

## МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРЕМІКСІВ

Семенцов В.В., магістр, Нанка О.В., к.т.н., доц.,  
Бойко І.Г., к.т.н., проф.

*(Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка)*

*Приведена методика та результати досліджень механіко-технологічних властивостей преміксів.*

**Постановка проблеми.** Вивчення механіко-технологічних властивостей сільськогосподарських матеріалів тісно пов'язане з їхніми фізичними особливостями, розмірно-масовими показниками, умовами зберігання, переробки тощо. У загальному вигляді під поняттям властивості 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. Кожен окремих 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. Необхідність в дослідженні механіко-технологічних властивостей сільськогосподарських матеріалів пов'язана з тим, що їх характеристики, як коефіцієнти математичних моделей технологічних процесів, потрібні при теоретичному обґрунтуванні параметрів робочих органів сільськогосподарських машин.

Що стосується преміксів, то це складні суміші біологічно активних речовин (вітамінів, мікроелементів, антибіотиків та інших) з наповнювачами (в основному з висівками), які вводяться в комбікорми технологічними операціями дозування і змішування. Премікси за фізичними особливостями відносяться до сипучих матеріалів і є дисперсною двохфазною системою тверде тіло - газ, яка існує за певного співвідношення фаз. Сипучий матеріал слід розглядати як статичну сукупність твердих частинок, випадкова орієнтація яких у просторі спричинена дією гравітаційних, фрикційних сил і сил розклинання.

Основні властивості сипучих матеріалів, які використовуються

на практиці, поділяють на дві групи [1]:

- параметри, які характеризують властивості сипучого матеріалу;
- властивості, які характеризують процеси, що відбуваються в сипучому матеріалі.

До властивостей першої групи, які є основними, належать структурно-механічні, силові і фракційні. Друга група характеризує процеси, розкриває їх основні залежності і слугує для розрахунків і створення методів контролю процесів, що відбуваються в сипучому матеріалі.

Основними параметрами преміксів, як сипучого матеріалу, які будуть використовуватися при подальших наших дослідженнях мають бути: об'ємна щільність (насипна маса); коефіцієнти зовнішнього і внутрішнього тертя; критичний діаметр склепоутворюючого отвору; висота склепінь; гранулометричний склад і їх вологість.

**Аналіз останніх досліджень.** Дослідженню механіко-технологічних властивостей сипучих кормів присвячені роботи Кукти Г.М. [2], Куцина Л.М. [3], Перельмана В.З. [4], Леонтьєва П.І. [5], Андрианова Е.І. [6], Рибкіна І.П. [7], в яких приведені дані механіко-технологічних властивостей зерна і інгредієнтів комбікормів. Що стосується механіко-технологічних властивостей преміксів, то вони в літературних джерелах нам не зустрічалися.

**Формування цілей.** Метою роботи є вивчення методик досліджень механіко-технологічних властивостей сипучих матеріалів, адаптація їх до застосування при визначенні властивостей преміксів та отримання результатів досліджень.

**Виклад основного матеріалу.** Основним параметром сипучого матеріалу як дисперсної двофазної системи є об'ємна щільність, яка може коливатися для різних матеріалів в межах від 0,08 до 2,4 т/м<sup>3</sup>. Для визначення об'ємної (насипної) щільності преміксів застосовувалась мірна посудина 1 (рис. 1) з віссю 2, довкола якої може обертатися рамка 3. Висота посудини дорівнює двом її внутрішнім діаметрам, а висота рамки – 1/3 висоти посудини.

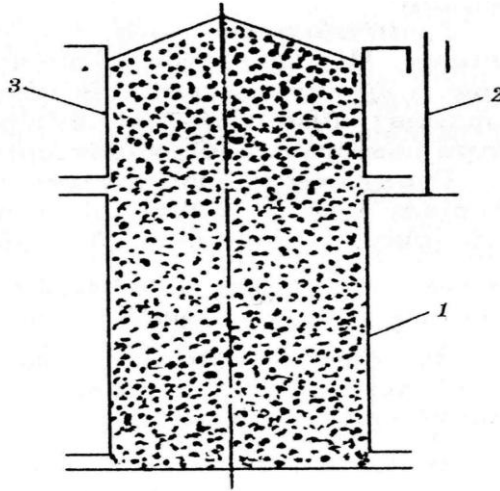


Рис. 1. Мірна посудина для визначення об'ємної щільності сипучих матеріалів: 1 – мірна посудина; 2 – вісь; 3 – обертова рамка

