

Міністерство освіти і науки України

СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ



Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів

Конспект лекцій

Суми – 2021

Міністерство освіти і науки України

Сумський національний аграрний університет

Кафедра "Тракторів, сільськогосподарських машин та транспортних технологій"

Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів

Конспект лекцій
для студентів 2 курсу,
галузі знань: 20 «Аграрні науки та продовольство»;
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»
ступінь вищої освіти: «Молодший бакалавр»;
початкового (короткий цикл) рівня вищої освіти
кваліфікації: «Молодший бакалавр з агроінженерії»;
очної форми навчання

Суми – 2021

ББК

М55

УДК 631 (075.8)

Укладач: старший викладач Калнагуз О.М.

М 55 Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів. Конспект лекцій для студентів 2 курсу, галузі знань: 20 «Аграрні науки та продовольство»; спеціальність: 208 «Агроінженерія»; ступінь вищої освіти: «Молодший бакалавр»; початкового (короткий цикл) рівня вищої освіти кваліфікації: «Молодший бакалавр з агроінженерії»; очної форми навчання . – Суми: СНАУ, 2021 рік – 70 с., 40 рис.

Конспект лекцій призначений для ознайомлення студентів з: основними властивостями ґрунту як об'єкта обробітку; основними властивостями насіння та компонентів зернової маси як об'єкта післязбиральної обробки; властивостями добрив як об'єкта механізованого внесення в ґрунт; властивостями пестицидів, які використовують для захисту рослин та методиками визначення основних властивостей рослинних матеріалів під час приготування кормів.

Рецензенти:

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

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

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

Рекомендовано до видання навчально-методичною радою
Інженерно-технологічного факультету
(протокол № 3 від " 29 " листопада 2021 р.)

© Сумський національний аграрний університет, 2021

ЗМІСТ

Вступ.....	5
Лекція 1. Властивості ґрунту як об'єкта обробітку.....	6
<i>Контрольні запитання</i>	16
Лекція 2. Технологічні властивості насіння.....	17
<i>Контрольні запитання</i>	24
Лекція 3. Механіко-технологічні властивості добрив як об'єкта механізованого внесення в ґрунт.....	25
<i>Контрольні запитання</i>	35
Лекція 4. Технологічні властивості пестицидів, які використовують для захисту рослин.....	37
<i>Контрольні запитання</i>	41
Лекція 5. Механіко-технологічні властивості стебел сільськогосподарських культур у період збирання.....	42
<i>Контрольні запитання</i>	49
Лекція 6. Властивості компонентів зернової маси як об'єкта післязбиральної обробки.....	50
<i>Контрольні запитання</i>	61
Лекція 7. Опір сільськогосподарських матеріалів механічній дії під час приготування кормів.....	62
<i>Контрольні запитання</i>	68
Список рекомендованої літератури.....	69

Вступ

Життєвий досвід розвитку будь-якого виробництва показує, що найкращій реалізації кожного процесу сприяють: знання властивостей об'єктів обробки; конкретизація вимог до виду і стану продукту, який одержують у результаті обробки; розуміння суті технологічного процесу, який потрібно організовувати відповідно до специфічних властивостей об'єкта обробки.

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

Перелічені об'єкти, з якими взаємодіють засоби механізації сільськогосподарського виробництва, називають сільськогосподарськими матеріалами. Вони є предметом вивчення дисципліни. Своєрідність сільськогосподарських матеріалів створює специфічні труднощі для виявлення необхідних показників їхніх властивостей. Для цього потрібні спеціальні методи досліджень та вміле використання вже досліджених властивостей.

У найзагальнішому вигляді під поняттям *властивість* розуміють категорію, що виражає один з моментів виявлення сутності речі щодо інших речей; те, що характеризує її подібність до інших предметів або відмінність від них. Властивості бувають загальними, специфічними, головними і другорядними, істотними і неістотними, необхідними і випадковими, зовнішніми і внутрішніми. Кожен 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.

У цьому конспекту лекцій розглянуто вузький спектр властивостей сільськогосподарських матеріалів, які є об'єктом дії на них засобів механізації в процесі виробництва сільськогосподарської продукції.

Завдання конспекту лекцій – допомогти студентам засвоїти механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів, методики визначення цих властивостей, навчити їх самостійно отримувати відомості про властивості сільськогосподарських матеріалів.

Лекція 1. Властивості ґрунту як об'єкта обробітку

План лекції

1. Вступ.
2. Фізичні властивості.
3. Технологічні властивості.

1.1. Вступ

Найкращій реалізації кожного технологічного процесу сприяють: знання властивостей об'єктів обробки; конкретизація вимог до виду і стану продукту, який одержують у результаті обробки; розуміння суті технологічного процесу, який потрібно організувати відповідно до специфічних властивостей об'єкта обробки.

У найзагальнішому вигляді під поняттям властивість розуміють категорію, що виражає один з моментів виявлення сутності речі щодо інших речей; те, що характеризує її подібність до інших предметів або відмінність від них.

Задачами дисципліни є: 1) допомогти студентам засвоїти механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів; 2) допомогти засвоїти методики визначення властивостей с.-г. матеріалів; 3) навчити студентів самостійно отримувати відомості про властивості с.-г. матеріалів.

Ґрунт є неоднорідна система, яка містить фази: а) тверду (мінеральну і органічну); б) рідку (вода); в) газоподібну (повітря).

1.2. Фізичні властивості ґрунтів.

До основних фізичних властивостей ґрунтів відносяться: а) гранулометричний склад; б) структура; в) кам'янистість; г) об'ємна маса; д) пористість; е) вологість; ж) колір та інші.

Механічний склад твердої фази ґрунту – одне із важливих його фізичних властивостей.

Тверді часточки ґрунту (в залежності від розмірів) поділяються на:

- кам'янисті включення (розмір > 1 мм);
- дрібнозем (розмір < 1 мм).

Дрібнозем поділяється на:

- пісок (часточки розміром від 1 до 0,05 мм);
- пил (часточки розміром від 0,05 до 0,001 мм);
- мул (часточки розміром $< 0,001$ мм).

При визначенні типу ґрунту за механічним складом аналізується тільки дрібноземом, який поділяється на дві фракції:

- „*фізичний пісок*” (часточки розміром $> 0,01$ мм);
- „*фізична глина*” (часточки розміром $< 0,01$ мм).

За кількістю „*фізичної глини*” професор Качинський запропонував таку класифікацію ґрунтів:

- а) глинисті (містять більше 50% „*фізичної глини*”);
- б) суглинисті (містять 50%...20% „*фізичної глини*”);
- в) супіщані (містять 20%...10% „*фізичної глини*”);
- г) піщані (містять менше 10% „*фізичної глини*”).

Глинисті часточки містять цементуючі речовини і обумовлюють зв'язкість ґрунтів; піщані, навпаки, не липкі і не пластичні.

Ґрунти з великим вмістом глинистих часточок відносять до важких. В вологому стані при механічному обробітку вони налипають на робочі органи, в сухому – утворюють брили. Такі ґрунти добре утримують вологу, але погано її поглинають, рослинні залишки і органічні добрива розкладаються повільно.

Ґрунти з великим вмістом піщаних часточок відносять до легких. Вони легко кришаться. Добре поглинають вологу, але погано її утримують, рослинні залишки і органічні добрива розкладаються швидко.

Суглинисті і супіщані ґрунти за своїми властивостями займають проміжне положення. Вони більш-менш легко кришаться, добре поглинають і утримують вологу, мають добру родючість.

Структура ґрунту. Тверда фаза ґрунту може бути структурною і безструктурною. Маса структурного ґрунту розподілена на окремі агрегати, у безструктурного ґрунту окремі тверді елементи залягають суцільною масою.

Згідно з ОСТ 7.2.15–73 (стандартом) структурні агрегати за розмірами поділяються на наступні типи:

- брилчаста структура – агрегати розміром > 10 мм;

- грудкувата структура – агрегати розміром 10...3 мм;
- зерниста структура – агрегати розміром 3...0,25 мм.

При механічному обробітку ґрунту не можна допускати його руйнування до часточок розміром $< 0,25$ мм, тому що це призводить до руйнування структурних агрегатів.

Найбільш цінними вважають агрегати розміром 1...3 мм, так як вони відзначаються найбільшою водоміцністю (стійкістю проти розвиваючої дії води). Грудочки розміром 3...10 мм також вважаються бажаними.

Кам'янистість ґрунту. Під камінням в ґрунтознавстві розуміють первинні часточки розміром 1 мм і більше.

За кам'янистістю ґрунти поділяються на:

- а) некам'янисті – кам'янистого матеріалу менше 0,5 %. Такий ґрунт для обробітку вважається нормальним;
- б) слабкокам'янисті – кам'янистого матеріалу – 0,5...5%;
- в) середньокам'янисті – кам'янистого матеріалу – 5...10%;
- г) сильнокам'янисті – кам'янистого матеріалу – більше 10%.

Кам'янистість ґрунту впливає на роботу ґрунтообробних машин. При великій кам'янистості швидше спрацьовуються їх робочі органи, збільшується тяговий опір. Кам'янистість впливає на ерозійні процеси і режим вологості, а в кінцевому результаті – на врожай, який зі збільшенням кам'янистості і ґрунту зменшується.

Об'ємна маса. Об'ємна маса ґрунту – це маса в грамах одного його кубічного сантиметра. Вона залежить від типу ґрунту, механічного складу, структури, характеру його механічного обробітку.

Розрізняють: а) об'ємну масу твердої фази ґрунту; б) дійсну об'ємну масу ґрунту; в) об'ємну масу ґрунту без врахування вологи.

Об'ємну масу твердої фази ґрунту $\gamma_{т.ф.}$ обчислюють за формулою:

$$\gamma_{т.ф.} = \frac{m_{мф}}{V_{мф}}, \quad (1.1)$$

де $m_{мф}$ – маса твердої фази, г; $V_{мф}$ – об'єм твердої фази, см^3 .

Об'ємна маса твердої фази ґрунту визначається пікнометром. Об'ємна маса менша 1 г/см^3 характерна для розпушених або багатих органічними речовинами ґрунтів; для культурної ріллі вона в межах $1,0...1,2 \text{ г/см}^3$; для ущільненої ріллі –

1,2...1,3 г/см³; для дуже ущільненої ріллі – 1,3...1,4 г/см³; для піщаних польових ґрунтів – 1,4...1,5 г/см³; для ущільнених ілювіальних горизонтів – 1,6...1,8 г/см³.

Дійсна об'ємна маса ґрунту γ_d обчислюється за формулою:

$$\gamma_d = \frac{m}{V}, \quad (1.2)$$

Об'ємна маса ґрунту без врахування вологи γ обчислюють за формулою:

$$\gamma = \frac{\gamma_d}{1 + W_a}, \quad (1.3)$$

Пористість ґрунту. Пористість (скважність) ґрунту характеризується сумою всіх порожнин, які заповнені водою і повітрям. Пористість ґрунтів коливається в межах 25...90%.

Найбільша пористість властива торф'яним ґрунтам, найменша – у піщаних ґрунтів.

Загальну пористість (скважність) ґрунту P обчислюють за формулою

$$P = \frac{V_n}{V_o}, \quad (1.4)$$

де V_n – об'єм порожнин зразка досліджуваного ґрунту, см³;

V_o – повний об'єм зразка ґрунту, см³.

Повний об'єм:

$$V_o = V_n + V_{m.ф.}, \quad (1.5)$$

де $V_{m.ф.}$ – об'єм твердої фази ґрунту.

Виразивши через показники об'ємної маси, одержимо:

$$V_{т.ф.} = \frac{m_{тф}}{\gamma_{т.ф.}}. \quad (1.6)$$

Після перетворення і використання вище приведених залежностей одержимо:

$$P = \left(1 - \frac{\gamma}{\gamma_{т.ф.}} \right). \quad (1.7)$$

Піщані ґрунти мають $P = 25...50 \%$;

суглинисті і глинисті – $50...80 \%$;

торф'яні ґрунти – $80...90\%$.

Для характеристики злежаності ґрунтів використовують коефіцієнт пористості

ε :

$$\varepsilon = \frac{V_n}{V_{m.\phi.}}. \quad (1.8)$$

Вологість ґрунтів. Вологість ґрунтів визначається кількістю води в ґрунті. Її визначають головним чином методом висушування.

Розрізняють:

а) абсолютну вологість, яку визначають за формулою:

$$W_a = \frac{m_s - m_c}{m_c} 100 \%. \quad (1.9)$$

б) відносну вологість (вона дає можливість оцінювати вологість ґрунтів різного механічного складу):

$$W = \frac{W_a}{W_n} 100 \%. \quad (1.10)$$

В залежності від механічного складу ґрунту стан його „спілості” настає при відносній вологості 40...70%, що відповідає абсолютній вологості 15...30%.

Практики визначають оптимальну вологість суглинистих ґрунтів на полі так: беруть в руки частку ґрунту, стискають її. Якщо з цього ґрунту не виділяється вода та ґрунт кришиться в руці, при оранці не прилипає до корпусів плуга, а перевернутий відораний шар не блищить, то це означає, що час обробітку ґрунту настав. Або ж кидають з висоти 1,5 м стиснутий в руці ґрунт. Якщо від удару об землю стиснута грудка ґрунту розсипається на дрібні частки – ґрунт не готовий для обробітку.

Колір ґрунтів. Забарвлення ґрунту в значній мірі залежить від вологості його. Вологі ґрунти значно темніші.

В польових умовах вологість ґрунту практично визначають так: якщо ґрунт, затиснутий в руці, здається зовсім сухим, його називають повітряно-сухим; вологий до дотику, але не замазується, називають свіжим; якщо ґрунт замазується та липне до руки, його називають вологим; якщо стиснута порція ґрунту в руці виділяє воду, ґрунт називають мокрим.

Дійсне забарвлення ґрунту визначають в лабораторії на повітряно сухому ґрунті за допомогою спеціальної шкали кольорів.

1.3. Технологічні властивості ґрунтів.

Властивості ґрунтів, які проявляються тільки в процесі їх обробітку, називають технологічними.

До цих властивостей відносяться:

- а) здатність кришитися;
- б) твердість;
- в) зовнішнє і внутрішнє тертя;
- г) опір деформаціям;
- д) липкість;
- е) абразивність;
- ж) пластичність і пружність;
- з) в'язкість та крихкість і ін.

Здатність ґрунтів кришитися. Ступінь кришення ґрунту залежить не тільки від знаряддя і режиму його роботи, але і від стану ґрунту (вологості, ущільнення тощо). В зв'язку з цим при випробуванні і оцінці здатності ґрунтообробних машин до кришення необхідно знати природну здатність ґрунту кришитися.

Здатність ґрунту кришитися визначають просіванням зразка на ситах з різними діаметрами отворів (від 0,25 до 50 мм).

Здатність ґрунту кришитися (%) характеризується відношенням:

$$K = \frac{m_{ю}}{m_n} 100, \quad (1.11)$$

де $m_{ю}$ – маса фракцій розміром дрібніше 10 мм, кг; m_n – маса наважки ґрунту, кг.

Пасивні робочі органи реалізують в основному здатність ґрунту кришитися, в той час як фрези руйнують і відносно ущільнені великі фракції – грудки і брили крупніше 10 мм.

Твердість ґрунтів. Твердістю ґрунту називається здатність його протидіяти втисканню в нього твердого тіла у вигляді конуса, циліндра або кулі. Для вимірювання твердості ґрунтів використовують прилади – ґрунтові твердоміри (рис. 1.1). Для визначення твердості твердих ґрунтів використовують наконечники діаметром 1 см, розпушених – 2 см.

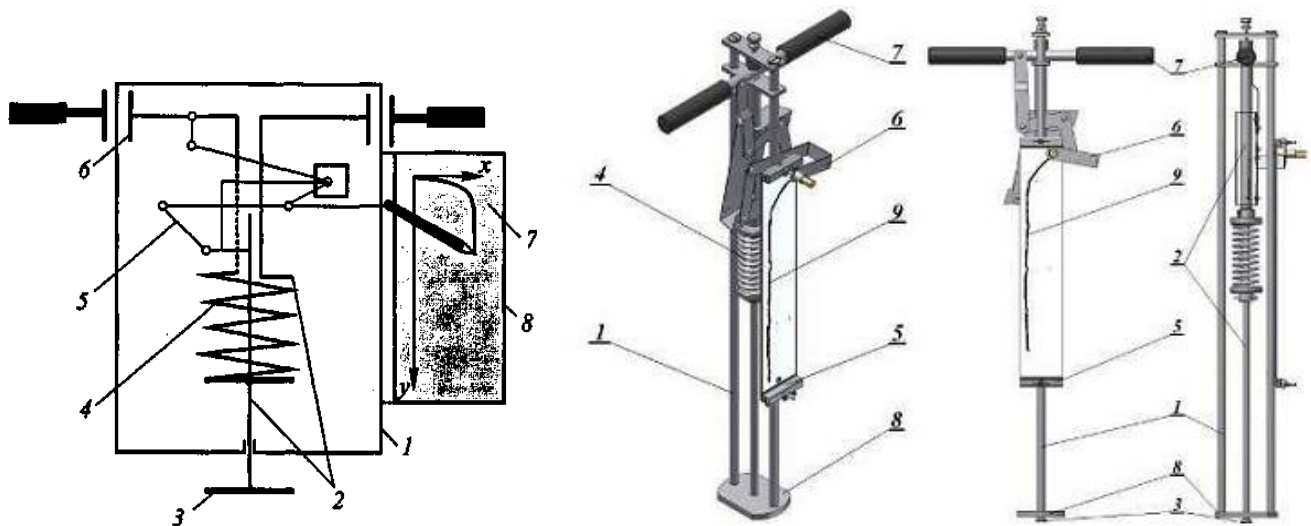


Рис. 1.1. Твердомір Ю.Ю.Ревякіна:

1 – дві напрямні штанги; 2 – телескопічна штанга; 3 – змінний наконечник;
4 – пружина; 5 – записувальний пристрій; 6 – натискні тримачі; 7 – графік, 8 – планка
для закріплення паперу

Твердоміри мають самописці, за допомогою яких записується діаграма сил втискування вимірювального органа в досліджувальний ґрунт (рис. 1.2). За даними діаграми визначають твердість ґрунту (середню твердість), Па

$$T = \frac{h \cdot q_n}{S}. \quad (1.12)$$

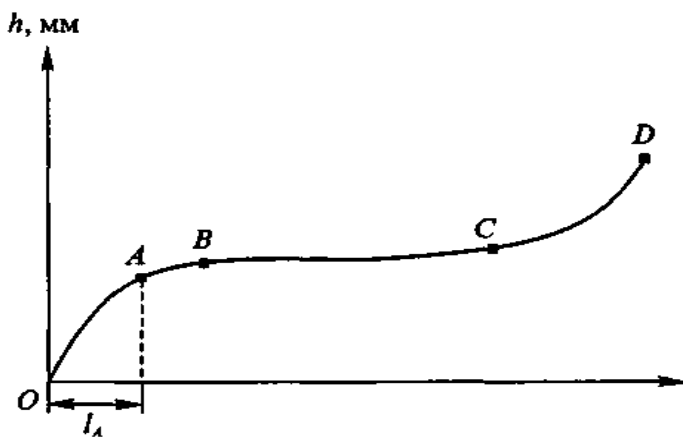


Рис. 1.2. Діаграма твердості ґрунту

На діаграмі є кілька фаз. У першій фазі (ділянка ОА) опір ґрунту деформації зростає майже пропорційно глибині занурення наконечника в ґрунт до $l = l_A = 5 \dots 6$ см. Друга фаза АВ є перехідною. В цей період занурення в ґрунт наконечника перед його вимірювальною площиною утворюється конусоподібний наростень з ущільненого ґрунту (ущільнене ядро). В третій фазі ВС ґрунт деформується конусоподібним наростом, який розклинає його, зміщуючи в боки, і зустрічає при цьому постійний опір – (ґрунт "тече").

