ВІДОКРЕМЛЕНИЙ ПІДРОЗДІЛ
НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
«НІЖИНСЬКИЙ АГРОТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Факультет інженерії та енергетики

МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ

Методичні рекомендації
до виконання лабораторних робіт

Спеціальність «Агроінженерія»
ОС «Бакалавр»

Ніжин 2018

УДК 620.16: 63 (075.8)

ББК 40.72 я 73 М55

Друкується за рішенням науково-методичної ради факультету інженерії та енергетики ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут» Протокол №6 від 30 листопада 2018 р.

Рецензенти:

Березовий М.Г. - к.т.н., доцент, завідувач кафедри механіки Національного університету біоресурсів і природокористування України

Литвинов О.І. – к.т.н., доцент кафедри загальноінженерних дисциплін ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»

Федорина Т.П. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт / Т.П. Федорина.- Ніжин.: НДУ ім. М.Гоголя, 2018. – 56 с.

Призначений для студентів ОС «Бакалавр», спеціальність 208 «Агроінженерія»,.

Містить теоретичний матеріал, завдання до виконання лабораторних робіт з дисципліни механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. Надає можливість самостійної роботи, направлений на допомогу студентам.

УДК 620.16:63 (075.8)
ББК 40.72 я 73 М55

© Т.П. Федорина, 2018
© Ніжинський агротехнічний інститут, кафедра загальноінженерних дисциплін, оригінал-макет, 2018

Передмова

Технологічні процеси, які виконують сільськогосподарські машини, спрямовані на зміну таких об'єктів, як грунт, добрива, посівні матеріали, хімічні засоби для захисту рослин, стебла і продукти обмолоту сільськогосподарських культур, зернова маса, сировина для заготівлі і приготування кормів, цукрові та кормові буряки, овочі, картопля, плоди, ягоди та ін.

Перелічені об'єкти, з якими взаємодіють засоби механізації сільськогосподарського виробництва, називають сільськогосподарськими матеріалами, які і є предметом вивчення дисципліни. Своєрідність сільськогосподарських матеріалів створює специфічні труднощі для виявлення необхідних показників властивостей. Для цього треба мати спеціальні методи досліджень та вміло використовувати вже досліджені властивості.

У найбільш загальному розумінні під поняттям властивість мають на увазі категорію, що виражає один із моментів виявлення сутності речі щодо інших речей; те, що характеризує її подібність до інших предметів або відмінність від них. Властивості бувають загальні, специфічні, головні і другорядні, істотні і неістотні, необхідні і випадкові, зовнішні і внутрішні. Кожний окремий предмет має багато властивостей, поєднання яких виражає його якість. Властивості предмета — це внутрішня сутність не тільки предмета, а й системи зв'язків і відношень, в яких цей предмет функціонує.

Здавна, коли людина почала викошувати сільськогосподаоські рослини, вона мимоволі стикалася з необхідністю вивчення фізико-механіічних властивостей рослин. До певного часу це вивчення мало форму звичайного спостереження.

Вивчення властивостей сільськогосподарських матеріалів та розробка методики їх виявлення є важливим питанням у механізації виробництва.

ЗМІСТ

Передмова…… **3**

Розділ 1. Властивості ґрунту як об'єкта обробітку **5**

Лабораторна робота №1. Визначення липкості грунту…….. **5**

Розділ 2. Основи механіки сипких матеріалів як об'єкта АПВ **12**

Лабораторна робота №2. Визначення характеристик зовнішнього тертя сільськогосподарських матеріалівпо різних поверхнях…… **12**

Лабораторна робота №3. Визначення характеристик внутрішнього тертя сипких матеріалів…….. **20**

Розділ 3. Механіко-технологічні властивості рослинних матеріалів **25**

Лабораторна робота №4. Визначення основних механічних характеристик с.г. рослин під час розтягання …… **25**

Лабораторна робота №5. Визначення основних характеристик під час стискання……..... **34**

Лабораторна робота №6. Визначення характеристик перерізання с.г. матеріалів…….. **40**

Лабораторна робота №7. Визначення показників обмолочування с.г. культур…….. **46**

Лабораторна робота №8. Визначення розмірних характеристик … зерна……. **52**

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ……..... 56

Розділ 1. Властивості ґрунту як об’єкта обробітку

Лабораторна робота №1

ВИЗНАЧЕННЯ ЛИПКОСТІ ҐРУНТУ

1. Мета роботи

Навчитися визначати липкість ґрунту та оцінювати отримані результати досліду.

2. Теоретична частина

Липкість вологого ґрунту виявляється як під час відривання від поверхні, так і під час зсуву. Липкість зумовлена капілярними і молекулярними силами зчеплення вологого ґрунту з поверхнею через тонкі плівки води.

Величина липкості (прилипання) залежить від властивостей ґрунту, насамперед від його вологості і механічного складу. Зі збільшенням вологості вона зростає до певної межі, доки водні плівки на поверхні поділу стануть тонкими. У разі появи на межі поділу суцільної тонкої плівки води, яка усуває зчеплення поверхні з часточками ґрунту, величина прилипання зменшується, оскільки починається ковзання між шарами вільної води.

Зі збільшенням нормального навантаження величина прилипання зростає у зв’язку із збільшенням площі справжнього контакту, а отже, посилюються молекулярне і капілярне притягання. Це зростання прилипання інтенсивніше в діапазоні малих значень вологості і слабкіше в діапазоні великих значень вологості ґрунту, за яких нормальний тиск починає сприйматись вільною водою і площа справжнього контакту не збільшується.

На природному ґрунті з непорушеним утворенням і структурою прилипання наступає за вищої вологості, ніж на ґрунті з порушеним утворенням. Величина липкості при цьому в декілька разів менша, ніж на розпиленому ґрунті.

Липкість ґрунту під час відривання (Па) визначають за формулою:

$$C_{л.в} = \frac{10^4 P\hat{a}}{S}, \qquad (1)$$

де $P_в$ – зусилля відривання від поверхні, Н;

S – площа поверхні, см^2.

Липкість ґрунту під час зсуву (Па) визначають за формулою:

$$C_{л.з} = \frac{10^4 (P_{ÇÑ} - F)}{S} \qquad (2)$$

де $P_{ЗС}$ — зусилля, потрібне для переміщення (зсуву) зразка ґрунту, Н;

F— сила тертя, Н;

S — площа контакту зразка ґрунту з поверхнею, см^2.

Липкість ґрунту під час зсуву так само залежить від різних факторів (вологість, властивості ґрунту і матеріалів, попереднє прикладання навантаження), як і під час відривання, але абсолютні величини липкості під час зсуву в 10—15 разів більші, ніж під час відривання. Це пояснюється тим, що під час зсуву задіяна більша площа справжнього контакту ґрунту з площею матеріалу.

На величину зусилля відривання впливає тривалість контакту. Збільшення тривалості контакту під навантаженням матеріалу з ґрунтом від 10 до 60 с призводить до зростання липкості на 40—50 %. Подальше збільшення тривалості контакту від 60 до 300 с мало змінює зусилля відривання.

За ступенем прилипання Н. А. Качинський класифікував ґрунти на п'ять категорій (табл. 1).

Таблиця 1

Класифікація ґрунтів за ступенем прилипання

Категорія ґрунту	Липкість ґрунту, Па
Гранично в'язкий	>1500
Сильно в'язкий	500—1500
Середньо в'язкий	200—500
Слабко в'язкий	50—200
Розсипчастий	10—50

3. Зміст роботи

Визначити липкість ґрунту для 4—5 значень питомого тиску, оцінити отримані результати, побудувати графічну залежність липкості від питомого тиску.

4. Обладнання, прилади, матеріали

Прилади для визначення липкості ґрунту методами відривання та зсуву, терези.

На рис. 1 наведено прилад для визначення липкості ґрунту методом відривання. Диск 1 нагвинчений на нижній кінець стержня 2, який, стикаючись із роликами 3, переміщується лише у вертикальному напрямку, що забезпечує одночасне відривання від ґрунту усіх точок матеріалу, які з ним контактують. Відривання диска від ґрунту здійснюється ниткою 4, один кінець якої сполучений з вертикальним кінцем стержня, а другий — з ємністю 5. Для відривання диска 1 ємність 5 наповнюють піском. Діаметр диска дорівнює 56 мм, площа — 25 см^2.

Величину прилипання методом зсуву визначають за допомогою приладу (рис. 2), який складається із стола 4 з пластиною 5, повзуна 8 і динамографа 1. Повзун сполучений двома паралельними чотириланковими механізмами із станиною 9. У площині креслення може переміщуватись лише поступально.

Величину і положення противаги 10 вибирають такими, щоб зсувна смуга 7, яка прикріплена до повзуна 8, натискала на пластину 5 із силою N.

Під час обертання барабана 2 нитка 3 тягне повзун 8 праворуч. При цьому смуга 7 зсовує зразок ґрунту 6. Зусилля P, що виникає в нитці 3 в момент зсуву ґрунту, фіксується динамографом 1.

5. Порядок виконання роботи

5.1. *Визначити липкість ґрунту під час відривання.*

5.1.1. Приготувати зразок ґрунту для досліду.

5.1.2. Установити прилад на зразок ґрунту і забезпечити контакт диска з ним вантажем із розрахунку 10 кПа. Вантаж на майданчику стержня

утримують протягом трьох хвилин. Після зняття вантажу диск відривають від зразка ґрунту. Для цього в ємність поступово насипають пісок до відривання від диска. Ємність з піском зважують. Дослід повторюють 3–4 рази.

5.1.3.

За формулою (1) визначити липкість ґрунту (питоме зусилля відривання) для даного тиску.

5.1.4. Згідно з пунктами 5.1.2 і 5.1.3 визначити липкість ґрунту під час відривання за тиску 20, 30, 40 і 50 кПа. Результати досліду записати в таблицю 1. Діапазон зміни тиску може бути іншим.

5.1.5. Оцінити результати досліду, визначити середню арифметичну величину $C_{л.в.}$, середнє квадратичне відхилення σ та коефіцієнт варіації V.

5.1.6. Побудувати графічну залежність липкості ґрунту $C_{л.в.}$(кПа) від тиску N (кПа).

