

УДК 631.361

Шевченко І., д-р техн. наук, професор, член-кореспондент НААН, Алієв Е., канд. техн. наук, Луц С., інженер (Інститут олійних культур НААН України)

## Результати експериментальних досліджень роторного розкидача солом'яної підстилки

Проведено дослідження експериментального зразка роторного розкидача для внесення солом'яної підстилки з ущільнювальною і напрямною пластинами та визначено його раціональні конструкційно-технологічні параметри: частота обертання ротора  $n = 196 \text{ хв}^{-1}$ , кут нахилу ущільнювальної пластини  $\alpha = 23,5^\circ$  та кут нахилу напрямної пластини  $\beta = 8,8^\circ$ . При цьому споживана потужність приводу роторного розкидача  $N = 545 \text{ Вт}$ , рівномірність розподілу солом'яної підстилки по довжині боксу  $\delta = 89,4 \%$ . Принцип дії розкидача заснований на механічній подачі солом'яної підстилки із бункера-накопичувача роторно-пальцевим робочим органом, який являє собою обертальний вал із радіально розташованими рядами пальців.

**Ключові слова:** солома, підстилка, розкидач, конструкція, експеримент, результати.

**Вступ.** Особливої актуальності на існуючих фермах набувають питання механізації допоміжних процесів, одним із них є внесення підстилки. Як підстилковий матеріал використовують солому, яка має ряд технологічних переваг: зменшення витрат тепла, яке виділяє велика рогата худоба (ВРХ) на 12-14 %; зменшення захворювань тварин на запалення легенів на 25-30 %; підвищення молочної продуктивності на 10-15 %; зменшення витрат кормів на 23 %; зменшення захворювань корів на мастит; значна вологопоглинальність (1 кг підстилки на 3-4 кг вологи); здатність поглинати аміак, сірководень та інші гази [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Для механізованої доставки і розкидання підстилки у даний час використовують, як правило, спеціальні машини – універсальні кормороздавачі-змішувачі або тюковози-подрібнювачі. Перший тип машин являє собою універсальне обладнання, яке використовується не тільки для роздавання солом'яної підстилки, але й для приготування кормосумішей та їх роздавання. Другий тип машин є більш спеціалізованим, його використовують здебільшого для роздавання підстилки та кормової стеблової маси [2, 3, 4]. Але, як показує практика, основним недоліком широкої гами

© Шевченко І., Алієв Е., Луц С. 2017

використаного обладнання (переважно зарубіжного виробника) є технологічна невідповідність їх робочих органів зоотехнічним вимогам для роздавання підстилки, зокрема це стосується утворення пилової фракції або зволоження повітряно-солом'яної маси, яке відбувається у процесі роздування солом'яної підстилки.

Виходячи зі сказаного, питання розробки конструкції розкидача солом'яної підстилки для ферм ВРХ з безприв'язним утриманням на цей час є актуальним.

**Мета досліджень** – підтвердження теоретичних передумов механізованого процесу внесення солом'яної підстилки та визначення раціональних конструкційно-режимних параметрів засобів із підготовки і внесення підстилки відповідно до зоотехнічних та технологічних особливостей безприв'язного утримання великої рогатої худоби.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для механізації процесу внесення підстилки розроблено розкидач, який призначений для роздавання солом'яної підстилки за безприв'язного утримання ВРХ в бокси. Запропонована конструкційна схема розкидача підстилки, яка розробляється на базі одного кормороздавача. Принцип дії розкидача заснований на механічній подачі солом'яної підстилки з бункера-накопичувача роторно-пальцевим робочим органом, який являє собою обертальний вал із радіально розташованими рядами пальців і який встановлений у вивантажувальному вікні. Привід роторно-пальцевого органу розкидача відбувається від ВВП трактора та ланцюгової передачі від поперечного транспортера роздавача. Можливий також варіант приводу роторно-пальцевого органу від гідромотора та гідравлічної системи трактора. Конструкційно роторно-пальцевий орган виконано у вигляді приставки до кормороздавача з можливістю оперативного монтажу та демонтажу.

Конструкційно-технологічна схема робочих органів роторного розкидача представлена на рисунку 1.

Роторний розкидач працює так. Підстилковий матеріал завантажується у бункер, звідки повздовжнім подавальним транспортером подається до бітерів кормороздавача, якими подається на поперечний вивантажувальний транспортер під ущільнювальну пластину.