Перша фаза у кілька разів коротше третьої, але має важливе практичне значення,

тому що в реальних умовах деформація ґрунту машинами, як правило, не виходить за межі першої ділянки діаграми (менше l_A). Тільки після проходження наконечником орного шару крива CD зростає знову, так як на шляху наконечник зустрічає підорну підшову плуга.

Для характеристики ґрунту користуються також коефіцієнтом об'ємного зминання ґрунту q , (Н/см³), який визначають за формулою:

$$q = \frac{P_A}{S \cdot l_A}. \quad (1.13)$$

Коефіцієнт зовнішнього тертя ґрунту. Під тертям розуміється опір ковзання однієї поверхні по іншій. Сила тертя:

$$T = f \cdot N = \operatorname{tg} \varphi \cdot N. \quad (1.14)$$

На тертя робочих органів машин об ґрунт даремно витрачається багато енергії (до 30...50%).

Тертя сприяє зношуванню робочих органів с.- г. машин.

На величину коефіцієнта тертя справляють вплив

– вологість ґрунту (рис. 1.3).

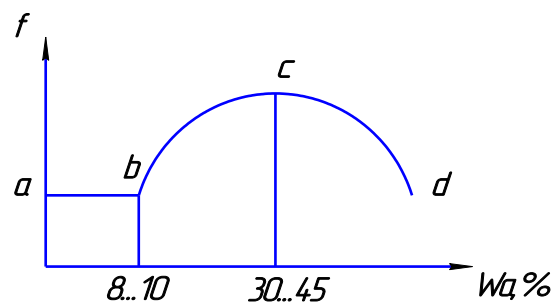


Рис. 1.3. Залежність f від абсолютної вологості ґрунту W_a

При низькій вологості (від 0 до 8...10%) f не залежить від W_a .

З подальшим збільшенням вологості (ділянка bc) збільшення f пояснюється виникненням сил молекулярного притягнення ґрунтових частинок до поверхні металу (до $W_a=30...45\%$ в залежності від механічного складу ґрунту). Якщо вологи достатньо, щоб забезпечити безперервний її приплив до поверхні контакту ґрунту з металом, то вона грає роль мастила, і f за збільшенням вологості ґрунту зменшується (ділянка cd).

– склад в ґрунті «фізичні глини» (рис. 1.4).

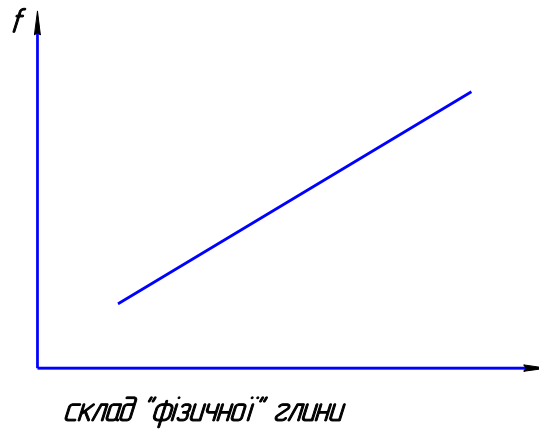


Рис. 1.4. Залежність f від механічного складу ґрунту

Опір ґрунту зсуву. Зсув ґрунту спостерігається при роботі всіх ґрунтообробних знарядь.

Опір ґрунтів зсуву

$$T_{zc} = C + f' \cdot N. \quad (1.15)$$

Опір ґрунту деформуванням. Для розробки шляхів і методів зниження витрат енергії на механічну обробку ґрунту потрібно знати межі її міцності при різних видах деформацій.

Для глинистого чорнозему при $W_a = 20\%$ тимчасовий опір на:

розтягування $\sigma_p = 0,5 \text{ Н/см}^2$;

зріз $\tau = 1 \text{ Н/см}^2$;

стиск $\sigma = 10 \text{ Н/см}^2$.

Отже, руйнування ґрунту з мінімальними витратами енергії можна добитися шляхом руйнування зв'язків між структурними агрегатами за допомогою деформації розтягування.

Питомий опір ґрунтів деформаціям (при оранці), Н/см^2 .

$$K_{nl} = \frac{R_{nl}}{a \cdot b \cdot n_k}. \quad (1.16)$$

Липкість ґрунту – зусилля, віднесене до 1 см^2 стичної з ґрунтом поверхні, яке потрібно для її відриву.

Липкість залежить від: вологості (рис. 1.5); матеріалу робочого органа; чистоти поверхні; питомого тиску; дисперсності ґрунту і ін.

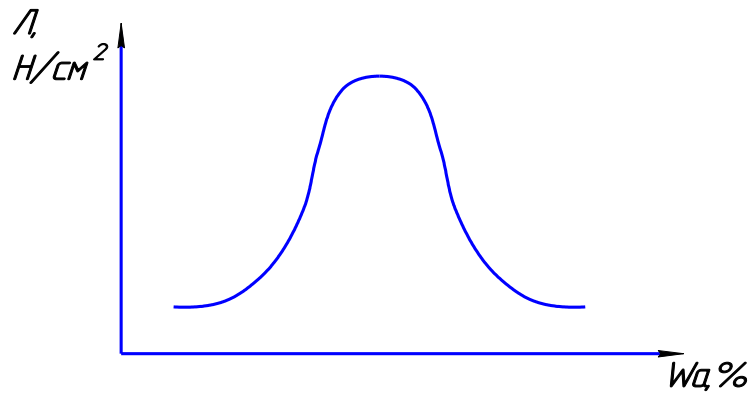


Рис. 1.5. Залежність липкості ґрунту від абсолютної вологості

Абразивність ґрунту виявляється в зношуванні робочих органів ґрунтообробних машин і знарядь і залежить головним чином від механічного складу ґрунту.

Висока абразивність ґрунтів пояснюється перевагою в їх складі кварцу – самого твердого із мінералів, які утворюють ґрунт.

Пластичність ґрунтів. Пластичність ґрунту – його властивість деформуватися під дією зовнішнього навантаження без руйнування і зберігати цю деформацію після зняття цього навантаження.

Пластичність в основному залежить від механічного складу і вологості ґрунту і характеризується числом пластичності

$$W_{пл} = W_г - W_n, \quad (1.17)$$

де $W_г$ – верхня межа пластичності, тобто вологість, при якій ґрунт починає текти, %;

W_n – нижня межа пластичності, тобто вологість, при якій ґрунт при розкочуванні в шнурок ($d = 3$ мм) починає розкришуватись, %.

Пружність ґрунтів. Під пружністю ґрунту вважається його властивість відновлювати свою форму після зняття зовнішнього навантаження. Пружна деформація існує тільки в той час, впродовж якого діє зовнішня сила, створююча цю деформацію. Пружність ґрунту залежить головним чином від механічного складу, вологості, задернілості його. Відносне значення пружної деформації ґрунту $\varepsilon_{пр}$ визначається за формулою:

$$\varepsilon_{пр} = \frac{l_k - l_n}{l_n} 100. \quad (1.18)$$

В'язкість ґрунтів. В'язкістю ґрунту вважають його властивість повільно

деформуватись не тільки в функції навантаження, але і в функції часу. Чим триваліший час діє навантаження, тим більша деформація.

Крихкість ґрунтів. В крихких тілах пластичні деформації відсутні. При механічному тиску крихкі тіла руйнуються без деформації. Пересохлі ґрунти важкого механічного складу при руйнуванні практично не мають залишкових деформацій.

Контрольні запитання

1. Що розуміють під сільськогосподарськими матеріалами?
2. Які задачі ставляться перед дисципліною?
3. Назвіть основні фізичні властивості ґрунтів.
4. Як класифікуються ґрунти за механічним складом?
5. Як поділяються структурні агрегати за розмірами?
6. Як поділяються ґрунти за кам'янистістю?
7. Як визначити об'ємну масу твердої фази, дійсну об'ємну масу та об'ємну масу ґрунту буз врахування вологи?
8. Назвіть показники, за якими визначають пористість ґрунту.
9. Напишіть формули, за якими визначають абсолютну та відносну вологість ґрунту.
10. Що розуміють під оптимальною вологістю ґрунту і як її можна визначити?
11. Які є забарвлення ґрунтів і чому вони впливають на їх температурний режим?
12. Назвіть основні технологічні властивості ґрунтів.
13. Що розуміють під здатністю ґрунту кришитися?
14. Що розуміють під твердістю і коефіцієнтом об'ємного зминання ґрунту?
15. Напишіть формули, за якими визначають твердість і коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту.

Лекція 2. Технологічні властивості насіння

План лекції

1. Механіко-технологічні властивості насіння.
2. Стійкість насіння пошкодженню висівними апаратами сівалок.
3. Вплив механічних пошкоджень насіння на посівні та продуктивні якості.

2.1. Механіко-технологічні властивості насіння.

Розрахунки і проектування робочих органів посівних машин вимагають обґрунтування елементів їх конструкцій з врахуванням технологічних властивостей насіння. Ці властивості визначаються головним чином морфологічною будовою та іншими особливостями насіння.

До основних технологічних властивостей насіння відносяться: 1) розміри насіння; 2) форма насіння; 3) структура і стан поверхні насіння; 4) маса насіння; 5) фрикційні властивості насіння; 6) характер витікання насіння через отвори; 7) передача руху через сухе тертя в "активному" шарі насіння; 8) здатність протистояти травмуванню під час роботи висівних апаратів та інших органів сівалок.

Розміри насіння. Розміри насіння різних культур різноманітні. Розміри насіння визначаються лінійними параметрами (довжина, ширина, товщина).

Довжина насіння зернових, зернобобових культур коливається в широких межах: від 1,8 (просо) до 18 мм (овес), олійних і технічних культур – від 2,5 (цукрові буряки) до 15 (соняшник), бобових і злакових кормових трав – від 1,1 (люцерна) до 8 (еспарцет), овочевих культур та коренеплодів – від 1,2 (селера) до 5,2 мм (кріп).

Ширина насіння зернових і зернобобових культур знаходиться в межах: 1,2 (просо) до 10 мм (кукурудза), олійних і технічних культур – від 1,7 (льон) до 8,6 (соняшник), бобових і злакових кормових трав – від 0,6 (тимофіївка) до 6 (еспарцет), овочевих культур та кормових коренеплодів – від 0,6 (петрушка) до 3,2 мм (редиска).

Товщина насіння зернових і зернобобових культур коливається від 1,0 (просо) до 8 мм (кукурудза, горох), олійних і технічних культур – від 0,5 (льон) до 6 (соняшник, соя), бобових і злакових кормових трав – від 0,4 (конюшина, тимофіївка) до 4 (еспарцет), овочевих культур та кормових коренеплодів – від 0,3 до 2,5 мм (редиска).

Різноманітність насіння по розмірах і інших ознаках властивостей пояснюється різними умовами живлення, забезпечення вологою, дозрівання й формування його на рослині і, безумовно, сортом рослин.

Форма насіння.

За формою насіння класифікується на п'ять класів:

а) *куляста* (довжина, ширина та товщина насіння практично однакові або відрізняються незначно – горох, просо, сорго);

$$\bigcirc \quad l = b = c$$

б) *сочевицеподібна* (ширина дорівнює довжині при значно меншій товщині – сочевиця та ін.);

$$\begin{array}{c} \square \\ \square \end{array} \quad c \leq b = l$$

в) *еліптична* (товщина дорівнює ширині при значно більшій довжині – соя та інші зерна бобових культур);

$$\begin{array}{c} \square \\ \square \end{array} \quad c = b \leq l$$

г) *продовгувата* (всі розміри зернини відрізняються один від одного – пшениця, ячмінь, жито, кукурудза та ін.);



д) *тригранна і багатогранна* – гречка.

Поверхня насіння. Поверхня насіння може бути гладенькою і глянцевою, ребристою і шершавою, горбистою і зморшкуватою.

Маса насіння. Показниками маси насіння є: а) абсолютна маса; б) об'ємна маса (натура, насипна щільність); в) щільність.

Абсолютною масою насіння називають масу 1000 шт. зернин у грамах (табл. 2.1).

Натура насіння основних польових культур коливається в межах, кг/м³: овес – 400...550; пшениця озима – 750...850; кукурудза – 680...860; соняшник – 275...400; льон – 580...680.

Щільність насіння основних польових культур коливається від 0,9 (соняшник) до 1,5 г/см³ (горох, пшениця, ячмінь). На величину щільності впливають вологість, вміст повітря в ендоспермі, хімічний склад насіння.

Таблиця 2.1

Абсолютна маса насіння основних сільськогосподарських культур

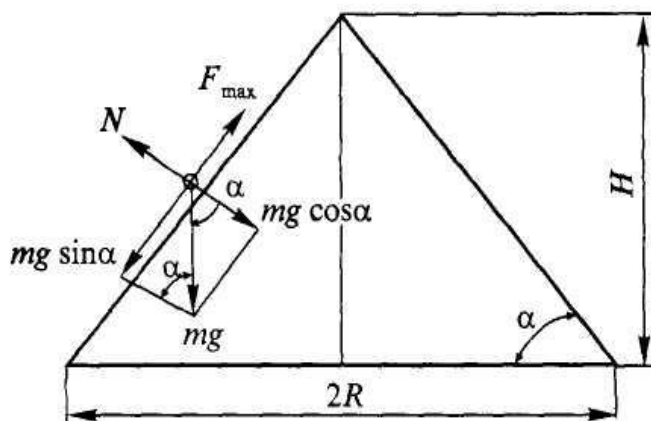
Культура	Маса 1000 насінин, г	Культура	Маса 1000 насінин, г
Пшениця	22...42	Кукурудза	205...345
Жито	13...32	Гречка	23,5
Овес	20...42	Просо	6...6,5
Ячмінь	31...51	Горох	155
Рис	24...31	Соняшник	53...69

Фрикційні властивості насіння. Основним видом тертя насіння є тертя ковзання. Динамічний коефіцієнт зовнішнього тертя для насіння пшениці, ячменю, кукурудзи по різних матеріалах знаходиться в межах $f_q = 0,3...0,5$. Динамічний f_q і статичний f_c коефіцієнти зовнішнього тертя знаходяться у співвідношенні

$$f_q = (0,6 \dots 0,7) f_{ст}. \quad (2.1)$$

Коефіцієнт внутрішнього тертя основних зернових культур знаходиться в межах $f' = 0,44...0,57$.

Кути внутрішнього тертя сипучих матеріалів дорівнюють кутам природних скосів. Якщо сипучий матеріал (насіння), розміщений на похилій площині (рис. 2.1), то при певних умовах (зменшення кута нахилу площини) матеріал (насіння) перестає рухатися по поверхні.

**Рис. 2.1. Схема для виявлення кута внутрішнього тертя**

Взаємне переміщення часточок (насіння) припиняється при

$$mg \sin \alpha = F_{\max}, \quad (2.2)$$

де m – маса насіння; g – прискорення вільного падіння; α – кут природного скосу; $F_{\max}$ – сила тертя, що виникає при взаємному переміщенні насіння.

$$F_{\max} = f \cdot N. \quad (2.3)$$

Так як $N = mg \cos \alpha$, то первинна умова набуває вигляду

$$mg \sin \alpha = f' mg \cos \alpha. \quad (2.4)$$

$$\text{Звідси} \quad \operatorname{tg} \alpha = f' = \operatorname{tg} \varphi'. \quad (2.5)$$

Значить, рівновага настає при $\alpha = \varphi'$.

$$\text{Звідси} \quad \varphi' = \arctg H / R. \quad (2.6)$$

Кут природного скосу насіння в основному залежить від вологості насіння. При вологості насіння пшениці 11...12 % цей кут має величину біля 34°, при вологості 14...15 % – збільшується до 37°.

Витікання зерна через отвори. Витікання насіння через отвори можливе при достатній величині отвору. Мінімальна його величина визначається розмірами насіння, формою, коефіцієнтом тертя. Найбільш інтенсивно прямують вниз зерна, які розташовані безпосередньо над отвором. У міру переходу вгору зона активного руху розширюється і при круглому отворі набуває форми конуса (зрізаного).

Якщо виміряти кількість витікаючого з отвору насіння в одиницях об'єму, який відноситься до часу на площу перерізу, то цей питомий показник q є швидкість витікання і має розмірність швидкості – см/с:

$$q = Q/F, \quad (2.7)$$

де Q – кількість насіння, яка витікає в одиницю часу, см³/с;

F – площа перерізу отвору витікання, см².

При витіканні насіння через отвір за дослідженнями А.Н. Семенова, існує критичний переріз отворів витікання. Зменшення перерізу вихідного отвору приводить до того, що при певному його значенні витікання насіння припиняється, незважаючи на те, що діаметр отвору ще значно більший поперечного перерізу зерен (рис. 2.2).

Витікання насіння відбувається без особливих затримок, якщо

$$\frac{r}{4\sqrt{bc}} \geq 1, \quad (2.8)$$

Коли

$$0,5 \leq \frac{r}{4\sqrt{bc}} < 1, \quad (2.9)$$

то витікання насіння зменшується і при

$$\frac{r}{4\sqrt{bc}} < 0,5 \quad (2.10)$$

повністю припиняється.