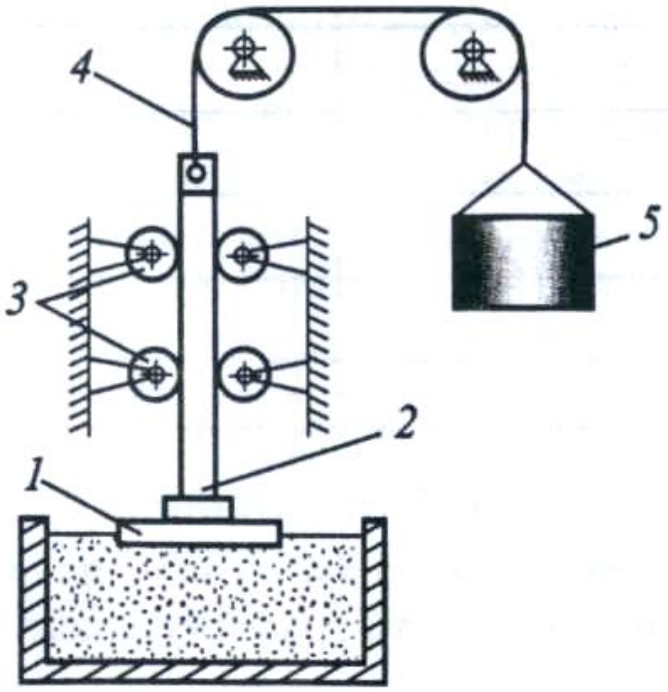

Рис. 1. ***Схема приладу для визначення липкості*** *ґрунту* ***методом*** *відривання****:***
1 – диск; 2 – стержень; 3 – ролик; 4 – нитка; 5 – ємність

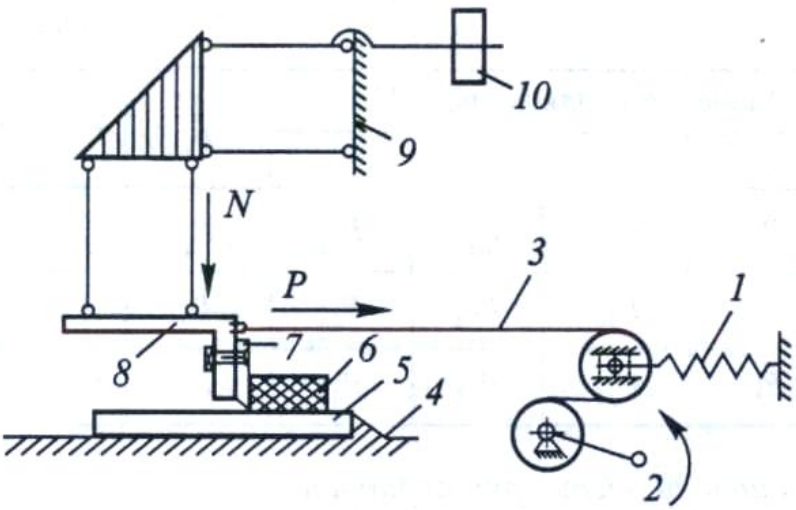

Рис. 2. ***Схема приладу для визначення липкості ґрунту методом зсуву:***

1 — динамограф; *2* — барабан; *3* — нитка; *4* — стіл; *5* — пластина; *6* — зразок ґрунту; 7 — зсувна смуга; *8* — повзун; *9* — станина; *10* —противага

Таблиця 2

Результати дослідів з визначення липкості ґрунту під час відривання від поверхні матеріалу

Питомий тиск, кПа	Значення P_i, для досліду, Н				$\overline{P_i}$, Н	σ, Н	V, %	$C_{л.зс.}$, Па
	1	2	3	4				
N_1	$\mathbf{P_{11}}$	P_{21}	$\mathbf{P_{31}}$	P_{41}	$\overline{P_1}$	σ_1	V_1	$C_{л.зс1}$
N_2	P_{12}	P_{22}	P_{32}	P_{42}	$\overline{P_2}$	σ_2	V_2	$C_{л.зс2}$
N_3	P_{13}	P_{23}	P_{33}	P_{43}	$\overline{P_3}$	σ_3	V_3	$C_{л.зс3}$
N_4	P_{14}	P_{24}	P_{34}	P_{44}	$\overline{P_4}$	σ_4	V_4	$C_{л.зс4}$
N_5	P_{15}	P_{25}	P_{35}	P_{45}	$\overline{P_5}$	σ_5	V_5	$C_{л.зс5}$

5.2. *Визначити липкість ґрунту під час зсуву.*

5.2.1. Визначити силу тертя за допомогою динамографа під час переміщення повзуна вздовж пластини.

5.2.2. Установити підготовлений зразок ґрунту у формі паралелепіпеда розміром (5х5х3)см на пластину. Забезпечити контакт зразка з пластиною вантажем із розрахунку 10 кПа. Вантаж на зразку утримують протягом трьох

хвилин. Після зняття вантажу проводять зсув зразка. Динамографом фіксують величину сили зсуву. Дослід повторюють 3—4 рази.

5.2.3. За формулою (2) визначити липкість ґрунту за даного тиску.

5.2.4. Згідно з пунктами 5.2.2 і 5.2.3 визначити липкість зсуву за тиску 20, 30, 40 і 50 кПа. Результати досліду записати у таблицю 3. Діапазон зміни тиску може бути іншим.

5.2.5. Оцінити результати досліду, визначивши середню арифметичну величину $C_{л.зс}$, середнє арифметичне відхилення σ та коефіцієнт варіації v.

5.2.6. Побудувати графічну залежність липкості ґрунту $C_{л.зс}$ (кПа) від тиску N (кПа).

6. *Звіт*

Навести короткий зміст роботи, схеми та опис приладів, формули і розрахунки, таблиці, графічні залежності липкості ґрунту від питомого тиску. Зробити висновки.

Таблиця 3

Результати дослідів з визначення липкості ґрунту під час зсуву зразка

Питомий тиск, кПа	Сила тертя F, Н	Значення P_i для досліду, Н				$\bar{P}_i$, Н	σ, Н	V, %	$\bar{P}_i - F$	$C_{л.зс}$, Па
		1	2	3	4					
N_1	F	P_{11}	P_{21}	P_{31}	P_{41}	$\bar{P}_1$	σ_1	V_1	$\bar{P}_1 - F$	$C_{л.зс_1}$
N_2		P_{12}	P_{22}	P_{32}	P_{42}	$\bar{P}_2$	σ_2	V_2	$\bar{P}_2 - F$	$C_{л.зс_2}$
N_3		P_{13}	P_{23}	P_{33}	P_{43}	$\bar{P}_3$	σ_3	V_3	$\bar{P}_3 - F$	$C_{л.зс_3}$
N_4		P_{14}	P_{24}	P_{34}	P_{44}	$\bar{P}_4$	σ_4	V_4	$\bar{P}_4 - F$	$C_{л.зс_4}$
N_5		P_{15}	P_{25}	P_{35}	P_{45}	$\bar{P}_5$	σ_5	V_5	$\bar{P}_5 - F$	$C_{л.зс_5}$

7. Контрольні запитання

7.1. Що розуміють під липкістю ґрунту?

7.2. За якою формулою визначають липкість ґрунту під час відривання?

7.3. За якою формулою визначають липкість ґрунту під час зсуву?

7.4. Як змінюється липкість ґрунту залежно від вологості, питомого тиску, стану зразка ґрунту, методу визначення (відривання, зсув)?

7.5. До якої категорії за прилипанням належить досліджений вами ґрунт?

Розділ 2. Основи механіки сипких матеріалів як об’єкта АПВ

Лабораторна робота №2

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЗОВНІШНЬОГО ТЕРТЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ ПО РІЗНИХ ПОВЕРХНЯХ

1. Мета роботи

Визначити статичний і динамічний коефіцієнти тертя сільськогосподарських матеріалів по різних поверхнях і обчислити 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). 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

$$Y \sin\alpha = F_{c\max} \tag{1}$$

Сила тертя

$$F_{c\max} = f_c N = tg\varphi_c Y \cos\alpha, \tag{2}$$

де f_c і φ_c - відповідно статичний коефіцієнт і кут тертя; N – сила, що діє вертикально вниз; Y – сила гравітації; α - кут нахилу площини.

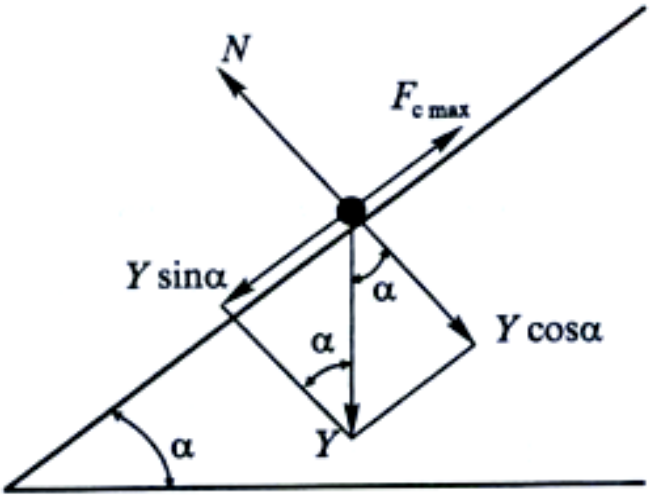

Рис. 1. До визначення статичного коефіцієнта тертя

Отже,

$$Y\sin\alpha = tg\varphi_c Y\cos\alpha, \tag{3}$$

звідки

$$\varphi_c = \alpha, \quad f_c = tg\alpha. \tag{4}$$

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

$$F_{Д\max} = f_Д N\ , \tag{5}$$

де $f_Д$ - динамічний коефіцієнт тертя.

Кут між напрямками сил *N* і $F_{Д\max}$ завжди дорівнює 90° (рис. 2). У разі додавання сил *N і* $F_{Д\max}$ результуюча сила *R* відхилиться від напрямку сили вектора *N* на деякий кут. З рис.2 випливає, що $F_{Д\max} = Ntg\varphi_Д$. Отже

$$f_Д = tg\varphi_Д\ . \tag{6}$$

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.

3. Зміст роботи

Визначити статичний та динамічний коефіцієнти тертя сільськогосподарських матеріалів по різних поверхнях, оцінити отримані результати, порівняти значення статичних та динамічних коефіцієнтів тертя для однакових пар тертя.

