

**МІНІСТЕРСТВО АГРАРНОЇ ПОЛІТИКИ ТА ПРОДОВОЛЬСТВА  
УКРАЇНИ  
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**



**Інженерно-енергетичний факультет  
Кафедра загальнотехнічних дисциплін**

**К. М. Думенко  
І. С. Павлюченко**

***МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАТЕРІАЛІВ***

**Курс лекцій**

для студентів денної та заочної форм навчання напрямів підготовки:  
6.100102 «Процеси, машини та обладнання агропромислового  
виробництва»;  
6.010104 «Професійна освіта. Технологія виробництва і переробка  
продуктів сільського господарства».

**Миколаїв  
2014**

УДК  
ББК

Автори: К. М. Думенко, І. С. Павлюченко

Рекомендовано до друку рішенням науково-методичної комісії інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету від \_\_\_\_\_ р., протокол № \_\_\_\_\_.

### Рецензенти:

Д. В. Бабенко – канд техн. наук, професор Миколаївського національного аграрного університету  
Г. О. Іванов – канд. техн. наук, доцент Миколаївського національного аграрного університету

### Думенко К.М.

Д12 Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів : Курс лекцій. / К. М. Думекно, І. С. Павлюченко. – Миколаїв : МНАУ, 2014. – 39с.

Висвітлено основні питання механіко-технологічних властивостей сільськогосподарських матеріалів, що відбивають сучасний рівень у вивченні і розробці сільськогосподарських машин. Викладено фізико-механічні та технологічні властивості ґрунтів, рослинних матеріалів, добрив та отрутохімікатів.

УДК  
ББК

© Миколаївський національний аграрний університет, 2014

© Думенко К. М., Павлюченко І. С. , 2014

# Лекція № 1

## Вступ

### План

1. Мета дисципліни;
2. Поняття про сільськогосподарські матеріали;
3. Характеристика фізико-механічних і технологічних властивостей сільськогосподарських матеріалів;
4. Прилади та апаратура для визначення властивостей сільськогосподарських матеріалів.

### Мета дисципліни.

Мета вивчення дисципліни – отримання знань про властивості основних сільськогосподарських матеріалів, які використовуються в процесі вибору і обґрунтування параметрів та режимів роботи машин і знарядь.

Вивчення дисципліни базується на використанні знарядь із землеробства, рослинництва, математики, фізики, хімії, механіки матеріалів і конструкцій. Знання МТВМ потрібні для засвоєння таких дисциплін як „Сільськогосподарські машини”, „Машиновикористання в рослинництві”, „Машиновикористання в тваринництві”, Механізація переробки та зберігання сільськогосподарської продукції”.

### Студент повинен

**знати:** основні механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів, з якими взаємодіють робочі органи машин і методи їх визначення;

**вміти:** визначати основні механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів і застосовувати ці знання в процесі налагодження робочих органів машин.

### Поняття про сільськогосподарські матеріали.

Сільськогосподарськими називають матеріали, з якими взаємодіють робочі органи сільськогосподарських машин при виконанні технологічних процесів сільськогосподарського виробництва.

До таких матеріалів відносяться ґрунт, добрива, отрутохімікати і рослинні матеріали. Останні утворюються при обробі сільськогосподарських культур – це зерно, насіння, колоски, коріння стебла, бульби, плоди, ягоди, гілки, вівіски, полова, листочки, квітки і багато іншого.

Властивості та особливості усіх цих матеріалів повинні враховуватись при проектуванні і експлуатації сільськогосподарських машин. Тому вчені, конструктори і експлуатаційники сільськогосподарських машин повинні знати властивості і особливості матеріалів, що обробляються.

Механіко-технологічні властивості ґрунтів досліджувалися В.П. Горячкіним, В.А. Желіговським, М.Н. Летошньєвим, Н.А. Качинським, Гедройцем та іншими.

Властивості добрив досліджували М.Г. Догановський, Є.В. Козловський, М.Ф. Бурмістрова, Г.П. Варламова, С.М. Гімейн та інші.

Механіко-технологічні властивості отрутохімікатів досліджували: А.А. Кравцов, Н.М. Голишин, А.Г. Логунов, М.І. Лунєв, Л.І. Медвідь та інші.

Спочатку рослини вивчали як конструкції, без зв'язку з практичними завданнями конструювання сільськогосподарських машин сільськогосподарських машин (роботи Г. Спенсера, К. Кульмана, С. Швендера та інших, кінця ХІХ ст.) У 1912 році професор Краус дослідив стійкість стебел ячменю і умови його вилягання. Проводилися експерименти з досліджень механічних властивостей стебел.

1934 р. у Всесоюзному науково-дослідному інституті сільськогосподарського машинобудування (ВІСГОМ) досліди фізико-механічні властивостей льону, коноплі, зернових, картоплі, бавовнику та інших рослин. Наука була в стадії розвитку і становлення.

Ґрунт – це поверхневий родючий шар суші земної кори. Ґрунт не є однорідною масою, це трифазне середовище, що складається з твердих, рідких і газоподібних частинок, які перемішані між собою. В ґрунті містяться також рослинні рештки і живі організми рослинного і тваринного походження.

Добрива – бувають мінеральні і органічні, а також суміші мінеральних і органічних – органікомінеральні компости.

Мінеральні добрива бувають прямої дії (для безпосереднього живлення рослин) і містять один поживний елемент або суміш кількох простих добрив, а також побічної дії (для покращення фізико-механічного складу ґрунту). Промисловість випускає добрива у вигляді гранул, кристалів, порошоків і рідин.

Добрива прямої дії: фосфорні – суперфосфат; калійні добрива – хлористий калій і калійні солі; азотні добрива – аміачна селітра, карбамід, сульфат амонію, хлористий амоній;

Рідкі добрива – безводний зріджений аміак (аміачна вода), аміакати.

Складні і комплексні добрива, що випускає промисловість: нітрофоска, амофос, калійна селітра.

Мікродобрива, що містять: бор, мідь, цинк, кобальт і молібден у малих дозах.

Добрива побічної дії – це вапно і гіпс.

Органічні добрива – це гній, торф, гноївка, торфогноєві компости, фекалії, відходи рослинного і тваринного походження, попіл, а також бактеріальні добрива і сидерати (зелені добрива). Тільки органічні добрива можуть підвищувати вміст у ґрунті гумусу.

В сільському господарстві хімікати використовують для захисту рослин, а також інших цілей. Хімікати що використовують для захисту рослин, мають загальну назву пестициди – від лат. слова pestis – зараза, caedo – вбивати, що означає вбивати заразне.

При цьому хімікати, що призначені для боротьби з бур'янами, називаються гербіцидами (від лат. – herba – трава), для боротьби з бактеріальними захворюваннями – бактеріями, для боротьби з хворобами рослин, що викликані грибковими організмами – фунгіцидами і т.д.

Для знищення зарослів дерев і кущів використовують арбіциди, для прискорення старіння стебел і опадання листя – дефоліанти. Використовують також хімічні препарати для відлякування комах (їх називають репелентами) і заманювання комах (атрактанти).

Вказані хімічні препарати можуть бути у вигляді порошків, розчинів, емульсій, суспензій, аерозолів, парів, газів, отруйних приманок, гранул. Аерозолі (найбільш поширені при застосуванні у с/г) – дрібні частинки твердого (дим) або рідкого (туману) отрутохімікату, завислі в повітрі.

Рослинні матеріали є одним з видів біологічних матеріалів. Це гілки, стебла, коріння, листя, квіти, плоди, бульби, зерна, колоски, насіння, насінневі коробочки, збоїна і полова та інше.

Збоїна і полова – це дрібні частинки, які утворюються під час обмолоту рослин і деформації стебел, листочків, суцвіть, колосків, насінневих

коробочок; вони можуть містити також елементи квітів (пелюстки, чашолистки, стовбці, рильця, пилинки та інше) і дрібні елементи бур'янів.

Робочим органам сільськогосподарських машин доводиться взаємодіяти як з окремими рослинними матеріалами, так і з їх групами, причому останні можуть складатися з однорідних або неоднорідних стебел.

Рослинні матеріали – це певні конструкції, створені природою. Стебла і гілки мають трубчасту структуру, колоски мають пустоти.

### **Характеристика фізико-механічних і технологічних властивостей сільськогосподарських матеріалів.**

Фізико-механічні властивості – властивості, які характеризують стан і будову матеріалів, а технологічні властивості – це властивості, які проявляються при дії на матеріали під час процесу їх механічної обробки і впливають на протікання процесу.

Фізико-механічні властивості ґрунту – наступні: однорідність, механічних склад, вологість, шпаруватість, щільність.

Технологічними властивостями ґрунту є гігроскопічність, фрикційні властивості, опір різним видам деформацій, твердість, липкість, зв'язаність, пружність, пластичність, абразивні властивості та інші.

У добрив і хімікатів фізико-механічними властивостями є розмірні показники і однорідність, вологість, щільність, а технологічні властивості наступні: сипучість, в'язкість, розсіюваність, злежуваність, гігроскопічність, липкість, фрикційні властивості, опір різним видам деформацій.

Фізико-механічні властивості рослинних матеріалів наступні: розмірні показники, щільність, вологість, форма і кривизна, однорідність, ізотропність, розподіл за величиною.

Технологічними властивостями рослинних матеріалів є гігроскопічність, пластичність, фрикційні властивості, крихкість, здатність до стирання, зв'язаність, міцність, злежуваність, рухомість, кут природного відкосу, склепоутворення, опір різним видам деформацій, опір розділенню складових частин матеріалів, опір подрібненню, аеродинамічні властивості та інші.

## **Прилади та апаратура для властивостей сільськогосподарських матеріалів.**

Щільність твердого компоненту ґрунту визначають за допомогою пікнометра. Для визначення щільності скелета ґрунту використовують буровий, фіксажний, рідинний або інші способи.

Буровий спосіб – без пошкодження структури. При визначенні капілярності ґрунту необхідно знати об'єм ґрунтової вологи і об'єм твердого компоненту. Об'єм ґрунтової вологи знаходять висушуванням зразка ґрунту, а об'єм твердого компоненту – подрібненням і стиском висушених ґрунтових частинок.

Вологість ґрунту знаходять, використовуючи метод висушування або один з наступних способів: пікнометричний, хімічний, електричний.