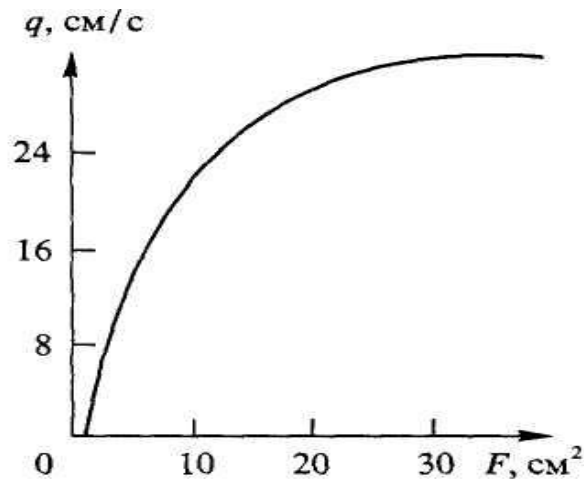


Рис. 2.2. Залежність питомого витікання насіння через круглий отвір від площі перерізу

Для визначення розмірів мінімально допустимих (критичних) отворів, з врахуванням характерних особливостей витікання насіння через отвори різної форми, можуть служити наступні вирази:

для круглих отворів

$$r = 4\sqrt{bc}, \quad (2.11)$$

для квадратних отворів

$$a = 4\sqrt{\pi bc}, \quad (2.12)$$

для еліптичних отворів

$$a' = \frac{2b'\sqrt{bc}}{b' - 2\sqrt{bc}}, \quad (2.13)$$

Передача руху через сухе тертя в «активному шарі» насіння.

В кожному висівному апараті зернових сівалок насіння переміщується:

а) вільним рухом зверху вниз під дією сили тяжіння;

б) примусово, перемістившись у впадини котушки, рухається разом із котушкою;

в) напівпримусово – в «активному» шарі рух насіння створюється силами внутрішнього тертя, які викликаються котушкою.

Швидкість руху окремих шарів насіння в загальному "активному" шарі підлягає математичному виразу в експоненціальній залежності

$$v_n = v_0 \cdot q^n, \quad (2.14)$$

де v_0 – швидкість першого шару, рівна швидкості деталі, яка створює імпульс;

n – порядковий номер шару, який приходить в рух; q – коефіцієнт, рівний:

$$q = e^{-\frac{f'}{c}}, \quad (2.15)$$

В міру заглиблення у насіннєвий матеріал швидкість руху насіння різко знижується (рис. 2.3). Загальна товщина активного шару не перевищує 4...6-кратної товщини насінини. У пшениці практично рухаються 4 шари (приблизно 10 мм), у проса 5 шарів (приблизно 7 мм).

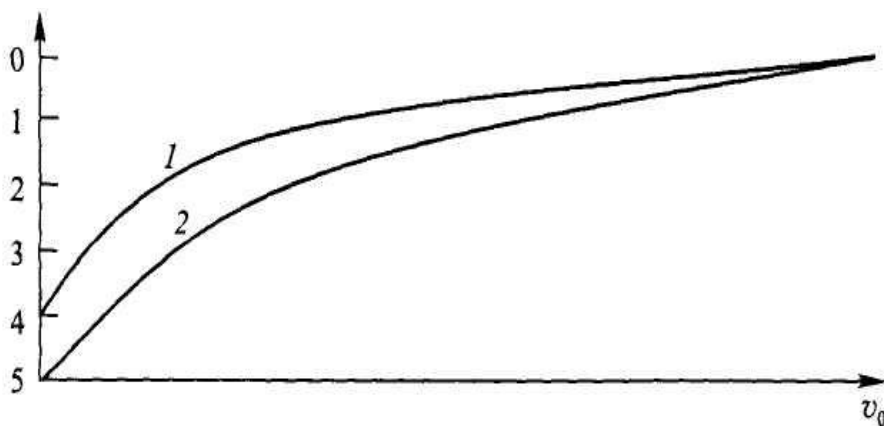


Рис. 2.3. Закономірність зміни швидкості руху різних шарів насіння у насінному матеріалі:
1 – пшениця; 2 – просо

2.2. Стійкість насіння проти пошкодження висівними апаратами сівалок.

Механічні пошкодження насіння під час сівби, якщо не повністю виключаються, то повинні бути зведені до мінімуму.

Схожість і життєздатність насіння знижуються навіть тоді, коли воно не отримало зовнішнього пошкодження і робота удару становить всього 50 % роботи, що руйнує оболонку насінини. Вплив висоти падіння масивної деталі на схожість насіння жита і пшениці за його вологості 16 % характеризується наступними величинами (табл. 2.2).

Слід мати на увазі, що навіть незначне пошкодження насіння при сівбі –

Таблиця 2.2

Закономірність пошкодження насіння при падінні на нього масивної деталі

Схожість насіння, %	Висота падіння деталі, см			
	1	2	3	4
Жита	100	100	80	65
Пшениці	100	80	—	—

Помічено, що з підвищенням норми висіву кількість механічно пошкоджених насінин зменшується як в дольовому виразі, так і в абсолютній кількості, але стійкої закономірності при цьому не виявлено, так як норма висіву сівалок з катушковим висівним апаратом встановлюється двома видами регулювання (величиною робочої довжини катушки і частотою обертання катушок), кожне з яких по різному впливає на пошкодження насіння при висіві, особливо зерно-бобових культур.

2.3. Вплив механічних пошкоджень насіння на посівні і продуктивні якості.

Механічні пошкодження знижують схожість насіння насамперед внаслідок пошкодження зародка та ураження пошкодженого насіння бактеріями, грибами, кліщами та іншими хворобами і шкідниками.

Встановлено, що:

а) проростки пошкоджених насінин втрачають орієнтацію в просторі, витинаються в різних напрямках, погано використовують запаси поживних речовин зернівки і повільно ростуть. При цьому проростки інколи не досягають поверхні ґрунту і гинуть;

б) мікроорганізми, які проникають в пошкоджене насіння в період зберігання, а також під час проростання, використовують можливі речовини зернівки і послабляють паростки.

Польова схожість озимої пшениці зі збільшенням пошкодження насіння в посівному матеріалі від 1 до 3 % знижується з 85 до 71 %.

Насіння з механічними пошкодженнями має підвищену чутливість до несприятливих ґрунтових умов. При низькій температурі відбувається затримка появи сходів. Сівба в оптимальні агротехнічні строки пошкодженого насіння різко знижує польову схожість зі збільшенням глибини загортання насіння в ґрунт, особливо з пошкодженням зародка.

Якість зерна, одержаного із механічно ушкодженого насіння, значно нижча якості зерна, одержаного від рослин, які вирости навіть із дрібного насіння. Зниження маси 1000 зерен по озимому житу складало 14...17,4 %, по ярій пшениці – 9,8...11,9 %. Спостерігається збільшення невирівняності по розмірах.

Мукомельні та хлібопекарські якості погіршуються.

Контрольні запитання

1. Назвіть основні технологічні властивості насіння.
2. Дайте характеристику розмірів зернових культур.
3. Якою може бути поверхня насіння?
4. Наведіть основні показники маси насіння.
5. Доведіть, що кут внутрішнього тертя дорівнює куту природного укосу насіння.
6. Як визначити питомий показник витікання зерна крізь отвори?
7. Наведіть залежність питомого показника витікання зерна крізь круглий отвір від площі перерізу.
8. Напишіть формули визначення критичних розмірів для круглих, квадратних і еліптичних отворів.
9. Наведіть закономірність зміни швидкості руху різних шарів насіння.
10. За якою формулою визначають швидкість руху окремих шарів насіння?
11. Як впливають на пошкодження насіння довжина робочої частини і частота обертання котушки?
12. Як впливають на посівні і продуктивні якості насіння механічні пошкодження?

Лекція 3. Механіко-технологічні властивості добрив як об'єкта механізованого внесення в ґрунт

План лекції

3.1. Загальні відомості.

3.2. Властивості твердих мінеральних добрив.

3.3. Властивості органічних добрив.

3.1. Загальні відомості.

За способом одержання добрива поділяють на дві групи: мінеральні та органічні. Знаходять застосування суміші органічних та мінеральних добрив – органо-мінеральні компости.

Мінеральні добрива за призначенням поділяють на добрива прямої дії, які призначаються безпосередньо для живлення рослин, і посередньої дії, які застосовують для поліпшення фізико-хімічних властивостей ґрунту. Мінеральні добрива прямої дії поділяються на прості, які містять один якийсь живильний елемент, і змішані, які являють собою механічні суміші двох або трьох простих добрив.

Мінеральні добрива – добрива, які виробляються промисловістю із мінералів або господарським шляхом, спалюючи органічні речовини.

Органічні добрива – це добрива тваринного або рослинного походження і мають багато спільних властивостей. Органічні добрива називають повними, тому, що вони в своєму складі мають основні елементи живлення рослин і часто в різних пропорціях.

Властивості гною також змінюються в залежності від умов і часу його зберігання. В процесі зберігання гній перепріває, розкладається і дозріває. Визначають чотири стадії зрілості гною:

1. *Свіжий та малоперепрівший гній. В такому добриві солома і підстилковий матеріал майже повністю зберігають свій колір і міцність.*

2. *Напівперепрівший гній має в своєму складі солону темно-коричневого кольору з послабленою міцністю і легким руйнуванням.*

3. *Перепрівий гній* – це чорна мажуча маса, в якій не виявляються окремі соломини, і має порівняно рівномірну зв'язність.

4. *Перегній* – це чорна, розпушена, однорідна земляниста маса, в якій не розрізняються вихідні матеріали.

3.2. Властивості твердих мінеральних добрив.

Тверді мінеральні добрива виготовляють порошкоподібними та гранульованими.

Найважливішими властивостями мінеральних добрив є:

Об'ємна маса – це маса одного кубічного метра добрива, виражена в тоннах. Цей показник для існуючих мінеральних добрив становить від 0,6 до 2 т/м³. Основні види мінеральних добрив мають таку об'ємну масу, т/м³: аміачна селітра – 0,8...1,0, хлористий калій – 0,9...1,0, суперфосфат – 1...1,2.

Розміри часточок та гранулометричний склад. З точки зору технології висіву оптимальні розміри частинок гранульованих мінеральних добрив знаходяться в межах 1...4 мм з перевагою частинок 2...3 мм.

Під гігроскопічністю добрив розуміється їх властивість поглинати вологу із навколишнього середовища. Запроваджується поняття – гігроскопічна точка добрива *h*. Під цією точкою розуміється відносна вологість навколишнього повітря, при якій добриво не втрачає і не поглинає вологу із повітря.

Розрізняють поняття – злежуваність і злежалість. Злежуваність – це властивість добрив, що характеризує їх схильність до переходу у стан злежалості. Злежалість – фізичний стан добрив, за якого їх частинки знаходяться в тому або іншому ступені зчеплення.

Таблиця 3.1

Категорії злежалості добрив

Категорії злежалості	Ступінь злежалості	Опір руйнування, кПа
1	Не злежалось	до 100
2	Трохи злежалось	100...200
3	Злежалось	200...700
4	Сильно злежалось	700...1500

5	Дуже сильно злежалось	більше 1500
---	-----------------------	-------------

Ступінь злежалості визначається методом стискання циліндрів, які готують із злежалого добрива. В залежності від міцності зразків добриво має ту або іншу категорію злежалості.

Опір руйнуванню при стисканні визначають за формулою

$$\sigma = \frac{4 \cdot P}{\pi \cdot D^2}, \quad (3.1)$$

де P – зусилля руйнуванню, Н; d – діаметр перерізу зразка, м.

Сипучість – це здатність добрива проходити крізь отвори. Ця властивість залежить від вологості добрива та розмірів окремих часточок, з яких складається добриво. Сипучість є показником розсіювання добрив. Вона оцінюється по 12-бальній шкалі.

Прилад для визначення сипучості складається з дванадцяти металічних воронок, з різними діаметрами отворів.

У аміачної селітри висота вільностоячої вертикальної стінки у зв'язку з ущільненням збільшується від 70 до 250 мм, у сечовини – від 150 до 250 мм, у хлористого калію і нітрофоски – від 125 до 250 мм. Гранульовані і сильно сипучі добрива вертикальної стінки не утворюють.

Склепостворення – властивість матеріалу утворювати над отвором, через який матеріал витікає, порожнину. Природно, що після утворення порожнини над отвором витікання матеріалу припиняється.

Таблиця 3.2

Групування добрив за їх схильністю до склепоутворення

Здатність до склепостворення і вільного витікання	Діаметр склепостворюючого отвору, мм
1. Склепи утворюють рідко, сипучість добра	10...20
2. Склепостворення і сипучість середні	30...75
3. Склепостворення сильне, сипучість слабка	100...150
4. Склепостворення дуже сильне, сипучість дуже слабка	180...200

Зсувне зусилля залежить від нормального навантаження на добриво, у зв'язку з чим опір добрива зсуву визначають при декількох питомих тисках, які близькі до значень навантаження в туковисівних апаратах.

Величину дотичного напруження τ визначають за формулою

$$\tau = \frac{T}{F}, \quad (3.2)$$

а нормального напруження

$$\sigma = Q/F, \quad (3.3)$$

Коефіцієнт зовнішнього тертя коливається в залежності від виду добрива в значних межах. Гранульовані добрива мають менші коефіцієнти тертя ніж порошкоподібні.

При висипанні із місткості крізь отвори всі добрива приймають на горизонтальній площині форму конуса. Кут, що утворює цей конус до горизонту, називається кутом природного укосу. Добрива, які залишаються в місткості, розташовуються під кутом обвалу $\alpha_{об}$. Кути α і $\alpha_{об}$ можна визначити за допомогою кутоміра (рис. 3.1).

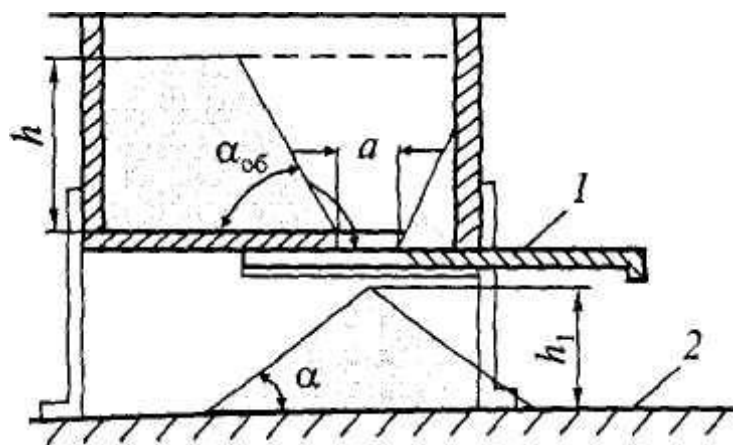


Рис. 3.1. Схема приладу для визначення кутів α і $\alpha_{об}$: 1 – заслінка; 2 – горизонтальна поверхня; h – висота добрива; h_1 – висота конуса; a – розмір отвору

Прилипання – це здатність деяких добрив при контактуванні зі стінками бункерів, тукових ящиків і тукових банок, валами і витками шнеків, робочими органами, мішалками та іншими деталями машин налипати на їх поверхню й порушувати роботу машин. У складі майже всіх мінеральних сухих добрив є дуже дрібні часточки, які здатні прилипати до поверхонь машин.

Парусність часточок добрива визначається швидкістю повітряного потоку, в

якому часточки добрива утримуються в зрівноваженому стані силою тяжіння. При внесенні добрив відцентровими або іншими кидаючими органами машин дальність польоту часточок та якість розсіювання добрива визначаються в основному коефіцієнтом парусності.

Розчинність добрив різна і поділяється на: а) дуже сильну; б) сильну; в) малу; г) дуже малу. Ця властивість в значній мірі визначає агресивність добрива відносно робочих органів і в цілому машин для внесення добрив.

При змішуванні добрив слід дотримуватися певних правил, порушення яких може призвести до зниження їх ефективності. При змішуванні деяких добрив може знизитися їх поживна цінність.

3.1. Властивості органічних добрив.

До основних механіко-технологічних властивостей підстилкового гною слід віднести: об'ємну масу, опір розриванню, стиску та зсуву, коефіцієнти зовнішнього та внутрішнього тертя, липкість, аеродинамічні властивості, теплофізичні властивості.

Об'ємна маса гною в основному залежить від підстилкового матеріалу та вологості. Значення об'ємної маси гною знаходиться в межах від 400 до 1100 кг/м³. Найвищу об'ємну масу має глибокостійловий гній. Додавання до гною соломи зменшує його об'ємну масу. Об'ємна маса торфу при зміні вологості від 40 до 86 % збільшується від 0,27 до 1,02 т/м³.

Опір гною розриванню. Вид, кількість та стан підстилкового матеріалу, який входить до складу гною, визначають опір гною розриванню – важливого показника властивості гною для механізації навантаження, транспортування і його розкидання. Опір розриванню зумовлюється наявністю та станом підстилки, залишків кормів, а також дією молекулярних і капілярних сил зчеплення. Залежність нормального напруження розриванню твердих органічних добрив від їх об'ємної маси γ визначають за формулою:

$$\sigma_p = \kappa \cdot \gamma^n, \quad (3.4)$$

де κ та n – постійні коефіцієнти для даного виду добрива. Наприклад: для гною $\kappa = 0,16$; $n = 1,9$.

Опір гною розриванню як у горизонтальному, так і у вертикальному напрямках

визначають за допомогою установки, яка працює на принципі важеля. Один кінець важеля має вила, на другому кінці закріплюють трос з динамографом.

Міцність при стисканні. В умовах обмеженого бічного розширення залежність між напруженням і деформацією при стисканні виявляється функцією виду:

$$\sigma_{cm} = c \cdot h^{\mu}, \quad (3.5)$$

Величини коефіцієнтів c і μ залежать від об'ємної маси і вологості. При зміні об'ємної маси солом'яного гною від 0,6 до 1,0 т/м³ при вологості 74% коефіцієнт c збільшується з 0,07 до 0,50, а коефіцієнт μ зменшується з 0,75 до 0,60.

При стисканні органічних добрив мають місце як пружні, так і остаточні деформації (рис. 3.2).

Величина пружної деформації визначається як різниця повної і остаточної деформацій:

$$h_{пр} = h - h_{ост}, \quad (3.6)$$

Напруження, які характеризують пружні властивості добрив, можна визначити за формулою

$$\sigma_{пр} = \sigma - \sigma_{ост}, \quad (3.7)$$

Опір зсуву. Опір зсуву є важливою властивістю гною. Граничний опір зсуву характеризує зчеплення між часточками зв'язних матеріалів. Дотичне напруження зсуву, Па, для гною можна виразити формулою:

$$\tau_{zc} = C_{зв} + f'p, \quad (3.8)$$

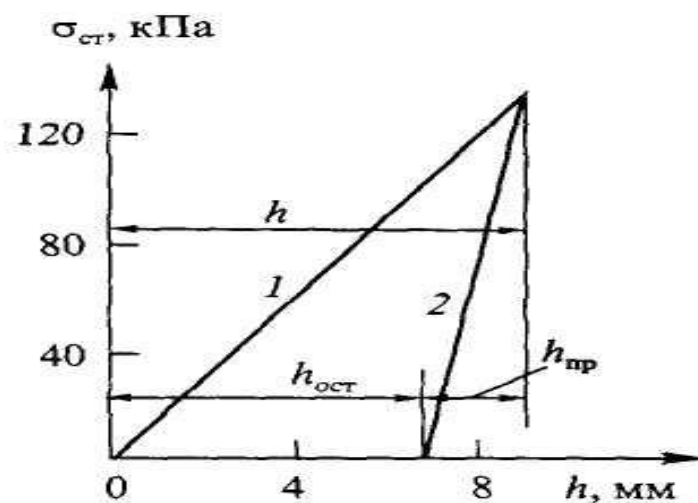


Рис. 3.2. Залежність пружного і остаточного напруження при навантаженні і розвантаженні зразка добрива:

1 – зміна повної деформації h при навантаженні;

2 – зміна остаточної деформації $h_{\text{ост}}$ при розвантаженні

Дотичне напруження $\tau_{\text{зс}}$ при збільшенні вологості нормального питомого тиску P (рис. 3.3), а також нормального напруження σ (рис. 3.4) зростає.