З-під ущільнювальної пластини ротор пальцями одного ряду зрізує

солом'яну масу, у тому числі зволожену, і кидає її у розпушеному вигляді на підлогу боксу. Напрямок кидання регулюється напрямною пластиною.

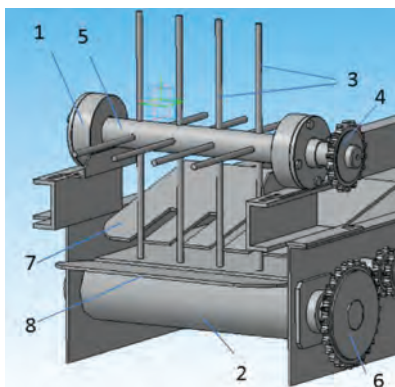


Рис. 1 – Конструкційно-технологічна схема робочих органів роторного розкидача із ущільнювальною і напрямляльною пластинами (щитками): 1 – ротор; 2 – поперечний стрічковий транспортер кормороздавача; 3 – пальці пруткові; 4 – зірочка ведена; 5 – вал ротора; 6 – зірочка тягова; 7 – регульований похилий щиток; 8 – напрямний щиток

Для проведення експериментальних досліджень створено стенд (рис. 2), який складається з кормороздавача, експериментального зразка роторного розкидача з ущільнювальною і напрямною пластинами, частотного регулятора Danfoss, привода кормороздавача, привода роторного розкидача.



Рис. 2 – Стенд для експериментальних досліджень: 1 – кормороздавач, 2 – експериментальний зразок роторного розкидача із ущільнювальною пластиною, 3 – частотний регулятор Danfoss, 4 – привід кормороздавача, 5 – привід роторного розкидача, 6 – внесена солома

Експерименти з визначення раціональних конструкційно-технологічних параметрів робочого органу роздавача солом'яної підстилки проводилися з використанням методики планування багатofакторного експерименту, яка дозволила визначити математичні моделі процесів як рівняння регресії (полінома) другого порядку [5-8].

У ході проведення експерименту визначалися раціональні конструкційні та режимні параметри робочого органу роздавача солом'яної підстилки. Рівномірність розподілу солом'яної підстилки по довжині боксу і споживана потужність привода роторного робочого органу з фіксацією його конструкційно-режимних параметрів на різних рівнях варіювання факторів.

На основі проведених теоретичних досліджень та аналізу літературних джерел для проведення експериментальних досліджень було відібрано три фактори, які найбільш вагомо впливають на робочий процес, і обрано їхні натуральні значення на нульовому рівні та рівні їх варіювання.

Інтервали і рівні варіювання факторів під час проведення досліджень наведені у табл. 1.

Таблиця 1 – Інтервали і рівні варіювання факторів

Рівень варіації фактора	Фактор		
	Частота обертання ротора, хв <sup>-1</sup>	Кут нахилу ущільнювальної пластини, град	Кут нахилу напрямної пластини, град
	n	α	β
Верхній рівень (+)	250	28	14
Основний рівень (0)	200	24	11
Нижній рівень (-)	150	20	8
Інтервал варіації	50	4	3

Для визначення впливу кожного з факторів на критерії оптимізації процесу внесення солом'яної підстилки проведені дослідження за матрицею D-оптимального плану Бокса-Бенкіна другого порядку для трьох факторів. Обробка результатів проведених досліджень за методом факторного планування експерименту виконується за допомогою комп'ютерної програми «Mathematica».

Критеріями оцінки досліджень було обрано рівномірність розподілу солом'яної підстилки по довжині боксу  $\delta$  і споживану потужність привода роторного розкидача  $N$ .

У результаті проведення експериментальних досліджень отримані дані зміни рівномірності розподілу солом'яної підстилки по довжині боксу  $\delta$  і дані споживаної потужності приводом роторного розкидача  $N$ .

Аналіз даних, виконаний за критерієм Кохрена, показує, що на 95% рівні довірчої ймовірності дисперсії – однорідні, оскільки розрахункове значення критерію менше за табличне, тобто  $G = 0,2353 < G_{0,05}(2, 13) = 0,3731$ .

Значення критерію Фішера  $F (f_{if} = 10, f_y = 50) = 0,9002$ ; моделі адекватні на будь-якому рівні довірчої ймовірності; множинний коефіцієнт регресії  $R_{y,r} = 0,9937$ .