Сушильні шафи СЕШ - 3М, ШС - 150, ІЛ - 3М.

Твердість ґрунту визначають за допомогою твердомірів.

Межу текучості ґрунту визначають за допомогою балансуєчого конуса (А.М. Васильєва).

Коефіцієнти зовнішнього тертя для ґрунту – прилад тертя склад. Желіговського.

Деформаційні властивості рослин досліджують за допомогою екс тензометра.

Для стискання груп рослин у просторі – камери з поршнями для дослідження процесу стискання.

## **Лекція № 2**

### **Типи ґрунтів і їх фізико-механічні та технологічні властивості**

#### **План**

1. Основні типи ґрунтів;
2. Фізико-механічні властивості:
  - а) Однорідність ґрунту;
  - б) Механічний склад ґрунту;
  - в) Вологість ґрунту;
  - г) Щільність ґрунту;
  - д) Шпаруватість ґрунту;
3. Технологічні властивості ґрунту:

- а) Гігроскопічність ґрунту;
- б) Фрикційні властивості ґрунту;
- в) Опір ґрунту різного виду деформацій.

**Основні типи ґрунтів** по Н.А. Качинському „під ґрунтом розуміють усі поверхневі пласти гірських порід, подрібнені і змінені спільним впливом організмів, а на окультурених територіях – і діяльністю людини, здатні давати врожай рослин”. Таким чином, ґрунт – це верхня родюча частина суші земної кори.

Ґрунти розташовані смугами в місцевостях з подібними кліматичними умовами, кількістю опадів, тривалістю зими і літа, а також однаковою рослинністю. Такі смуги носять назву – ґрунтових зон.

Дерново-підзолисті ґрунти займають значну частину території України: сюди входять Волинська, Рівненська та інші. (Зону підзолистих ґрунтів називають ще „нечорноземною смугою”. Клімат тут помірний і досить вологий).

Наявність лісів викликає розвиток підзолеутворювального процесу у ґрунті. Наявність дерев затримує випаровування води, під час цього створюються умови для сповільненого розкладання решток у ґрунті. Лісова підстилка (листя, хвоя) є головним джерелом перегнійних речовин кислотного характеру, які сприяють вимиванню мінеральних сполук і самі легко піддаються цьому вимиванню. Сильно вимивається шар ґрунту на глибині 10-20 см.

Слабо піддається розмиванню пісок, він надає ґрунту білуватий, подібно до попелу колір. Його називають – підзолистим шаром, а ґрунти, що мають такий шар – підзолистими.

Вони збіднені на гумус і легкорозчинні мінеральні з’єднання, мають кислі властивості, невеликий вміст поживних речовин для рослин, мають слабку структуру і можуть розпливатися і розпилятися. Для покращення підзолистих ґрунтів у ґрунт вносять гній і мінеральні добрива, вапно, проводять меліоративні заходи з покращення родючості та інше.

Зона потужних чорноземів поширена у центральних і південних областях України.



Тут клімат сприяє перетворенню рослинних решток у перегній (гумус). Завдяки великій кількості перегною (до 1 м і більше) ґрунт набуває чорного кольору (з різними відтінками), тому його називають чорнозем. Вони дуже родючі і можуть бути суглинисті, супіщані та ін.

Каштанові ґрунти лежать на південь від чорноземної зони: їх колір нагадує колір спілих каштанів.

Зона каштанових ґрунтів характеризується обмеженою кількістю опадів (200-300 мм), жарким літом і сухим повітрям.

Розрізняють темно-каштанові ґрунти (містять 4-5 % перегною) і світло-каштанові (містять 3 % перегною). Вони багаті на поживні речовини, але через малу кількість опадів тут часто бувають посухи.

Бурі ґрунти мають бурий колір, прилягають вони до каштанових ґрунтів, але через посушливий клімат малородючі, вміст перегною не перевищує 2,0-2,5 % вміст солей.

Ґрунти солонцевого типу – солончаки і солонці. Вони містять легкорозчинні солі (перетворена та ін.). Для покращення проводять зрошення, дренаж і промивку.

### **Фізико-механічні властивості. Однорідність ґрунту.**

Ґрунт – це неоднорідне, трьохфазне дисперсне середовище (яке складається з твердих, рідких і газоподібних частинок, перемішаних між собою).

Тверда фаза у ґрунті – це „скелет”, що містить кам'яністі включення (частинки більш 1 мм) і дрібнозем (частинки до 1 мм).

Кам'яністіть – це відношення маси „скелету” до маси дрібнозему у відсотках.

Ґрунти бувають некам'яністі (менше 0,5 % каміння), слабакам'яністі (0,5-5%), середньокам'яністі (5-10%), силь нокам'яністі (>10 %).

Рідка фаза – це вода або розчини різних речовин у ній.

Газоподібна фаза – це повітря або гази (аміак, метан та інші).

### **Механічний склад ґрунту.**

Механічний склад ґрунту визначають за результатами аналізу дрібнозему. За таким аналізом ґрунтові частинки умовно ділять на:

- „фізичний пісок” – частинки розміром більше 0,01 мм;
- „фізичну глину” – 0,01 мм ÷ 0,0001 мм

- колоїдні частинки -  $< 0,0001$  мм

В залежності від вмісту „фізичної глини” ґрунти діляться на:

- 1) глину або глинисті ( $>50$  % - „фізичної глини”)
- 2) суглинок або суглинки ( $50$  % -  $20$  % „фізичної глини”)
- 3) супісь або супіщані (від  $20$  до  $10$  % глини)
- 4) пісок або піщані ( $< 10$  % глини)

Механічні елементи ґрунту – це окремі шматочки (осколки) породи, мінералів і аморфних сполук; останні є хімічними сполуками різних елементів. Механічні елементи можуть бути органічними, мінеральними і органіко-мінеральними.

Органічна частина складу ґрунту – це гумус, що є продуктом розкладу органічних речовин.

Ґрунти, що містять багато глинистих частинок, відносяться до важких.

У вологому стані налипають на робочі органи і органи машин у сухому стані утворюють при роботі брили.

Ґрунти, що містять багато піщаних частинок, відносяться до легких, вони є дуже крихкими.

Супіщані і суглинисті ґрунти за своїми властивостями займають проміжне положення. У них високий рівень родючості.

Здатність ґрунтів утворювати з механічних елементів агрегати називають структуроутворюючою здатністю. (Структуру ґрунту становить сукупність таких агрегатів різної величини, форми, щільності, міцності, водоміцності і пористості.)

Агрегати за розмірами ділять на:

- $10$  мм – брили;
- $10$  мм  $\div$   $3$  мм грудкова структура;
- $3$  мм  $\div$   $0,25$  мм – зерниста структура.

З агрономічної точки зору цінними вважають агрегати розміром  $0,25 \div 10$  мм;  $< 0,25$  мм – пилоподібними агрегатами.

Вологість ґрунту визначають кількістю води, що міститься у ньому. У ґрунті розрізняють хімічно зв’язану, кристалізовану, міцно зв’язану, пароподібну і вільну воду.

Вологість у відсотках:

Абсолютна: 
$$W_o = \frac{m_b - m_c}{m_c} \cdot 100\% ;$$

Відносна: 
$$W_b = \frac{W_a}{W_{II}} .$$

де  $m_b, m_c$  - маса відповідно вологої і висушеної проби ґрунту;  
 $W_{II}$  - польова вологоємність ґрунту, %.

Польова вологоємність ґрунту – це кількість води в процентах, що насичує ґрунт до його повного насичення.

Абсолютно сухий ґрунт, який висушений при температурі 105 °С до постійної маси.

Ґрунт необхідно обробляти в стані, який називають „стиглістю”. Такі ґрунти легко і добре кришаться. Такий стан спостерігається у підзолистих ґрунтів при абсолютній вологості 12 – 15 %, у дерново-підзолистих суглинистих ґрунтах – 12-22 %, у чорноземів – 17-30 %.

**Щільність ґрунту**  $\rho_{Г}$  - це відношення маси  $m_c$  проби абсолютно сухого ґрунту до його об'єму  $V$  у природному стані.

$$\rho_{Г} = \frac{m_c}{V} , \text{ [г/см}^3\text{]}.$$

Щільність ґрунту залежить від його механічного складу, наявності у ньому гумусу. Для орного шару щільність становить 0,9 ÷ 1,6 г/см<sup>3</sup>; а для підорного горизонту – 1,6 ÷ 1,8. Щільність впливає на розвиток коріння рослин, водний, повітряний і харчовий режим ґрунту. Коли ущільнення ґрунту вище оптимальної величини, зменшується врожайність, якщо ж ґрунт ущільнити дуже сильно, тоді врожаю взагалі не буде. Під час механічного обробітку ґрунту його щільність можна регулювати.

### **Шпаруватість ґрунту.**

Усі типи ґрунтів пронизані порами, заповненими повітрям, вологою або органічними включеннями. Шпаруватість (пористість) називають відношення об'єму пустот у ґрунті до загального її об'єму, яке виражене у відсотках:

$$\rho = \frac{V_{II}}{V} \cdot 100\% .$$

де  $\rho$  - загальна капілярність ґрунту, см<sup>3</sup>;

$V_{II}$  - сумарний об'єм пор, см<sup>3</sup>;

$V$  - об'єм ґрунту, см<sup>3</sup>.

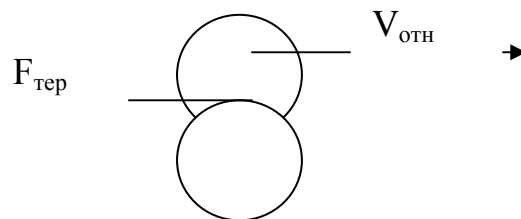
Шпаруватість залежить від структури ґрунту і приймає наступні значення: для піщаних ґрунтів 40 – 50 % для торф'яних ґрунтів 80 - 90 %, для суглинистих і глинистих ґрунтів 50 – 60 %.

Впливають на шпаруватість розміри твердих частинок, щільність їх складання, наявність органічних включень, вміст води. По мірі підсихання торф'яні і глинисті ґрунти зменшуються в об'ємі на 20 – 30 % за рахунок зближення їхніх твердих частинок.

