

## РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ В'ЯЗКОСТІ КОРМОСУМІШІ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА КОРМОВИХ ГРАНУЛ

**В. Братішко**, канд. техн. наук.

*ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»*

*У статті висвітлено результати лабораторних досліджень з визначення впливу складу та вологості зерно-стеблової кормосуміші на її в'язкість. Для проведення досліджень створено лабораторну установку, що працює за принципом ротаційного віскозиметра.*

**Ключові слова:** *віскозиметр, в'язкість, гранулювання, кормосуміш, сіно.*

**Суть проблеми.** Складність отриманих математичних моделей процесу роботи гвинтового гранулятора кормів [1, 2] викликала необхідність застосування в якості єдиного показника, що характеризує фізико-механічні властивості пластифікованої кормосуміші, її в'язкості. А отже, постала потреба у дослідженні впливу основних фізико-механічних властивостей кормосуміші на цей показник.

**Методика виконання досліджень.** Як вихідну сировину під час проведення лабораторних досліджень використовували подрібнений ячмінь та сіно люцерни. Вихідна вологість сіна становила 15,2%, ячменю – 12,2%. Середньозважена довжина часточок сіна становила 8,6 мм, модуль помелу ячменю – 1,3 мм. Маса однієї порції кормосуміші для кожної повторності досліджу становила 1,0 кг (вихідної вологості). Температура повітря під час проведення досліджень становила 21-22 °С.

Для зміни частоти обертання робочого органу розробленого нами [3] лабораторного ротаційного віскозиметра (рисунок 1) використовувався перетворювач частоти електричного струму DELTA VFD037EL43A 3,7 kW. Тривалість кожного досліджу становила не менше 3 хвилин – до стабілізації показів стрілки приладу.

В процесі проведення лабораторних досліджень до отриманої раніше залежності в'язкості пластифікованої кормосуміші [3] були внесені деякі зміни. Зокрема, для зручності зняття показів шкалу ротаційного віскозиметра було відтаровано за допомогою динамометра загального призначення ДПУ-0,02-2 [4].

З урахуванням наведеного, при представленні частоти обертання внутрішнього циліндра віскозиметра в обертах на хвилину, залежність для визначення в'язкості кормосуміші набула вигляду:

$$\eta = 30 \frac{R_{np} F_{np} \left(1 - \frac{R_B}{R_3}\right)^2}{4\pi^2 R_B^2 h n} \quad (1)$$

де  $R_3$  – радіус зовнішнього циліндра віскозиметра, м;  
 $R_B$  – радіус внутрішнього циліндра віскозиметра, м;  
 $h$  – висота внутрішнього циліндра віскозиметра, м;  
 $R_{np}$  – радіус встановлення пружних елементів, м;  
 $F_{np}$  – значення зусилля на шкалі віскозиметра, Н;  
 $n$  – частота обертання внутрішнього циліндра віскозиметра, об/хв.



Рисунок 1 – Пристрій для визначення в'язкості кормосуміші

Для лабораторної установки (рисунок 1), що використовувалась під час проведення досліджень, значення параметрів становили:  $R_B = 60,5$  мм;  $R_3 = 74$  мм;  $R_{np} = 135$  мм;  $h = 165$  мм. Після підстановки зазначених параметрів вираз (1) спростився:

$$\eta = 5,6533 \frac{F_{np}}{n}, [Па \cdot c]. \quad (2)$$

В якості досліджуваних факторів виступали (таблиця 1):

- вологість кормосуміші  $w$ , %,  $x_1$ ;
- вміст грубих кормів  $s$ , %,  $x_2$ ;

- частота обертання внутрішнього циліндра віскозиметра,  $n$ , об/хв,  $x_3$ .  
Досліджуваним критерієм була в'язкість кормосуміші  $\eta$ , Па·с.

Таблиця 1 – Досліджувані фактори та рівні їх варіювання

Рівень варіювання факторів	Досліджуваний фактор		
	Вологість, %, $x_1$	Вміст сіна, %, $x_2$	Частота обертання вала, хв <sup>-1</sup> , $x_3$
Верхній рівень (+)	35	40	50
Основний рівень (0)	25	25	40
Нижній рівень (-)	15	10	30
Інтервал варіювання	10	15	10

**Мета досліджень** – встановити вплив вологості кормосуміші та вмісту грубих кормів на показник її в'язкості. З метою аналізу інтенсивності механічної взаємодії кормосуміші з робочими органами гранулятора кормів у якості третього фактора було досліджено вплив частоти обертання камери лабораторного ротаційного віскозиметра.