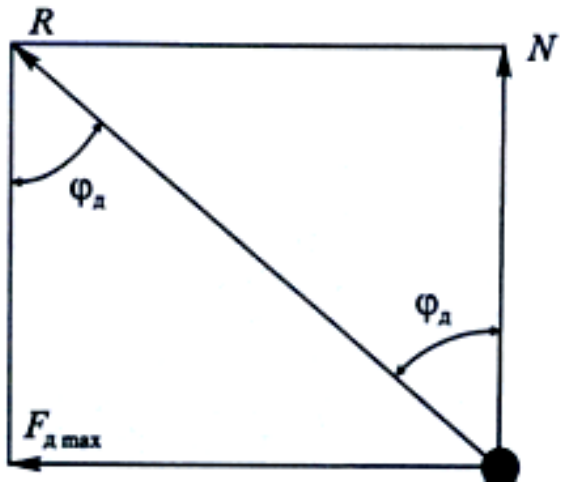

Рис. 2. До визначення динамічного коефіцієнта тертя

4. Обладнання, прилади, матеріали

Прилади для визначення статичного та динамічного коефіцієнтів тертя, пластини з різних матеріалів, що використовуються в сільгоспмашинобудуванні, косинець, транспортир, папір, кнопки, зразки сільськогосподарських матеріалів.

Для визначення статичного коефіцієнта тертя використовують прилад (рис. 3), який складається з горизонтальної плити *1*, похилої площини *3*, на якій закріплено матеріал досліджуваної поверхні *4*, та гвинта *2*, поворотом якого змінюють кут нахилу площини *3*. На закріплену поверхню вміщують досліджуваний матеріал *5*. Якщо повільним обертанням гвинта *2* збільшувати кут нахилу площини *3*, то моменту початку ковзання пар тертя відповідатиме умова $\varphi_c = \alpha$.

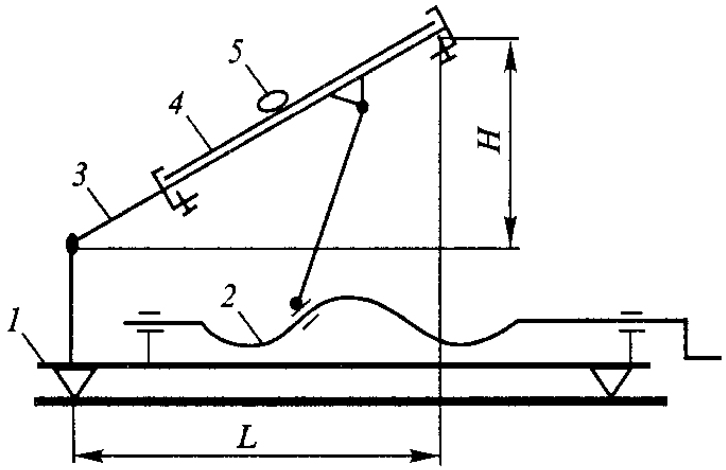

Рис. 3. Схема приладу для визначення статичного коефіцієнта

Динамічний коефіцієнт тертя визначають на приладі академіка В. А. Желіговського (рис. 4). Прилад складається з креслярської дошки, лінійки та каретки. Колодка *1* лінійки 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.

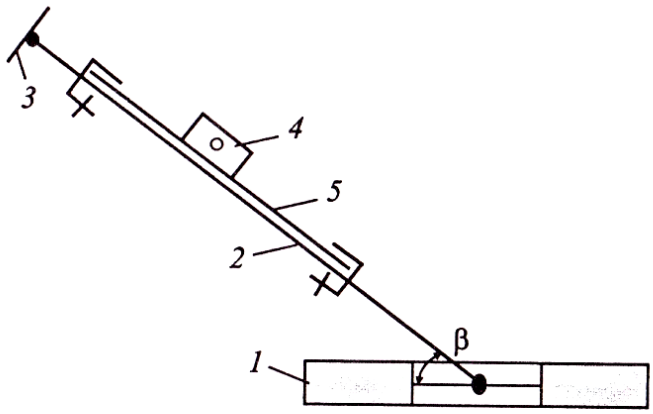

Рис. 4. Схема приладу для визначення динамічного коефіцієнта

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

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

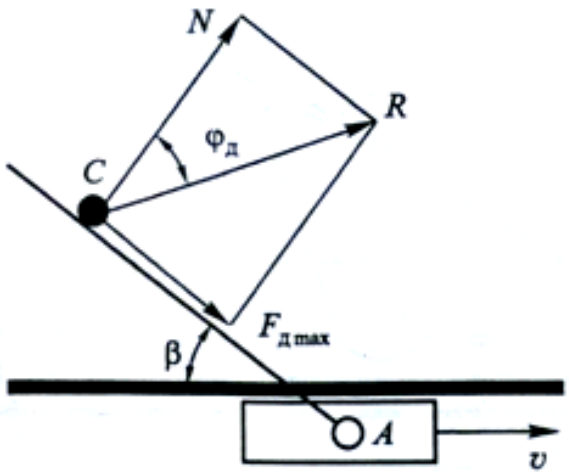

Рис. 5. До визначення динамічного кута тертя

5. Порядок виконання роботи

5.1. Визначення статичного коефіцієнта тертя.

5.1.1. Закріпити на похилій площині *3*(див. рис. 3) пластину *4* з досліджуваного матеріалу і, обертаючи рукоятку гвинта *2*, встановити площину *3*, в положення, близьке до горизонтального.

5.1.2. Помістити на пластину досліджуваний матеріал *5*.

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

5.1.5. Обчислити статичний коефіцієнт тертя за формулою

$$f_{ci} = tg\alpha_i = \frac{H_i}{L}. \qquad (7)$$

Дослід повторити 4 рази для кожної пари тертя.

5.1.6. Оцінити значення статичного коефіцієнта тертя, визначити середню арифметичну величину $\overline{f_c}$, середнє квадратичне значення відхилення σ та коефіцієнт варіації *V*.

5.1.7. Визначити кут тертя за формулою

$$\overline{\varphi}_c = arctg\,\overline{f}_c. \qquad (8)$$

Результати вимірювань і обчислень записати в табл. 7.

Таблиця 1

Результати вимірювань і обчислень статичного коефіцієнта тертя

Пара тертя	**Номер досліду**	**L**, мм	**H_i**, мм	f_{ci}	$\overline{f}_c$	σ	**V, %**	$\overline{\varphi}_Д$, **град**
	1	**L**	H_1	f_{c1}	$\overline{f}_c$	σ	V	$\overline{\varphi}_Д$
	2		H_2	f_{c2}				
	3		H_3	f_{c3}				
	4		H_4	f_{c4}				

5.2. *Визначення динамічного коефіцієнта тертя*

5.2.1. Закріпити пластину *5* з досліджуваного матеріалу на лінійці *2* (див. рис. 4).

5.2.2. Закріпити на креслярській дошці аркуш паперу.

5.2.3. Встановити лінійку під кутом $\beta \langle \frac{\pi}{2} - \varphi_Д$ і закріпити її на колодці.

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

5.2.5. заповнити каретку приладу досліджуваним матеріалом і підвести її до закріпленої на лінійці пластини.

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

5.2.7. Зняти каретку з приладу, продовжити напрямок лінійки і встановити до цього напрямку перпендикуляр у точці перетину з траєкторією руху каретки. Кут між нормальною силою і траєкторією каретки і буде кутом тертя $\varphi_Д$.

5.2.8. Виміряти транспортиром кут тертя $\varphi_Д$.

5.2.9. Обчислити динамічний коефіцієнт тертя за формулою (6). Дослід повторити 4 рази для кожної пари тертя.

5.2.10. оцінити значення динамічного кута тертя, визначити середню арифметичну величину $\overline{\varphi_Д}$, середнє квадратичне відхилення σ і коефіцієнт варіації V.

5.2.10. визначити коефіцієнт тертя за формулою

$$\overline{\varphi}_Д = arctg\,\overline{f}_Д \qquad (9)$$

Результати вимірювань і обчислень записати в табл. 2.

Таблиця 2

Результати вимірювань і обчислень динамічного коефіцієнта тертя

Пара тертя	**Номер досліду**	β, **град**	$f_{Дi}$	$\overline{\varphi}_Д$	σ	**V, %**	$\overline{f_Д}$
	1	β	$f_{Д1}$	$\overline{\varphi}_Д$	σ	V	$\overline{f_Д}$
	2		$f_{Д2}$				
	3		$f_{Д3}$				
	4		$f_{Д4}$				

6. Звіт

Навести короткий зміст роботи, схеми та опис приладів, формули і розрахунки, результати вимірювань і обчислень статичного і динамічного коефіцієнтів тертя (див. табл. 1 і 2). Зробити висновки.

7. Контрольні запитання

7.1. Що розуміють під статичним і динамічним коефіцієнтами 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 мають прилади для визначення статичного та динамічного коефіцієнтів тертя сільськогосподарських матеріалів?

7.4. Написати формули для розрахунку коефіцієнтів і кутів статичного і динамічного тертя сільськогосподарських матеріалів.

Лабораторна робота №3

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 характеризується коефіцієнтом внутрішнього тертя. Кути внутрішнього тертя сипких матеріалів дорівнюють кутам твірної конуса (рис. 1).

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.

