, пружності амортизатора і пружності самого колоса.

Зерна падають у стакан. Вимолочені зерна підраховують і зважують.

5. Порядок виконання роботи

5.1. Колос за допомогою цанги і гайки закріпити в приладі за кінець соломини верхівкою вниз.

5.2. Колос підлягає одноразовому удару послідовно, починаючи з першого ступеня (класу), і на кожному наступному ступені до повного вимолочування всього зерна. На останньому, десятому ступені приладу, у разі потреби допускається триразовий удар. Усе зерно, яке залишилось після цього в колосі, вважають недомолотом.

5.3. Після кожного удару вимолочене зерно вийняти із стакана, порахувати і зважити з точністю до 0,01 г. Недомолот вимолотити вручну. Дослід повторити чотири рази (для чотирьох колосів). Результати дослідів заносять в табл. 1.9.

5.4. Оцінити результати дослідів, визначити середню арифметичну величину (1), середньоквадратичне відхилення σ (2) і коефіцієнт варіації V (3).

5.5. Визначити відносні показники обмолочування для кожного ступеню приладу (швидкості) так, щоб маса зерна, яке виділилося на цьому ступені, була виражена у відсотках до загальної маси зерна в досліджуваних колосах. Недомолот також виразити у відсотках.

Таблиця 1.9.

**Результати вимірювань і обчислень показників обмолочування колоса
сільськогосподарської культури**

Ступінь	Швидкість, м/с	Вимолот зерна за число повторень досліду										Маса однієї зернини, г	Показники обмолочування	
		1		2		3		4		Всього на ступені			Відносні, %	Енергетичні, Дж
		шт.	г	шт.	г	шт.	г	шт.	г	шт.	г			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1,8													
2	3,6													
3	5,4													
4	7,2													
5	9,0													

6	10,8													
7	11,6													
8	14,4													
9	16,2													
10	18,0													
Всього														
Недомолот														
Разом														

5.6. За відносними показниками побудувати криву обмолочування сільськогосподарської культури в координатах: ступінь приладу (швидкість, м/с) – відносні показники обмолочування, %.

5.7. Оцінити якість обмолочування за такими елементами:

а) ступінь, на якому починається вимолочування зерна сільськогосподарської культури (порог обмолочування);

б) число ступенів, на яких досягається певне вимолочування зерна з колоса (діапазон обмолочування);

в) ступінь, на якому зафіксовано максимальне вимолочування зерна (вища точка кривої);

г) наявність і розмір недомолоту.

5.8. Визначити енергетичні показники (Дж) обмолочування для кожного ступеня приладу (швидкості) за формулою:

$$A = \frac{m_3 \cdot v_K^2}{2000}, \quad (1.21)$$

де m_3 – маса однієї зернини, г; v_K – швидкість центра ваги колоса перед ударом для даного ступеня (класу), м/с.

5.9. Побудувати графічну залежність енергетичних показників обмолочування від швидкості удару.

6. Звіт

Навести стислий зміст роботи, схему та опис приладу, формули і необхідні розрахунки, результати вимірювань і обчислень відносних та енергетичних показників обмолочування з колоса сільськогосподарської культури (табл. 1.17). Зробити висновки.

7. Контрольні запитання

7.1. Розповісти про принцип роботи класифікатора обмолочування.

7.2. Як визначають відносні показники обмолочування? В яких одиницях визначають цей показник?

7.3. Як визначають енергетичні показники обмолочування? В яких одиницях визначають цей показник?

7.4. Дати оцінку якості обмолочування сільськогосподарської культури.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА 9

ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕРНА

1. Мета роботи

Навчитися розподіляти насіння сільськогосподарських культур на варіаційні ряди з використанням математичної обробки результатів дослідів, будувати варіаційні криві розподілу за даною ознакою.

2. Теоретична частина

Насіння основної культури і бур'янів мають той чи інший ступінь мінливості, що потрібно враховувати при розробці технологічної схеми очищення і сортування зернових сумішей. Мінливість розмірів насіння (та інших властивостей) сумішей можна подати варіаційними рядами або варіаційними кривими. Для побудови варіаційного ряду чи кривої слід зробити 300 – 500 вимірювань вибраного розміру (товщини, ширини чи довжини) або іншого показника властивостей і розподілити отримані виміри за класами.