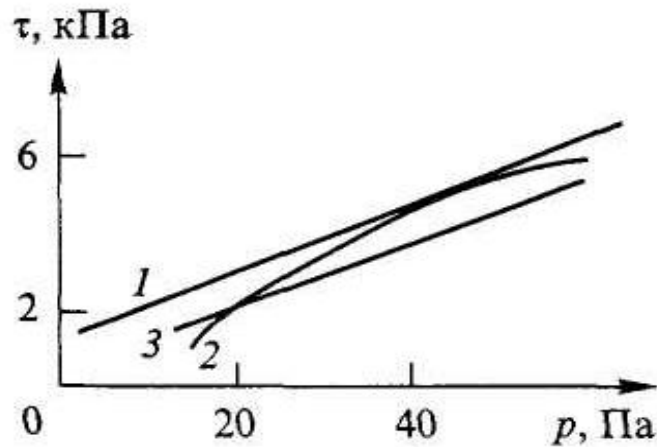


Рис. 3.3. Залежність $\tau_{\text{зс}}$ від P для гною з вологістю: 1 – 47 %; 2 – 65 %; 3 – 76 %

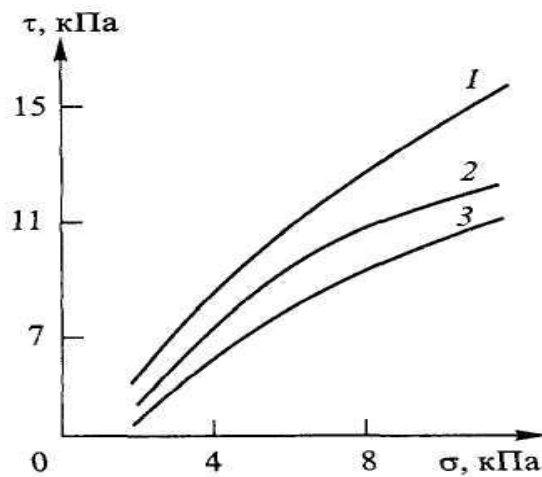


Рис. 3.4. Залежність $\tau_{\text{зс}}$ від σ для гною з вологістю: 1 – 88,4%; 2 – 82,2%; 3 – 75,6%

Дотичне напруження $\tau_{\text{зс}}$ при збільшенні вологості добрив зменшується як при зростанні P , так і σ .

Дотичне напруження зсуву в залежності від об'ємної маси можна виразити залежністю виду

$$\tau_{\text{зс}} = \tau_1 \cdot \gamma_{\text{пл}}. \quad (3.9)$$

Графічна залежність $\tau_{\text{зс}}$ від об'ємної маси виражається видом (рис. 3.5). При збільшенні об'ємної маси солом'яного гною з 500 до 900 кг/м^3 $\tau_{\text{зс}}$ зростає від 10 до 23 кПа.

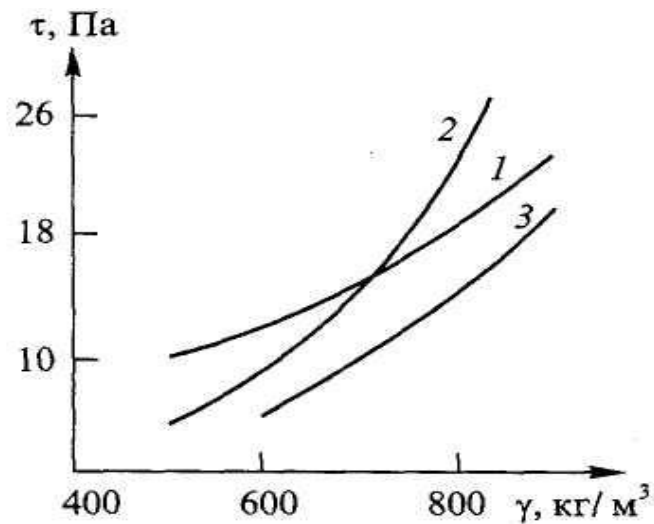


Рис. 3.5. Залежність τ_{zc} від γ :

1 – солом'яний гній; 2 – свіжий компост; 3 – зрілий компост

Фрикційні властивості. Коефіцієнт зовнішнього тертя гною визначають за формулою

$$f = F / N, \quad (3.10)$$

Для вологих добрив, які мають липкість, залежність між зовнішньою силою тертя F і нормальною силою тиску N виражається лінійною функцією виду:

$$F_{\text{вол}} = F_{\text{пр}} + fN, \quad (3.11)$$

Коефіцієнт зовнішнього тертя зменшується при збільшенні тиску (рис. 3.6) і вологості (рис. 3.7).

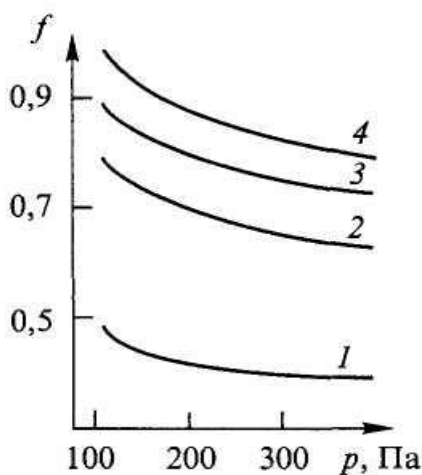


Рис. 3.6. Залежність f від P :

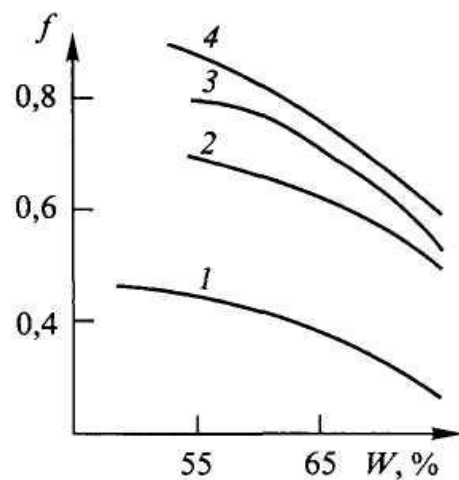


Рис. 3.7. Залежність f від W :

1 – поліетилен; 2 – дерево; 3 – сталь; 4 – гума

Коефіцієнт внутрішнього тертя при збільшенні питомого тиску знижується

(рис. 3.8). При більш високому питомому тиску коефіцієнт внутрішнього тертя практично не змінюється. Для гною при зміні вологості від 45 до 70% f' зростає з 0,55 до 0,72 (рис. 3.9).

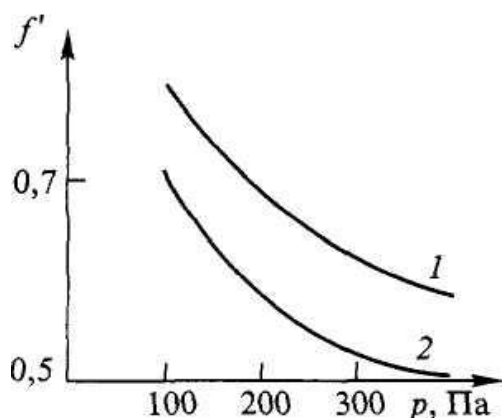


Рис. 3.8. Залежність f' від P :

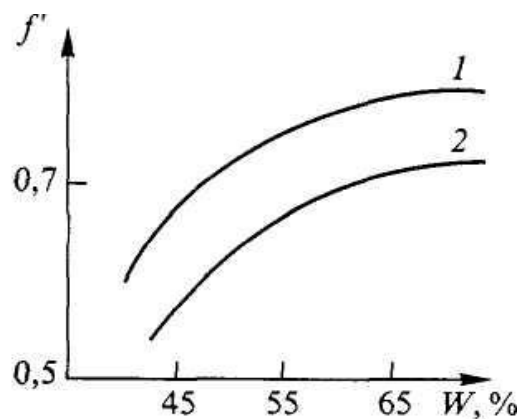


Рис. 3.9. Залежність f' від W :

1 – суміш подрібненого торфу з гноєм; 2 – гній

Липкість. Липкість гною зумовлена силами молекулярних взаємодій і вимірюється силою, віднесеною до одиниці площі, яку необхідно прикласти, щоб відірвати прилипнутий до добрива предмет. Прилипання гною ускладнює роботу робочих органів машин, які контактують з ним, та зменшує надійність їх роботи. На липкість гною переважно впливають його вологість (рис. 3.10) і склад, а також матеріал поверхні робочих органів машин.

Аеродинамічні властивості твердого гною. Для розкидання гною на полі використовують роторні гноєрозкидачі. Гній захоплюється лопастями робочого органа гноєрозкидача і розкидається на поверхні поля. Кожна часточка гною, що розкидається, пролітає певний шлях у повітрі, де зустрічає опір повітря. Визначення дальності польоту часточок добрива без урахування опору повітря призводить до значних помилок. Опір повітря польоту часточок гною характеризується їх парусністю.

Опір повітря:

$$R = m \cdot K_{\Pi} \cdot v_{кр}^2, \quad (3.12)$$

де R – опір повітряного середовища польоту часточки гною, Н; m – маса часточки гною, Н с²/м; K_{Π} – коефіцієнт парусності, 1/м; $v_{кр}$ – швидкість руху часточки, м/с.

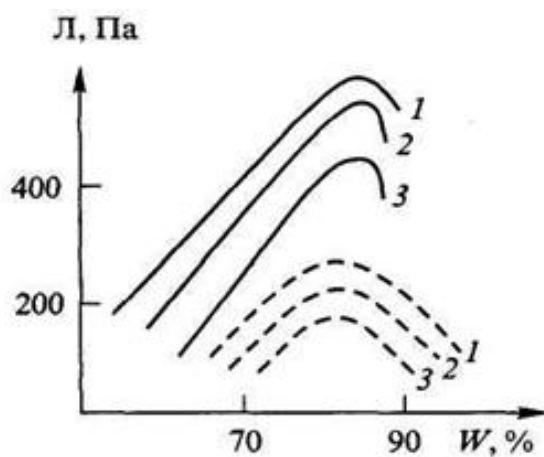


Рис. 3.10. Залежність липкості від вологості гною :

1 – до цементної поверхні; 2 – до дерев'яної поверхні; 3 – до сталевій поверхні
(суцільні лінії – торфосолом'яного гною; штрихові – торф'яного)

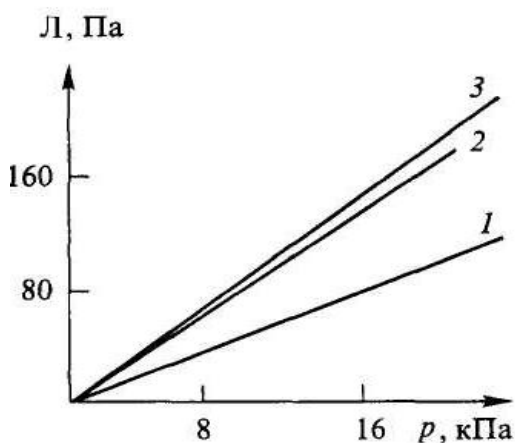


Рис. 3.11. Залежність липкості від Р:

1 – солом'яний гній;
2 – подрібнений торф;
3 – торфосолом'яний гній

Коефіцієнт парусності підраховують за

критичною швидкістю часточок.

Характер залежності критичної швидкості часточок добрив від їх діаметра і вологості наведені відповідно на (рис. 3.12 та 3.13).

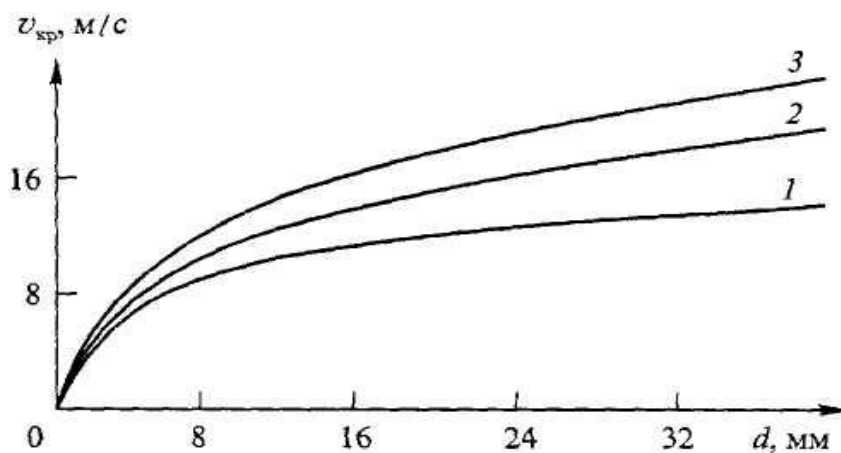


Рис. 3.12. Залежність $v_{кр}$ від d:

1 – вологість 52 %; 2 – вологість 61 %; 3 – вологість 67 %

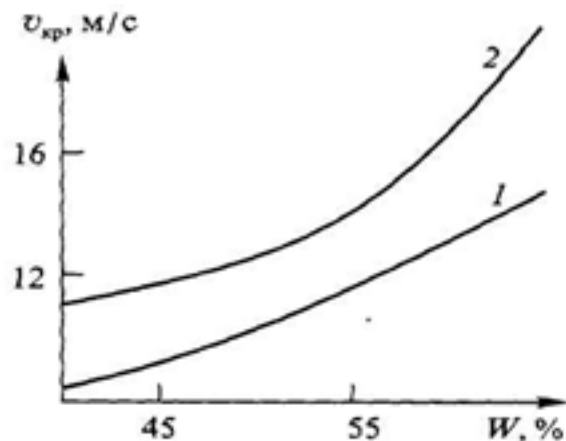


Рис. 3.13. Залежність $v_{кр}$ від W : 1 – $d=8-10$ мм; 2 – $d=16-20$ мм

Теплофізичні властивості рідких органічних добрив.

а) Теплоємність – кількість теплоти, необхідна для нагрівання одного кіло грама гною на один Кельвін. Знання теплоємності рідкого гною необхідно для розрахунків машин і механізмів по утилізації гною , обеззаражувань термічними способами, утриманню гною в зимовий період.

б) Температуропровідність – здатність гною передавати температуру сусіднім шарам. Вона залежить від вмісту в ньому води. При зменшенні вологості рідкого гною з 98 до 83% при температурі 25...40⁰С коефіцієнт температуропровідності знижується з 3,7 до 2,87 м²/с·10⁻⁴.

в) Температура замерзання. В зимовий період гній може замерзати при відповідній температурі. Тому необхідно знати температуру замерзання гною і його складових частин.

Контрольні запитання

1. За якими ознаками проводять класифікацію добрив?
2. Назвіть основні властивості мінеральних добрив.
3. Дайте поняття основним властивостям мінеральних добрив.
4. Що таке гігроскопічна точка добрива?
5. Що таке злежаність та злежалість добрив?
6. Розкажіть про методику визначення злежалості добрива.

7. Розкажіть про методику визначення сипучості добрив.
8. Розкажіть про методику визначення кута природного укосу і діаметра склепоутворюючого отвору.
9. Назвіть основні властивості органічних добрив.
10. Поясніть залежність дотичного напруження органічного добрива від нормального тиску.
11. Наведіть залежність липкості від вологості гною.
12. Наведіть залежність коефіцієнта зовнішнього тертя від вологості і нормального тиску гною.
13. Наведіть залежність коефіцієнта внутрішнього тертя від вологості і нормального тиску органічних добрив.
14. Дайте характеристику теплофізичних властивостей рідких органічних добрив: теплоємність, температуропровідність, температура замерзання.
15. За якою формулою визначають опір повітряного середовища польоту часточки добрива?

Лекція 4. Технологічні властивості пестицидів, які використовують для захисту рослин

План лекції

- 1. Загальні відомості.**
- 2. Класифікація пестицидів.**
- 3. Форми пестицидів.**
- 4. Властивості робочих матеріалів для хімічного захисту рослин.**

4.1. Загальні відомості.

Рослини с.-г. культур захищають, використовуючи хімічні, фізичні, біологічні та інші методи. Хімічні методи захисту рослин – це обприскування, обпилювання, протруювання, обробка аерозолями, застосування отруйних принад та ін. Фізичні методи захисту представляють використання дії на шкідливі організми тепла, ультразвуку, механічних дій (всмоктування, механічне знищення) тощо, біологічні – використання живих організмів – антагоністів шкідників, створення сортів і форм культурних рослин, стійких проти пошкодження шкідниками, хворобами та бур'янами.

4.2. Класифікація пестицидів.

Хімічні засоби захисту рослин, які називають пестицидами (від лат. *pestis* – зараза і *cide* – убивати, класифікують за такими принципами: об'єкт застосування, спосіб проникнення в організм, тип хімічної сполуки, здатність до кумуляції, токсичність. Класифікація за об'єктами застосування передбачає об'єднання хімічних препаратів у групи залежно від мети їх застосування.

Препарати, які використовують для боротьби з шкідливими комахами, називають інсектицидами, гризунами – зооцидами, кліщами – акарицидами, хворобами – фунгіцидами, бур'янами – гербіцидами.

4.3. Форми пестицидів.

Препаративні форми пестицидів. Промисловість випускає багато пестицидів, які визначають вибір засобів механізації для приготування, транспортування і

застосування їх на полі.

Основними формами є: пилоподібні, гранульовані (зернисті), мікрокапсульовані, пестицидні шашки, змочувані порошки, розчини у воді, розчини в органічних розчинах, концентрати емульсій, технічні продукти, пасти.

В табл. 4.1 наведено класи дисперсних систем та їх характеристики.

Таблиця 4.1

Характеристика окремих дисперсних систем

Клас дисперсії	Розмір дисперсних часточок, мкм	Вид дисперсної системи	Спосіб застосування
Великі часточки	≥ 10	Дуст Суспензія Емульсія	Обпилювання Обприскування Те саме
Середні часточки	10 – 0,1	Те саме Туман	—"– Аерозольна обробка
Дрібні часточки	0,1 – 0,001	Розчин Дим	Обприскування Аерозольна обробка
Добре подрібнені часточки	$< 0,001$	Газ Розчин	Фумігація Обприскування

4.4. Властивості робочих матеріалів для хімічного захисту рослин.

Найпоширенішим способом хімічної обробки для захисту рослин є застосування пестициду в рідкому стані за допомогою обприскування.