У результаті обробки експериментальних даних одержано математичні моделі:

– рівномірність розподілу солом'яної підстилки по довжині боксу

$$\delta = -140,862 + 0,73837 n - 0,00159131 n^2 + 10,8899 a - 0,253254 a^2 + 6,9645 b - 0,39571 b^2, \quad (1)$$

– споживана потужність привода роторного розкидача

$$N = 6964,33 - 12,24 n + 0,0408 n^2 - 357,0 a + 6,375 a^2 - 181,333 b + 11,3333 b^2. \quad (2)$$

Графічна інтерпретація рівнянь (1) і (2) представлено на рисунках 3 і 4 відповідно.

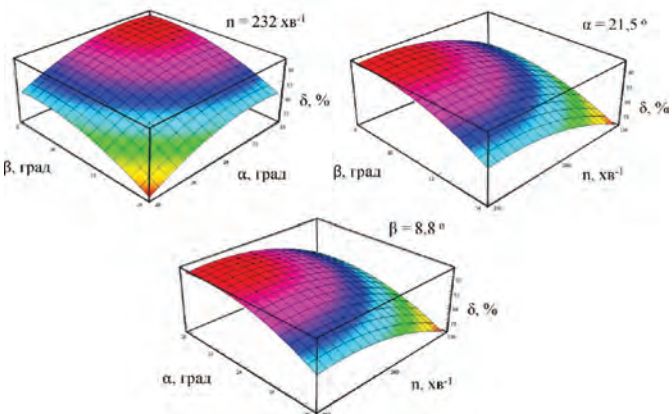


Рис. 3 – Вплив частоти обертання ротора  $n$ , кута нахилу ущільнювальної пластини  $a$  та кута нахилу напрямної пластини  $b$  на рівномірність розподілу солом'яної підстилки по довжині боксу  $\delta$

Виходячи з технологічної задачі, а саме - отримання максимальної рівномірності розподілу солом'яної підстилки по довжині боксу і мінімальної потужності привода роторного розкидача, отримуємо систему математичних нерівностей:

$$\begin{cases} \delta(n, \alpha, \beta) \rightarrow \max; \\ N(n, \alpha, \beta) \rightarrow \min; \\ 150 \leq n \leq 250; \\ 20 \leq \alpha \leq 28; \\ 8 \leq \beta \leq 14. \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} \frac{N(n, \alpha, \beta)}{\delta(n, \alpha, \beta)} \rightarrow \min; \\ 150 \leq n \leq 250; \\ 20 \leq \alpha \leq 28; \\ 8 \leq \beta \leq 14. \end{cases}$$

Вирішуючи цю систему з використанням програмного пакета «Mathematica», маємо такі раціональні конструкційно-технологічні параметри роторного розкидача солом'яної підстилки:

$$\begin{aligned} n &= 196 \text{ хв}^{-1}; a = 23,5 \text{ о}; \beta = 8,8 \text{ о}; \\ \delta &= 89,4 \%; N = 545 \text{ Вт} \end{aligned} \quad (4)$$

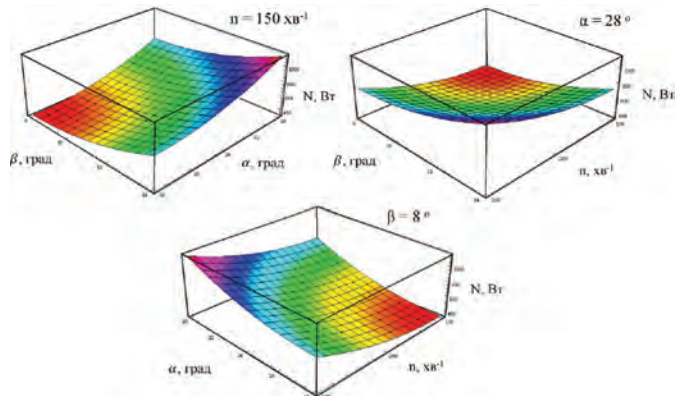


Рис. 4 – Вплив частоти обертання ротора  $n$ , кута нахилу ущільнювальної пластини  $a$  та кута нахилу напрямної пластини  $b$  на споживану потужність привода роторного розкидача  $N$

Побудуємо двомірні залежності рівномірності та потужності від факторів (рис. 5).