Класовий проміжок λ для зернових культур відповідно за товщиною, шириною і довжиною насіння за звичай приймають 2, 3 і 4 мм. Встановивши максимальний $X_{\max}$ і мінімальний $X_{\min}$ розміри і поділивши різницю $X_{\max} - X_{\min}$ на класовий проміжок λ , знаходять загальне число класів. Зазвичай число класів становить 5 – 10.

Розподілити насіння на класи за товщиною і шириною можна не лише шляхом вимірювання, а й перепусканням наважки насіння крізь решітний класифікатор.

Кожний клас характеризується крайніми значеннями розміру насіння (межа класу) і середнім значенням.

Біологічні ознаки зазвичай характеризують кривою нормального розподілу. Варіаційні криві розподілу якогось розміру – це графіки, по осі абсцис яких відкладено середні значення класу X_i , а по осі ординат частоту n_i (рис. 1.20). Частотою називають кількість насіння (за масою, числом або відсотком) у кожному

класі. Варіаційні ряди і крива характеризуються середньою арифметичною величиною $\bar{x}$ (1), середньоквадратичним відхиленням σ (2) і коефіцієнтом варіації V (3).

У разі, коли характеристика модифікації розмірів насіння описується законом нормального розподілу, в межах $\bar{x} \pm 3\sigma$ укладається 99,7 % усієї кількості матеріалу. Тому можна прийняти, що розміри насіння змінюються від мінімального $\bar{x} - 3\sigma$ до максимального $\bar{x} + 3\sigma$.

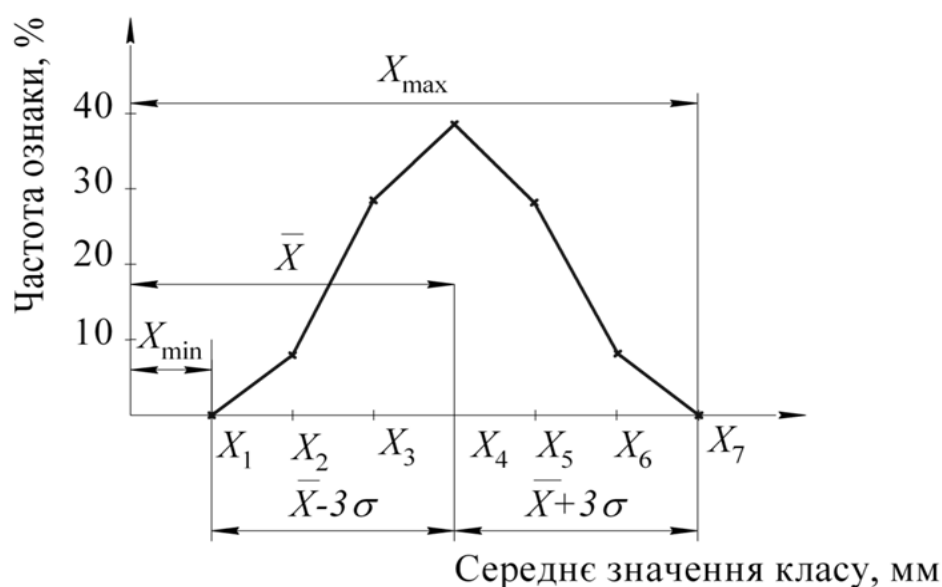


Рис.1.20. Варіаційна крива розподілу насіння сільськогосподарської культури за розміром

За розміщенням варіаційних кривих двох компонентів, наприклад, насіння основної культури і домішок, можна оцінити можливість розподілу зернової суміші за ознакою, що розглядається. Якщо криві не перекривають одна одну, можна досягнути повного розподілу насіння. В разі, коли низхідна гілка однієї кривої перетинається з висхідною гілкою другої, можливий лише частковий розподіл насіння. Якщо ж криві повністю перекривають одна одну, розподіл за даною ознакою неможливий.