Пестициди, які застосовують для захисту рослин, залежно від призначення, використовують у вигляді водних розчинів, суспензій або емульсій і називають робочими рідинами.

Макророзподіл – це розподіл розчину пестициду по всій рослині. Різні частини рослин не завжди однаковою мірою пошкоджені хворобами і шкідниками. Якщо верхні частини рослин будуть змочені більше ніж нижні, то наступний дощ може поліпшити розподіл діючої речовини препарату.

Мікророзподіл – це розподіл рідини по листках і плодах: вони мають бути змочені якомога рівномірніше з усіх боків. Насамперед це стосується верхньої і нижньої поверхонь листків. Інший критерій мікророзподілу – це характер змочування. Під цим розуміють насамперед розмір і число плям, утворених хімічною речовиною

на частинах рослини.

Характер змочування можна описати часткою площі, вкритої робочим розчином, і середнім діаметром плям. За однакової витрати робочої рідини ступінь вкривання зростає зі зменшенням розмірів крапель, при цьому діаметр плям і відстані між ними зменшуються.

Щоб вкрити однакові площі за величини крапель 0,15 мм, потрібно вдвічі менше рідини, ніж за їх величини 0,25 мм. Оптимальною величиною крапель вважають таку, за якої досягається максимальний успіх боротьби із захворюванням рослин або шкідниками з мінімальним навантаженням на навколишнє середовище. Для інсектицидів оптимальна величина крапель становить 0,02 мм, а максимальна – 0,05 мм.

В табл. 4.2 наведено зв'язок між діаметром крапель робочої рідин, їх кількістю в одиниці об'єму і розміром обробленої площі.

Таблиця 4.2

Взаємозв'язок діаметра та кількості крапель і розміру обробленої площі

Діаметр крапель, мм	Кількість крапель в 1 мм³ рідини	Розмір обробленої площі, мм²
1	1,41	1,5
0,1	1920	15
0,01	191 · 10 ⁴	150

Для звичайного обприскування потрібна значна кількість рідини, тому застосовують також мало – та ультрамалооб'ємне обприскування, за якого витрати робочої рідини за рахунок підвищення її концентрації зменшується в кілька разів. Норма внесення діючої речовини на одиницю площі залишається незмінною. Суть ультрамалооб'ємного обприскування полягає в тому, що вихідний препарат використовують без розбавлення водою. Однак для висококонцентрованих розчинів потрібен підвищений ступінь розпилювання препарату і рівномірніше покриття поверхні рослин.

На рис. 4.1 наведено визначення змочуваності поверхонь за крайовим кутом змочування ф.

Оптимальне змочування є тоді, коли краплі рідини розтікаються, але не зливаються. Це відповідає $\cos\phi$, що приблизно дорівнює 0,85 – 0,90.

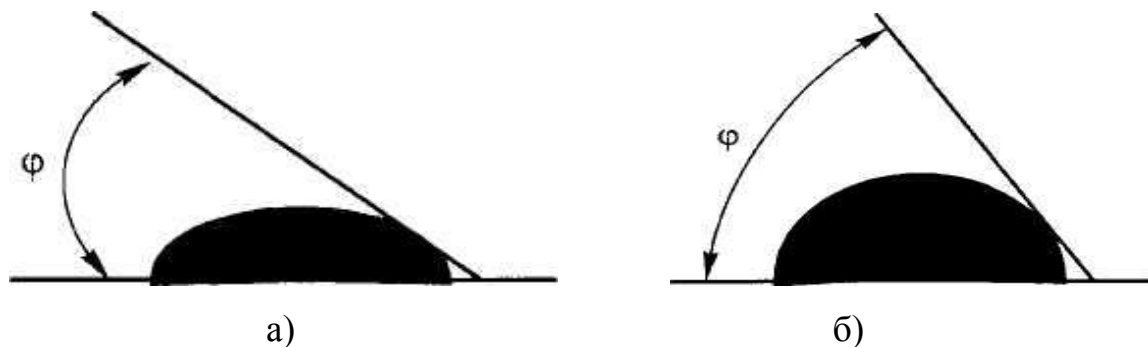


Рис. 4.1. Визначення змочуваності різних поверхонь за крайовим кутом змочування ϕ :

а – поверхня змочується; б – поверхня не змочується

Зменшенням поверхневого натягу робочої рідини (поверхневий натяг води дорівнює 7,28 Па) можна добитися необхідного змочування поверхні.

Поверхневий натяг води в разі додавання до неї сучасних розтічників (концентрацією 0,1 %) зменшується до 4,7 – 3,4 Па.

Середній діаметр крапель визначають за формулою

$$d_{кр} = 2/3d_{сл}, \quad (4.1)$$

де $d_{сл}$ – діаметр сліду краплі.

Для визначення токсичної дії препарату застосовують поняття коефіцієнта ефективної дії краплі, що дорівнює відношенню загальної площі ефективної дії краплі до площі сліду краплі (рис. 4.2).

Коефіцієнт дії краплі

$$K_{ef} = \frac{F_{ef}}{F_{сл}} = \frac{(d_{сл} + 2r)^2}{d_{сл}^2}, \quad (4.2)$$

де r – зона ефективної дії краплі ($r = 100...200$ мкм).

Дрібні часточки при однаковій витраті препарату на одиницю площі повніше і рівномірніше вкривають поверхню рослин, які обробляють.

Фумігація – це процес насичення обмеженого простору пестицидами сильної дії, які швидко випаровуються. Пестициди, які використовують для фумігації, можуть перебувати у твердому, рідкому і газоподібному стані. Характерними властивостями фумігантів є швидкість випаровування, леткість, густина (в газоподібному стані

відносно повітря), нейтралізація (здатність піддватися дегазації).

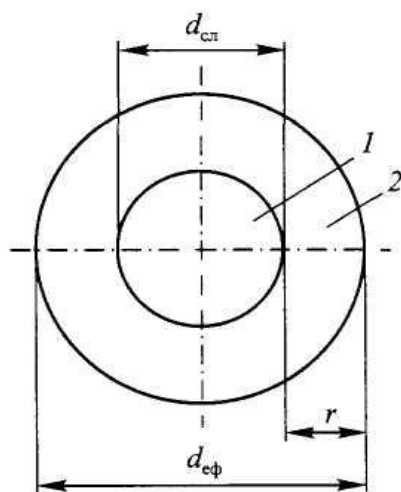


Рис. 4.2. До визначення коефіцієнта ефективної дії краплі:

1 – слід краплі; 2 – зона ефективної дії краплі

Протруювання застосовують для передпосівної обробки пестицидами посівного та садивного матеріалу з метою знищення хвороб, які знаходяться на поверхні чи всередині тканин насіння, бульб, знищуються і тим самим усувається небезпека захворювання рослин упродовж усього вегетаційного періоду.

Протруювання поділяють на сухе, напівсухе і мокре.

Контрольні запитання

1. Назвіть методи захисту рослин.
2. Наведіть класифікацію пестицидів за ознаками: об'єкт застосування, спосіб проникнення в організм, тип хімічної сполуки, здатність до кумуляції.
3. Дайте поняття про препаративні і робочі форми пестицидів.
4. Наведіть характеристику окремих дисперсних систем.
5. Як пов'язані між собою діаметр крапель, їх число в одиниці об'єму і розмір обробленої площі?
6. Наведіть схеми змочуваності поверхонь.
7. Як можна визначити середній діаметр крапель?
8. Напишіть формулу для визначення коефіцієнта ефективної дії краплі.
9. Коротко схарактеризуйте аерозольну обробку, обпилювання, фумігацію, протруювання.

Лекція 5. Механіко-технологічні властивості стебел сільськогосподарських культур в період збирання

План лекції

1. Загальні відомості.
2. Фізико-механічні властивості окремих тканин стебел.
3. Опір стебел деформаціям.
4. Пружні властивості стебел.
5. Орієнтація стебел у просторі.
6. Фрикційні властивості стебел.

5.1. Загальні відомості.

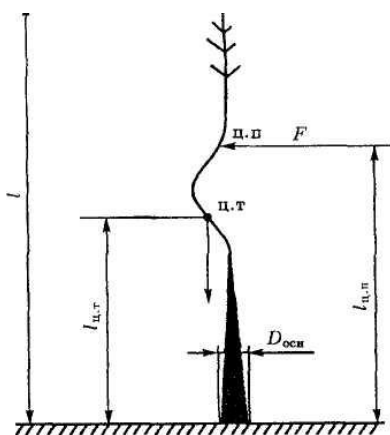
Здавна, вирощуючи с.-г. рослини, людина мимоволі зустрічалась з необхідністю вивчати фізико-механічні властивості рослин. До певного часу ці дослідження носили форму звичайних спостережень і не відрізнялись особливою спрямованістю.

Питаннями вивчення фізико-механічних властивостей рослин займалися відомий фізик, математик і астроном Галілео Галілей (1638 р.), Н. Кульман (1856 р.), Г. Спенсер (1870 р.), С. Швенденер (1873 р.) та ін.

Основні розмірні характеристики стебла рослини представлені на рис. 5.1.

У низькорослих рослин основна маса листків розміщується недалеко від верхівки, а у високорослих – від основи, що зменшує висоту центра тяжіння рослини і частково розвантажує стебло.

Відношення $l_{ц.т.}$ до діаметра основи характеризує стійкість стебла.



Зв'язок між діаметром стебла кукурудзи на рівні зрізу і $l:d=0,012L$, а $l_{ц.т.}=0,45L$. Сила тяжіння рослини сильно корелює з його висотою $G=22,2 L$.

Рис. 5.1. Розмірні характеристики стебла рослини:

l – висота стебла; $D_{осн}$ – діаметр основи стебла; $l_{ц.т.}$ $l_{ц.п.}$ – відповідно висота центра тяжіння і парусності рослини; F – результуюча сил дії навколишнього середовища (повітря, опадів і т.д.)

5.2. Фізико-механічні властивості окремих тканин стебел.

Для визначення співвідношення арматури (армованих ниток) і основної тканини можливо використати метод мікроскопічних досліджень. За допомогою планиметра обчислюють площу перерізу зрізу S . На одній четвертій частині зрізу підраховують кількість пучків n (середнє значення). Лупою «Польді» вимірюють поздовжні і поперечні розміри пучків. Приймаючи кожний пучок за еліпс, визначаємо $F_p = \pi \cdot a \cdot b$, де a і b відповідно поперечні і поздовжні розміри пучка.

Сумарна площа пучків $F_c = n \cdot F_p$, де n – кількість пучків на поперечному перерізі зрізу. Площа „заповнювача” $F_s = S - F_c$. Визначають коефіцієнт арматури λ .

$$\lambda = \frac{F_c}{S} \cdot 100, \% . \quad (5.1)$$

Залежність коефіцієнта арматури від діаметра має вигляд (рис. 5.2).

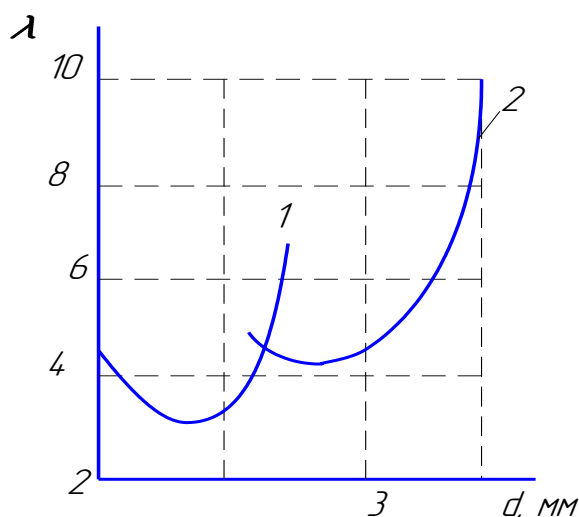


Рис. 5.2. Залежність λ від d : 1 – пшениця ярова; 2 – ячмінь яровий

Виявлено, що для тканин стебел при розтяганні характерна прямолінійна залежність між зусиллям і деформацією аж до руйнування. Основні механічні характеристики при розтягуванні і стисканні можна визначити по наступних формулах:

1. Відносне подовження (скорочування)

$$\varepsilon = \frac{\Delta l}{l}, \quad (5.2)$$

2. Нормальне напруження (межа міцності)

$$\sigma = \frac{P_{\max}}{F}, \quad (5.3)$$

3. Модуль пружності першого роду

$$E = \frac{\sigma}{\varepsilon}. \quad (5.4)$$

Таблиця 5.1.

Фізико-механічні властивості окремих елементів кукурудзи
(за дослідями С. І. Рустамова)

Вид деформації	Площа поперечного перерізу F, см ²	Абсолютне скорочення зразка Δ, мм	Нормальне напруження (граничне) σ, МПа	Модуль пружності E, МПа
Стиск кубика серцевини стебла у поздовжньому напрямку	1,8...2,3	0,82...1,03	0,27...0,25	3,0...4,0
Стиск кубика серцевини стебла у поперечному напрямку	1,9...2,3	7,0...8,0	0,08	0,15...0,17
Стиск зразка із цілого стебла у поздовжньому напрямку	4,0...5,5	0,15...0,49	0,5...0,55	15...30
Стиск зразка із механічного кільця	2,0...2,4	0,35...0,5	0,7	40...60

5.3. Опір стебел деформаціям.

При розтягуванні стебел с.-г. культур спостерігається прямолінійна залежність між зусиллям і деформацією аж до їх руйнування.

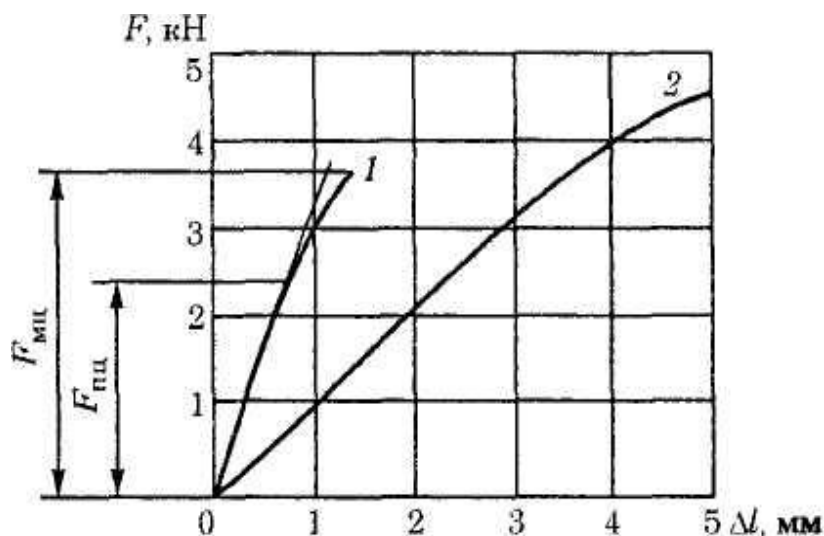


Рис. 5.3. Залежність F від Δl: 1 – кукурудза; 2 – соняшник

Межі міцності $\sigma_k = 7,5$ МПа; $\sigma_c = 7,0$ МПа.

Для спілого стебла, який утратив значну частину вологи, характерні наступні етапи сплюснення (рис. 5.4):

а) стиск деревинного кільця в межах пружної деформації (кр. 1). Величина деформації прямо пропорційна зусиллю стиску. Така закономірність зберігається до початку руйнування трубки;

б) руйнування деревинного кільця (кр. 2) з розколюванням його поздовж волокон;

в) характерно сповільнене зростання зусиль при великих деформаціях.

Опір стиску справляє головним чином серцевина (кр. 3);

г) пресування починається після повного руйнування деревинного кільця і характеризується швидким зростанням зусиль при незначних деформаціях (кр. 4).

Зусилля зламу стебел залежать від ступеню їх стиглості (вологість) і діаметра. Стебла кукурудзи і соняшника нерівномічні.

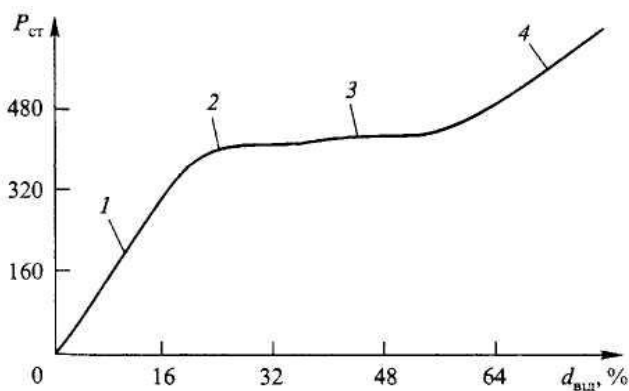


Рис. 5.4. Залежність деформації стебла кукурудзи від прикладеного зусилля

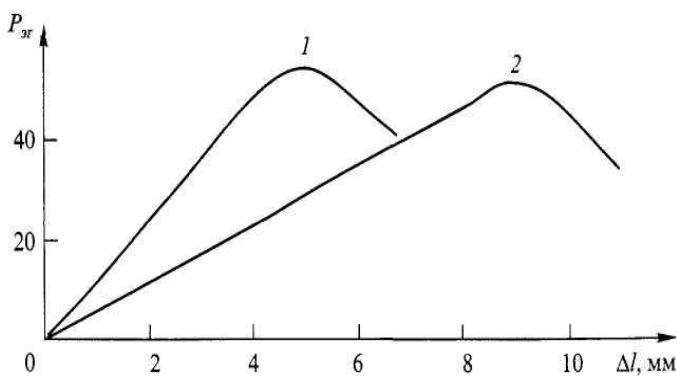


Рис. 5.5. Діаграма вигину-зламу стебел у разі згинання на двох опорах:

1 – соняшник; 2 – кукурудза

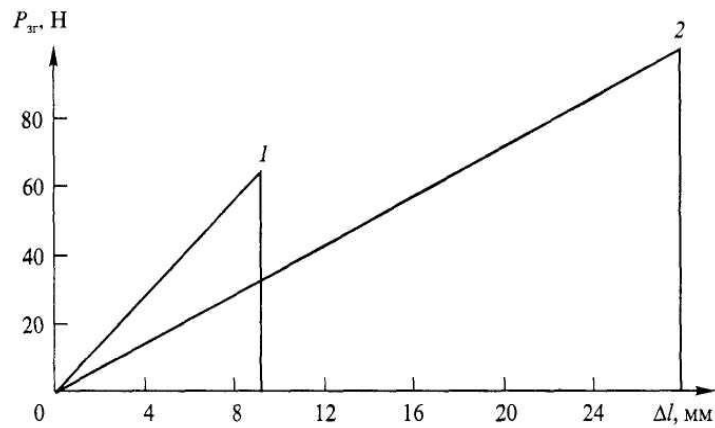


Рис. 5.6. Діаграма вигину – зламу стебел у разі згинання на одній опорі: 1 – соняшник; 2 – кукурудза

Спочатку вигинається все стебло при порівняно незначних деформаціях (мала кривизна стріли прогину). Потім кривизна різко збільшується, деформація концентрується на невеликій ділянці і стебло сплющується.