### **Технологічні властивості ґрунту. Гігроскопічність ґрунту.**

Гігроскопічність – це здатність ґрунту поглинати вологу з повітря. Ця здатність підвищує вологість ґрунту. Ґрунт є матеріалом, у якого властивості гігроскопічності проявляються в незначній мірі. Поверхневий шар ґрунту суттєво змінює свої властивості із зміною вологості повітря, у той же час, чим далі відстані ґрунтові частинки від поверхні, тим менше змінюють вони властивості із зміною вологості повітря.

**Фрикційні властивості ґрунту** (тертя) виникають внаслідок ковзання ґрунту відносно якого-небудь тіла, що з ним контактує (зовнішнє тертя), або внаслідок ковзання одних частинок одного і того ж ґрунту відносно інших (внутрішнє тертя). Сила тертя, що виникає внаслідок ковзання, представляє собою силу опору переміщенню:



Сила тертя направлена проти швидкості відносного руху і рівна тій силі, яка її збуджує, але має граничне (максимальне) значення, вище якого не буває.

$$0 \leq F_{\text{тер}} \leq F_{\text{max}}$$

Для інженерних розрахунків максимальну силу тертя визначають за формулою Амонтона (1699р.)

$$F_{\text{max}} = f \cdot N = N \cdot \text{tg} \varphi$$

$\varphi$  - кут тертя;  $f$  - коефіцієнт тертя.

На  $\varphi$  та  $f$  впливають механічний склад і вологість ґрунту, швидкість відносного руху, розміри поверхні, її стан і деякі інші фактори.

### **Опір ґрунту різного виду деформацій.**

Ґрунт під дією на нього робочих органів с/г машин піддається деформації зсуву, стиску, розтягу, різання, кручення і згину.

Для суглинистих ґрунтів при дослідженні характеристик міцності встановлені наступні значення межі міцності: при розтягу 5-6 кПа, при стиску 65-108 кПа, при зсуві 10-12 кПа. Найменша межа міцності має місце при розтягу ґрунту. Найбільший опір має місце при стисканні.

Стискання може бути компресійним і некомпресійним (змінання). Більшість робочих органів машин і їх опорні поверхні при взаємодії з ґрунтом зминають його (вминаються в нього).

## **Лекція № 3**

### **Типи ґрунтів і їх фізико-механічні та технологічні властивості**

#### **План**

1. Твердість ґрунту;
2. Липкість ґрунту;
3. Зв'язність (зчепність) ґрунту;
4. Задернілість ґрунту;
5. Склепоутворення ґрунту;
6. Пластичність, пружність, в'язкість і крихкість ґрунту;
7. Абразивні властивості ґрунту;

**Твердість**, характеризує опір ґрунту змінанню, тобто опір, який чинить ґрунт проникненню в нього деформатора, виконаного у формі кулі, циліндра, конуса, або тіла іншої форми. Проникнення деформатора має місце в напрямі дії сили тяжіння.

При заглибленні деформатора спочатку відбувається пружно, а потім пластична деформація шарів ґрунту, що знаходяться перед деформатором, стиск цих шарів і їх вминання в ґрунт, що охоплює деформатор.

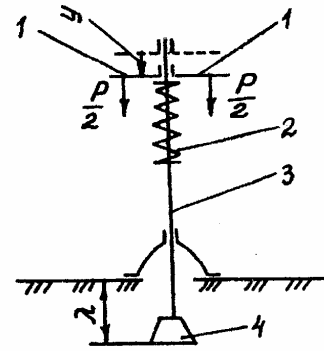
Для визначення опору ґрунту змінанню використовують різні твердоміри

1 – ручка; 2 – пружина; 3 – штанга;

4 – наконечник.

к – жорсткість пружини (Н/см).

$$P = k \cdot y \quad [\text{Па}; \text{Н/см}^2]$$



**Липкість ґрунту** – це здатність його частинок прилипати до різних поверхонь тіл і склеюватись. Липкість виникає і при ковзанні ґрунтових частинок по поверхнях робочих органів машин, і при відриві контактуючих з ґрунтом тіл.

Липкість ґрунту залежить від механічного складу (дисперсності) структури, щільності, вологості ґрунту, матеріалу поверхні і тиску, що створюється на контактуючих поверхнях.

Важкі ґрунти з великим вмістом “фізичної глини” більш схильні до прилипання ніж легкі, піщані і супіщані.

Залипання має місце не тільки на перезволожених ґрунтах, але і на сухих дрібнодисперсних.

Розрізняють 2 види залипання – вологий і сухий.

Вологий вид залипання виникає на перезволожених зв’язаних ґрунтах з дрібнодисперсною структурою твердого компонента. Цей вид залипання має місце під дією сил тиску, в результаті чого на поверхнях контакту робочих органів з ґрунтом утворюються більш міцні внутрішні зв’язки.

Липкість ґрунту при вологому способі залипання характер. необхідним для відриву від ґрунту диска (пластини) зусиллям, що відноситься до одиниці площі контакту

$$\sigma_d = Q / S_d - \text{показник липкості, [Па],}$$

Q – сила необхідна для відриву диска від ґрунту, [Н];

$S_d$  – площа диску, [м<sup>2</sup>].

Сухий вид залипання проявляється на сухих зв’язаних або розпушених безструктурних ґрунтах з дрібнодисперсною структурою твердого

компоненту. У цьому випадку є міцний зв'язок найдрібніших твердих частинок між собою і поверхнею робочого органу. Утворені зв'язки настільки міцні, що для очищення поверхонь необхідні інструменти типу долота; але вони утрачають свою міцність при зволоженні.

**Зв'язність (зчепність)** – це властивість ґрунтових частинок чинити опір переміщенню одна відносно іншої і стримуватись одна біля другої завдяки дії сил молекулярного притягання (склеювання), сил електричного походження, сил тертя та ін.

Зв'язність є важливою технологічною ознакою міцності ґрунту, її ще називають когезією.

Ступінь зчеплення ґрунту оцінюється напруженням, що виникає в площині відносного переміщення ґрунтових шарів у момент руйнування навантаженого об'єму ґрунту.

Міцність проти ґрунтових частинок – це властивість зберігати свою форму при дії на неї сил і зміні положення в просторі.

Міцність ґрунту в одних випадках (сухі піщані ґрунти) дуже мали, в інших випадках вона значна. Це особливо відноситься до сухих ґрунтових брил із глини і суглинку.

Рухливість – це властивість ґрунтових частинок розсуватись з одночасним зменшенням висоти шару. Рухливість залежить від наявності сил зчеплення між частинками і сил тертя, що виникають при переміщенні частинок однієї відносно іншої.

### **Задернілість ґрунту.**

Властивість задернілості є близька за природою до зв'язності ґрунту.

Задернілість ґрунту – це такий його стан, коли він пронизаний кореневою системою рослин. Такими є ґрунти цілинних умов, пасовищ, торф'яників, полів, засіяних багаторічними травами.

Ґрунтовий пласт можна розглядати, як такий, що складається з двох шарів, які відрізняються між собою технологічними властивостями. Верхній задернілий шар володіє пружністю, а нижній пластичністю, а інколи веде себе як сипучий матеріал.

Границя міцності на зсув задернілого ґрунту, який є багаторічними заляганнями, більше ніж у три рази перевищує границю міцності староорного

грунту (стерня озимої пшениці) при одній і тій самій вологості і тому ж механічному складі.

Характеристики міцності задернілого ґрунту змінюються від його глибини.

Характеристикою задернілості ґрунту служать товщина шару дернини, зв'язність дернини і ступінь задернілості орного шару. Товщина шару дернини залежить від видового складу рослин і тривалості їх росту і коливається ця товщина від 6 до 18 см.

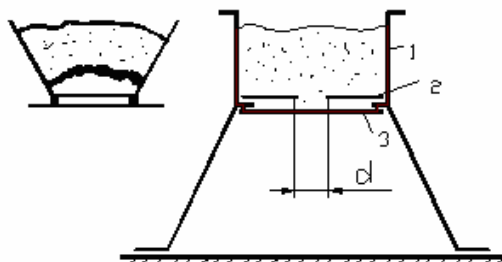
Характеризується зв'язність напруженням при якому має місце розрив пласта (границя міцності на розтяг).

Для визначення ступеня задерніння шару беруть пробу ґрунту на глибині одного шару і виділяють з нього підземні частини рослин (коріння). Це коріння висушують до повітряно-сухого стану і зважують. Ступінь задерніння пласта в  $\text{г/дм}^3$  знаходиться, як маса підземної частини рослин, віднесена до об'єму взятої проби. Ступінь задерніння пласта залежить від видового складу рослин і тривалості їх росту. На ціліні ця ступінь становить  $18-39 \text{ г/дм}^3$ , на пасовищі – до  $24 \text{ г/дм}^3$ , на конюшині дворічного використання  $4,5-8,0 \text{ г/дм}^3$ .

### Склепоутворення ґрунту.

Склепоутворення – це явище самовільного утворення склепін з ґрунтових частинок над випускним каналом пристрою,

- 1 – ємкість
- 2 – діаграма
- 3 – заслінка



з якого частини виходять. На утворення склепін впливають наступні властивості ґрунту; вологість, липкість, злежуваність, зв'язність і розміри частинок; чим сильніше виражені ці властивості, тим більша здатність до склепоутворення.

Найбільший отвір, при якому спостерігається склепоутворення, називають отвором склепоутворення.

Чим більший діаметр цього отвору, тим зв'язаніший ґрунт.



### **Пластичність, пружність, в'язкість і крихкість ґрунту.**

Пластичність – це властивість ґрунту деформуватись під дією зовнішніх сил, змінювати свою форму без розпаду на частини і зберегти цю деформацію після припинення дії ґрунту, його вологості і інших факторів. Характеризується числом пластичності

$$\omega_{\text{п}} = \omega_{\text{м}} - \omega_{\text{р}} ,$$

де  $\omega_{\text{м}}$  - верхня межа пластичності – це вологість ґрунту, при якій він розпливається від найменшого стресу;

$\omega_{\text{р}}$  – нижня межа пластичності – це вологість ґрунту, при якій він, будучи розкраний у стержень з діаметром 8 мм, починає кришитись.

Для піску  $\omega_{\text{п}} \rightarrow 0$ , для супіску  $\omega_{\text{п}} = 1-7$ , для суглинку  $\omega_{\text{п}} = 7-17$ , для глини  $\omega_{\text{п}} > 17$ .