Сила тертя $F'_{\max} = f'N = tg\varphi' N,$

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 $tg\alpha = f' = tg\varphi'.$ Рівновага настає за умови

$$\alpha = \varphi'. \tag{1}$$

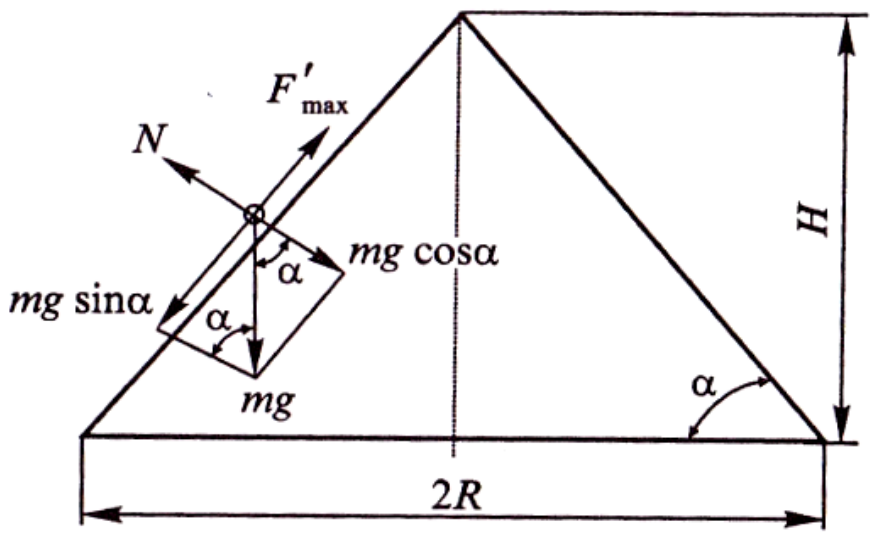

Рис.1. До визначення коефіцієнта внутрішнього тертя

3. Зміст роботи

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

4. Обладнання, прилади, матеріали

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

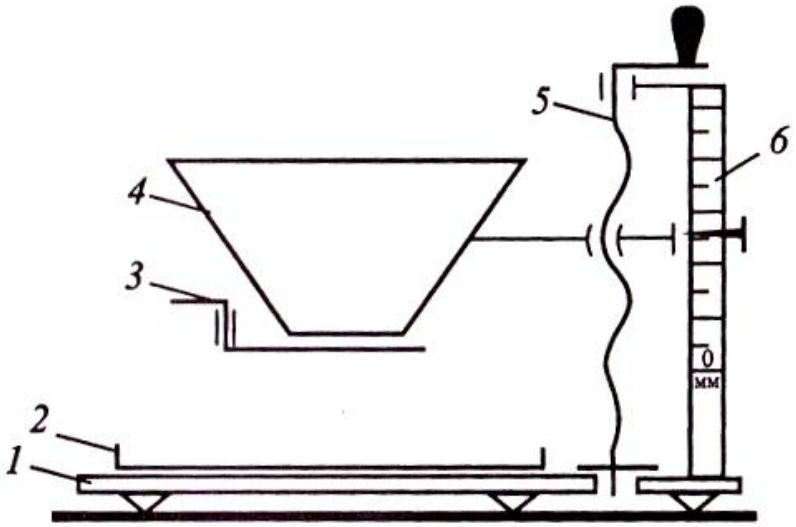

Рис. 2. Схема пристрою для визначення коефіцієнта внутрішнього тертя сипких матеріалів

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. Заміряти висоту насипаного конуса та радіус його основи в чотирьох радіальних напрямках. Для кожного сипкого матеріалу дослід повторювати 5-6 разів.

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

$$f_i' = tg\alpha_i = \frac{H_i}{R_{c_i}} \ . \qquad (2)$$

де H_i – висота конуса, мм; R_{c_i} - середній радіус основи конуса, виміряний у чотирьох радіальних напрямках, мм; *i* – номер досліду.

5.6. Оцінити значення коефіцієнта внутрішнього тертя сипких сільськогосподарських матеріалів, для чого визначити середню арифметичну величину $\overline{f_c}'$, середнє квадратичне значення відхилення σ та коефіцієнт варіації *V*.

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

5.8. Результати досліду записати в таблицю 1.

5.9. Визначити кут тертя за формулою:

$$\overline{\varphi}' = arctg\overline{f}'. \tag{3}$$

Таблиця 1

Результати вимірювань і обчислень коефіцієнта внутрішнього тертя сипких матеріалів

Матеріал	**Номер досліду**	***H_i*, мм**	***R_i*, мм**	f_i'	$\overline{f'}$	σ	***V*, %**	$\overline{\varphi}_{Ä}$, **град**
Зерно сільсько-господарської культури	1	H_1	R_{c1}	f_1'	$\overline{f'}$	σ	V	$\overline{\varphi}_{Ä}$, **град**
	2	H_2	R_{c2}	f_2'				
	3	H_3	R_{c3}	f_3'				
	4	H_4	R_{c4}	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.

Розділ 3. Механіко-технологічні властивості рослинних матеріалів

Лабораторна робота №4

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН ПІД ЧАС РОЗТЯГАННЯ

1. Мета роботи

Визначити абсолютне і відносне подовження зразків стебел рослин, тимчасове напруження і напруження за ступенями, модуль пропорційності.

2. Теоретична частина

Механічні властивості сільськогосподарських культур дуже мінливі і залежать від сорту рослини, фаз її розвитку, кліматичних умов, агротехніки тощо. У зв’язку з цим слід провести багато дослідів, щоб отримати об’єктивну характеристику механічних властивостей окремих рослин. Однак практично під час проведення лабораторних робіт зробити це неможливо.

Рослинні тканини характеризуються волокнистістю, неоднорідністю і великою відмінністю за опором вздовж і впоперек волокон. У міру підсихання рослинні тканини набувають дедалі більшої гігроскопічності. У зв’язку з цим на їх характеристики заочною мірою впливає вологість навколишнього середовища.

Для рослинних матеріалів лінійна залежність зусилля і подовження стебла має місце майже до початку його руйнування. Межа пропорційності і межа міцності настільки близькі одна до одної, що різницю між ними не завжди можна виявити. Це дає змогу застосовувати закон Гука під час аналізу руйнування рослин.

Під час визначення напруження важко встановити площу поперечного перерізу стебла. У товщині стебла є внутрішня порожнина, яка порушує

неперервність матеріалу. Крім геометричної площі перерізу іноді доводиться обчислювати фізичну площу поперечного перерізу стебла:

$$F_{\Phi} = \frac{m}{l\gamma}, \tag{1}$$

де F_{Φ} – маса стебла, кг; l - його довжина,м; γ – об'ємна маса стебла, кг/м³.

Стебло рослини закріплюють у затискачах, конструкція яких має забезпечувати якомога менше розплющування його кінців.

На величину розривного зусилля істотно впливає тривалість дії навантаження. Збільшення тривалості навантаження супроводжується зменшенням руйнівного зусилля.

У зв'язку з цим під час дослідів на розривному обладнанні приймають швидкість навантаження при опусканні нижнього затискача 200 мм/хв.

Довжина стебел також впливає на величину руйнівного зусилля, оскільки довге стебло має велику різницю поперечних перерізів кінців зразка.

У разі досліджень на розрив зразки беруть із певного місця висоти стебла. Для кожної сільськогосподарської культури встановлено власні величини затискної довжини стебла. Для більшості сільськогосподарських культур – це 100 мм.

Основні характеристики визначають за діаграмою P-Δl (рис. 1), яку отримують під час розтягання зразка.

Відносне подовження зразка (%) стебла визначають за формулою:

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l} \cdot 100, \tag{2}$$

де Δl – абсолютне подовження зразка стебла, мм; l - початкова довжина зразка стебла,мм.

Нормальне напруження (межа міцності, МПа):

$$\sigma_p = \frac{P_{\max}}{F}, \tag{3}$$

де P_{max}– максимальне (руйнівне) зусилля, Н; F - площа перерізу зразка стебла, мм².

Модуль пропорційності (МПа):

$$E = \frac{\sigma_i}{\varepsilon_i}, \tag{4}$$

де σ_i – напруження зразка на і-му ступені розтягання, МПа; ε_i - відносна деформація і-го ступеня розтягання.

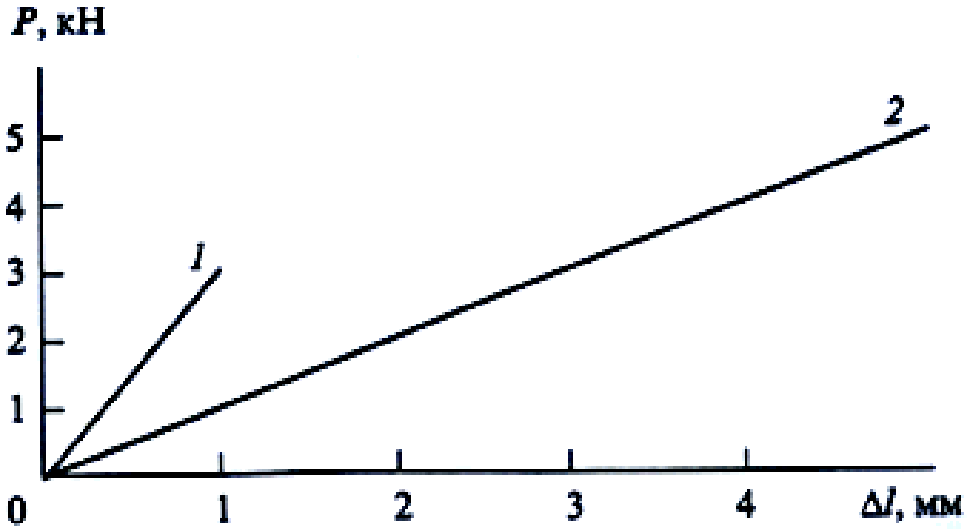

Рис.1. **Діаграма розтягання стебел кукурудзи (1) та соняшнику (2)**

3. Зміст роботи

Отримати діаграму розтягання зразка стебла сільськогосподарської культури, визнбачити основні механічні характеристики, виконати математичну обробку результатів досліду.

4. Обладнання, прилади, матеріали

Прилади для визначення механічних характеристик під час розтягання, штангенциркуль, зразки стебел.

Міцність зразків стебел на розтягання статичним навантаженням можна вивчити на приладі (див. рис. 2), який дає змогу визначити силу, потрібну для руйнування зразка. Кожному значенню сили відповідає певне поводження зразка, яке вимірюють з точністю до ±0,01 мм.

Принцип роботи приладу полягає в тому, що сила опору зразка, який розтягається, передається пластинчастій пружині, внаслідок чого остання згинається.

Оскільки стріла прогинання пружини пропорційна силі опору, то

$$P = mh, \tag{5}$$

де P – сила опору зразка, Н; h – стріла прогинання пружини, мм; m – масштаб пружини, Н/мм (для нашого прикладу m=444 Н/мм).

Абсолютне подовження зразка дорівнює

$$\Delta l = H - h, \tag{6}$$

де H – переміщення нижнього затискача (реєструється лічильником), мм; h стріла прогинання пружини (реєструється індикатором),мм.

Прилад (рис. 3) складається з нижньої панелі, бічних стояків, гвинтового механізму та інших частин. Нижня панель 11 є основою для кріплення деталей. Бічні стояки 1 є опорами для встановлення і прикріплення верхньої сило вимірювальної частини 2; на одній із них закріплений маховик з рукояткою 9. Гвинтовий механізм 10 призначений для переміщення нижнього затискача.