Зусилля і робота різання знаходяться в прямій залежності від діаметра стебла. Основну частину енергії при різанні поглинає деревинна частина стебла. Опір різанню серцевини незначний в порівнянні з опором всього стебла, хоча площа поперечного перерізу серцевини займає близько 70 % площі перерізу стебла. Максимальна робота різання для стебел соняшника при прямому зрізі складає 10,2 Дж (а при скісному (похилому) – 6,8 Дж ($d_{ст} = 32$ мм, $W_a = 18$ %), для кукурудзи відповідно 10,3 і 7,4 Дж ($d_{ст} = 25$ мм, $W_a = 17$ %).

5.4. Пружні властивості стебел.

Якщо стебло наближається до межі зламу, то після зняття навантаження воно повертається у вихідне положення. Пружнов'язкі властивості рослин визначаються їх анізотропною структурою і наявністю порожнин, заповнених повітрям і рідиною.

Залежність між середніми значеннями зусилля і нахилу в процесі відхилення стебла приблизно прямо пропорційна.

Середнє значення зусилля, необхідне для зламування одного із стебел, розташованих в групі, в 1,5...2 рази менше, ніж окремого відхиленого стебла. Це явище можна пояснити тим, що при відхиленні групи стебел не всі стебла однаково напружені. Найбільше напружені стебла ті, які розташовані на периферії групи (пучка).

На густому стеблостою дія робочого органа машин розповсюджується на ділянку L_0 (рис. 5.7). Коефіцієнт, що виражає взаємодію стебел, визначається залежністю

$$K_B = L_0/L, \quad (5.5)$$

Для рідкого стеблостою $K_B = 1$; для середнього – $K_B = 1,3 \dots 1,4$; для густого $K_B = 1,7$. Величина коефіцієнта K_B , а також імовірність зустрічі відхиленого стебла з іншими залежить від густоти стеблостою, висоти стебел, їх переплетення та значення кута відхилення стебла.

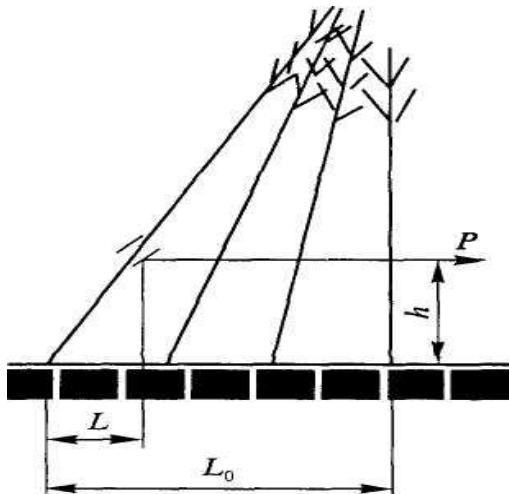


Рис. 5.7. Схема для визначення коефіцієнта взаємодії стебел

5.5. Орієнтація стебел в просторі.

Висота стеблостою та довжина стебел в основному визначають розміри робочих органів, їх установку, регулювання і режим роботи жатки. Положення стебла у просторі характеризується наступними параметрами:

1) відносним зниженням висоти розташування колоса (волоті, бобів) порівняно з його положенням в прямостоячому стані (рис. 5.8).

$$\Sigma = (l_{ст} - l_k)/l_{ст}, \quad (5.6)$$

де $l_{ст}$ – відстань від кореневої шийки до основи колоса прямостоячого стебла;

l_k – відстань від поверхні ґрунту до основи колоса полеглого стебла;

2) кутом відхилення стебла від вертикалі. При незначній кривизні зігнутого стебла

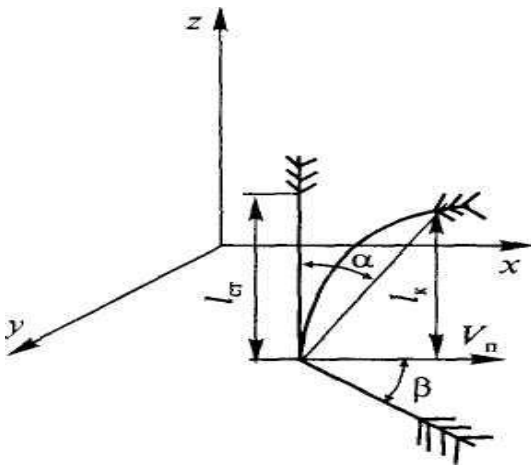
$$\alpha = \arccos (l_k/l_{ст}). \quad (5.7)$$

3) кутом β між проекцією стебла на поверхню ґрунту і напрямком переміщення збирального агрегату.

При русі жатки в напрямку полеглості стебел $0 \leq \beta \leq \pi/2$; $3\pi/2 \leq \beta \leq 2\pi$, а проти

полеглості $\pi/2 \leq \beta \leq 3\pi/2$.

Якісні показники роботи жатки знижуються зі збільшенням кута α та при русі за поляганням стебел.



**Рис. 5.8. Схема визначення параметрів
положення стебла у просторі**

5.6. Фрикційні властивості стебел.

На величину коефіцієнта тертя стебел впливають: вологість, температура повітря, форма і шершавість поверхні тертя, швидкість взаємного переміщення, тиск між поверхнями тертя.

Аналіз результатів багатьох досліджень по вивченню фрикційних властивостей стебел дозволяє зробити основні висновки:

- а) при збільшенні вологості стебел до 70 % коефіцієнт тертя, як правило, зростає, а при подальшому збільшенні вологості, зменшується;*
- б) зміна швидкості взаємного переміщення поверхонь тертя від 0,1 до 10 м/с практично не впливає на коефіцієнт тертя ковзання;*
- в) при збільшенні питомого тиску між поверхнями тертя від 10 до 30 кПа коефіцієнт тертя зменшується за рахунок руйнування поверхневої тканини стебел і виділення з них внутрішньої води – змащування поверхні стебел;*
- г) значення коефіцієнта тертя – ковзання більше у поздовжньому напрямку стебла порівняно з поперечним;*
- д) листя має більший коефіцієнт тертя порівняно зі стеблами;*
- е) кут тертя стебел пшениці (діаметр 3 мм) по гладенькому лезу сегмента знаходиться в межах 12...17°, по насіченому зверху фрезеруванням – 44...47° (за даними Є. С. Босого).*

Кут тертя стебел кукурудзи (діаметр 27...28 мм) по гладенькому лезу сегмента – 9...9,5°, по насіченому зверху фрезеруванням – 34...38°.

Кут тертя стебел соняшника (діаметр 27...29 мм) по гладенькому лезу сегмента – 9,5...10°, по насіченому зверху фрезеруванням – 42...45°.

Контрольні запитання

1. Назвіть вчених, які внесли вклад в розвиток науки по вивченню властивостей рослин.
2. Розповісти про сучасний погляд на будову стебел рослин.
3. Назвати основні розмірні характеристики стебла рослини.
4. Надати поняття коефіцієнта арматури.
5. Написати формули, за якими визначаються основні механічні характеристики стебел.
6. Привести фізико-механічні характеристики окремих елементів кукурудзи.
7. Привести залежність деформації стебла під час його розтягування.
8. Привести залежність деформації стебла під час його стискання.
9. Привести залежність деформації стебла під час його згинання на двох опорах.
10. Привести залежність деформації стебла під час його консольного згинання.
11. Привести характеристики стебла при перерізанні.
12. За якою формулою визначають коефіцієнт, що враховує взаємодію стебел.
13. Назвіть показники, що враховують орієнтацію стебел і їх визначення.
14. Проаналізуйте результати досліджень з вивчення фрикційних властивостей стебел.

Лекція 6. Властивості компонентів зернової маси як об'єкта післязбиральної обробки

План лекції

- 1. Загальні відомості (схеми післязбиральних обробок).**
- 2. Зерно як об'єкт сушіння.**
 - 2.1. Характеристика окремого зерна.**
 - 2.2. Характеристика зернової маси.**
 - 2.3. Теплофізичні властивості зерна.**
- 3. Пошкодження зерна при сушінні.**
- 4. Властивості зернової маси.**
 - 4.1. Розмірні характеристики.**
 - 4.2. Аеродинамічні властивості.**
 - 4.3. Форма і стан поверхні зерен.**
 - 4.4. Щільність зерен.**
 - 4.5. Електричні властивості зерен.**
 - 4.6. Колір зерен.**
- 5. Пошкодження зерна машинами при очищенні та сортуванні.**

6.1. Загальні відомості.

Зібраний урожай зернових культур за допомогою зернозбиральних комбайнів та інших сучасних збиральних машин завжди потребує певної первинної обробки. При організації і проведенні післязбиральних обробок необхідно знати специфічні біологічні і технологічні властивості компонентів оброблюваної зернової маси.

На практиці дуже часто вологість свіжезбираного зерна вимагає застосування однієї з трьох технологічних схем обробки: 1) при вологості зерна менше 17 % достатньо застосувати первинну і повторну очистки; 2) при вологості зерна в межах 17...20 % застосовується попередня очистка, сушка, первинна і повторна очистки; 3) при вологості зерна вище 20 % необхідні попередня очистка, дво— чи трикратна сушка, первинна і повторна очистки.

Повторну очистку зерна застосовують при необхідності доведення зернового матеріалу до насінних кондицій.

Післязбиральну обробку зерна виконують так, щоб зернова маса відповідала вимогам стандарту по кількості повноцінних насінин у виділеному зразку основної культури, інших рослин (в тому числі бур'янів), вологості, відсотку подрібнених і травмованих зерен і т. п.

6.2. Зерно як об'єкт сушіння.

6.2.1. Характеристика окремого зерна

Будова зерна. Зернівка будь-якої культури – це живий організм, якому притаманні властивості живих об'єктів: дихання, розвиток, старіння і інше. Частинами зернівки є плівка, оболонки (плодові і насіннєві), алейроновий шар, зародок, ендосперм. Різні частини зернівки по різному чутливі до теплових умов.

Хімічний склад зерна. Насіння зернових культур складається з білків, вуглеводів, жирів, мінеральних речовин, вітамінів та ферментів. Для сушіння зерна велике значення має не лише загальний хімічний склад, але і розміщення окремих речовин у різних його частинах.

Термостійкість зерна. Здатність зерна до збереження у процесі теплового висушування насіннєвих, продовольчих та інших якостей називають термостійкістю. В процесі сушіння зерно може втратити не тільки життєздатність, але і понизити товарно–продовольчі якості.

Термостійкість зерна може характеризуватись максимальною температурою його нагрівання, при якій забезпечується повне збереження всіх якісних показників зерна. За даними В.П. Горячкіна, сухе насіння різних культур вологістю 3 % можна без шкоди для схожості нагрівати до температури 110...120 °С і витримувати протягом 20 хв. Сире і вологе насіння в значній мірі втрачає схожість уже при нагріванні його до 50 °С. Зі збільшенням часу нагрівання термостійкість зерна знижується.

Форма і розміри зерен. При розрахунках процесів переносу теплоти і вологи користуються величиною питомої площі поверхні зерна, яка являє собою відношення площі поверхні зернівки S_3 до її об'єму V_3 (S_3 / V_3). Площу поверхні S_3 та об'єм V_3 зернівки з достатньою точністю можна визначити за такими формулами:

$$S_3 = 4\pi R(l + 3R), \quad (6.1)$$

$$V_3 = K_3 ab l, \quad (6.2)$$

де a, b, l – відповідно товщина, ширина і довжина зернівки;

$$R = (5a + 6b) / 60, \quad (6.3)$$

K_3 – коефіцієнт, який враховує форму зерна; для пшениці $K_3 = 0,52$; для жита $K_3 = 0,42$.

	l	b	a
Для пшениці	4,2...8,6	1,6...4,0	1,5...3,8
Для гороха	4,0 ...8,8	3,7...8,0	3,5...8,0

6.2.2. Характеристика зернової маси

Скважність зернової маси. Скважністю називають відношення об'єму міжзернового простору до загального об'єму, який займає вся маса. Скважність залежить від форми і розмірів зерен основної культури, стану поверхні зернівок, засміченості зернової маси та злежаності зерен.



Рис. 6.1. Залежність зміни гідравлічного опору шару зерна від збільшення швидкості потоку повітря через нього:

1 – стадія розпушування шару зерна; 2 – перехідна стадія; 3 – перша стадія псевдорозріджування; 4 – друга стадія псевдорозріджування – вихрове кипіння;
5 – стадія розвіювання зерна;

Ділянки: ОА – щільний шар; АВ – шар розпушування; ВС – початок псевдорозріджування; CD – першого псевдорозріджування; DE – другого псевдорозріджування; EF – зносу.

Сипучість зернової маси. Сипучість характеризується кутом природного укусу, який залежить від розмірів та форми зернівок, стану їх поверхні, від характеру домішок та вологості зерна. При зростанні вологості сипучість зменшується (кут природного укусу збільшується). Сипучість зернової маси враховують під час вибору розмірів, форми кутів нахилу різних вузлів зернових сушарок.

Самосортування зернової маси. Самосортування зернової маси виражається в розшаруванні компонентів зернової маси, що мають різну щільність і відбувається під час її переміщення

Гідравлічний опір зернового вороху. Опір залежить від товщини шару, який продувається повітрям, швидкості та інших параметрів стану повітря, скважності зернової маси і стану поверхні зерен. Якщо через нерухомий зерновий шар, розміщений на продувній сітці, пропускати знизу вгору потік повітря і при цьому поступово збільшувати його швидкість, то можна встановити залежність тиску ΔP в шарі від швидкості повітря.

При проектуванні сушарок з псевдорозрідженим шаром в якості робочої швидкості повітря, яка забезпечує стійке і рівномірне кипіння шару, приймають швидкість, рівну $2v_{кр}$.

6.2.3. Теплофізичні властивості зерна

Теплофізичні характеристики зерна залежать від його вологості та температури, культури, а також характеристики зернового шару, крім того, від форми та розмірів зерна, щільності їх складання.

Питома теплоємність – здатність матеріалу сприймати і утримувати тепло. Теплоємність зерна в основному визначається його вологістю. Питому теплоємність (кДж/кг·К) визначають за формулою:

$$C = \frac{W}{100} C_{\text{в}} + \frac{100 - W}{100} C_{\text{сух}}, \quad (6.4)$$

де W – вологість зерна, %; $C_{\text{в}}$ і $C_{\text{сух}}$ – відповідно питома теплоємність води і сухої речовини зерна, $C_{\text{в}}=4,2$ кДж/кг·К, $C_{\text{сух}}=1,48$ кДж/кг·К.

Питому теплоємність зерна використовують при розрахунках висушування та виборі максимально допустимої температури нагрівання зерна.

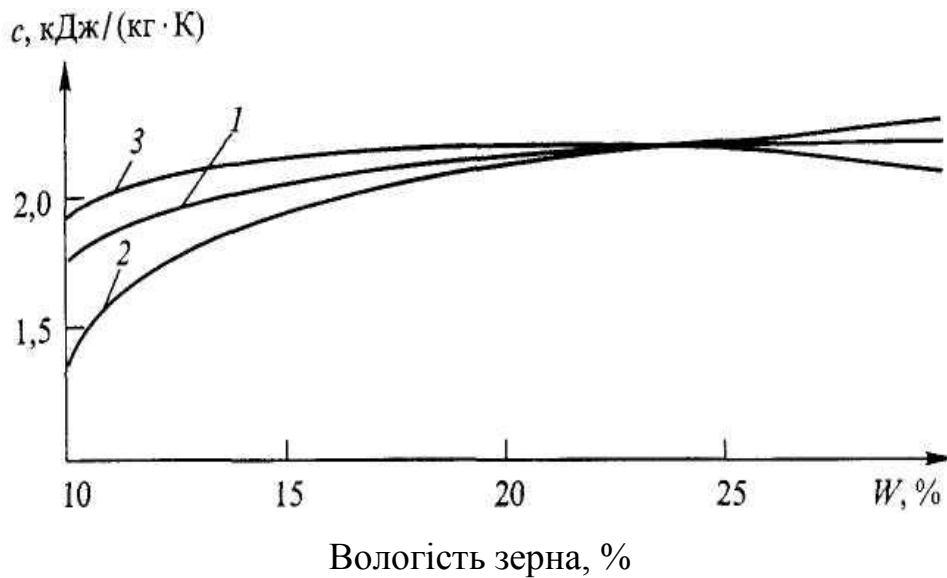


Рис. 6.2. Залежність зміни питомої теплоємності від вологості зерна:
 1 – 0°C; 2 – 28 °C; 3 – 60 °C

Теплопровідність. Теплопровідність (λ) окремого одиничного зерна знаходиться в межах 0,1...0,4 кДж/м·с·К. Теплопровідність зернової маси в 3...5 разів менше теплопровідності окремого зерна завдяки наявності в ній повітряних проміжків. Дякуючи низькій теплопровідності, зернова маса здатна тривалий час зберігати постійну температуру.

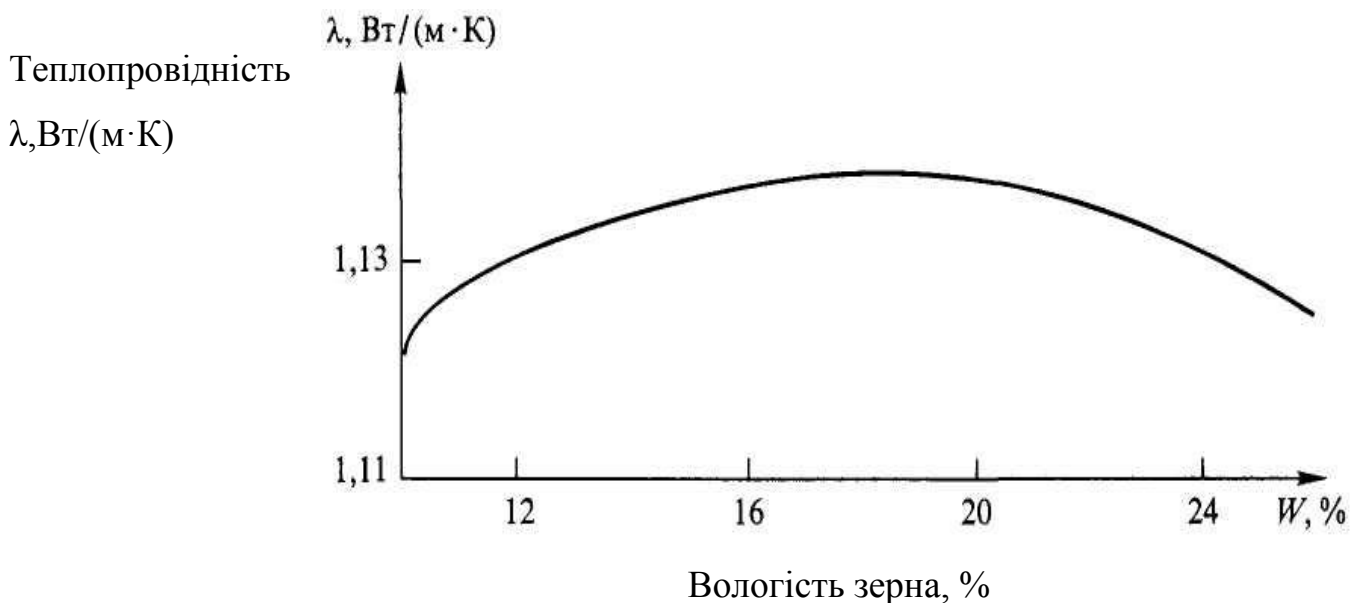


Рис. 6.3. Залежність теплопровідності шару зерна пшениці від вологості
 (1 кДж=0,239 ккал; 4,18кДж= 1 ккал)

Теплопровідність в зерновому шарі зі збільшенням вологості спочатку

збільшується, а потім зменшується.