Пружність ґрунту – це його властивість відновлювати свою форму після припинення дії зовнішніх сил. Пружність ґрунту залежить від його механічного складу, вологості та задернілості. Деформація ґрунту після припинення дії зовнішніх сил може відновитись на 30-80%.

В'язкість – це властивість ґрунту повільно деформуватись не тільки в залежності від прикладеного навантаження, але і від часу його дії, причому із збільшенням часу деформація зростає. Властивість в'язкості ґрунту пов'язана з взаємним переміщенням його фаз (тверді частинки, вода і повітря) в зоні прикладання навантаження.

Приклад: переміщення на болотистому ґрунті.

Крихкість – це властивість, при якій деформація ґрунту не залежить від часу дії навантаження. У крихкому тілі пластична деформація відсутня.

Межа міцності крихких тіл не перевищує межі пружності і може з нею співпасти.

У загальному випадку ґрунт є пружно-пластичним тілом.

### **Абразивні властивості ґрунту.**

Абразивність (зношуюча або стираюча здатність) виникає під дією ґрунту на поверхню робочих органів, з якими він взаємодіє під час обробітку ґрунту, в результаті чого ці органи зношуються.

Ступінь абразивності залежить головним чином від механічного складу ґрунту, він більший у піщаних і менший у глинистих ґрунтів.

Приклад. Зношення лемеша плуга при оранці одного гектара становить: на глинистих і суглинистих ґрунтах 2-30 г, на супіщаних і піщаних з невеликою кількістю каміння 30-100 г; на піщаних з великою кількістю каміння 100 - 450 г.

У піщаних ґрунтів абразивність висока через перевагу в їх складі кварцу – найтвердішого з мінералів, з якого утворений ґрунт.

## **Лекція №4**

### **Механіко-технологічні властивості рослинних матеріалів.**

#### **Фізико-механічні властивості рослинних матеріалів**

##### План

1. Розмірні показники;
2. Розмірні і врожайні дані по культурах;
3. Форма і кривизна;
4. Щільність;
5. Вологість;
6. Однорідність;
7. Ізотропність;
8. Розподіл за величиною.

#### **Розмірні показники.**

Види рослинних матеріалів	Розміри, мм		
	довжина	ширина	товщина
Корінь	2-5000	1-1000	1-1000
Стебла	10-3000	1-20	1-20
Гілка, квітконос, пагін	10-5000	1-20	1-20
Листя	1-500	1-100	0,1-1,0
Квітка, брунька	1-200	1-200	0,1-2,0
Плід, бульба, качан	5-500	5-500	5-500
Колос	30-250	5-20	5-20
Насіннева коробочка	4-10	4-10	4-10
Зерно	2-10	1-5	1-5
Насіння	0,5-5,0	0,5-4,0	0,2-2,0
Елемент квітки (пелюстка, чашолисток,	2-20	1-10	0,1-2,0

стовпчик, приймочка, пиляк, та ін.)			
Бур`яни	2-5000	1-1000	1-1000

Розміри різних видів рослинних матеріалів можуть бути самі різноманітні і точно так само і їх кривизна, цільність, товщина можуть бути різними. З ними взаємодіють робочі органи с/г машин.

Розміри суттєво залежать від вологості. Зі зменшенням вологості ці розміри зменшуються, причому в ряді матеріалів (бур`яни, листя) розміри значно скорочуються.

За характером розміщення товарної частини врожаю рослини ділять на категорії: надземні, наземні в підземні.

Рослини можуть бути грубостеблові, середньо стеблові, тонкостеблові, еластичностеблові і безстеблові.

Гр. стб, сердн. стб, тонк. стб – легко несуть власну вагу і не вилягають.

Ел. стбл – вилягають (віка, горох), або чіпляються вусиками за опори.

Без. стбл – в рік посіву не дають нормального стебла (капуста, салат, цибуля на перо).

### **Розмірні і врожайні дані по культурах.**

Повна довжина стебел пшениці 45-130 см, жита 55-215 см, ячменю 35-105 см; льону-довгунця 40-140 см.

Середня маса 1000 рослин у період збирання у пшениці 1,65-2,51 кг, жита 2,16 кг, у кукурудзи 0,35-0,55 кг, у соняшника 0,40-0,45 кг, у льону-довгунця 0,005-0,0025 кг.

Кількість зерен у колосі в пшениці 18-30, жито 23-38.

Маса однієї зернини пшениці )0,025-0,046 г, жита 0,013-0,034 г, ячменю 0,036-0,046 г; вівса 0,026-0,034 г, кукурудзи 0,25-0,30 г, соняшника 0,070-0,095 г.

Врожай насіння озимої пшениці 12-70 ц/га, жита 11-85 ц/га; ячменю 11-75 ц/га; вівса 10-50 ц/га, кукурудзи 80-200 ц/га; соняшника 25-100 ц/га; льону-довгунця 4-8 ц/га; врожай льоносоломки 16-35 ц/га; льоноволокна 8-20 ц/га.

Для картоплі врожай бульб становить 50-500 ц/га, глибина залягання бульб у ґрунті становить 10-25 см, маса бульб одного куща становить 0,05-2,15 кг.

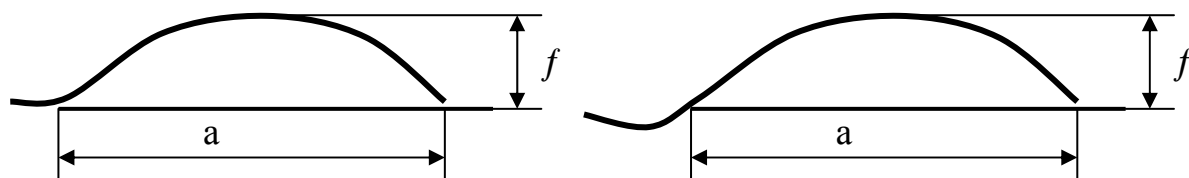
Для цукрових буряків врожай корнів становить 200-700 ц/га, довжина кореня знаходиться в межах 7-35 см, діаметр кореня становить 3-17 см, маса

кореня дорівнює 0,2-1,8 кг. Висота надземної частини рослин для буряків 10-40 см, для моркви 10-45 см; для помідорів 20-85 см; огірків 10-25 см.

### **Форма і кривизна.**

Форма окремих матеріалів може бути найрізноманітніша. У коренів і гілок будова розлога, центрального стовбура і пагонів трубчата, стебла і квітконоси мають циліндричну (конусну форму) і пустоти всередині і листя, квіти, елементи квітів (крім пильників) – майже плоску форму різної конфігурації, у плодів форма кулеподібна, еліпсоподібна або близька до них, у насінневих коробочок форма кулеподібна, колоски мають конічну форму з розлогою будовою, зерно і насіння – форму кулі, еліпсоїда або близьку до них.

Рослини можуть мати деяку кривизну. Це відноситься до стебел, гілок, пагонів і квітконосів.



### **Щільність.**

Щільність  $\rho$  матеріалу – це відношення маси абсолютно сухої проби матеріалу до зайнятого об'єму. Рослинні матеріали через свою конструкцію не є однорідними.

Корені, стебла, гілки і пагони - це трубчаті конструкції пустотілі всередині. При визначенні щільності матеріалу враховується зайнятий у цілому, об'єм, враховуючи і пустотілу частину.

Щільність  $\rho$ , групи матеріалів – це відношення маси абсолютно сухої проби матеріалу до зайнятого ним об'єму. Щільність у різних місцях групи матеріалів однакова у однорідних матеріалів і неоднакова у неоднорідних.

$\rho$  [кг/м<sup>3</sup>]

стебла 60 ÷ 120, корінь 500 ÷ 800

соняшник 400 ÷ 420

насіння льону, конопля 800 ÷ 1150

сіно і солома пресовані 120 ÷ 500

### **Вологість.**

Волога, що знаходиться в рослинному матеріалі, може міститись у вигляді конституційної вологи, хімічно зв'язаної з його речовиною, гігроскопічної вологи, яка вбирається з оточуючого повітря, і зовнішньої вологи, яка утворює водяну плівку на поверхні матеріалу (молекулярна волога) або заповнює вільний простір між частинками (гравітаційна вода).

Матеріали, що містять зовнішню вологу, називають вологими. Якщо в них міститься тільки конструкційна і гігроскопічна волога, то вони називаються повітряно-сухими.

$$\text{Абсолютна волога} \quad W_a = \frac{m_s - m_c}{m_c} \cdot 100\%$$

$m_s$  – маса вологої наважки матеріалу;

$m_c$  – маса тієї ж наважки після висушування.

$$\text{Відносна волога} \quad W_v = \frac{m_s - m_c}{m_s} \cdot 100\%$$

Вологість рослин на корені досить значна і може приймати значення від 80% до 90%., до моменту збирання вона може зменшуватись до 14% – 15%.

У матеріалів, що злежались, вологість у верхніх шарах менша, ніж у нижніх.

### **Однорідність.**

Ґрунти рослинних матеріалів характеризуються певною неоднорідністю. Лише окремі групи в певній мірі можна вважати однорідними. Порівняно однорідним матеріалом можна вважати групи насіння зерна, насинених коробочок, плодів, а також паралельно вкладені стебла однакового діаметру, групи решти рослинних матеріалів не є однорідними.

### **Ізотропність.**

Однорідність рослинних матеріалів пов'язана з їхньою ізотропністю.

Ізотропним, тобто з однаковими властивостями у всіх напрямках, можна вважати групи зерен, насінневих коробочок і плодів, а також групи паралельно вкладених стебел (площина перпендикулярна до стебел). У всіх інших випадках групи матеріалів є анізотропними.

### **Розподіл за величиною.**

Лінійні розміри – довжина, ширина, товщина.

Розподіл матеріалів за розмірами здійснюється решітним аналізом, тобто просіюванням групи матеріалів послідовно через ряд розташованих похило або горизонтально одне над одним решіт, що мають калібровані отвори різних розмірів.

В залежності від співвідношення окремих фракцій розрізняють рядовий і сортований ( калібрований ) матеріал.

## **Лекція № 5**

### **Технологічні властивості рослинних матеріалів**

#### План

1. Гігроскопічність;
2. Крихкість;
3. Фрикційні властивості;
4. Стираюча здатність;
5. Пружність і пластичність;
6. Міцність;
7. Зв'язність ( зчеплення ).