Механізм, призначеній для передавання обертання від рукоятки 9 до гвинтового механізму нижнього затискача 8, складається із зубчастих коліс 12. Силовимірювальна частина 2 складається із пластинчастої горизонтально розміщеної планки, вертикального штока, напрямних роликів та інших

деталей. Індикатор 5 служить для вимірювання прогину сило вимірювальної пружини.

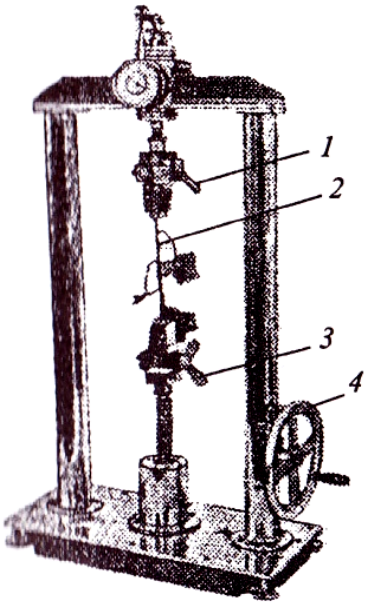

Рис. 2. Прилад для визначення механічних характеристик стебел рослин під час розтягання

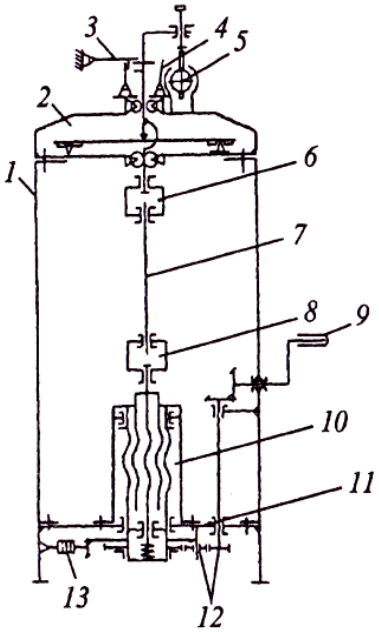

Рис.3. Схема будови приладу

1 — бічні стояки; *2* — силовимірювальна частина; *3* — запобіжний механізм; *4* — ексцентрик з рукояткою; *5* — індикатор; *6* — верхній затискач; *7*— зразок; *8* — нижній затискач; *9* — маховик з рукояткою; *10* — ґвинтовий механізм; *11* — нижня панель; *12* — зубчасті колеса; *13* — лічильник

Запобіжний механізм 3 утримує шток у крайньому верхньому положенні і захищає індикатор від ламання у разі миттєвого руйнування зразка. Ексцентрик з рукояткою 4 призначений для переведення сило вимірювальної частини приладу в робоче положення. Лічильник 13 відлічує величину переміщення нижнього затискача.

Перед дослідженням на розтягання зразок 7 закріплюють у верхньому затискачі 6 і нижньому 8. Нижній затискач приладу за один оберт рукоятки опускається на 1 мм. За цей час покази шкали лічильника змінюються. Перша цифра на шкалі справа відповідає сотим часткам міліметра, друга – десятим і т.д.

Залежно від міцності зразка використовують змінні пружини.

Довжина зразка має становити

$$L \geq l + 2l', \tag{7}$$

де l – затискна довжина зразка, мм; l' - додаткова довжина зразка, яка затискається плашками (не менше довжини плашок), мм.

Зазвичай довжина l становить 100 мм. Якщо розміри зразка біологічно зумовлені меншою їх довжиною, то допускається досліджувати зразки із затискною довжиною 75 мм і навіть 50 мм.

5. Порядок виконання роботи

5.1. Приготувати прилад до випробування. Для цього потрібно:

– установити прилад горизонтально (за рівнем);

– підійняти рукоятку ексцентрика для переведення сило вимірювальної частини в неробоче положення;

– відкрити кожух і встановити на призми потрібну пружину;

– закрити кожух і опусканням рукоятки ексцентрика перевести прилад у робоче положення;

– перевірити правильність зіткнення гвинта кронштейна з ніжкою індикатора;

– установити шкалу індикатора на нуль.

5.2. Приготувати зразок для досліду. Довжину зразка стебла визначити за формулою (7). Зазвичай із стебла рослини вирізають певну частину, наприклад середнє міжвузля. Виміряти діаметр середньої частини зразка (місце, де очікується розривання). Зразок оглянути, ушкоджені зразки відкинути.

5.3. Зразок закріпити у затискачах: спочатку у верхньому, потім у нижньому. Щоб уникнути ушкодження зразка в затискачах, у кінці порожнистих стебел рослин уставляють дерев’яні шпильки, після чого затискачі міцно згвинчують.

5.4. Випрямити зразок обертанням рукоятки маховика до початку переміщення стрілки індикатора. Цей момент вважати початком досліду. Зафіксувати покази лічильника та індикатора.

5.5. Постійно через певне число обертів рукоятки фіксувати покази лічильника та індикатора. Результати досліду записати в таблицю. Навантаження зразка проводити до його руйнування. Якщо зразок розірветься у затискачах, дослід бракують і повторюють знову.

5.6. Визначити напруження (МПа) в зразку, яке виникає на кожному ступені розтягання, за формулою

$$\sigma_i = \frac{P_i}{F}, \tag{8}$$

Де P_i – сила, прикладена до зразка на даному ступені навантаження, Н;

F - площа поперечного перерізу зразка, мм².

5.7. Визначити тимчасовий опір зразка стебла за формулою (3).

5.8. Визначити відносне подовження зразка стебла за формулою (2).

5.9. Визначити модуль пропорційності за формулою (4).

5.10. Результати обчислень записати в таблицю 1.

5.11. Дослід повторити запропоноване викладачем число разів.

5.12. Оцінити результати досліду, визначити середню арифметичну величину M, середнє квадратичне відхилення σ та коефіцієнт варіації V.

5.13. Побудувати залежність $P_i(\sigma_i) = f(\Delta l)$ або $P_i(\sigma_i) = f(\varepsilon)$.

Таблиця 1

Результати визначення характеристик міцності зразків стебел рослин під час розтягання

1. Сільськогосподарська культура		Номер досліду				
2. Параметри зразка стебла		1	2	3	4	Середня величина
затискна довжина l, мм						
діаметр d, мм						
площа перерізу F, мм^2						
3. Ступені дослідів		1	2	3	4	5
4. Величина деформації пружини h, мм						
5. Середня величина $\overline{h}$, мм						
6. Сила навантаження P_i, Н						
7. Середня арифметична величина $\overline{P_i}$, Н						
8. Середнє квадратичне відхилення σ, Н						
9. Коефіцієнт варіації V, %						
10. Напруження на ступені σ_i, МПа						
11. Тимчасове напруження σ, МПа						
12. Переміщення нижнього затискача H_i, мм						
13. Абсолютне подовження зразка Δl, мм						
14. Відносне подовження зразка ε, %						
15. Модуль пропорційності E, МПа						

6. Звіт

Навести стислий зміст роботи, формули і розрахунки, таблицю. Побудувати графічну залежність $P_i(\sigma_i) = f(\Delta l)$ або $P_i(\sigma_i) = f(\varepsilon)$. Зробити висновки.

7. Контрольні запитання

7.1. Розповісти про будову і роботу приладу для розтягання зразків стебел рослин.

7.2. За якою формулою визначають довжину зразка стебла?

7.3. Як визначають абсолютне подовження зразка стебла?

7.4. Як визначають відносне подовження зразка стебла?

7.5. Як визначають тимчасовий опір зразка стебла рослини?

7.6. Як визначають зусилля, прикладене до зразка стебла на даному етапі розтягання?

7.7. Як визначають модуль пропорційності?

Лабораторна робота №5

ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ХАРАКТЕРИСТИК СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН ПІД ЧАС СТИСКАННЯ

1. Мета роботи

Визначити абсолютні і відносні укорочення зразків стебел рослин, напруження, відповідні межам пропорційності і міцності, модуль пропорційності.

2. Теоретична частина

Під час дослідження зразків стебел рослин на стискання вони руйнуються. В окремих випадках спостерігається сплющування зразків без руйнування.

На рис. 1 наведено діаграму стискання зразка стебла кукурудзи, яке має незначну вологість.

На цій діаграмі можна виділити чотири характерні етапи сплющування зразка:

а) стискання деревинного кільця в межах пружної деформації (частина кривої 1). Величина деформації прямо пропорційна зусиллю стискання, така закономірність зберігається до початку руйнування трубки;

б) руйнування деревинного кільця (частина кривої 2) з розколюванням його вздовж волокон;

в) опір стисканню чинить в основному серцевина (частина кривої 3); характерне сповільнення наростання зусиль за значних деформацій;

г) після повного руйнування деревинного кільця наступає пресування; характерне швидке зростання зусиль за незначних деформацій.

Із діаграми стискання зразка стебла можна отримати основні характеристики.

Відносне вкорочення зразка стебла, %

$$\varepsilon = \frac{\Delta D}{D} \cdot 100, \tag{1}$$

де ΔD – абсолютне вкорочення зразка стебла, мм; D - початковий діаметр зразка стебла, мм.

Нормальне напруження (межа міцності, МПа):

$$\sigma_p = \frac{P_{\max}}{F_{cm}}, \tag{2}$$

де $P_{\max}$ – максимальне (руйнівне) зусилля, Н; F_{cm} - площа перерізу зразка стебла, ммI.

Модуль пропорційності (МПа)

$$E_a = \frac{\sigma_a}{\varepsilon_a}, \tag{3}$$

де σ_a – напруження, яке відповідає межі пропорційності, МПа; ε_a - відноне укорочення діаметра зразка, яке відповідає яке відповідає межі пропорційності.

Напруження, яке відповідає межі пропорційності, визначають за формулою (МПа)

$$\sigma_a = \frac{P_a}{F_{cm}}, \tag{4}$$

де P_a – зусилля, яке відповідає межі пропорційності, Н.