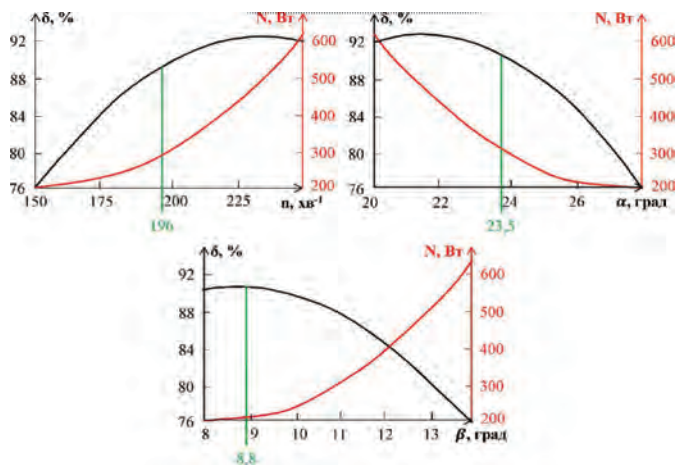


Рис. 5 – Вплив частоти обертання ротора  $n$ , кута нахилу ущільнювальної пластини  $a$  та кута нахилу напрямної пластини  $b$  на споживану потужність привода роторного розкидача  $N$  і рівномірність розподілу солом'яної підстилки по довжині боксу  $\delta$

**Висновки.** Проведено дослідження експериментального зразка роторного розкидача для внесення солом'яної підстилки з ущільнювальною і напрямною пластинами та визначено його раціональні конструкційно-технологічні параметри: частота обертання ротора  $n = 196 \text{ хв}^{-1}$ , кут нахилу ущільнювальної пластини  $a = 23,5^\circ$  та кут нахилу напрямної пластини  $\beta = 8,8^\circ$ . При цьому споживана потужність привода



роторного розкидача  $N = 545$  Вт, рівномірність розподілу соломяної підстилки по довжині боксу  $\delta = 89,4\%$ .

### Список літератури

1. Луц С.М. Зоотехнічні аспекти внесення підстилки на фермах великої рогатої худоби / С. Луц // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – 2012. – Вип. 120. – С.162-166.
2. Кормановский Л. П. Некоторые аспекты инженерии и экологии в молочном животноводстве / Л. П. Кормановский // Эффективное тваринництво, 2009. – № 1. – С. 10-12.
3. Тищенко М. А. Разбрасыватели подстилки на фермах крупного рогатого скота / М. А. Тищенко, М. Ф. Сергеев // Техника в сельском хозяйстве : М, 1982. – № 10.
4. Шаршунов В. А. Распределение подстилки в животноводческом помещении. Механизация и электрификация сельского хозяйства / В. А. Шаршунов, А. В. Зубарев, Н. Н. Королев // Сельский механизатор, 1989. – № 5. – С. 16-17.
5. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 276 с.
6. Закс Л. Статистическое оценивание / Л. Закс. М. : Статистика, 1976. – 597 с.
7. Зажиганов Л. С., Китьян А. А., Романников Ю. И. Методы планирования и обработки результатов физического эксперимента. – М. : Атомиздат, 1978. – 232 с.
8. Мельников С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов / С. В. Мельников, В. Р. Алешкин, П. М. Рощин. – Л. : Колос, 1972. – 168 с.

**Аннотация.** Проведено исследование экспериментального образца роторного разбрасывателя для внесения соломенной подстилки с уплотнительной и направляющей пластинами и определены его рациональные конструктивно-технологические параметры: частота вращения ротора  $n = 196$  мин<sup>-1</sup>, угол наклона уплотняющей пластины  $\alpha = 23,5^\circ$  и угол наклона направляющей пластины  $\beta = 8,8^\circ$ . При этом потребляемая мощность привода роторного разбрасывателя  $N = 545$  Вт, равномерность распределения соломенной подстилки по длине бокса  $\delta = 89,4\%$ . Принцип действия разбрасывателя основан на механической подаче соломенной подстилки из бункера-накапливателя роторно-пальцевым рабочим органом, который представляет собой вращательный вал с радиально расположенными рядами пальцев.

**Summary.** A study of the experimental model of rotary spreader for applying straw bedding with sealing and guide plates and structurally defined its rational technological parameters: rotor speed  $n = 196$  min<sup>-1</sup>, the angle of the sealing plate  $\alpha = 23,5^\circ$  and angle of guide plate  $\beta = 8,8^\circ$ . The power consumption over a rotary spreader  $N = 545$  W, uniformity of straw bedding distribution along the length the box  $\delta = 89,4\%$ . The principle of operation is based on a mechanical feeding of straw bedding from bunkers by rotary-finger working body which is itself a rotational shaft with radially spaced rows of fingers.

Стаття надійшла до редакції 14 березня 2017 р.