#### **Гігроскопічність.**

Гігроскопічна властивість полягає у поглинанні матеріалом вологи з навколишнього повітря. Ця властивість притаманна в тій чи іншій мірі усім рослинним матеріалам.

#### **Крихкість.**

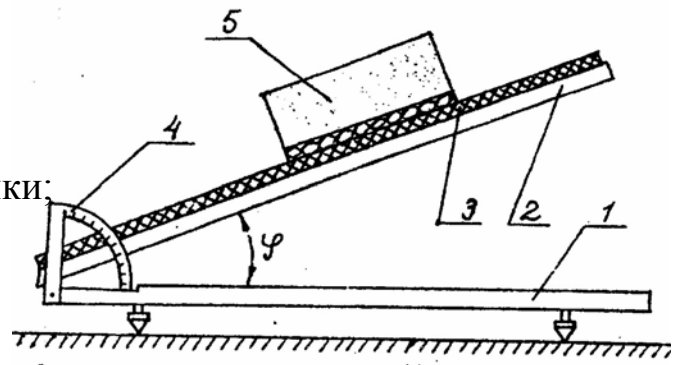
Властивість крихкості полягає в порівняно легкому руйнуванні матеріалу в певних місцях при різкому переміщенні ( повороті ). Ця властивість характерна пересохлим рослинним матеріалам.

#### **Фрикційні властивості.**

Під час переміщення більшості видів рослинних матеріалів по поверхні має місце тертя ковзання, а для окремих матеріалів таких, як плоди, насінневі коробочки, зерно, насіння, при переміщенні може мати місце тертя кочення.

Сила тертя залежить від коефіцієнту тертя ковзання (динамічне тертя ). При спробі зрушити матеріал з місця необхідно подолати тертя спокою (статичне тертя).

- 1- основа;
- 2- поворотна дошка;
- 3- матеріал, який кріплять до дошки;
- 4- кутомір;
- 5- повзун



*Прилад для визначення коефіцієнта тертя.*

Приклад:	статичний	динамічний
Пшениця, жито, ячмінь	сталь 0,36÷0,58	0,33÷0,48
рис, кукурудза, овес, соняшник	дерево 0,33÷0,62	0,28÷0,52
	гума 0,47÷0,66	0,47÷0,62
Картопля, цибуля, буряк,	сталь 0,50÷0,70	0,45÷0,70
морква,	дерево 0,50÷0,78	0,48÷0,75
	гума 0,60÷0,90	0,57÷0,90

Значення коефіцієнтів тертя залежать від умов росту матеріалів, їх сорту, вологості, термінів зберігання та інших факторів.

Із збільшенням вологості – коефіцієнти тертя зростають.

Тертя групи рослинних матеріалів може бути зовнішнім ( відносно інших тіл або поверхонь ) і внутрішнім, тобто всередині шару.

**Стираюча здатність.**

Стираюча здатність матеріалів – це здатність стирати під час руху контактуючі з ними поверхні ( щитки, транспортні голки, направляючі прутки, зуби молотильних барабанів і обчисувальних пристроїв та ін.)

Ступінь стираючої здатності у різних матеріалів однакова, АН менша ніж у ґрунтів і насипних вантажів, і зростає коли в матеріалах містяться ґрунтові частинки.

**Пружність і пластичність.**

Пружність - це здатність деформуватися під дією зовнішнього навантаження і відновлювати свою форму після його зняття.

Рослинні матеріали не є цілком пружними тілами, після зняття навантаження відновлення їх форми можливе лише частково, причому чим більша вологість матеріалів, тим менша ступінь відновлення.

Пластичність – це здатність деформуватися під дією навантаження і зберігати цю деформацію після зняття навантаження.

Із збільшенням вмісту вологи у матеріалах зростає їх пластичність.

### **Міцність.**

Міцність групи матеріалів – це властивість зберігати свою форму під дією зовнішніх сил і зміні положення в просторі.

Міцність груп рослинних матеріалів дуже мала, тому під дією на них навіть невеликих сил можлива зміна форми.

Тому для зберігання форми матеріалів при зміні положення, або прикладання до них сил, багато матеріалів ( коріння, гілки, пагони ) зв'язують а інші поміщають в ємкості.

### **Зв'язність ( зчеплення ).**

З міцністю пов'язана і така властивість групи матеріалів, як зв'язність ( зчеплення ). Зв'язність – це властивість чинити опір зсуву при прикладанні навантаження з метою роз'єднання. Ця властивість пояснюється зчепленням між частинками матеріалів. Ступінь зчеплення залежить від внутрішніх сил тертя і зчеплення між елементами.

### **Рухомість.**

Рухомість – це властивість групи матеріалів розсуватись з одночасним зменшенням висоту шару. Ця властивість пов'язана з міцністю. Рухомість залежить від наявності сил зчеплення між матеріалами і сил тертя, що виникають при переміщенні матеріалів один відносно одного. Значну рухливість мають групи таких матеріалів, як плоди, насіннєві коробочки, зерно насіння, паралельно вкладені стебла; решта матеріалів мають слабку рухливість.

### **Кути природного відкосу.**

Від рухливості матеріалів залежить кут природного відкосу, тобто кут між твірною конуса ( лінія природного відкосу ) матеріалів, що вільно осипаються, і горизонтальною площиною: іншими словами, це кут при якому відкос у спокої зберігає максимальну рівновагу.

Цей кут тим більший, чим менша рухливість матеріалів.



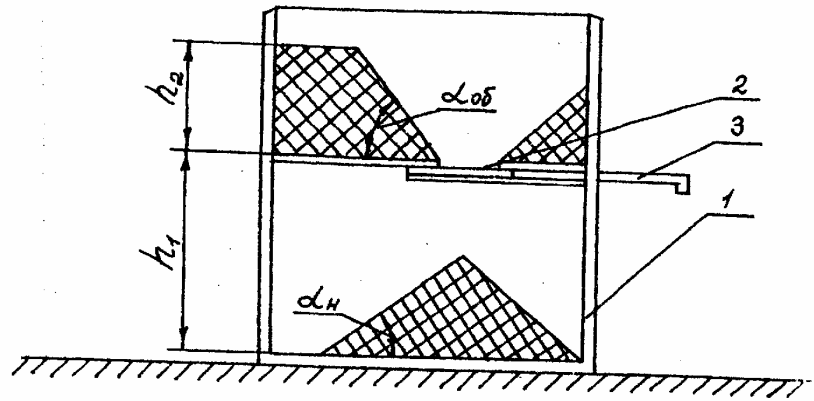


Схема приладу для визначення кута природного відкосу

1 – ємкість;

2 – отвір

3 – заслінка

$\alpha_{об}$  – кут руйнування кути природного

$\alpha_{н}$  - кут насипання } відкосу

	$\alpha_{н}$	$\alpha_{об}$
Зерно: пшениці	24 <sup>0</sup> - 26 <sup>0</sup>	34 <sup>0</sup> - 36 <sup>0</sup>
Рису	27 <sup>0</sup> - 34 <sup>0</sup>	30 <sup>0</sup> - 38 <sup>0</sup>
Кукурудзи	23 <sup>0</sup> - 27 <sup>0</sup>	33 <sup>0</sup> - 37 <sup>0</sup>
Насіння: буряків	34 <sup>0</sup> - 38 <sup>0</sup>	42 <sup>0</sup> - 50 <sup>0</sup>
трави	18 <sup>0</sup> 19 <sup>0</sup>	25 <sup>0</sup> - 27 <sup>0</sup>
льону	17 <sup>0</sup> - 18 <sup>0</sup>	23 <sup>0</sup> - 25 <sup>0</sup>
Подрібнена силосна маса	45 <sup>0</sup> - 55 <sup>0</sup>	

### Злежуваність.

Групи рослинних матеріалів характеризуються злежуваністю, тобто властивістю підвищувати щільність і втрачати сипучість при тривалому зберіганні. Чим більша висота шару матеріалів, тим більша злежуваність, що пояснюється зростанням тиску на нижні шари матеріалів. Злежуваність також зростає при наявності тиску на матеріал і його струшування. Вологі матеріали сильніше і швидкіше злежуються.

### Склепоутворення.

Склепоутворення матеріалів – це самовільне утворення склепіння з матеріалів над випускним клапаном ( отвором ) пристрою, з якого матеріали виводяться. На утворення склепінь впливають: вологість, злежуваність,

зв'язність і величина. Чим сильніше виражені ці властивості, тим більша схильність матеріалу до утворення склепінь.

## Лекція № 6

### Технологічні властивості рослинних матеріалів

#### План

1. Опір матеріалів при розтязі;
2. Опір при стисканні матеріалів;
3. Опір при зсуві і різанні матеріалів;
4. Опір матеріалів при крученні;
5. Опір при згинанні матеріалів.

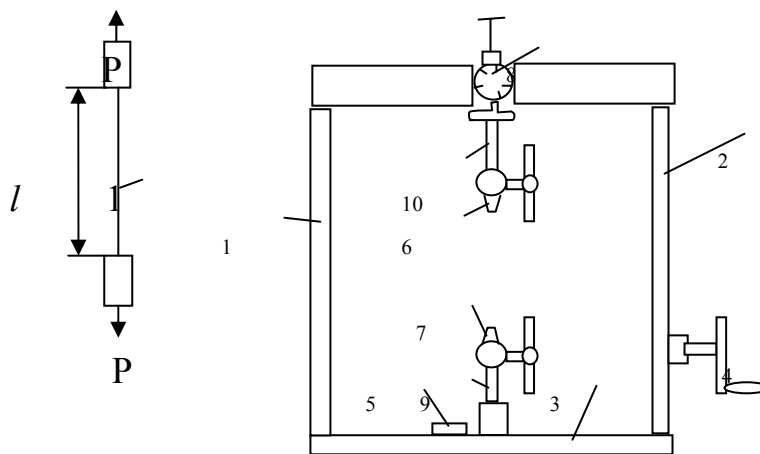
#### Опір матеріалів при розтязі.

Під час роботи с/г машин деформації розтягу можуть піддаватися стебла, коріння, гілки і деякі інші частини рослин. Дослідження закономірностей при статичному розтязі рослин здійснюється на екстензометрі і машинах розриву.

Для дослідження розтягу матеріалів при динамічних навантаженнях використовують маятникові копії.