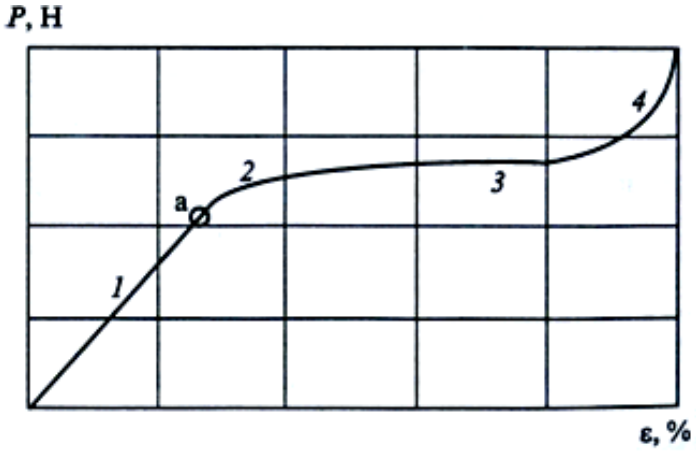

Рис.1. Діаграма стискання зразка стебла кукурудзи

3. Зміст роботи

Отримати діаграму стискання зразка стебла сільськогосподарської культури, визн6ачити основні механічні характеристики, виконати математичну обробку результатів.

4. Обладнання, прилади, матеріали

Прилади для визначення механічних характеристик під час стискання, штангенциркуль, зразки стебел.

Для виконання лабораторної роботи використати машину FM-1000. Машина обладнана механічним силозбуджувачем і маятниковим сило вимірником. Силозбуджувач має такі вузли (рис. 2): електродвигун *3*, клинопасову передачу *4*, фрикційну передачу *2*, черв'якову передачу *1*, механізм реверсу *5*, обертальну штангу *27* з гайкою *26*, гвинт *25*, тягу *23*, яка переміщається в напрямних *24*, нижній затискач *22*. Сило вимірник має набір вантажів *21*, ексцентриковий вал *17*, тягу *18* з верхнім затискачем *20*, масляний демпфер *15*, силовимірний важіль *14*, перо *13*, барабан *9*, зубчасту рейку *12*, покажчик навантаження *10*, шкалу *11*, стопорний механізм *19*, пристрій *16* для установлення нуля.

Для вмикання машини ручку вимикача повертають на чверть оберту за годинниковою стрілкою. При цьому вмикається електродвигун *3*, який через клинопасову *4*, фрикційну *2* і черв'якову *1* передачі обертає вал механізму реверса *5*. Через зубчасті пари обертання передається на штангу *27* із закріпленою в ній гайкою *26*. Обертання гайки *26* викликає поступальне переміщення гвинта *25*, який через тягу *23* переміщає нижній затискач *22*, навантажуючи дослідний зразок. Переміщанням рукоятки *6* вгору або вниз забезпечують відповідно підніманням або опусканням нижнього затискача *22*. В середньому (нейтральному) положенні рукоятки *6* затискач *22* стає на місце. Якщо в затискачі закріплено зразок, то під дією навантаження ексцентриковий вал *17* повертається на деякий кут, відхиляючи вантажі *21* на такий самий кут.

За допомогою сило вимірювального важеля *14* переміщення, пропорційне навантаженню, передається на перо *13* і зубчасту рейку *12*, яка через шестерню повертає покажчик *10* навантаження. Барабан *9* механізму за допомогою стрічкового приводу *8* сполучений із нижнім затискачем *22*. Величина переміщення цього затискача відповідає деформації зразка. Записати деформацію можна в масштабі 1:1 або 2:1. Для зменшення динамічних навантажень у сило вимірювальну систему увімкнено масляний амортизатор *15*, сполучений через систему важелів *21*. У неробочому стані верхній затискач *20* фіксується рукояткою *19*.

Машина може працювати за навантаженням у межах : 0–2500, 0–5000, 0–10000 Н.

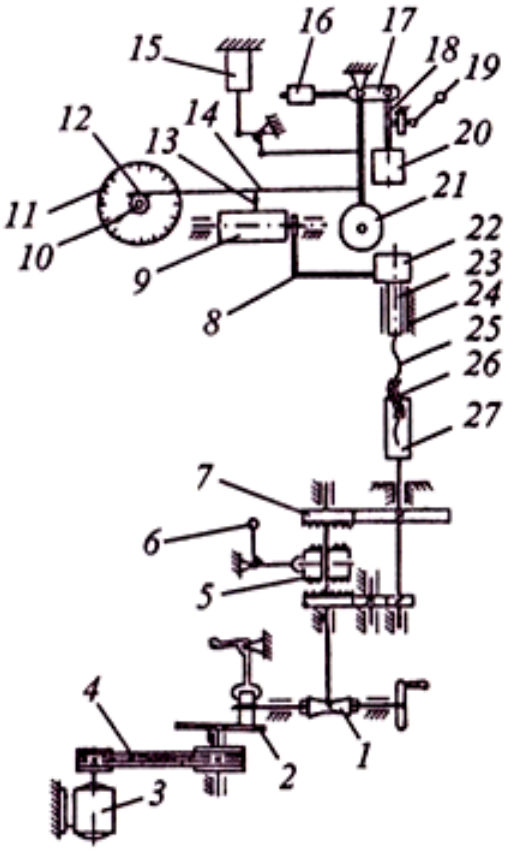

Рис 2. Схема будови машини FM–1000

5. Порядок виконання роботи

5.1. Приготувати машину до виконання роботи.

5.2. Приготувати зразок для досліду. Для цього із стебла рослини вирізають певну частину, виміряти діаметр. Зразок оглянути, ушкоджені зразки відкинути.

5.3. Установити зразок для проведення досліду.

5.4. записати діаграму в координатах “навантаження – укорочення”, яка відображає процес деформування зразка.

5.5. Визначити значення зусиль і укорочення характерних точок діаграми (точки межі пропорційності, руйнування).

5.6. Визначити відносне укорочення зразка стебла за формулою (1), напруження, які відповідають межі пропорційності за формулою (4) і межі міцності за формулою (2), модуль пропорційності за формулою (3)

5.7. Результати обчислень записати в таблицю 1.

Таблиця 1

Результати визначення характеристик міцності зразків стебел рослин у разі стискання

1. Сільськогосподарська культура						
2. Параметри зразка стебла	1	2	3	4	Середня величина	
діаметр, мм						
площа перерізу мм^2						
3. Відносне укорочення ε, %					ε_a	ε_p
4. Зусилля стискання P_i, Н						
5. Середня арифметична величина $\overline{P_i}$, Н						
6. Середнє квадратичне відхилення σ, Н						
7. Коефіцієнт варіації V, %						
8. Напруження σ_a, МПа						
9. Модуль пропорційності E_a, МПа						
10. Напруження σ_p, МПа						

5.8. Дослід повторити запропоноване викладачем число разів.

5.9. Оцінити результати досліду, визначити середню арифметичну величину $\overline{P_i}$, середнє квадратичне відхилення σ та коефіцієнт варіації *V*.

6. Звіт

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

7. Контрольні запитання

7.1. Розповісти про будову і роботу приладу для стискання зразків стебел рослин.

7.2. Як визначають абсолютне укорочення зразка стебла?

7.3. Як визначають відносне укорочення зразка стебла?

7.4. Як визначають напруження, відповідні межам пропорційності і міцності?

7.5. Як визначають модуль пропорційності?

Лабораторна робота №6

ВИЗНАЧЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРЕРІЗАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ

1. Мета роботи

Визначити максимальне і середнє зусилля пере різання, роботу і питому роботу різання стебла рослини.

2. Теоретична частина

На рис. 1 наведено приблизну діаграму, зняту під час перерізання стебла сільськогосподарської культури за допомогою динамографа. Відрізок O_1O є нульовою лінією, точка O відповідає моменту стискання робочого органа зі зразком; точка Y_1 - момент максимального опору зразка. Величина максимального зусилля

$$P_{\max} = mh, \tag{1}$$

де h – максимальна висота ординати, мм; m - масштаб пружини, Н/мм.

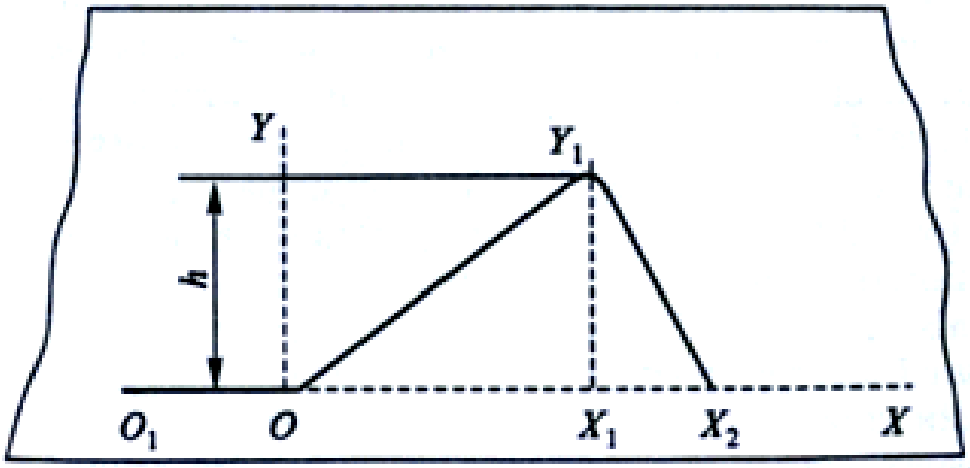

Рис. 1 Діаграма пере різання стебла рослини

Величина середнього зусилля

$$P_c = \frac{Sm}{l}, \qquad (2)$$

де S – площа діаграми, ммI; $l = OX_2$ - шлях робочого органа, мм.

Роботу різання (Дж) визначають за формулою:

$$A = 10^{-3} P_c l \qquad (3)$$

Питома робота різання (кДж/мI)

$$a = \frac{10^3 A}{F_{cm}}, \qquad (4)$$

де F_{cm} – площа перерізу стебла рослини, ммI.

3. Зміст роботи

Отримати діаграму пере різання стебла сільськогосподарської культури, визначити основні механічні характеристики пере різання стебла, виконати математичну обробку результатів досліду.

4. Обладнання, прилади, матеріали

Прилад для вимірювання опору стебла рослини перерізанню, штангенциркуль, стебла рослин.