Температуропровідність – здатність зернової маси проводити через себе температуру. Коефіцієнт температуропровідності ($\text{м}^2/\text{с}$) характеризує швидкість нагрівання або охолодження зерна.

$$\alpha = \frac{\lambda}{c \cdot \gamma}, \quad (6.5)$$

Зерно має дуже низький коефіцієнт температуропровідності. Зі збільшенням вологості зерна температуропровідність безперервно знижується (рис. 6.4).

Температуропровідність зернівок у 2 ...3 рази вища порівняно з зерновим шаром.

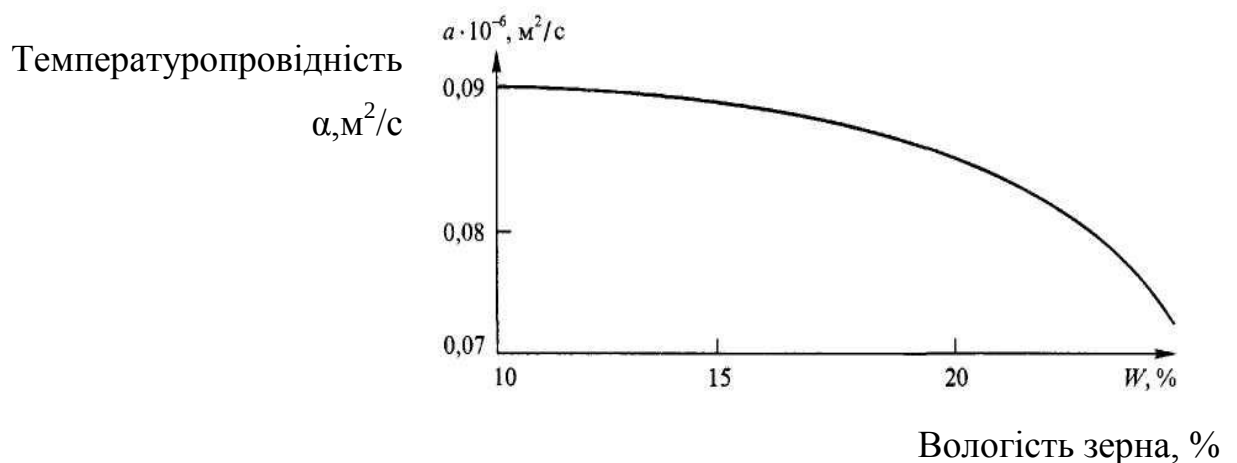


Рис. 6.4. Залежність температуропровідності шару зерна пшениці від вологості

Коефіцієнт теплозасвоєння. Комплекс величин $\sqrt{\lambda \cdot \gamma \cdot c} = \varepsilon$ називають коефіцієнтом теплозасвоєння (теплової активності). Одиниця вимірювання – $\text{Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{К} \cdot \text{с}^{1/2})$. Для шару пшениці при температурі зерна 25°C та вологості 10 ...26 % змінюється в межах 409 ...460, $\text{Дж}/(\text{м}^2 \cdot \text{К} \cdot \text{с}^{1/2})$

Вплив теплофізичних характеристик на протікання теплових процесів. В різних точках зерна одночасно відбуваються два процеси: процес переміщення тепла і процес накопичення або виділення тепла різними ділянками зерна. Від кількісного взаємовідношення цих процесів залежать швидкість розповсюдження температурної хвилі, глибина проникання теплової зони, швидкість зміни температури та теплового потоку на кожній ділянці зерна.

6.3. Пошкодження зерна при сушінні.

Під час сушіння зерно пошкоджується з двох причин: від переміщення в сушарці при контактуванні з робочими органами та від дії на нього теплоносія за рахунок зміни вологості. В результаті цих дій у зерні появляються тріщини та зовнішні розриви оболонкових тканин.

6.4. Властивості компонентів зернової маси як об'єкта очищення.

Доведення зерна і насіння до необхідних кондицій з найменшими затратами праці та мінімальними грошовими витратами залежить від правильності вибраних способів і схем технологічного процесу очищення та сортування.

6.4.1. Розмірні характеристики компонентів зернової маси

Геометричні розміри визначаються товщиною, шириною та довжиною зерна. Товщиною умовились називати найменший розмір зерна (або часточки), довжиною – найбільший, шириною – середній.

Виявивши максимальний $l_{\max}$ та мінімальний $l_{\min}$ розміри і поділивши різницю $\Delta l = l_{\max} - l_{\min}$ на класовий проміжок λ , знаходять загальне число класів Z :

$$Z = \Delta l / \lambda, \quad (6.6)$$

Число класів Z буває в межах 5...10. Розподіл зерна на класи по товщині і ширині можна виконувати пропуском порції зерна 50...100 г крізь класифікатор, забезпечений решетами з розмірами отворів, рівними класовому проміжку. Кожний клас характеризується граничними значеннями розмірів (границі класу) та середнім значенням замірів.

Природні ознаки, як правило, характеризуються законом нормального розподілу (вірогідність Гауса).

Варіаційні ряди та криві розподілу характеризуються середньою арифметичною величиною $M(\bar{x})$, середньоквадратичним відхиленням σ , коефіцієнтом варіації V .

Середньоарифметична величина

$$M(\bar{x}) = \frac{K_1 l_{cp1} + K_2 l_{cp2} + \dots + K_n l_{cpn}}{\sum K_i} = \frac{\sum K_i l_{cpi}}{\sum K_i} = \frac{\sum P_i l_{cpi}}{100}, \quad (6.7)$$

де $K(P)$ – частота повторення ознаки, г, шт., %; l_{cp} – середнє значення класу;

1...n – номер класу; i – i -те повторення.

Частотою повторення ознаки називають кількість зерен (по масі, числу або відсотку) в кожному класі.

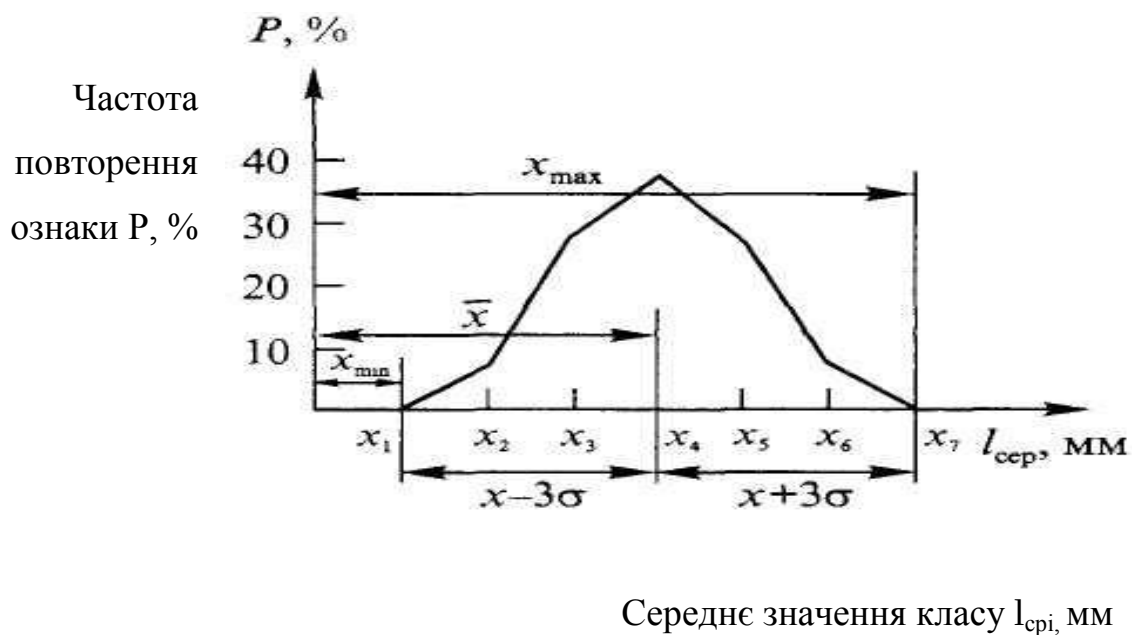


Рис. 6.5. Варіаційна крива розподілу класів вимірювань

Середньоквадратичне відхилення

$$\sigma = \pm \sqrt{\frac{\sum (M - l_{cpi})^2 \cdot K_i}{\sum K_i}} \quad (6.8)$$

Коефіцієнт варіації

$$V = \frac{\sigma}{M} 100, \quad (6.9)$$

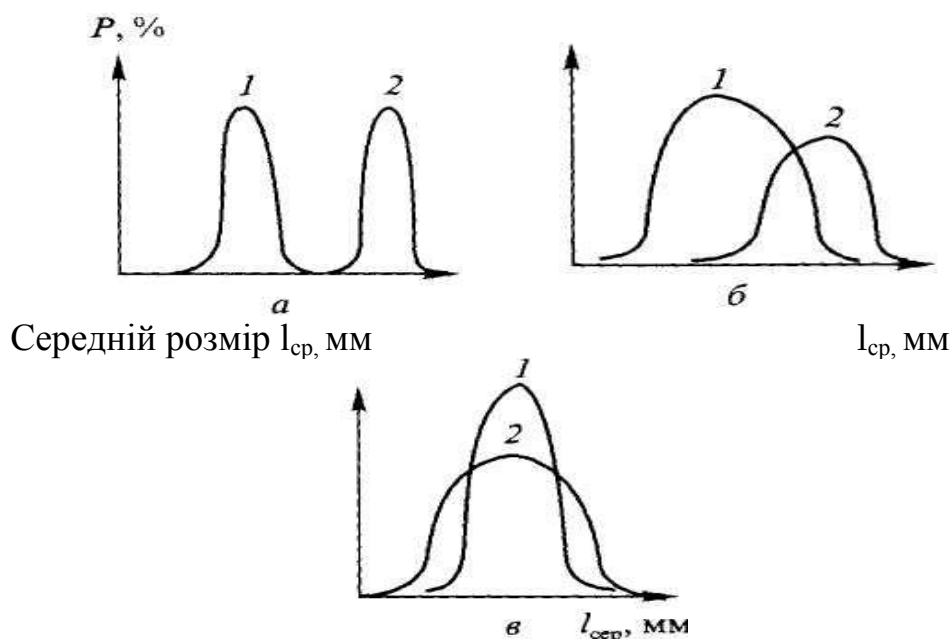


Рис. 6.6 . Варіаційні криві розподілу зерен суміші:
1 – перший компонент; 2 – другий компонент

Якщо характеристика зміни розмірів зерен підлягає закону нормального розподілу, то в межах $M = \pm 3\sigma$ знаходиться 99,7 % всієї кількості зернового матеріалу. Тому допустимо вважати, що розміри зерен змінюються від мінімального $M - 3\sigma$ до максимального $M + 3\sigma$.

По розташуванню варіаційних кривих двох компонентів 1 і 2, наприклад, зерен основної культури і домішок, можна оцінити можливість розділення зернової суміші за заданою ознакою.

Якщо криві 1 і 2 не накладаються одна на одну (а), то можна досягнути повного розділення за даною ознакою. В тому випадку, коли спадаюча гілка однієї кривої перетинається зі зростаючою гілкою другої (б), можливе часткове розділення зернової суміші. Якщо криві перекриваються (в), то розділити суміш таких зерен за заданою ознакою неможливо.

6.4.2. Аеродинамічні властивості зерен та часточок зернового вороху

Аеродинамічні властивості зерен та інших часточок суміші характеризуються критичною швидкістю потоку повітря в аеродинамічній трубі $v_{кр}$, коефіцієнтом опору повітря K та коефіцієнтом парусності K_n зерна чи іншої часточки суміші.

Критична швидкість. Якщо розмістити зернину чи іншу часточку суміші в ламінарний вертикальний потік повітря, який рухається знизу – вгору зі швидкістю v , то він буде діяти на зернину або часточку суміші з відповідною силою R (рис. 6.7), яка визначається за формулою Ньютона

$$R = K \cdot \gamma_n \cdot F(v - c)^2, \quad (6.10)$$

де K – коефіцієнт опору повітря; γ – об'ємна маса повітря, кг/м^3 ;

F – площа проекції зернини (часточки) на площину, перпендикулярну напрямку повітряного потоку (міделевий переріз), м^2 ; v і c – відповідно швидкості повітряного потоку та руху зернини (часточки), м/с .

Під дією сили R , яка створюється потоком повітря, і сили тяжіння G зернина (часточка) буде рухатись при:

$G > R$ – вниз; $G < R$ – вгору;

$G = R$ – знаходиться в завислому стані, буде витати, що відповідає критичній швидкості повітряного потоку.

Критична швидкість повітряного потоку може визначатись за формулою:

$$v_{кр} = \sqrt{\frac{G}{K \cdot \gamma_n \cdot F}}, \quad (6.11)$$

Значення швидкості повітряного потоку можна визначити за аеродинамічним напором h_d . Вважають, що h_d дорівнює кінетичній енергії одиниці об'єму повітря:

$$h_d = \frac{m_n v_n^2}{2} = \frac{\gamma_n v_n^2}{2}, \quad (6.12)$$

де m_n – маса 1 м³ повітря ($m_n = \gamma_n \approx 1,2$ кг/м³); v_n – швидкість повітряного потоку, м/с.

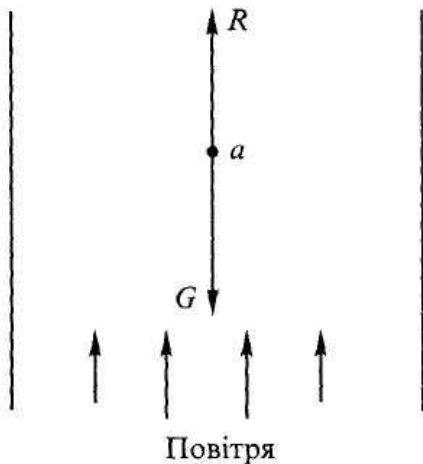


Рис. 6.7. Схема виявлення критичної швидкості

При $v_n = v_{кр}$ маємо:

$$v_{кр} = \sqrt{\frac{2h_g}{\gamma_n}}, \quad (6.13)$$

де h_d – динамічний напір, Па;

Критичні швидкості зерен основних культур (пшениця, жито, ячмінь і інші) знаходяться в межах 7...14 м/с, м'якини 1,8...4,1 м/с.

Коефіцієнт опору повітря K визначається з певними труднощами, тому, що він залежить від багатьох нестабільних факторів: від форми та шершавості поверхні зерна (часточки), стану повітряного простору, швидкості потоку повітря і навіть температури повітря.

Для визначення K можна використати формули:

$$K = \frac{K_n \cdot m}{\gamma_n \cdot F}; \quad F = l^2; \quad l = \sqrt[3]{abc}; \quad T = \gamma_z \cdot l^3, \quad (6.14)$$

Коефіцієнт парусності K_n визначається за формулою:

$$K_n = \frac{K \cdot \gamma \cdot F}{m} = \frac{9,8 \cdot K \cdot \gamma \cdot F}{G} = \frac{9,8}{v_{кр}^2}. \quad (6.15)$$

Значення коефіцієнта K_n залежить від площі міделевого перерізу, яка приходить на одиницю сили тяжіння. При зростанні відносної площі, яка піддається дії потоку, коефіцієнт парусності при інших рівних умовах збільшується.

6.4.3. Форма і стан поверхні зерен

Різницю властивостей поверхні зерен зернової маси широко використовують

при очищенні і сортуванні.

По різниці форми на решетах з трикутними отворами із пшениці можна виділити гречишку, яка має трикутну форму, із тимофіївки – щавель дрібний.

Покриваємість зерен порошком оцінюють коефіцієнтом захоплення порошку:

$$K_z = T_{\text{пор}}/T_{\text{зр}}, \quad (6.16)$$

де $T_{\text{пор}}$ і $T_{\text{зр}}$ – відповідно маса порошку, утримуваного поверхнею зерен, і маса досліджуваного зразка.

Цей коефіцієнт залежить від тонкості подрібнення залізного порошку та компонентів наповнювача його, від вологості порошку та властивостей поверхні зерен.

Коефіцієнт тертя-кочення має наступні числові значення: для вівса – 0,27; вівсюга – 0,46; гороху – 0,04; вики – 0,05.

6.4.4. Щільність зерен

Зерновий матеріал, попередньо оброблений на зерноочисних машинах, може оброблятися на робочій поверхні, яка коливається і продувається повітряним потоком знизу. Під дією коливання і повітряного потоку зерновий матеріал приводиться у псевдозріджений стан і починає перерозподілятися.

6.4.5. Електричні властивості зерен

Електричні властивості зернового матеріалу знаходяться в тісному зв'язку з його механічними властивостями та біологічною будовою. При електричних способах розділення компонентів зернової маси використовують різниці в електричній провідності, діелектричній проникності, здатності приймати та віддавати електричний заряд. В останньому варіанті заряджені зерна подають у простір між двома електродами.

6.4.6. Колір зерен

Колір є одним із найтонших показників якості сільськогосподарських матеріалів. Технологічний процес розділення зернової маси за кольором, на відміну від інших способів очищення і сортування, вимагає подачі матеріала до оцінюючого пристрою послідовно по одній зернині з відповідною швидкістю. Це потрібно для

того, щоб сигналізатор встигав сприймати сигнал кольору і передавати цей сигнал до виконавчого механізму, який встигає вибирати певні зерна з потоку.

6.5. Пошкодження зерна машинами при очищенні та сортуванні.

Одна із причин механічного пошкодження зерна очисними та сортувальними машинами – неправильне встановлення решіт – задирками вгору, інша причина пошкодження зерна – падіння його з великої висоти на металеві поверхні.

Всі зерноочисні машини наносять зерну пошкодження. Незважаючи на те, що під час обробки частина пошкоджених зерен видаляється у відходи, загальна кількість механічно пошкоджених зерен після обробки не зменшується, а дещо збільшується після пропускання через кожну зерноочисну машину.