**Викладення основного матеріалу дослідження.** Після оброблення результатів трифакторного експерименту було отримано залежність критерію оптимізації від досліджуваних факторів – рівняння регресії у вигляді поліному другого порядку. Для в'язкості кормосуміші  $\eta$ , Па·с модель мала вигляд:

$$\eta = 2,12461 - 0,457197x_1 + 0,1588x_1^2 + 0,755897x_2 - (3) \\ - 0,11125x_1x_2 - 0,25017x_3 - 0,150102x_2x_3,$$

та у розкодованому вигляді:

$$\eta = 2,53673 - 0,106578w + 0,108962s + (4) \\ + 0,001588w^2 - 0,000741667ws - 0,00100068sn,$$

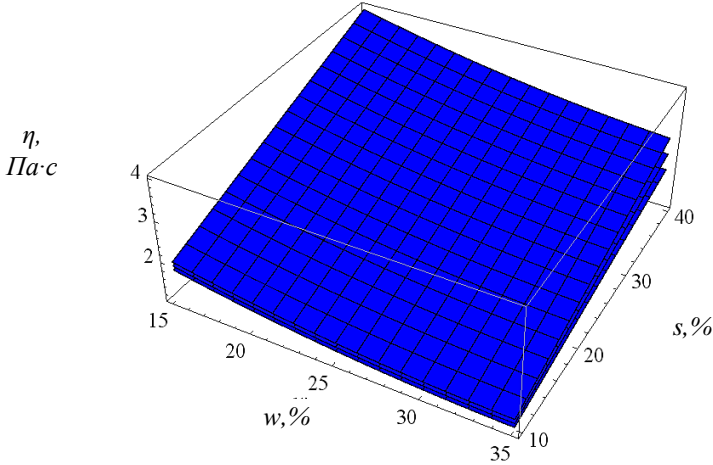
де  $w$  – вологість кормосуміші, %;

$s$  – вміст подрібненого сіна в кормосуміші, %;

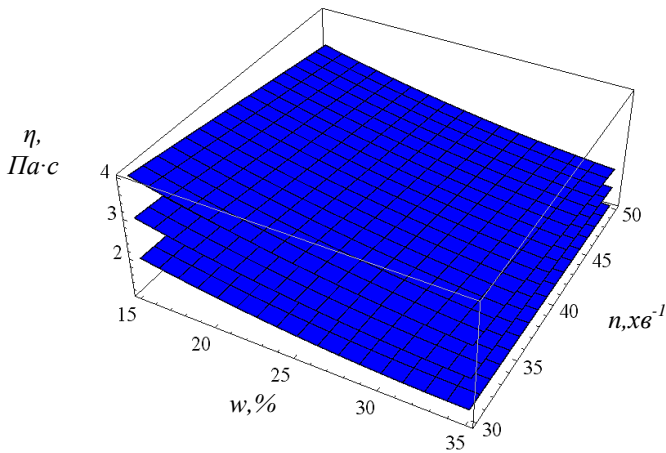
$n$  – частота обертання внутрішнього циліндра віскозиметра, хв<sup>-1</sup>.

Для залежності(3), (4), яка є адекватною на 85% рівні довірчої вірогідності, коефіцієнт множинної детермінації становить  $D = 0,958$ . Значення критерію Фішера  $F = 40,96$ ; ймовірність F-критерію  $P = 0,99$ . Всі коефіцієнти моделі є значущими на рівні довірчої вірогідності не менше 85%.