Якщо неможливо розподілити насіння за даною ознакою, вибирають іншу ознаку.

3. Зміст роботи

- 3.1. Побудувати варіаційні ряди модифікації розмірів насіння заданих культур за товщиною.
- 3.2. Побудувати варіаційні криві.
- 3.3. Оцінити отримані результати.
- 3.4. Написати звіт.

4. Обладнання, прилади, матеріали

Решітний класифікатор (рис. 1.21), насіння двох сільськогосподарських культур. Класифікатор змонтований на основі 1 і знаходиться в корпусі 2, в якому розміщується блок решіт 3. Коливальний рух до блоку решіт передається ручкою 5 через ексцентриковий механізм 4.

5. Порядок виконання роботи

- 5.1. Відлічити 500 штук насіння заданої культури.
- 5.2. Це число насіння засипати на верхнє решето, попередньо перевіривши розміщення решіт у класифікаторі.
- 5.3. Ексцентриковий вал класифікатора обертати у продовж 30 – 60 сек.
- 5.4. Полічити число насінин на кожному решеті. Результати досліду занести в табл. 1.21. Для характеристики варіаційного ряду визначити: середньоарифметичну величину $\bar{x}$ (1), середньоквадратичне відхилення σ (2), коефіцієнт варіації V (3).
- 5.5. Побудувати варіаційну криву товщини насіння заданої культури.
- 5.6. Повторити пп. 5.1 – 5.6 для насіння іншої сільськогосподарської культури.

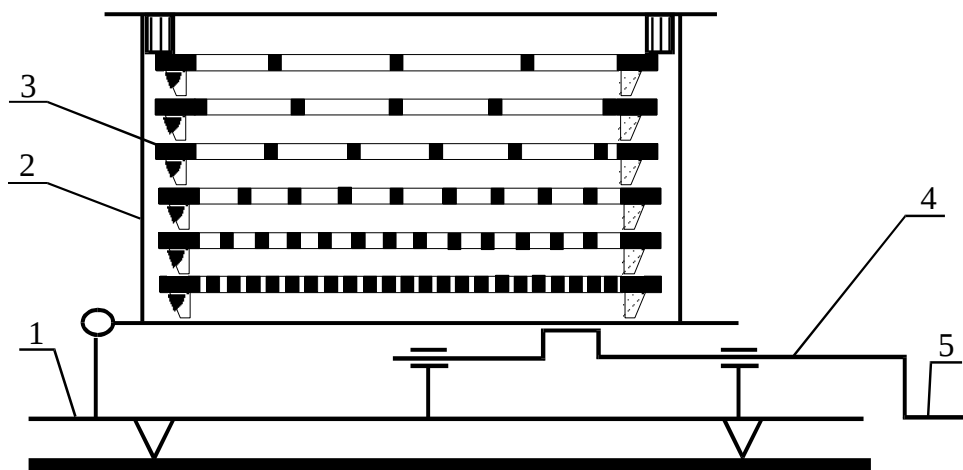


Рис. 1.21. Схема та загальний вигляд решітного класифікатора:

1 – основа; 2 – корпус; 3 – блок решіт; 4 – ексцентриковий механізм; 5 – ручка

6. Звіт

Навести стислий зміст роботи, схему та опис класифікатора насіння, формули і розрахунки, результати вимірювань (таблиці варіаційних рядів товщини насіння заданих сільськогосподарських культур), варіаційні криві розподілу насіння сільськогосподарських культур за товщиною. Зробити висновки.

7. Контрольні запитання

- 7.1. Як знаходять число класів варіаційного ряду?
- 7.2. Як визначають середнє значення класу?

7.3. Що розуміють під частотою ознаки класу?

7.4. Скільки сільськогосподарського матеріалу знаходиться в межах $\bar{x} \pm 3\sigma$ разі, коли за даною ознакою зерно підлягає закону нормального розподілу?

7.5. За якими формулами визначають середню арифметичну величину, середньоквадратичне відхилення та коефіцієнт варіації ?