#### Екстензометр

- 1,2 – опори;
- 3 – панель;
- 4 – маховик;
- 5 – лічильник;
- 6,7 – затискач;
- 8 – індикатор;
- 9 – рухомий шток;
- 10 – нерухомий шток.



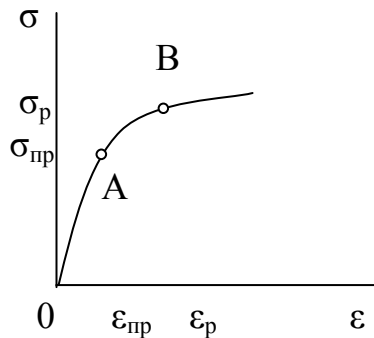
$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}; \quad \sigma = \frac{4P}{\pi d^2}$$

Назва матеріалу:

Механічні характеристики рослинних матеріалів при статичному розтязі однієї рослини.

	Е, кПа	σ, кПа	Р, кн.
<u>Стебла:</u>			
Пшениці і жита	( 5-20 ) · 10 <sup>5</sup>	( 1-4 ) · 10 <sup>4</sup>	0,05÷0,35
Рису	( 7-13 ) · 10 <sup>4</sup>	( 1-2 ) · 10 <sup>3</sup>	0,1÷0,3
Кукурудзи	( 5-15 ) · 10 <sup>5</sup>	( 1-2 ) · 10 <sup>4</sup>	1- 4
Льону-довгунця	( 3-6 ) · 10 <sup>6</sup>	( 2-8 ) · 10 <sup>4</sup>	0,03-0,05

Коноплі	( 13-37 )	$\cdot 10^4$	( 3-4 )	$\cdot 10^4$	0,42÷0,80
<u>Гичка:</u>					
Картоплі	---		100-200		0,20÷0,49
Буряків	---		100-800		0,2÷0,4
Моркви	---		10-30		0,12÷0,23
Плодоніжки яблук	---		40-80		0,15÷0,25



Міцність стебел залежить від їх структури. Модуль деформації більш зрілих стебел вищий, ніж незрілих, а видовження – навпаки. На ці фактори впливає і вміст води в стеблах – з її зростанням їх міцність підвищується.

Модуль деформації стебел льону і коноплі зменшується зі збільшенням їх вологості і зростає при їх дозріванні, впливають на модуль і міцність стебел умови їх росту. Стебла розвиваючись спочатку міцнішають, а потім робляться більш слабкими. Зусилля на розрив більше у стебел більшого діаметру, а на самому стеблі руйнівна напруга більше у верхній частині.

Міцність кріплення бульби картоплі до сталону зменшується в процесі дозрівання рослин і за її висотою. Вона залежить від сорту картоплі, ґрунтово – кліматичних умов, та інших факторів. Найбільш міцними частинами куща є місця кріплення бульби до сталону і до стебла.

Зусилля відриву бульби картоплі від сталонів дорівнює 6,8-19,0 Н. Відрив сталонів від коріння досягається при зусиллі 9,3÷22,0Н. Зусилля на розрив сталонів картоплі дорівнює 12-19Н. Зусилля на розрив гички цибулі становить 73Н для пучка з зеленого листя, 38Н для пучка зів'ялого листя і 28Н для сухого.

Властивості рослин залежать від виду і кількості внесених добрив під час обробітку, а також густоти посіву.

### **Опір при стисканні матеріалів.**

Стиск стебел, гілок, пагонів та інших матеріалів може відбуватись у поздовжньому та поперечному напрямках. Стиск у поздовжньому напрямі може стати причиною втрати стійкості ( поздовжнього згину ), і більшість рослинних матеріалів внаслідок своєї малої жорсткості його не витримують.

$$P_{кр} = \frac{\pi^2 EI_{мін}}{(\mu l)^2} \quad I_{мін} = \frac{\eta d^2}{64}$$

Сила Ейлера.

При  $P < \frac{\pi^2 EI_{мін}}{(\mu l)^2}$  - матеріали будуть стискатись у поздовжньому напрямі без втрат стійкості

При  $P \geq \frac{\pi^2 EI_{мін}}{(\mu l)^2}$  - буде мати місце втрата стійкості рослини, а значить і втрата міцності і жорсткості.

Значно більший опір стебла при його стисканні в поперечному напрямі. Останнє можливе при відсутності обмежень з обох сторін від лінії дії сил, наявності таких обмежень, під час дії сил стискання у взаємо перпендикулярних напрямках і по всьому периметру.

У одних рослинних матеріалів ( сіно, солома ) поперечний стиск не приводить до негативних наслідків, у інших ( стебла льону, насіння, плоди, ягоди ) стиск може привести до негативних наслідків ( менший вихід довгого льоноволокна, псування насіння, плодів, ягід та інше ).

Опір стиску більший у стебел льону і менший у стебел зернових. Сухі стебла льону і пшениці чинять більший опір при стисканні, ніж свіжо зібрані.

### **Опір при зсуві і різанні матеріалів.**

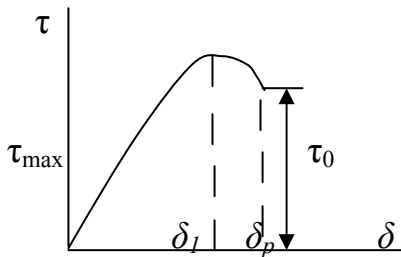
При виконанні с/г машинами технологічних процесів з обробітку і відоізміненню матеріалів часто має місце деформація зсуву, тобто переміщення будь-яких елементів матеріалу відносно сусідніх елементів.

Такі переміщення відбуваються під дією дотичних напруг.

Напряга зсуву  $\tau = \frac{P}{F}$  де  $P$  – сила, що викликає зсув

$F$  – площа перерізів.

Найважливішими показниками при зсуві є найбільша напруга зсуву  $\tau_{max}$  і відповідно їй деформація  $\delta_l$ .

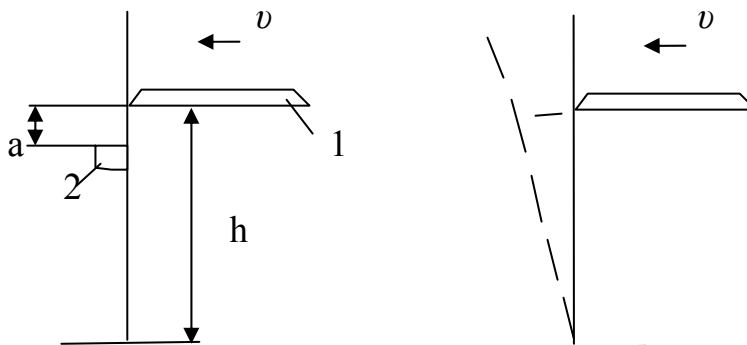


Ст.	$\tau_{max}$ , кПа	$\tau_p$ , кПа
пшениці	1600-2600	1100-1980
Ст. жита	1900-5500	1350-4850
Ст. льону	20000-31000	18000-27000

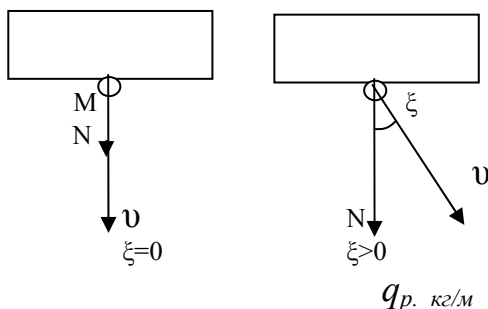
Часто зсув проявляється у здиранні кори ( поверхневого шару ) рослини під дією на нього робочого органу.

Різнання рослинних матеріалів можна розглядати, як зсув з частковим або повним відділенням однієї частини матеріалу від іншої. Сила, що прикладена до леза викликає його тиск на матеріал, чим тонше лезо, тим більший тиск. Внаслідок дії тиску відбувається змінання матеріалів, руйнування зв'язків між окремими його частинками, роз'єднання матеріалу і утворення площин різання. Різнання, деяким чином, аналогічне зсуву.

Різнання може бути з підпором і без підпору.



Різнання може бути рубане ( без поздовжнього переміщення леза ) і з поздовжнім переміщенням леза.



$$N = vq_p$$

$v$  – довжина ділянки леза, яка контактує з матеріалом

$q_p$  – інтенсивність навантаження, при якому відбувається різання ( питомий опір різанню )

$q_p$

стебло пшениці	2-6	гичка буряка	1-4
стебло кукурудзи	5-15	огірки	2-5
бульба картоплі	1-2	кабачки	2-6
корінь цукрового буряка	1-6	трава	1-2

У рослин велика здатність до зміни форми ( піддатливість ).

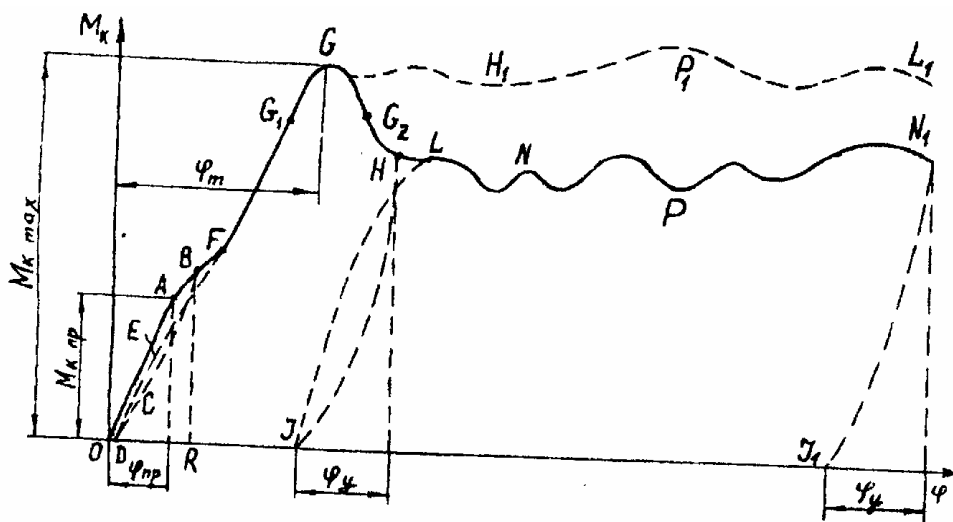
Одним із шляхів заставити піддатливі матеріали сприймати навантаження є збільшення швидкості впливу на них ( трава ). При зсуві групи матеріалів проявляється така властивість, як зв'язність ( зчеплення ). Показник – початковий опір зсуву ( напруга ). Характер впливу леза на шар рослин при різанні мало відрізняється від впливу леза на одиничний матеріал, тіки збільшується навантаження.