Принцип роботи приладу полягає в тому, що сила опору зразка стебла перерізанню передається через жорсткий стержень на силову пружину і стискає її. Величина стискання пружини пропорційна силі опору зразка стебла і записується на паперовій стрічці. За відомого масштабу пружини за діаграмою можна визначити діючу силу. Паперова стрічка закріплена на барабані, який у момент записування діаграми обертається. Оскільки кут обертання барабана пропорційний поступальному переміщенню робочого органа, який жорстко сполучений зі стержнем, то графік на діаграмі – це крива, записана в координатах сила опору зразка стебла – шлях (поступальне

переміщення робочого органа). Знаючи масштаб кутового переміщення робочого органа, яка відповідає будь-якій точці діаграми.

Прилад (рис. 2) змонтований на підставці *9*, обладнаний різальним робочим органом *10* і протирізальним пристроєм *11*.

Обертанням рукоятки *1* через конічні шестерні *21* приводиться в рух ходовий гвинт *3*, сполучений із середнім кронштейном *2* як з гайкою. Середній кронштейн жорстко сполучений з рухомою рамою *4*, яка може переміщуватися вздовж нерухомої рами *6* по напрямним *7*. На рухомій рамі змонтовано увесь рухомий механізм, у тому числі шток *8*, який розміщений на двох роликових опорах, по яких він і переміщується вздовж власної осі.

Корпус першої опори *19* кріпиться до середнього (рухомого) кронштейна, корпус другої опори *12* – до переднього (нерухомого) кронштейна. Тиск середнього кронштейна подається на шток через силову пружину *5*, яка переднім кінцем упирається у втулку, нагвинчену на шток.

До кронштейна *2* шарнірно кріпиться тримач *18* з олівцем *17*, який записує діаграму на паперову стрічку, заправлену в барабан *16*. Під час переміщення штока до стискання робочого органа зі зразком стебла олівець записує нульову лінію, паралельну задньому обрізу паперової стрічки. Це відбувається внаслідок обертального руху барабана.

Пружинний заводний механізм намагається повернути барабан навколо осі (штока), утримує його від повороту гнучка нитка *13*, один кінець якої закріплений на передньому кронштейні, а другий намотаний на торцеву частину барабана, обладнану канавкою *15*. Для надання нитці потрібного напрямку служить ролик *14*. Отже, барабан одночасно бере участь у обертальному і поступальному рухах.

З моменту стискання робочого органа зі зразком останній чинить опір переміщенню штока. Сила опору через шток передається на силову пружину і спричиняє її стискання. Величина стискання пружини в масштабі 1:1 і переміщення робочого органа в тому самому масштабі записуються на діаграмі.

У разі подальшого обертання рукоятки пружина долає опір зразка і він перерізується. Після чого пружина миттєво розвантажується, вона розтискається і з великою швидкістю подає шток вперед. Для зм'якшення удару штока служить амортизатор *20*.

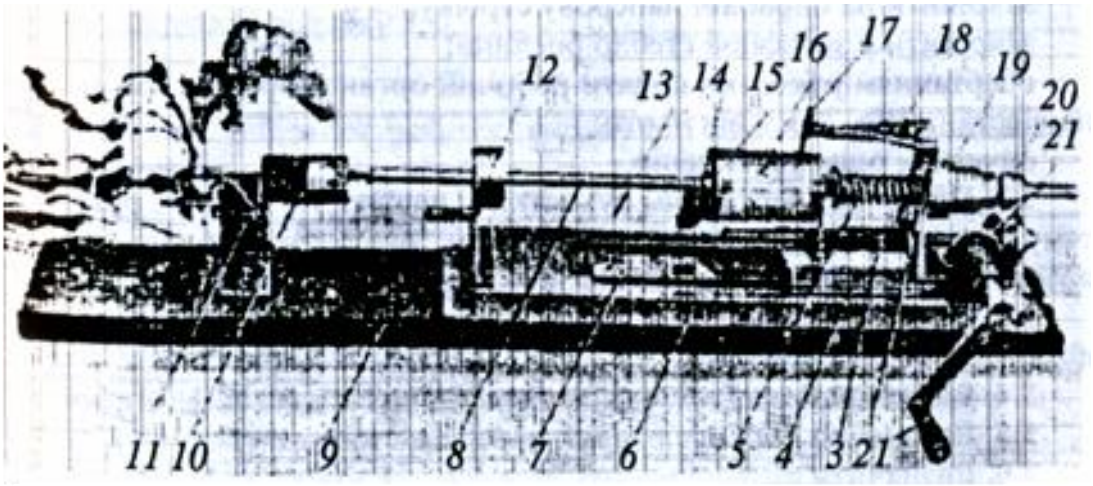

Рис. 2. Прилад для вимірювання опору стебла рослини перерізанню

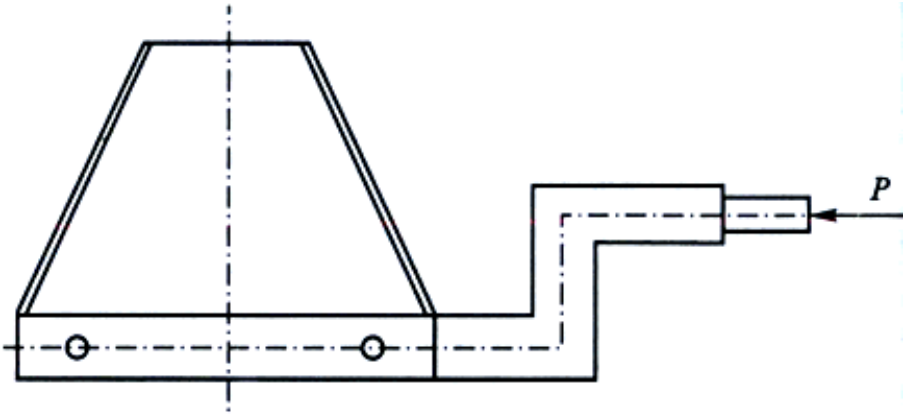

Рис. 3. Схема будови тримача ножа

Для здійснення процесу пере різання зразка до штока приладу прикріплюють тримач ножа (рис. 3), а горизонтальний пристрій монтують спереду його. Різальним елементом є стандартний сегмент, протирізальним – стандартний палець з протирізальною частиною.

Сегмент до тримача прикріплюють гвинтами через два стандартні отвори в ньому.

5. Порядок виконання роботи

5.1. Приготувати прилад до роботи. Для цього потрібно:

– закріпити на передньому кінці штока тримач ножа і попереду нього змонтувати протирізальний пристрій;

– закріпити на барабані паперову стрічку;

– закріпити у затискачі стебло рослини;

– обертанням рукоятки подати робочий орган вперед до зразка стебла на відстань 10-20 мм від нього;

– опустити олівець на папір.

5.2. Плавним обертанням рукоятки зі швидкістю 20 об/хв. Рухому систему подати вперед до стискання зі зразком. Внаслідок виконаних дій одержують діаграму перерізання зразка стебла.

5.3. Визначити максимальне зусилля пере різання зразка за формулою (1).

5.4. Визначити середнє зусилля пере різання зразка за формулою (2).

5.5. Визначити роботу пере різання зразка за формулою (3).

5.6. Визначити питому роботу пере різання зразка за формулою (4).

5.7. Результати обчислень записати в таблицю 1.

Таблиця 1

Визначення характеристик перерізання стебел рослини

1. Сільськогосподарська культура					
2. Параметри зразка стебла діаметр $d_{ст}$, мм площа перерізу $F_{ст}$, мм^2	1	2	3	4	Середня величина
3. Максимальна висота ординати h, мм					
4. Максимальне зусилля P_{max} , Н					
5. Шлях леза сегмента, мм					
6. Середнє значення l_c, мм					
7. Площа діаграми S, мм^2					
8. Середнє зусилля P_c , Н					
9. Середня арифметична величина P, Н					
10. Середнє квадратичне відхилення σ,					
11. Коефіцієнт варіації V, %					
12. Робота різання A, Дж					
13. Питома робота різання α, кДж/м^2					

5.8. Дослід повторити запропоноване викладачем число разів.

5.9. Оцінити результати досліду, визначити середню арифметичну величину $\overline{P_i}$, середнє квадратичне відхилення σ та коефіцієнт варіації *V*.

6. Звіт

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

7. Контрольні запитання

7.1. Розповісти про будову і роботу приладу для перерізання зразків стебел рослин.

7.2. Як визначають максимальне зусилля перерізання стебла?

7.3. Як визначають середнє зусилля перерізання стебла?

7.4. Як визначають роботу різання стебла рослини?

7.5. Як визначають питому роботу різання стебла рослини?

7.6. В яких одиницях вимірюють зусилля перерізання, роботу і питому роботу різання?

Лабораторна робота №7

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ОБМОЛОЧУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

1. Мета роботи

Навчитись 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 смоли крізь зазори між барабаном і декою, оскільки соломи переробляється 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 приблизно в 100 разів більше, ніж її потрібно для подолання зв’язку зерна за ідеального процесу.

Одним із приладів, який дає змогу 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 (вологості) та ін.), є класифікатор обмолочування.

У приладі за допомогою пружини колосу надають певної швидкості. 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 виділенням із колоса. Обчислену енергію приблизно приймають за роботу відділення зерна від колоса.

3. Зміст роботи

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

4. Обладнання, прилади, матеріали

Класифікатор обмолочування, зразки колосків сільськогосподарських культур, терези.

Схему приладу подано на рис. 22. Прилад складається з таких основних частин: корпуса 1, важеля 2, стакана 9, рукоятки 6, гребінки 3, лівого 12 і правого 11 обмежувачів, затискної цанги 4 з гайкою 5, пружини 10 та амортизатора 7.

