

УДК 631.363.2

Малєгін Р.Д., аспірант  
Алієв Е.Б., докт. техн. наук, професор  
Дніпровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро,  
[maliehin.r.d@gmail.com](mailto:maliehin.r.d@gmail.com)

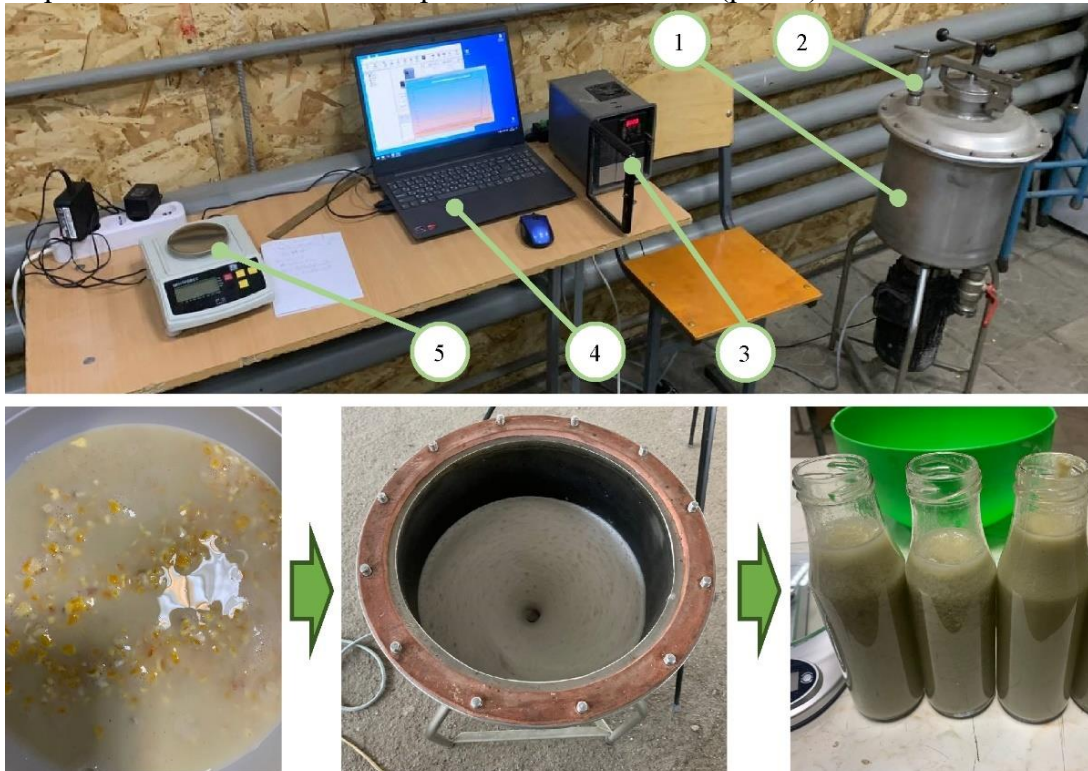
## МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ РОБОТИ ДИСПЕРГАТОРА-ГОМОГЕНІЗАТОРА РІДКИХ КОРМІВ

Метою експериментальних досліджень була перевірка правильності встановлених в ході чисельного моделювання залежностей і експериментальне обґрунтування раціональних конструктивно-технологічних параметрів роботи гомогенізатора-диспергатора рідких кормів.

Програмою досліджень передбачено виконання наступних завдань:

- виготовити експериментальних зразок гомогенізатора-диспергатора і укомплектувати стенд для досліджень;
- розробити методику експериментальних досліджень;
- визначити вплив конструктивно-технологічних параметрів гомогенізатора-диспергатора на якість рідких кормів, продуктивність обладнання і витрати енергії;
- провести статистичну обробку отриманих даних і порівняти отримані залежності з результатами чисельного моделювання;
- визначити раціональні конструктивно-технологічні параметри роботи гомогенізатора-диспергатора.

Експериментальні дослідження проводилися на стенді (рис. 1).



Вихідна суміш

Процес приготування

Відбір проб

1 – експериментальний зразок гомогенізатора-диспергатора рідких кормів; 2 – датчик температури DS18B20; 3 – частотний перетворювач N700E-022SF; 4 – персональний комп'ютер; 5 – ваги електронні ВТЕ-Центровес

Рис. 1 – Стенд і етапи експериментальних досліджень

Стенд складається з експериментального зразку гомогенізатора-диспергатора, устаткування для зміни параметрів робочого процесу приготування рідких кормів (блок керування з частотним регулятором N700E-022SF (Hyundai, Південна Корея)) та контрольно-вимірювальної апаратури (електронний термометр на базі цифрового датчика температури DS18B20 (Dallas Semiconductor, USA) і персонального комп'ютера з встановленим програмним забезпеченням Hims N700 (Hyundai, Південна Корея) і BM1707 (SILINES)). Конструкція експериментального зразка гомогенізатора-диспергатора та використання обладнання стенду передбачало можливість зміни конструктивно-технологічних параметрів і вимірювання показників робочого процесу:

- діаметр вхідного отвору статора  $D_{in}$  від  $0,04 \pm 0,001$  м до  $0,06 \pm 0,001$  м за рахунок зміни фланців;
- частота обертання ротора  $n$  від 0 до  $3000 \pm 1$  хв<sup>-1</sup> за допомогою частотного перетворювача;
- об'єм завантажених компонентів  $V$  до  $0,34$  м<sup>3</sup>;
- динаміку температури суміші в ємності гомогенізатора-диспергатора за допомогою електронного термометра від 0°C до  $100 \pm 0,1$ °C з відтвореністю 0,5 с;
- динаміку потужності асинхронного електродвигуна гомогенізатора-диспергатора за допомогою частотного перетворювача від 0 до  $1,50 \pm 0,01$  кВт з відтвореністю 0,5 с.

В якості вихідного матеріалу при проведенні експериментальних досліджень обрано ячмінь, пшеницю і сою. Згідно досліджень властивостей рідких кормів концентрація сухої речовини в суміші повинна складати 12%. Враховуючи вологість зерна (8%) співвідношення маси води до маси сипкого компонента складає 6,75:1. Маса вихідної суміші складала 5 кг (0,65 кг зерна + 4,35 кг води).

На основі проведеного чисельного моделювання процесу гомогенізації було відібрано три фактори, які найбільш вагомо впливають на робочий процес і обрано їх натуральні значення на нульовому рівні та рівні їх варіювання. Інтервали і рівні варіювання факторів при проведенні досліджень наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Рівні та інтервали варіювання факторів при проведенні експериментальних досліджень гомогенізатора-диспергатора рідких кормів

| Рівні і інтервали варіювання | Кодоване значення | Фактори і їх позначення                          |  |                    |
|------------------------------|-------------------|--|--|--------------------|
|                              |                   | Частота обертання гвинтів $n$ , хв <sup>-1</sup> | Діаметр вхідного отвору статора $D_{in}$ , м | Час роботи $t$ , с |
| Верхній рівень               | + 1               | 3000   | 0,06   | 1800               |
| Основний рівень              | 0                 | 2250   | 0,05   | 1200               |
| Нижній рівень                | - 1               | 1500   | 0,04   | 600                |
| Інтервал варіювання          | $\Delta$          | 750  | 0,01   | 600                |

В якості критеріїв оптимізації було прийнято:

- щільність суміші  $\rho$ , кг/м<sup>3</sup>;
- динамічна в'язкість суміші  $\mu$ , Па·с;
- частка осаду при двогодинному відстоюванні  $\epsilon$ , %;
- розмір частинок в суміші  $\delta$ , м;
- температура суміші  $T$ , °C;
- потужність –  $P$ , кВт;
- продуктивність гомогенізатора-диспергатора –  $Q$ , кг/с.

Щільність визначали шляхом зважування 1 см<sup>3</sup> суміші на електронних вагах ВТЕ-Центровес-15-ТЗ-ДВ (Україна) з подальшим перерахунком (рис. 2, а).

Динамічна в'язкість суміші визначалася з використанням віскозиметра власного виготовлення (рис. 2, б) за методикою Брукфільда.

Частку осаду при двогодинному відстоюванні визначали шляхом зважування осаду суміші на електронних вагах ВТЕ-Центровес-15-Т3-ДВ (рис. 2, в) з подальшим перерахунком.

Розмір частинок в суміші визначали з використанням цифрового мікроскопа Bresser LCD micro (Bresser Optic, Німеччина) з подальшим перерахунком (рис. 2, г).

Потужність гомогенізатора-диспергатора визначали з використанням частотного перетворювача N700E-022SF і програмного забезпечення Hims N700.

Продуктивність гомогенізатора-диспергатора визначали, як відношення маси вихідної суміші до часу роботи.



а – визначення щільності суміші; б – визначення динамічної в'язкості суміші;  
в – визначення частки осаду при двогодинному відстоюванні;

Рис 2 – Стенд і етапи експериментальних досліджень

Для визначення впливу кожного з факторів на критерії оптимізації процесу приготування рідкого корму проведені дослідження за матрицею D-оптимального плану Бокса-Бенкіна другого порядку для трьох факторів із загальною кількістю дослідів  $3^3 = 9$ . Кожен дослід проводився з триразовою повторністю.

Обробка результатів проведених досліджень за методом факторного планування експерименту виконується з використанням програмного пакету Wolfram Mathematica (Wolfram Research, USA). Умови однорідності дослідів припускають приблизно однаковий вплив помилок за усіма точками у плані дослідів. Для перевірки відтворення дослідів, які виконувалися у трьохкратній повторності, використовують критерій Кохрена. Адекватність отриманих моделей перевірялась за допомогою критерію Фішера. Значимість коефіцієнтів регресії перевіряється за допомогою визначення довірчого інтервалу для коефіцієнтів регресії. Коефіцієнт регресії враховується значимим, якщо його абсолютне значення перевищує величину довірчого інтервалу, який визначається за t-критерієм Стюдента.