Методика визначення об'ємної щільності сипучого матеріалу полягає в наступному. Сипучий матеріал завантажується в посудину 1 (рис. 1) до верху рамки 3, останню обертають довкола осі 2 і вона зрізує надлишок матеріалу. Матеріал, що залишився в посудині, зважують і визначають його щільність за формулою

$$\gamma_0 = m_i / V_i, \quad (1)$$

де  $m_i$  – маса матеріалу в посудині;  $V_i$  – об'єм посудини.

Для визначення коефіцієнтів зовнішнього динамічного тертя і коефіцієнтів внутрішнього тертя застосовується прилад, зображений на рис. 2. Запропонований прилад складається з бункера 1, рухомого диска 2, ваги 3, динамометричного пристрою 4, самописця 5, пристрою для зрушення сипучого матеріалу 6. При налагодженні приладу для визначення коефіцієнтів зовнішнього динамічного тертя використовується диск 2 із змінними фракційними поверхнями, а при визначенні коефіцієнта внутрішнього тертя використовується вище вказаний пристрій 6.

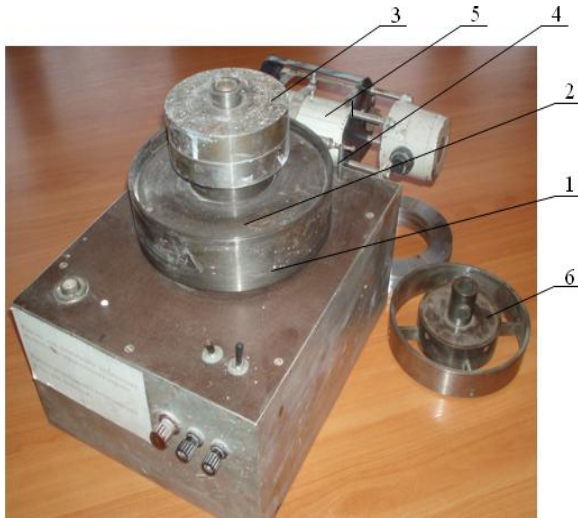


Рис. 2. Прилад для визначення коефіцієнтів зовнішнього і внутрішнього тертя сипучих матеріалів: 1 – бункер; 2 – рухомий диск; 3 – ваги; 4 – динамометричний пристрій; 5 – самописець; 6 – пристрій для зрушення сипучого матеріалу

Методика визначення коефіцієнтів зовнішнього динамічного тертя та внутрішнього тертя сипучих матеріалів полягає в наступному. Досліджуваний сипучий матеріал завантажувався в бункер 1 (рис. 2), а на приводний вал встановлювався обертовий диск 2 і навантажувався вагами 3. При наданні диску 2 обертового руху, за допомогою динамометричного пристрою і самописця у вигляді діаграми фіксувався момент сили тертя. Після проведення дослідів опрацьовували діаграму тертя і визначали динамічний коефіцієнт тертя за формулою

$$f = kM / Q, \quad (2)$$

де  $k$  – коефіцієнт, який залежить від розмірів площі диска;

$M$  – момент сили тертя;

$Q$  – нормальний тиск на зразок.

При визначенні коефіцієнта внутрішнього тертя замість диска на приводний вал встановлювався пристрій 6 для зрушення сипучого матеріалу. Розрахунки по визначенню коефіцієнта внутрішнього тертя проводились аналогічно вище приведеному.

Прилад для визначення кута природного укосу (рис. 3.) складається з порожнистого циліндра 1, механізму піднімання

циліндра 2 та площини з розміткою 3.