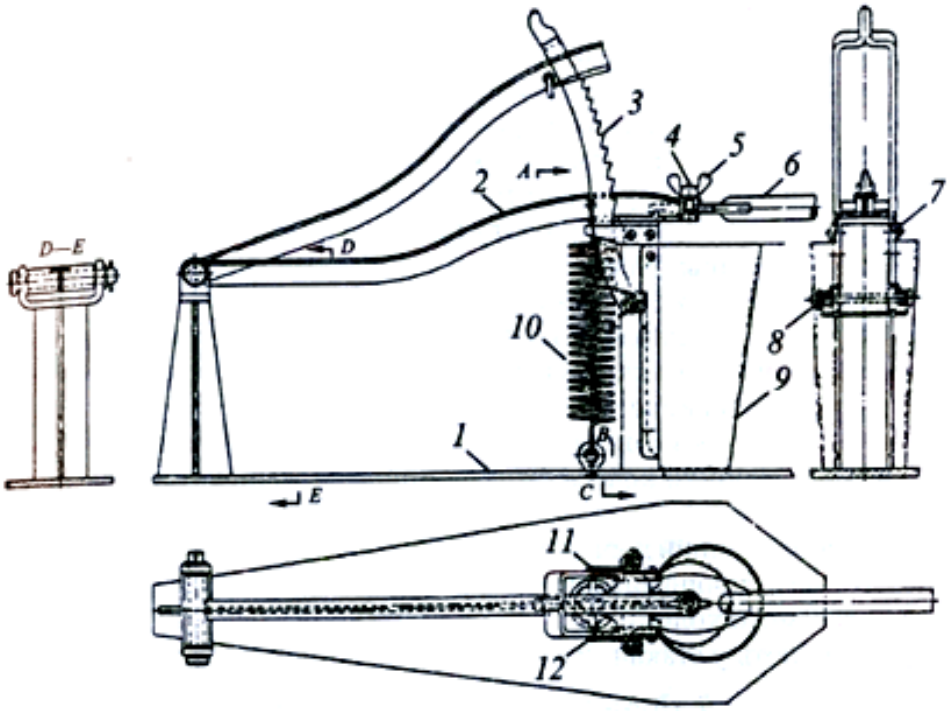

Рис. 1. Схема класифікатора обмолочування зернових культур

Корпус приладу складається з опорної плити, стояка та опорного бруса.

До верхнього кінця стояка шарнірно приєднаний важіль. Вільний кінець важеля спирається на амортизатор 7, закріплений на опорному брусі. У вільний кінець важеля установлено цангу 4, до якої прилаштовано гайку 5, призначену для затискання колоса.

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 3 зі штирем прикріплена до опорного бруса; на кінцях штиря встановлено пружину 8, кінці якої обхоплюють праву і ліву планки гребінки.

Пружина 8 забезпечує защіпання гребінки, а обмежувачі 11 і 12, установлені у верхній частині опорного бруса, обмежують її вхід у разі опускання важеля.

Стакан 9 знімний.

Важіль із нульового положення піднімають у робоче рукояткою 6, при цьому кінці пластинки важеля з обох боків кладуться відповідно на зубці опорної частини гребінки. Кожна планка гребінки має по 10 зубців, що відповідає 10 ступеням приладу. Піднімання важелю на наступну пару зубців відповідає певному розтягу пружини 10.

Легким поштовхом руки на верхню частину гребінки важіль вивільняють і, залежно від ступеня розтягу пружини і ступеня його підіймання він набуває певної швидкості.

У нижньому положенні важіль ударяється об гумовий амортизатор і миттєво зупиняється. Разом із важелем зупиняється і закріплений на його кінці колос, а запас кінетичної енергії кожної зернини витрачається на роботу відділення її від колоса.

Зерно виділяється від 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 залишилося 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 посліду записати в таблицю 1.

5.4. Оцінити результати досліду, визначити середню арифметичну величину (1), середнє квадратичне відхилення σ(2) та коефіцієнт варіації V(3).

5.5. Визначити відносні показник обмолочування для кожного ступеня 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 в відсотках.

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

Таблиця 1

Результати вимірювань і обчислень показників обмолочування колоса с. г. культури

Ступінь	Швидкість, м/с	Вимолочування зерна за число повторень досліду										Маса однієї зернини, г	Показник обмолочування	
		1		2		3		4		Всього на ступені			відносні, %	енерге-тичні, 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														

5.7. Оцінити якість обмолочування за такими елементами:

– ступінь, на якому починається вимолочування зерна сільськогосподарської культури (поріг обмолочування);

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

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

– наявність і розмір недомолоту.

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

$$A = \frac{m_З v_к^{\ 2}}{2}, \qquad (1)$$

де $m_з$ – маса однієї зернини, кг; $v_к$ – 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 розрахунки, результати вимірювань і обчислень відносних та енергетичних показників вимолочування зерна з колоса сільськогосподарської культури (табл. 1). 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 №8

ВИЗНАЧЕННЯ РОЗМІРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕРНА

1. Мета роботи

Навчитись розподіляти насіння сільськогосподарських культур на варіаційні ряди з використанням математичної обробки результатів досліду, 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 під час розробки технологічної схеми очищення і сортування зернових сумішей. Мінливість розмірів насіння (та інших властивостей) розділюваних 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 зазвичай 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 крайнім значенням 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

ознаки m_i (рис. 1). Частотою називають кількість насіння (за масою, числом або відсотком) у кожному класі. Варіаційні ряди і крива характеризуються середньою арифметичною величиною $\overline{X}$ (1), середнім квадратичним відхиленням σ (2) і коефіцієнтом варіації V (3).

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

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 розділити насіння за даною ознакою, вибирають іншу ознаку.

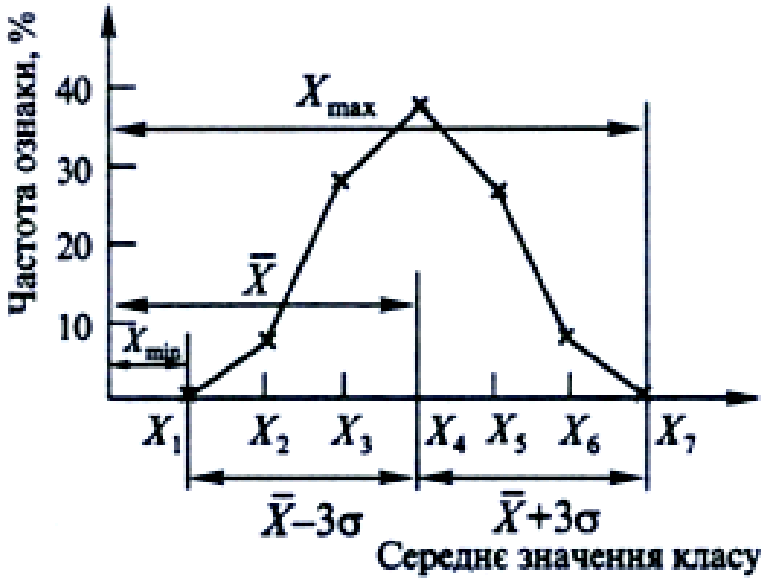

Рис.1. Варіаційна крива розподілу насіння сільськогосподарської культури за розміром

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.

4. Обладнання, прилади, матеріали

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

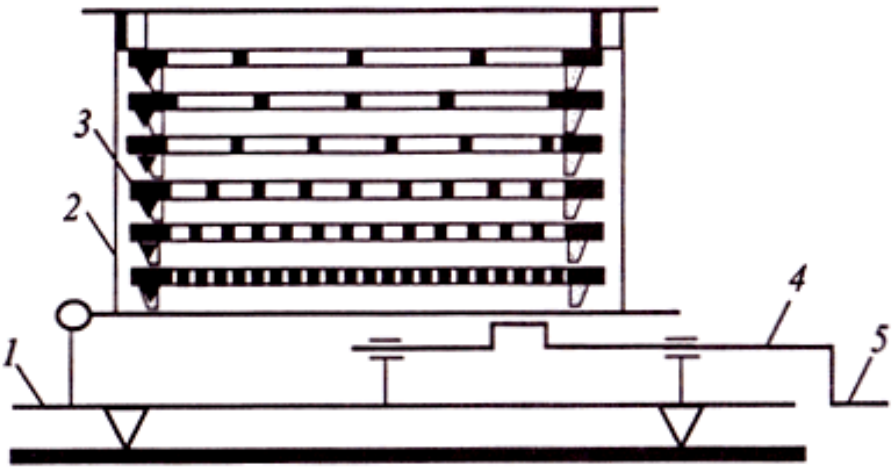

Рис. 2. Схема будови решітного класифікатора

5. Порядок виконання роботи

5.1. Виділити 500 шт. насіння заданої культури.

5.2. Це число насіння засипати на верхнє решето, попередньо перевіривши розміщення решіт у класифікаторі.

5.3. Ексцентриковий вал класифікатора обертати упродовж 30-60 с.

5.4. Полічити число насінин на кожному решеті. Результати досліду записати в таблицю 1.

5.5. Для характеристик варіаційного ряду визначити середню арифметичну величину $\bar{\varphi}$ (1), середнє квадратичне відхилення σ (2) і коефіцієнт варіації V (3).

5.6. Побудувати варіаційну криву товщини насіння заданої культури.

5.7. Повторити пп. 5.1-5.6 для насіння іншої сільськогосподарської культури.

Таблиця 1

Дані варіаційного ряду товщини насіння сільськогосподарської культури

Показник	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	2,95	3,4	3,8	4,25
Частота повторення товщини m_i, шт.	m_1	m_2	m_3	m_4	m_5	m_6	m_7
P_i, %	P_1	P_2	P_3	P_4	P_5	P_6	P_7
$X_i m_i$	X_1m_1	X_2m_2	X_3m_3	X_4m_4	X_5m_5	X_6m_6	X_7m_7
Середня товщина насіння $\overline{X}$, мм	$X = \frac{\sum_{i=1}^{n} X_i m_i}{N}$						
$a_i = X_i - \overline{X}$, 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
$a_i^2 m_i$	$a_1^2 m_1$	$a_2^2 m_2$	$a_3^2 m_3$	$a_4^2 m_4$	$a_5^2 m_5$	$a_6^2 m_6$	$a_7^2 m_7$
Середнє квадратичне відхилення α, мм	$\sigma = \sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{n} m_i a_i^2}$						
Коефіцієнт варіації V, %	$V = \frac{\sigma}{\overline{X}} \cdot 100$						

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.

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 $\overline{X} \pm 3\sigma$ у разі, коли за даною ознакою зерно підлягає закону нормального розподілу?

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

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

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Царенко О. М. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів : навч. посіб. / [Царенко О. М., Яцун С. С., Довжик М. Я., Олійник Г. М] ; за ред. С. С. Яцуна. - К.: Аграрна освіта, 2000. - 243 с.

2. Царенко О. М. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів : підруч. / Царенко О. М., Войтюк Д. Г., Швайко В. М. та ін. ; за ред. С. С. Яцуна. - К. : Мета, 2003. - 448 с.

3. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. Практикум: Навч.посібник / Д.Г.Войтюк, О.М.Царенко, С.С.Яцун та ін..; За ред..С.С.Яцуна: - К.: Аграрна освіта, 2000. – 93 с.: іл.