Контрольні запитання

1. Якими показниками характеризується окреме зерно під час сушіння?
2. Напишіть формули, за якими можна визначити площу поверхні і об'єм зернівки.
3. Назвіть показники характеристики зернової маси під час сушіння.
4. Наведіть залежність опору потоку повітря крізь стабільний шар зерна від його швидкості.
5. Назвіть основні теплофізичні властивості зерна.
6. За якою формулою визначають питому теплоємність зерна?
7. Наведіть залежність питомої теплоємності від вологості зерна.
8. За якою формулою визначають теплопровідність зерна?
9. Наведіть залежність теплопровідності від вологості зерна.
10. За якою формулою визначають температуропровідність зерна?
11. Наведіть залежність температуропровідності від вологості.
12. Як визначити коефіцієнт теплосасвоєння зерна?
13. Наведіть розмірність питомої теплоємності, теплопровідності, температуропровідності, коефіцієнта теплосасвоєння.
14. Назвіть причини пошкодження зерна під час сушіння.
15. Назвіть основні властивості компонентів зернової маси, за якими вона розподіляється під час очищення.

Лекція 7. Опір сільськогосподарських матеріалів механічній дії під час приготування кормів

План лекції

1. Основи теорії подрібнення кормів.
2. Технологічні властивості зернових кормів.
3. Технологічні властивості стеблових кормів.
4. Механіко-технологічні властивості ущільнених кормів.

7.1. Основи теорії подрібнення кормів.

У технології приготування кормів найпоширенішим і найважливішим процесом є подрібнення, зумовлене вимогами фізіології годування тварин. Якщо корми із зернового матеріалу (ячмінь, овес, жито, пшениця, горох та ін.), то їх називають зерновими кормами. Якщо корми готують із стебел рослинних матеріалів (сіно, солома, трава, сінаж, силос та ін.), то їх називають стебловими кормами.

У теорії подрібнення визначають:

а) об'ємну питому площу поверхні матеріалу, $\text{м}^2/\text{м}^3$:

$$S_{\text{пит.об}} = 6/d, \quad (7.1)$$

б) масову питому площу поверхні матеріалу, $\text{м}^2/\text{кг}$

$$S_{\text{пит.мас}} = 6/\rho d, \quad (7.2)$$

де d – середній розмір часточки, м; ρ – щільність матеріалу, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Зі зменшенням розмірів часточок питома площа їх поверхні зростає, тому ступінь подрібнення λ_s дорівнює відношенню питомої площі поверхні часточок кінцевого продукту S_k до питомої площі поверхні вихідного матеріалу S_b :

$$\lambda_s = S_k / S_b, \quad (7.3)$$

У техніці, навпаки, ступенем подрібнення λ матеріалу називають відношення середнього розміру D вихідного матеріалу до середнього розміру d часточок продукту подрібнення.

$$\lambda = D / d. \quad (7.4)$$

Еквівалентним діаметром зернини називають діаметр кулі, об'єм якої дорівнює справжньому об'єму зернини V_z . Якщо об'єм однієї зернини V_z , а об'єм рівновеликої кулі $V_e = \pi D_e^3 / 6$, то еквівалентний діаметр зернини дорівнюватиме

$$D_e = \sqrt[3]{6V_s / \pi}, \quad (7.5)$$

З урахуванням цього початкова питома площа поверхні зернового матеріалу перед подрібненням

$$S_{\text{поч}} = 6/\rho D_e, \quad (7.6)$$

У разі подрібнення соломи на соломосилосорізці або скошених рослин на подрібнювальному апараті косарки-подрібнювача досягають такого ступеня подрібнення:

$$\lambda = l_{\text{ст}}/l_{\text{січ}}, \quad (7.7)$$

Так само визначають ступінь подрібнення під час розмелювання сухої січки на борошно:

$$\lambda = l_{\text{січ}}/l_{\text{т.б.}}, \quad (7.8)$$

У разі багаторазового повторення процесу кінцевий ступінь подрібнення λ_k дорівнюватиме добутку окремих ступенів, які характеризують стадії процесу:

$$\lambda_k = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \dots \lambda_n. \quad (7.9)$$

Середньовиважений діаметр часточок визначають за формулою

$$d = \frac{\sum d_i \cdot m_i}{100}, \quad (7.10)$$

де d_i – середній розмір отворів двох суміжних сит, мм (мкм);

m_i – вміст часточок певного класу, %.

Для кожного виду тварин і птахів встановлено оптимальні розміри подрібнення кормів, за яких виконуються зазначені вище вимоги (табл. 7.1).

Таблиця 7.1

Ступінь подрібнення кормів для тварин

Вид корму	Розміри часточок подрібненого корму *, мм для		
	корів	свиней	овець
Грубі (сіно, солома)	30–50	3	20–30
Силосовані і зелені	10–50	10–15	10–50
Коренеплоди	до 15	5–10	до 15
Зернові	1–1,6	0,2–0,9	1–1,6

* Вміст часточок зазначеного розміру в масі корму має бути не меншим 85 %.

7.2. Технологічні властивості зернових кормів.

Статичні характеристики властивостей міцності. Робочі діаграми стискання в координатах зусилля – деформація для фуражного зерна нагадують криву для м'яких металів. Вони мають три характерні етапи розвитку деформацій у матеріалі аж до його руйнування (рис. 7.1).

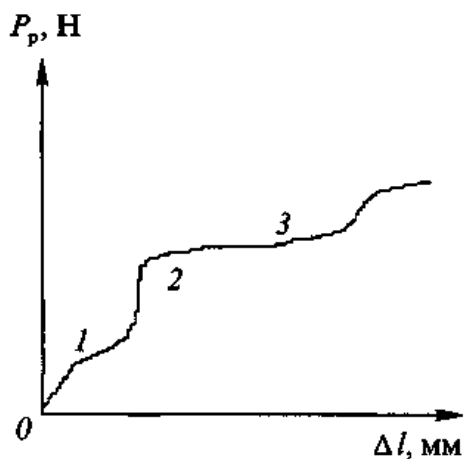


Рис. 7.1. Діаграма стискання зернівки ячменю

Початковий етап (0 – 1) характеризується стрімким здійсненням кривої і домінуванням пружних деформацій, наступний етап (1 – 2) – яскраво вираженою модифікацією напрямку кривої, що засвідчує наявність внутрішніх змін і швидкий розвиток пластичних деформацій у зернівці. Подальше підвищення навантаження – це третій, кінцевий етап (2 – 3), що завершується руйнуванням оболонок з утворенням глибокої відкритої тріщини.

Показник пластичності e визначають за формулою

$$e = \ln[1/(1-\epsilon)] , \quad (7.11)$$

де ϵ – відносна деформація стискання.

Модуль пластичності E можна знайти за виразом

$$E = 100 (\sigma_p - \sigma_s) / e , \quad (7.12)$$

де σ_p – кінцева напружка руйнування, Па; σ_s – межа текучості, Па.

Для зерен злакових культур $E = 9,5 - 10$ МПа.

Динамічні характеристики. В технології подрібнення кормів найцікавішими є показники міцності, отримані за умов динамічних напружень з урахуванням швидкості деформування. Властивість більшості матеріалів підвищувати свою міцність зі збільшенням швидкості навантаження характерна і для зерна. Динамічна межа міцності зерна ячменю в середньому дорівнює $\sigma_d = 12,73$ МПа.

7.3. Технологічні властивості стеблових кормів.

Фізико-механічні властивості стеблових кормів. До найважливіших фізико-механічних властивостей стеблових кормів належать об'ємна маса, коефіцієнт тертя, розмір часточок та ін. Об'ємна маса стеблових кормів залежить від їхньої вологості, виду кормової культури, величини часточок.

В міру підвищення температури з 310 до 350 К коефіцієнти тертя зменшуються. При зменшенні нормального тиску з 1960 до 490 Па коефіцієнти тертя збільшуються.

Статичні характеристики властивостей міцності. Стеблові корми (сіно, солома, трава, сінаж, силос) є основою кормових раціонів жуйних тварин. Основний вид механічної обробки стеблових кормів – подрібнення різанням. Тому про їх міцність судять за такими характеристиками, як питомий опір різанню $q_{оп}$ (Н/м), руйнівне напруження зрізування $\tau_{різ}$ (Па), питома робота різання $A_{п.різ}$ (Дж/м²).

Згідно з діаграмою різання (рис. 7.2) процес деформування шару стебел відбувається так. Спочатку ніж ущільнює шар 1 – 2 і переміщення ножа на відрізок $l_{ст}$ викликає лише пружні і пластичні деформації стискання.

Процес різання починається тоді, коли зусилля з боку ножа досягає певної межі (точка 2), тобто максимального значення $P_{різ}$, якому відповідає максимальний питомий опір різанню $q_{оп}$. В міру подальшого переміщення ножа (точки 2, 3) процес різання шару триває, а зусилля різання $P_{різ}$ чи питомий опір $q_{оп}$ залишається без змін. Робоче переміщення ножа на відрізок $l_{різ}$ дорівнює товщині (висоті) стисненого шару стебел.

Переміщення на ділянці $l_{виб}$ (точки 3, 4) зумовлене холостим ходом (вибігом) ножа.

За діаграмами різання визначають експериментальні значення характеристик міцності стеблових кормів:

– питомий опір різанню $q_{оп}$, (Н/м),

$$q_{оп} = P_{різ.max} / b, \quad (7.13)$$

$$\tau_{різ} = P_{різ.max} / S, \quad (7.14)$$

$$A_{п.різ} = P_{різ.max} / (b \cdot h_{ш}), \quad (7.15)$$

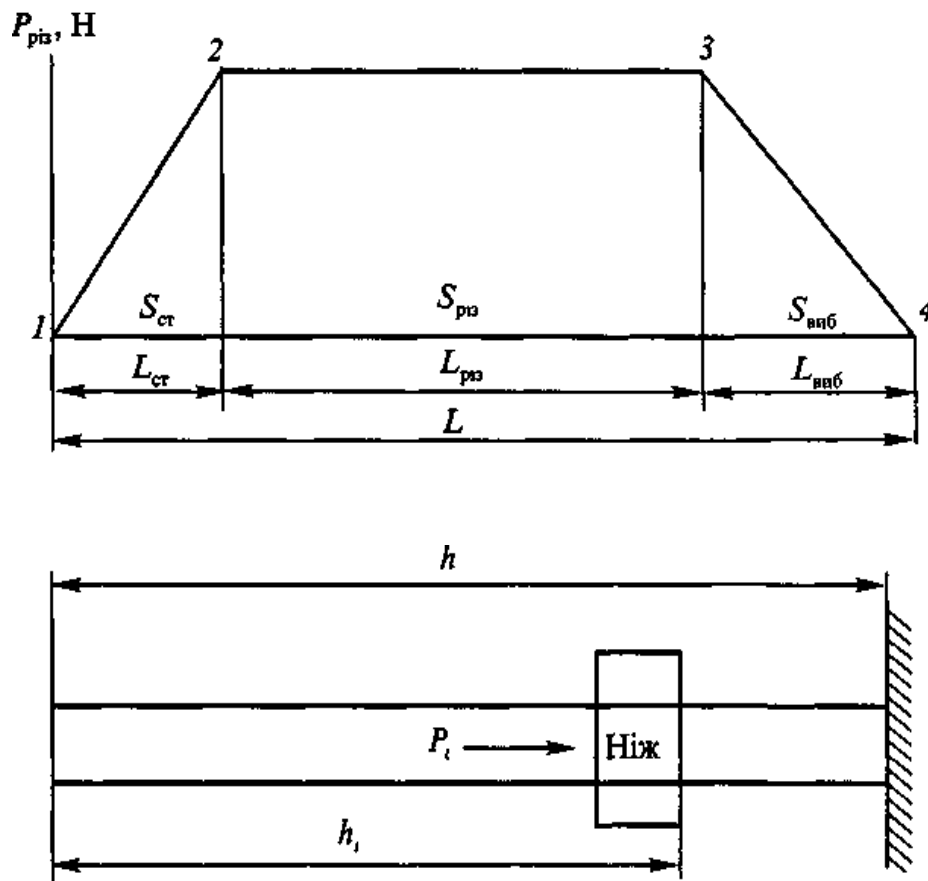


Рис. 7.2. Діаграма різання

Експериментальні криві $q_{оп}=f(l_{різ})$ і $\tau_{різ}=f'(l_{різ})$ представлені на рис. 7.3.

Характеристики міцності стеблових кормів і питомої роботи різання відповідають нормальному закону розподілу.

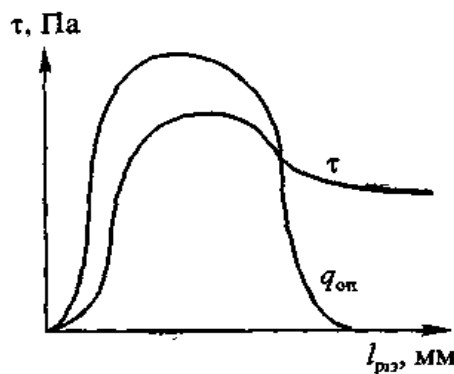


Рис. 7.3. Діаграма різання стебел люцерни

Динамічні характеристики властивостей міцності. Стеблові корми як пружнов'язкопластичний матеріал з волокнистою структурою і чітко вираженою анізотропністю в механічному відношенні найбільш подібні до структури деревини. Вміст деревини в стеблах люцерни в середньому становить близько 20 % за масою.

Якщо кут зламу використовувати як характеристику міцності волокнистих рослинних матеріалів, що відображає залежність $\sigma = f(\gamma)$, то можна знайти і коефіцієнт динамічності:

$$K_d = \gamma_d / \gamma_{ст}, \quad (7.16)$$

Коефіцієнт динамічності сухих стебел люцерни становить 1,2–1,5. Значення руйнівної швидкості поперечного удару:

$$v_{руйн} = 0,5 K_{уд} \cdot v_{п.х.} \cdot \text{tg}^3(K_d \cdot \gamma_{ст}), \quad (7.17)$$

де $K_{уд}$ – коефіцієнт, $K_{уд} = v_{руйн} / v_{кр}$. Тут $v_{руйн}$ – руйнівна швидкість, $v_{кр}$ – критична швидкість, за якої пружна деформація зразка досягає максимального значення; $v_{п.х.}$ – швидкість поширення поздовжніх хвиль, для стебел люцерни $V_{п.х.} = 100$ м/с.

7.4. Механіко-технологічні властивості ущільнених кормів.

Ущільнення кормів здійснюють з метою поліпшення їх транспортабельності, економнішого використання складських приміщень і тари, а також забезпечення кращого зберігання поживних речовин та вітамінів.

Ступінь ущільнення кормів у разі одержання брикетів та гранул визначають за формулою

$$\lambda_{ущ} = V_{п} / V_{к}, \quad (7.18)$$

де $V_{п}$ і $V_{к}$ – відповідно початковий об'єм порції матеріалу до пресування і кінцевий об'єм брикету або гранули, м³.

Якщо ущільнення здійснюють у камері за сталою площею поперечного перерізу, то формула (7.18) набуває вигляду

$$\lambda_{ущ} = h_{п} / h_{к}, \quad (7.19)$$

де $h_{п}$, $h_{к}$ – висота шару матеріалу відповідно до і після пресування, м.

Якщо щільність розсипчастого матеріалу позначити через $\rho_{п}$, а щільність отриманого моноліту через $\rho_{к}$, то ступінь ущільнення

$$\lambda_{ущ} = \rho_{п} / \rho_{к}, \quad (7.20)$$

Об'ємні властивості визначають поведінку об'єму тіла під дією на нього нормальних напружень у замкненій формі або між двома пластинами. Показниками об'ємних властивостей є щільність, позірність, пористість та ін.

Щільність – це кількість речовини в одиниці об'єму (кг/м³).

Відношення сумарного об'єму пустот $V_{п}$ між зернами до повного об'єму V шару

є позірність і дорівнює

$$\Pi = V_{\pi}/V = 1 - (V_3/V), \quad (7.21)$$

де V_3 – об'єм часточок твердого тіла в шарі, м^3 .

Реальні сипкі тіла є складною сумішшю різних за розмірами часточок з внутрішніми мікро– і макрокапілярами, тріщинами і щілинами, які заповнені повітрям. Стосовно окремого моноліту властивість, аналогічна позірності зернового шару, – це пористість, яку визначають за формулою:

$$\Pi' = V_{\pi}'/V' = 1 - (V_3'/V'), \quad (7.22)$$

де V_{π}' – об'єм вільних проміжків усередині моноліту, м^3 ; V' – загальний об'єм моноліту, м^3 ;

V_3' – об'єм твердої речовини моноліту, м^3 .

Контрольні запитання

1. Що розуміють під питомою площею поверхні подрібнення кормів та як їх обчислюють?
2. Що таке ступінь подрібнення кормів і за якими формулами його визначають?
3. Що розуміють під еквівалентним діаметром зернини і як його обчислюють?
4. Як визначають гранулометричний склад подрібнених кормів?
5. До часточок якого розміру подрібнюють корм для різних видів тварин?
6. Назвіть основні етапи розвитку деформації зернівки під час її стискання.
7. За якими формулами визначають показник і модуль пластичності зерна?
8. Чим характеризують в'язкість зерна і що є її показником?
9. З якою метою вводять коефіцієнт динамічності зернових кормів?
10. Дайте порівняльну оцінку міцності зерен різних культур за статичного стискання і помелу.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.

1. Кушнарёв А.С., Кочев В.И. Механико – технологические основы обработки почвы. – К.: Урожай, 1989. – 144 с.
2. Механіко – технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навч. посібник/ О.М. Царенко, С.С. Яцун, М.Я. Довжик, Г.М. Олійник; За ред. С.С. Яцуна. – К.: Аграрна освіта, 2000. – 243 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.
4. Механіко – технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник/ О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк, В.М. Швайко та ін.; За ред. С.С. Яцуна. – К.:Мета, 2003. – 448 с.
5. Рустамов С.И. Физико – механические свойства растений и совершенствование режущих аппаратов уборочных машин. – Киев – Донецк: Вища школа, 1981. – 172 с.
6. Синявский И.С. Сопротивление материалов. – М.: Колос, 1968. – 456 с.
7. Физико – механические свойства растений, почв, удобрений. Методы, приборы и характеристики. – М.: Колос, 1970. – 343 с.
8. Хайлис Г.А. Механика растительных материалов. – К.: УААН, 1994. – 332 с.
9. Попов, А.Ю. Машины и оборудование в растениеводстве: лабораторный практикум / А.Ю. Попов. – Зерноград: Азово-Черноморский инженерный институт ФГБОУ ВПО ДГАУ, 2015. – 104 с.

Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів

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

Підписано до друку „ ____ “ _____ 2021 рік. Тираж 50 прим.

Гарнітура ***Times New Roman***. Умовн. друк. арк. 2,0. Формат А5. Замовл. 50.