### Опір матеріалів при крученні.

Діаграма моменту кручення від кута  $\varphi$  закручування стебла.

При крученні стебла спочатку відбувається деформація плющення, а лише потім скручування.

Відстань між точками затискання стебла ( тобто довжина частини стебла, що скручується ) впливає на протікання процесу лише на початку кручення. Чим більша довжина затиснутої частини, тим більший кут  $\varphi_{np}$  її закручування у межах пружності.



Діаграма кручення стебла

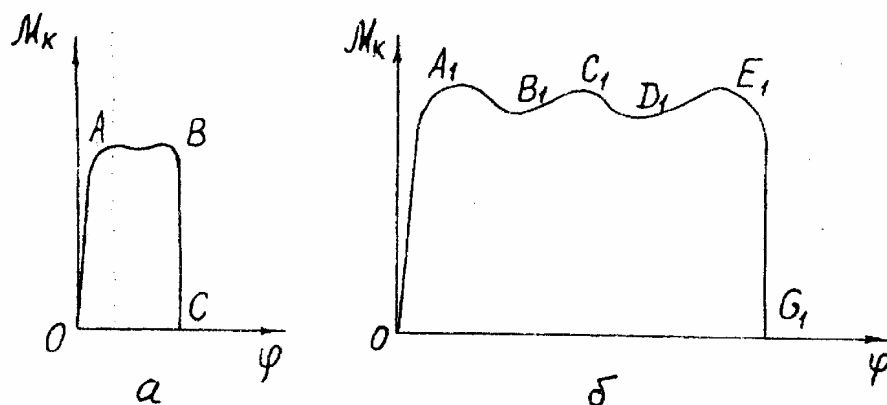
Найбільш чинять опір крученню стебла жита – найменше – стебла льону.

У сухих стебел момент  $M_{MAX}$  більший, ніж у свіжозібраних.

		$M_{np}$	$M_{MAX}$
Стебла пшениці	свіжі	2,7-3,6	6,0-7,0
	сухі	28-54	45-91

стебла жита	4,4-6,2	8,2-13,5
	25-126	72-223
стебла льону	1,8-3,6	2,8-7,6
	9,0-13,5	13,5-50,0
бадилля картоплі	25-35	80-120
гичка буряка	4,0-8,0	85-95

Для розриву в місці скручування стебло довжиною 1м необхідно закрутити на 10-30 обертів.



Діаграма кручення шару паралельних стебел

а) стебла слабо зчеплені б) стебла сильно зчеплені

$$M_{KMAX} \approx K \cdot i_m$$

$K$ - дослідний коефіцієнт

$i_m$  – число стебел на 1м довжини стрічки.

Коефіцієнт  $K$  залежить від зчеплення стебел, їхнього діаметра і вологості та знаходиться для стебел льону, які розміщені в стрічці шириною 0,8-1,2м, в межах ( 1 - 6 )  $\cdot 10^{-5} \text{ Н} \cdot \text{м}^2$ . Для сильно розрідженої стрічки, коли стебла зчеплені  $M_{KMAX} \rightarrow 0$ .

### Опір при згинанні матеріалів.

Опір рослин підчас дії згину визначають на маятникових опорах, з допомогою динамометрів-роботомірів. При проведенні дослідів визначається також жорсткість рослин.

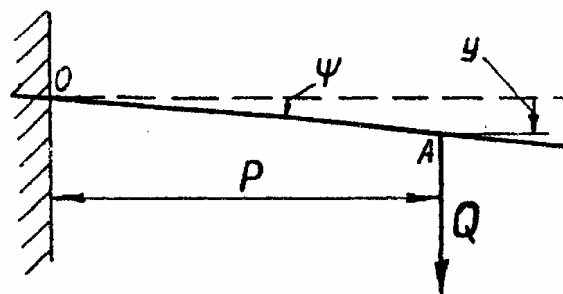
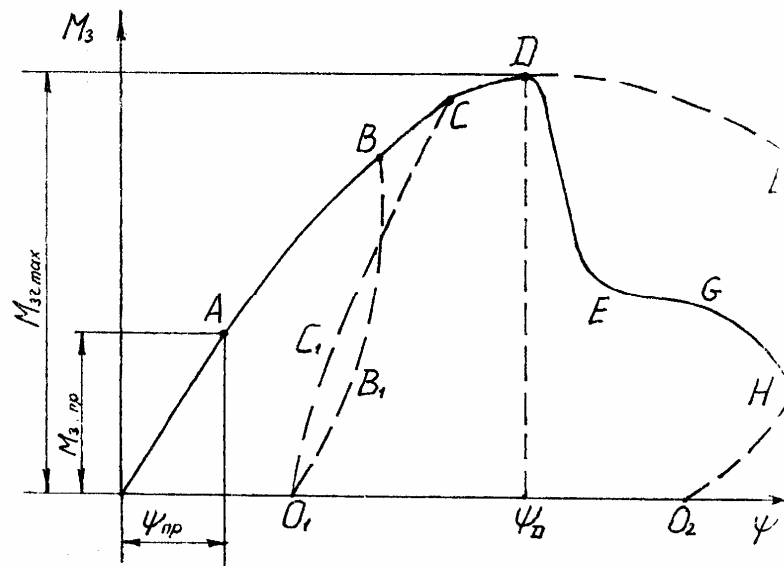


Схема навантаження стебла з метою визначення опору відгинанню

Основні робочі формули:

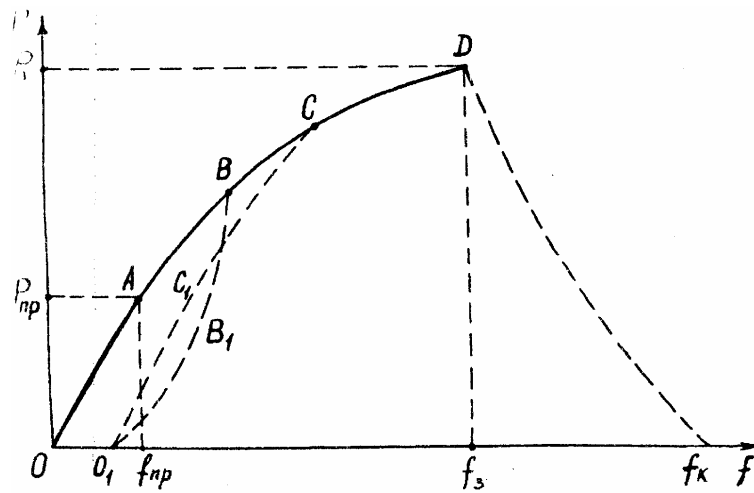
$$M_3 = Q \cdot p \approx Q \cdot l \cdot \cos\psi; \quad \Psi = \arctg\left(\frac{Y}{P}\right) \approx \arctg\left(1 \cdot \sin\frac{\Psi}{P}\right); \quad l = OA.$$

Вид матеріалу (стебла)	Значення жорсткості EI, Н·м <sup>2</sup>
Пшениці, жита	$(5-40) \cdot 10^3$
Рису	$(5-100) \cdot 10^{-3}$
Кукурудзи	1,0-1,2
Льону-довгунця	$(1-10) \cdot 10^{-3}$
Коноплі	0,1-2,0
Соняшника	1,0-1,2
Бавовни	$(5-100) \cdot 10^{-2}$
Трави	$(5-65) \cdot 10^{-3}$



Діаграма відгину стебла





Діаграма прогину стебла

## Лекція № 7

### Технологічні властивості рослинних матеріалів

#### План

1. Соломистість;
2. Опір складових частин матеріалів розділянню;
3. Міцність шкірки плодів і ягід, стан їх м'якоті;
4. Міцність зв'язків плодоніжок з гілками і плодами (ягодами);
5. Обволокуваність насіння порошком;
6. Про електростатичні властивості насіння;
7. Опір матеріалів (подрібненню) висмикуванню з ґрунту;
8. Швидкість паріння. Парусність.

#### Соломистість.

Соломистість є важливим показником, що характеризує стан хлібної маси, яку потрібно обмолотити. Від співвідношення маси зерна і соломистої частини рослин, які подаються на обмолот, залежить якість обмолоту хлібних злаків. Співвідношення зерна і соломистої частини рослинної маси враховується під час розрахунку параметрів молотильних пристроїв і оцінюється коефіцієнтом соломистості  $\beta$ .

$$\beta = \frac{m_c}{m_z + m_c}$$

де  $m_c$  - маса соломистої частини рослин, які подаються на обмолот.

$m_z$  - маса зерна в тих самих рослинах.

Для пшениці  $\beta=(0,45...0,65)$ , для жита  $\beta=(0,6...0,8)$ . У результаті обмолоту хлібної маса крім зерна і соломи утворюється полова (легкі домішки), маса якої становить 15-30% маси соломи.

### **Опір складових частин матеріалів розділянню.**

Різниця складових частин матеріалів, відбувається, наприклад, від час обмолоту, коли плід (зернівка) відділяється від квітколожа і пучки колоса; при збиранні бавовнику, коли його витягують з розкритих коробочок; під час відриву плодів і ягід від плодоніжок, або з плодоніжками від гілок, при обмолоті сої, гречки та інших культур.

Для оцінки міцності зв'язків, що утримують зерна в колосі, використовують статистичний і динамічний методи.

При статистичному методі визначається сила зруйнування зв'язків, а при динамічному методі визначається робота, яка необхідна для руйнування вказаних зв'язків.

Для кукурудзи зусилля висмикування зростає в міру їхнього дозрівання і становить від 14,8Н до 24,1Н.

### **Розмірні характеристики матеріалів, які розділяють.**

При вирішенні питання очистки насіння від домішок, або розділення матеріалів за розмірами, складають розмірні характеристики розділення компонентів. Під розмірними характеристиками розуміють показники, які характеризують мінливість одного з розмірів компоненту, за яким здійснюють розділення. Ця мінливість знаходиться за допомогою варіаційних рядів і варіаційних кривих.