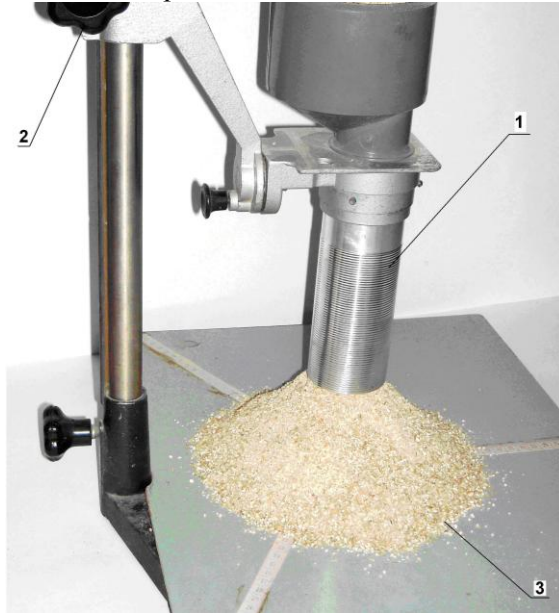


Рис. 3. Прилад для визначення кутів природного укосу сипучих матеріалів: 1 – порожнистий циліндр; 2 – механізм підймання циліндра; 3 – площина з розміткою

Послідовність визначення кута природного укосу була наступною. Порожнистий циліндр за допомогою механізму підймання опускався до дотику з площиною і заповнювався сипучим матеріалом. Далі циліндр підіймався і сипучий матеріал, висипаючись із циліндра, утворював конус. Визначивши геометричні параметри конуса, кут природного укосу розраховується за формулою:

$$\alpha = \arctg H / R, \quad (3)$$

де  $H$  – висота конуса;  $R$  – радіус конуса.

Для визначення критичного діаметра склепоутворюючого отвору, який характеризує сипучість матеріалу, використовується прилад схема якого представлена на рис. 4.

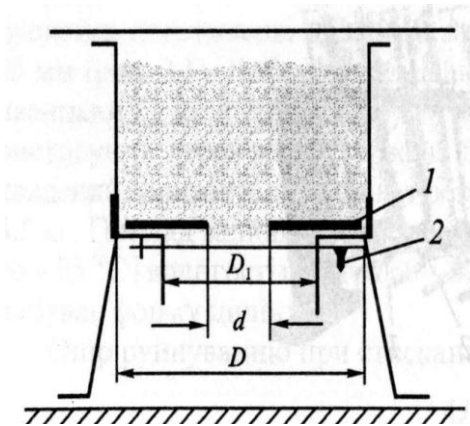


Рис. 4.Схема приладу для визначення критичного діаметра отвору склепінеутворення: 1 – діафрагма; 2 – заслінка

Прилад складається з циліндричної ємності, на дніщі якої знаходиться отвір діаметром  $D_1$ . Діаметр отвору можливо перекривати діафрагмами 1, які мають отвори різного діаметра  $d$  і коливаються від 10 до 60 мм. Отвір дніща перед засипанням сипучого матеріалу перекривається заслінками 2. Циліндрична ємність і набір змінних діафрагм з отворами різного діаметра зображені на рис. 5.



Рис. 5. Циліндрична ємність для преміксів і набір змінних діафрагм з отворами різного діаметра

Діаметр отвору склепінеутворення визначали в наступній послідовності. Отвір дніща закривали заслінкою 2, а в посудину

вставляли діафрагму з найбільшим діаметром отвору. Засипавши сипучий матеріал в посудину, відкривали заслінку. Якщо сипучий матеріал висипався повністю, замінювали діафрагму з меншим діаметром отвору. Дослід повторювали доти, доки не виникало склепіненоутворення. Також слід відмітити, що при ущільненні сипучих матеріалів, спостерігалось збільшення отвору склепіненоутворення, іноді у 2 – 3 рази.

Окрім критичного діаметра отвору склепіненоутворення важливо визначення висоти склепінень, яка залежить від діаметрів отворів та гранулометричного складу сипучих матеріалів. Для визначення зазначеного показника нами розроблена експериментальна установка схема якої зображена на рис. 6.