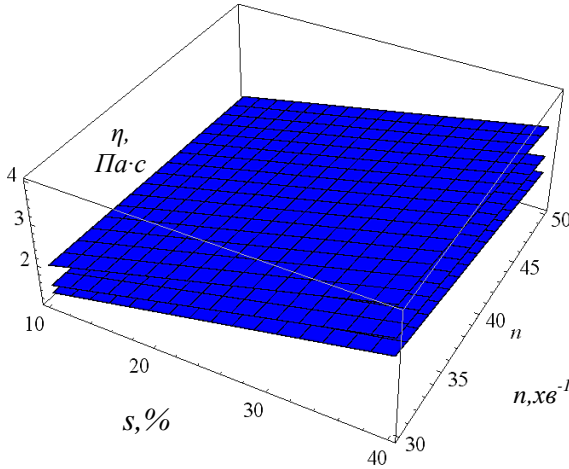
Графічна інтерпретація залежності (4) наведена на рисунках 2-4.



**Рисунок 2 – Вплив вологості кормосуміші  $w$  та вмісту сіна у кормосуміші  $s$  на коефіцієнт в'язкості кормосуміші  $\eta$  для значень частоти обертання циліндра віскозиметра  $n = 30, 40$  та  $50 \text{ хв}^{-1}$  (відповідно верхня, середня та нижня поверхні)**



**Рисунок 3 – Вплив вологості кормосуміші  $w$  та частоти обертання циліндра віскозиметра  $n$  на коефіцієнт в'язкості кормосуміші  $\eta$  для значень вмісту сіна в кормосуміші  $s$  – 10, 25 та 40% (відповідно нижня, середня та верхня поверхні)**



**Рисунок 4 – Вплив вмісту сіна в кормосуміші  $s$  та частоти обертання циліндра віскозиметра  $n$  на коефіцієнт в'язкості кормосуміші  $\eta$  для значень вологості кормосуміші  $w$  – 15, 25 та 35% (відповідно верхня, середня та нижня поверхні)**

Як видно з аналізу рисунків 2-4, в'язкість кормосуміші очікувано збільшується зі зростанням вмісту сіна в кормосуміші та зменшується зі збільшенням її вологості.

Проте, значення коефіцієнта в'язкості в отриманих межах (0,950-4,146 Па·с) співставне з в'язкістю, наприклад, мазуту [5], для якого  $\eta_{\text{мазут}} = 2,022$  Па·с. Вочевидь, це, а також наявне зменшення коефіцієнта в'язкості зі збільшенням частоти обертання циліндра віскозиметра свідчить про деякий вплив на зафіксовані в результаті проведених лабораторних досліджень показники пристрою «зовнішнього» тертя кормосуміші по стінках циліндрів віскозиметра, поряд із «внутрішнім» тертям – в'язкістю суміші.

#### **Висновки.**

В результаті лабораторних досліджень було встановлено вплив вологості та співвідношення зернового та стеблового компонентів кормосуміші на показник її в'язкості. Зокрема з'ясовано, що в'язкість кормосуміші збільшується зі зростанням вмісту грубих кормів у кормосуміші та зменшується зі збільшенням її вологості. Максимальне значення в'язкості

кормосуміші спостерігається при її вологості 15%, вмісті сіна 40% і становить 4,146 Па·с.

### **Література**

1. Братішко В.В. Продуктивність та енергосмність процесу гранулювання зерно-стеблової кормосуміші гвинтовим гранулятором// Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Вип. 28. – Кіровоград: КНТУ, 2015. – С. 138-144.
2. Братішко В. Оптимізація конструкційних параметрів гвинта гранулятора кормів // Вісник Львівського національного аграрного університету. – Агроінженерні дослідження. – № 18. – Львів: ЛНАУ. – 2014. – С. 129-136.
3. Братішко В.В. Пристрій та метод визначення в'язкості пластифікованої кормосуміші // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Вип. 99. Т 1. – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ». – 2014. – С. 543-549.
4. ГОСТ 13837-79 Динамометры общего назначения. Технические условия
5. Мала гірнича енциклопедія: в 3 т. / за ред. В. С. Білецького. – Донецьк : Донбас, 2004.

### **Анотація**

*В статтє отражены результаты лабораторных исследований по определению влияния состава и влажности зерно-стеблевой кормосмеси на ее вязкость. Для проведения исследований создана лабораторная установка, работающая по принципу ротационного вискозиметра.*

### **Summary**

*The results of laboratory tests to determine the influence of composition and corn-stem forage mixture moisture on its viscosity are presented in the article. For research purposes laboratory installation using the principle of rotational viscometer was developed.*