7.6. Як побудувати варіаційну криву розподілу сільськогосподарської культури за даною ознакою ?

Таблиця 1.10

Дані варіаційного ряду товщини насіння сільськогосподарської культури

Показники	Номер класу							
	1	2	3	4	5	6	7	
Межі класу, мм	1,5	1,7	2,2	2,6	3,2	3,6	4,0	4,5
Середня товщина насіння в класі x_i , мм	1,6	1,95	2,4	2,9	3,4	3,8	4,25	
Частота повторення товщини n_i , шт.	n_1	n_2	n_3	n_4	n_5	n_6	n_7	
P_i , %	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7	
$x_i \cdot n_i$	$x_1 \cdot n_1$	$x_2 \cdot n_2$	$x_3 \cdot n_3$	$x_4 \cdot n_4$	$x_5 \cdot n_5$	$x_6 \cdot n_6$	$x_7 \cdot n_7$	
Середня товщина насіння с.-г. культури $\bar{x}$, мм	$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot n_i}{N}$							
$a_i = x_i - \bar{x}$, мм	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	
a_i^2	a_1^2	a_2^2	a_3^2	a_4^2	a_5^2	a_6^2	a_7^2	
$a_i^2 \cdot n_i$	$a_1^2 \cdot n_1$	$a_2^2 \cdot n_2$	$a_3^2 \cdot n_3$	$a_4^2 \cdot n_4$	$a_5^2 \cdot n_5$	$a_6^2 \cdot n_6$	$a_7^2 \cdot n_7$	
Середньоквадратичне відхилення σ , мм	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^n n_i \cdot a_i^2}$							
Коефіцієнт варіації V , %	$V = \frac{\sigma}{\bar{x}} \cdot 100$							

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навч. посібник О.М. Царенко, С. С. Яцун, М. Я. Довжик, Г. М. Олійник; За редакцією С. С. Яцуна. – К.: Аграрна освіта, 2000. – 243 с.
2. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Практикум: Навч. посібник Д. Г. Войтюк, О.М. Царенко, С. С. Яцун, М. Я. Довжик, Г. М. Олійник; За редакцією С. С. Яцуна. – К.: Аграрна освіта, 2000. – 93 с.
3. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник: О.М. Царенко, Д. Г. Войтюк та ін.; За редакцією С. С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448 с.
4. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Практикум: Навч. посібник С.С. Яцун, М.Я. Довжик, Г.С. Головченко, О.М.Калнагуз, Ю.В.Сіренко; За редакцією С.С. Яцуна. – Суми.: СНАУ, 2011.– 143 с.
5. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів : Курс лекцій. / К. М. Думекно, І. С. Павлюченко. –Миколаїв : МНАУ, 2014. – 39с.
6. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / Г.А. Хайліс, А.Ю. Гербовий, З.О. Гошко, М.М. Ковальов, О.О. Налобіна, С.Ф. Юхимчик. - Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 1998. - 268с
7. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. Конспект лекцій (частина 3) для студентів 1 с.т. та 3 курсів, денної форми навчання галузь знань: 20 «Аграрні науки та продовольство», напряму підготовки: 208 «Агроінженерія». – Суми: СНАУ, 2021. – 71 с., 40 рис., (укладач: ст.. викладач Калнагуз О.М.) Протокол НМР ІТФ № 5 від 30.04.21.
8. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. Конспект лекцій (частина 2) для студентів 1 с.т. та 3 курсів, денної форми навчання галузь знань: 20 «Аграрні науки та продовольство», напряму підготовки: 208 «Агроінженерія». – Суми: СНАУ, 2020. – 47 с., 40 рис., (укладач: ст.. викладач Калнагуз О.М.) Протокол НМР ІТФ № 5 від 30.03.20.
9. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. Методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи для студентів 1 с.т. та 3 курсів, денної форми навчання галузь знань: 20 «Аграрні науки та продовольство», напряму підготовки: 208 «Агроінженерія». – Суми: СНАУ, 2020. – 58 с., 14 рис. Укладач: ст. викладач Калнагуз О. М., Протокол НМР ІТФ № 5 від 30.03.20.
10. Методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи з дисципліни «Механіко-технологічні властивості с.г. матеріалів» на тему: «Фізико-механічні властивості луб'яних культур» для студентів 3 курсу ІТФ з напряму підготовки 6.100102 «Процеси, машини та обладнання АПВ», денної форми навчання ОКР «БАКАЛАВР» Автори: старші викладачі Головченко Г.С., Калнагуз О.М.; асистент Сіренко Ю.В. Протокол № _9_. Вчена рада ННІТІ від «_22_» _травня_ 2012 року.

11. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. Методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи на тему: «Фізико-механічні властивості луб'яних культур» для студентів 1 курсу (скороченого терміну навчання) інженерно-технологічного факультету з напрямку підготовки 6.100102 «Процеси, машини та обладнання АПВ», денної форми навчання ОКР «БАКАЛАВР». Автори старші викладачі: Головченко Г.С., Калнагуз О.М.; асистент Сіренко Ю.В. Протокол № 7. Вчена рада ННІТІ від «18» березня 2013 року.

12. Конспект лекцій з дисципліни механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів для студентів 4 курсу заочної форми навчання з напрямку підготовки 6.100102 «Процеси, машини та обладнання АПВ», ОКР «БАКАЛАВР». Автори старші викладачі: Головченко Г.С., Калнагуз О.М.; асистент Сіренко Ю. В. Протокол № 7. Вчена рада ННІТІ від «18» березня 2013 року.

13. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. Методичні вказівки щодо виконання самостійної роботи на тему: «Фізико-механічні властивості кормових трав» для студентів 3 курсу інженерно-технологічного факультету з напрямку підготовки 6.100102 «Процеси, машини та АПВ», денної форми навчання ОКР «БАКАЛАВР». Автори старші викладачі: Головченко Г.С., Калнагуз О.М.; асистент Сіренко Ю. В. Протокол № 7. Вчена рада ННІТІ від «18» березня 2013 року.

14. Механіко-технологічні властивості с.г. матеріалів. Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт для студентів 4 курсу заочної форми навчання з напрямку підготовки 6.100102 «Процеси, машини та обладнання АПВ», освітньо-кваліфікаційного рівня «БАКАЛАВР». Автори старші викладачі: Головченко Г.С., Калнагуз О.М.; асистент Сіренко Ю.В. Протокол № 7. Вчена рада ННІТІ від «18» березня 2013 року..

15. Конспект лекцій (частина 1) з дисципліни «Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів» для студентів 3 курсу інженерно-технологічного факультету з напрямку підготовки 6.100102 «Процеси, машини та обладнання АПВ», денної форми навчання ОКР «БАКАЛАВР». Автори: старші викладачі Головченко Г.С., Калнагуз О. М.; асистент Сіренко Ю. В. Протокол № 9. Вчена рада ННІТІ від «22» травня 2012 року.

16. Методичні вказівки для виконання лабораторних робіт з дисципліни "Механіко-технологічні властивості с.г. матеріалів" для студентів аграрних вузів зі спеціальності 6.091902- "Механізація с.г." / Національний аграрний університет (К.); Уклад. А. Г. Куценко. - К. : Вид-во Українського фітосоціологічного центру, 2007.- 52 с.

17. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Курс лекцій. / К. М. Думекно, І. С. Павлюченко. – Миколаїв: МНАУ, 2014. – 39с.

Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів

Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт для студентів 2 курсів,
галузі знань: 20 «Аграрні науки та продовольство»; спеціальність: 208
«Агроінженерія»; початкового (короткий цикл) рівня вищої освіти кваліфікації:
«Молодший бакалавр з агроінженерії»;
очної форми навчання

Суми, Сумський національний аграрний університет, вул. Герасима Кондратьєва, 160

Підписано до друку „ ____ “ _____ 2022 рік. Тираж 30 прим.

Гарнітура ***Times New Roman***. Умовн. друк. арк. 2,0. Формат А5. Замовл. 30.