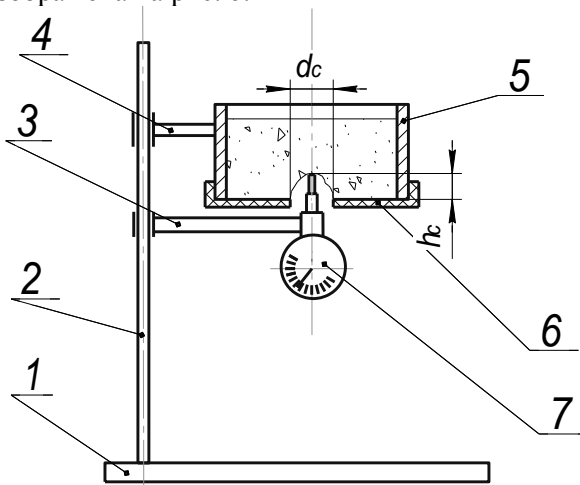


Рис. 6. Схема експериментальної установки для визначення висоти склепінень: 1 - платформа; 2 - стойка; 3, 4 - кронштейни; 5 - циліндрична ємність; 6 - еластична насадка; 7 - індикатор переміщення

Загальний вигляд експериментальної установки для визначення висоти склепінень сипучих матеріалів розташованих над отворами зображений на рис.7. Порядок виконання експериментів при визначенні висоти склепінень був наступним. На закріплену ємність встановлювали насадку з заданим діаметром отвору. Отвір перекривали і в ємність засипали премікси. При звільненні отвору частина преміксів висипалася і над отвором створювалося динамічно стійке склепіння, висота якого визначалась за допомогою індикатора

переміщення.

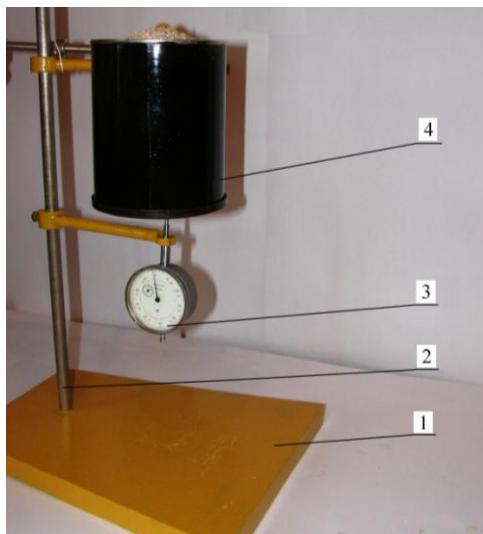


Рис. 7. Загальний вигляд установки для визначення виступу склепіння: 1 - платформа; 2 - стойка; 3 - індикатор переміщення; 4 - циліндрична ємність

Для визначення фракційного гранулометричного складу сипучого матеріалу використовували класифікатор РКФ – 14, зображений на рис. 8.



Рис. 8. Прилад для визначення фракційного гранулометричного складу сипучих матеріалів



Гранулометричним складом сипучих матеріалів називають вміст у них різних за розмірами часточок, виражений у відсотках. Для визначення вказаного складу застосовували класифікатор (рис 8), який складається із 8 решіт з круглими отворами діаметрами 0,25; 0,50; 0,75; 1,00; 1,25; 1,50; 1,75; 2,00 мм. Залишки на кожному із решіт, а також на днищі класифікатора, зважували на вагах з абсолютною похибкою вимірювання не більше 0,01 гр.

Обробку результатів вимірів проводили за формулою

$$X_{\text{фр}} = \frac{m_{\text{зал}}}{m_{\text{пр}}} \cdot 100, \quad (4)$$

де  $X_{\text{фр}}$  – вміст фракцій у відсотках;  $m_{\text{зал}}$  – залишок сипучого матеріалу на ситі з отворами певного діаметру або на днищі класифікатора;  $m_{\text{пр}}$  – маса проби.

Середнє зважений діаметр частинок (модуль помелу) визначався по одній із приведених формул

$$M = (0,5P_0 + 1,5P_1 + 2,5P_2 + 3,5P_3) / 100, \quad (5)$$

або

$$M = (0,1P_0 + 0,6P_{0,25} + 1,5P_1 + 2,5P_2 + 3,5P_3) / 100, \quad (6)$$

де  $M$  - середнє зважений діаметр частинок (модель помелу);  $P_0$  - залишок на збірному дні після проходження сипучого матеріалу через весь набір сит;  $P_{0,25}$  - остаток на ситі з діаметрами отворів 0,25 мм;  $P_1, P_2, P_3$  - залишок на ситах з діаметрами отворів 1, 2 і 3 мм.