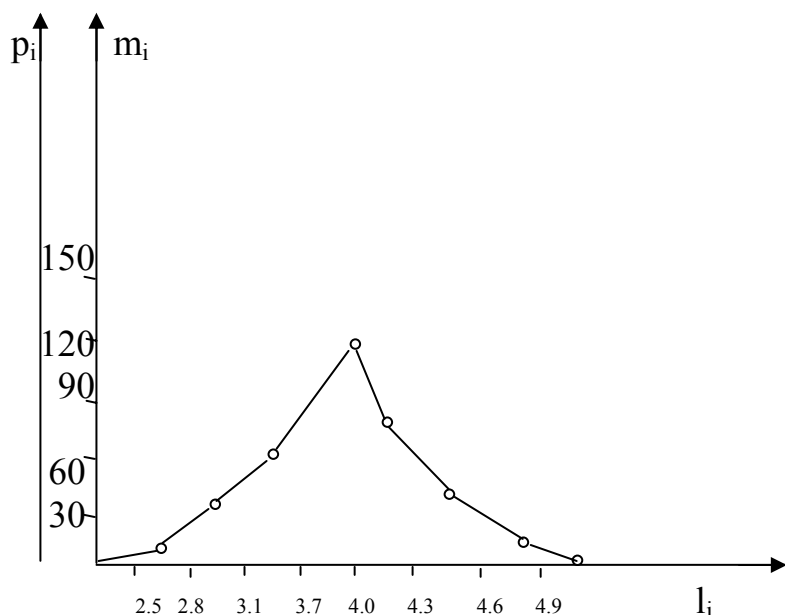
Варіаційний ряд – це таблиця, яка містить класи і частоту.

Класи – це проміжки, на які ділять діапазон змін розміру, що розглядається; визначають клас крайніми значеннями проміжку (це будуть граничні класу) і середнім значенням проміжку між границями.

Частота – кількість повторів кожного класу; вона може бути виражена у відсотках, або в абсолютних величинах.

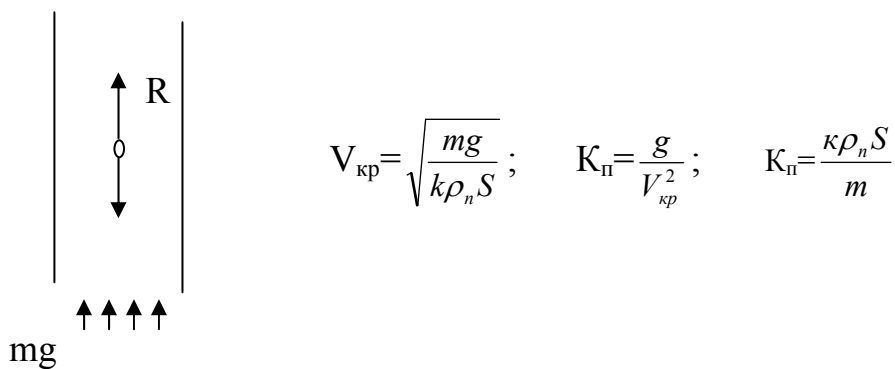
Приклад  $n = 400$  зерен пшениці,  $l_{\min} = 2,5\text{мм.}$ ,  $l_{\max} = 4,9\text{мм.}$

Класи	1	2	3	4	5	6	7	8
$l_{i-1}-l_i$	2,5-2,8	2,8-3,1	3,1-3,4	3,4-3,7	3,7-4,0	4,0-4,3	4,3-4,6	4,6-4,9
$l_{\text{срi}}$	2,65	2,95	3,25	3,55	3,85	4,15	4,45	4,75
$m_i$	8	36	60	132	68	48	32	16
$p_i \%$	2	9	15	33	17	12	8	4



### Швидкість паріння, парусність.

Коли матеріал знаходиться в повітряному потоці, його аеродинамічні властивості характеризуються постійними показниками; швидкість паріння (критична швидкість)  $V_{кр}$ , коефіцієнт опору повітря  $K$  і коефіцієнт парусності  $K_{п}$ .



де  $\rho_n$  - щільність повітря;  $m$  - маса частинки;  $S$  - площа проекції тіла на площину, перпендикулярно напрямові повітряного потоку.

### Аеродинамічні властивості різних культур

Культура	Критична швидкість, $V_{кр}$ , м/с	Коефіцієнт парусності $K_{п}$ , $m^{-1}$	Коефіцієнт опору $K$
Зерно: пшениці	8,9-11,5	0,075-0,12	0,184-0,2165
жита	8,36-9,89	0,1-0,14	0,16-0,22
вівса	8,08-9,11	0,169-0,30	0,118-0,15
кукурудзи	12,48-14,00	0,05-0,06	0,16-0,28

гречки	7,2-9,5	0,132	–
Полова: пшенична	0,75-5,25	–	–
вівсяна	0,74-3,86	–	–

### **Міцність шкірки плодів і ягід, стан їх м'якоті.**

Міцність шкірки та стан м'якоті оцінюється за опором, який вони чинять проникненню стороннього тіла через шкірку і роздавлювання ягід.

Розробленні прилади, які дозволяють визначити опір плодів вклиненню в них плунжера кульки діаметром 4мм. Для плодів тиски до 0,4 МПа небезпечні. Це зусилля – „несуча здатність” плодів.

Тиск при якому проколюється м'якоть, становить 50-70% тиску проколювання. Пошкодження м'якоті у випадку, коли шкіра плоду після навантаження залишилась цілою, стає причиною швидкого псування плодів при їх зберіганні. Тиск на плоди повинен бути на 30-50% менший вказаного зусилля.

Цілість яблук при тиску одне на одного =8 Н, і тиску плоскої поверхні на яблука =10 Н.

Сила роздавлювання ягід становить: для чорної смородини 1,3-5 Н, для малини 1,6-8,5 Н, для суниць 1,2-3,5 Н.

Для стиглих помідор допустиме навантаження 20-40Н. Твердість шкірки 1,0-1,6мПа-зелені помідори 0,2-0,7мПа. Для огірків 1,5-3 мПа, динь-4,0-7мПа, кавунів 6,0-8,0мПа, гарбузів 7,0-9,0 мПа, черешні 0,1-0,8мПа і вишні 0,06-0,34мПа, зерен пшениці 26-42мПа, кукурудзи 11,0-18,0мПа, слив 0,6-1,4.

Допустимі висоти падіння плодів:

Для червоних помідор 0,10-0,15м

Для зелених помідор 0,25м

Для моркви 0,1-0,3м; для перцю 0,8-0,9м; для баклажанів 2,5-2,8м

Для кавунів 0,05-0,015м; для огірків 0,2-0,3м; для динь 0,2-0,3м

Для цибулі 0,5-1,05м, для картоплі 0,1-0,2м

Для яблук 0,03-0,04м ( на жорсткі поверхні ); 0,2-0,4м при падінні на гуму; 1,2м при падінні на натягнуте полотно.

### **Міцність зв'язків плодоніжок з гілками і плодами (ягодами).**

Міцність зв'язків плодоніжок з гілками і плодами (ягодами ) є важливим фактором, від якого залежить вибір технології і технічних засобів для машинного збирання.

Сила необхідна для відділення плодів і ягід від гілок.

Яблука 6,0-36,0 Н, слив 2,2-11,4 Н, вишень 0,4-5,0 Н, черешень 0,5-6,8 Н, ягід чорної смородини 0,6-1,5 Н, ягід малини 1,8-6,0 Н, ягід суниць 0,8-2,2 Н, ягід аронії чорноплідної ( обліпихи ) 1,0-1,4 Н.

### **Обволокуваність насіння порошком.**

При розділенні суміші матеріалів магнітом з метою усунення насіння бур'янів, які важко видалити, використовують здатність насіння культурних рослин і бур'янів по різному вбирати своєю поверхнею залізний порошок дуже дрібного помолу. Ця здатність залежить від жорсткості і пористості поверхонь насіння.

Використовують такі порошки ДХЗ-80; Трифолін 808; Гомпера вони мають різні коефіцієнти заглиблювання.

Але при використанні магнітного порошку є недоліки: негативні санітарно-гігієнічні умови роботи обслуговуючого персоналу, екологічна небезпека для навколишнього середовища і значна втрата насіння основної культури.

### **Про електростатичні властивості насіння.**

Перспективний напрям – суміщення фрикційних і електричних відмінностей насіння основної культури і шкідливих домішок.

Цей напрям реалізований на очистці насіння льону від домішок. Використовують викочування (вимітання) частинок з жорсткою поверхнею і більш округлою формою, за допомогою фрикційних гнучких ниток.

Додаткове зусилля притискання льону до стрічки досягається завдяки дії сил притягання насіння, що виникає від наелектризованості поверхні фрикційної стрічки.

### **Опір матеріалів (подрібненню) висмикуванню з ґрунту.**

При дослідженні операції висмикування стебел з ґрунту встановлено, що спочатку стебло випрямляється і натягується, а потім при подальшому витягуванні стебла настає обрив бокових корінців, після чого відривається головний корінь, а тоді відриваються дрібні корінці котрі залишилися.

Сила необхідна для висмикування з ґрунту стебла: льону-довгунця 4-12Н, бадилля картоплі 40-160Н, підкопаного коренеплоду буряка 150-290Н, цибулі 20-40Н, зеленого горошку 30-40Н, квасолі 40-60Н, озимого жита 30-80Н, моркви 70-110Н, баклажанів 90-240Н, помідорів 180-200Н.

Довжина дії сили 2-6см.

**Швидкість паріння. Парусність.**

Частинки добрив також характеризуються певними швидкостями паріння і коефіцієнтами парусності. Ці показники залежать від діаметра частинок і їх вологості.

Швидкість паріння зростає з ростом діаметру частинок і їх вологості. З ростом швидкості паріння коефіцієнт парусності зменшується.

## З М І С Т

	Ст.
Лекція 1 Вступ.....	3
Лекція 2 Типи ґрунтів та їх фізико-механічні і технологічні властивості.....	7
Лекція 3 Типи ґрунтів та їх фізико-механічні і технологічні властивості.....	13
Лекція 4 Механіко-технологічні властивості рослинних матеріалів. Фізико-механічні властивості рослинних матеріалів.....	18
Лекція 5 Технологічні властивості рослинних матеріалів.....	22
Лекція 6 Технологічні властивості рослинних матеріалів.....	26
Лекція 7 Технологічні властивості рослинних матеріалів.....	33