Вологість сипучих матеріалів визначалася по методиці, яка базується на нагріванні його в сушильній шафі, витримці протягом 10 годин при температурі 105 С° і охолодженні протягом 14 годин. Відносна вологість матеріалу при цьому визначалася по формулі:

$$W = \frac{G_2 - G_1}{G_1 - G_0} \cdot 100\%, \quad (6)$$

де  $G_0$  – власна маса бюкси (сухої і чистої);  $G_1, G_2$  – маса бюкси з матеріалом до і після сушки, відповідно.

В результаті проведених досліджень встановлено, що об'ємна щільність преміксів залежить від об'ємної щільності наповнювача, оскільки склад наповнювача в преміксах складає 95...99%. Також встановлено, що премікси відносяться до важко сипучих матеріалів -

кут природного укосу складає більше  $45^{\circ}$ . Результати досліджень механіко-технологічних властивостей преміксів приведені в таблиці.

Таблиця

Механіко-технологічні властивості преміксів

Найменування показників	Значення показників
1.Об'ємна (насипна) щільність $\gamma_0$ , кг/м <sup>3</sup>	437...475
2.Коефіцієнт зовнішнього тертя $f_{зов}$	0,41...0,43
3.Коефіцієнт внутрішнього тертя $f_{внт}$	0,82...0,86
4.Кут природного укосу $\alpha$ , градусів	45...48
5.Критичний радіус отвору склепінеутворення $d_{кр}$ , мм	35...42
6.Висота склепінь при діаметрі $d_{кр}=30$ мм $h_{скл}$ , мм	50
7.Середнє зважений діаметр частинок $d_{час}$ , мм	0,8
8.Влажність $W$ , процентів	12

**Висновки.** В результаті проведених експериментальних досліджень механіко-технологічних параметрів преміксів встановлено, що премікси відносяться до важко сипучих матеріалів, об'ємна щільність яких складає 437...475 кг/м<sup>3</sup>. Критичний радіус отвору склепінеутворення більший в 1,5 рази в порівнянні з іншими сипучими кормами.

### Список літератури

1. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: [підруч. для студентів вищих закладів освіти] / О.М.Царенко, Д.Г.Войтюк, В.М.Швайка та ін.; За ред. С.С.Яцуна. - К: «Мета», 2003. - 448 с.

2. Кукта Г.М., Каневский П.И. Определение некоторых физико-механических свойств сыпучих кормов / Кукта Г.М., Каневский П.И. // Механизация и электрификация сельского хозяйства: Сб. научных трудов УНИИМЭСХ. К: «Урожай», 1973. - Вып. 26. С.78-84.

3. Куцын Л.М. Определение физико-механических свойств сыпучих материалов / Куцын Л.М.Кулаковский И.В // Комплексная механизация и автоматизация с.-х. производства: Сб. научных трудов РИСХМ. Ростов на Дону: РИСХМ, 1973. - 217 с.

4. Перельман В.З. Физико-механические свойства микроингредиентов комбикормов / Перельман В.З. Бойко Л.Я., Шевандина В.М. // Мукомольно-элеваторная промышленность. – 1970. - №1. - С. 6-11.

5. Леонтьев П.И. Исследование механических свойств компонентов кормовых смесей / Леонтьев П.И., Старших В.В., Корепанов В.В. // Технология и механизация производственных процессов в животноводстве: Научные труды ЧИМЭСХ. – Челябинск, ЧИМЭСХ, 1983. – С. 35-42.

6. Андрианов Е.И. Методы определения структурно-механических характеристик порошкообразных материалов / Андрианов Е.И. – М.: Химия, 1982. – 256 с.

7. Рыбкин И.П. Исследование технологических характеристик компонентов комбикормов и дозаторов / Рыбкин И.П., Саломатин Г.Г. // Степные просторы. – 1986. - №9. – С. 25-29.

## **Аннотация**

### **МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ МЕХАНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРЕМИКСОВ**

*Приведена методика и результаты исследований механико-технологических свойств премиксов.*

## **Abstract**

### **METHOD AND RESEARCH RESULTS OF MECHANICAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF PREMIXES**

*The article gives method and research results of mechanical and technological properties of premixes.*