

УДК 631.363.285

ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ГРАНУЛЮВАННЯ НА ПОКАЗНИКИ КОРМІВ ДЛЯ ВІДГОДІВЛІ ТВАРИН

В.В. БРАТИШКО, к.т.н., с.н.с., завідувач відділу; e-mail: vbratishko@gmail.com; тел.: +38 098 207-92-77 – Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»

Л.О. ТИМЧЕНКО, к.с.-г.н., заступник головного вченого секретаря; e-mail: sekretariat-uaan@ukr.net; тел.: +38 044 281-06-81 – Національна академія аграрних наук України

РЕЗЮМЕ

Мета. Експериментальне встановлення впливу конструкційних, режимних та технологічних параметрів процесу роботи гвинтового гранулятора кормів на якісні показники кормових гранул.

Методи. Експериментальні дослідження та аналіз отриманих результатів проводилися з використанням методів планування багатофакторного експерименту та регресійного аналізу.

Результати. В результаті експериментальних досліджень було отримано рівняння регресії у вигляді поліномів другого порядку, що характеризують залежність критеріїв оптимізації –

температури гранул, втрат вологи в процесі гранулювання, кришimotoсті та щільності гранул – від досліджуваних факторів.

Висновки. Встановлено, що найбільший вплив на показники міцності (щільності та кришimotoсті) гранул чинить діаметр отворів матриці гранулятора, а втрати вологи при гранулюванні кормосуміші за допомогою гвинтових грануляторів становлять 3-6% в залежності від режиму роботи гранулятора та початкової вологості сировини.

Ключові слова: вологість, гвинт, гранулювання, корми, кришimotoсті, температура, щільність.

UDC 631.363.285

INFLUENCE OF PELLETING PROCESS PARAMETERS ON FEED INDICATORS FOR LIVESTOCK FATTENING

V. BRATISHKO, Ph.D., Senior Researcher, Head of Department; e-mail: vbratishko@gmail.com; тел.: +38 098 207-92-77 – National scientific center «Institute for Agricultural Engineering and Electrification»

L. TYMCHENKO, Ph.D., Deputy Chief Scientific Secretary; e-mail: sekretariat-uaan@ukr.net; тел.: +38 044 281-06-81 – The National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine

SUMMARY

The purpose. Experimental setting influence of structural, operational and technological parameters of the process of pellet feed screw on qualitative indicators of feed pellets.

Methods. Experimental study and analysis of the results conducted using methods of planning multifactor experiment and regression analysis.

Results. As a result of experimental studies have provided the regression equation in the form of a second order polynomial characterizing the

dependence criteria optimization – temperature beads of moisture loss during granulation, crumbling ability and density of granules – from the studied factors.

Conclusions. Established that the greatest impact on performance strength (density and crumbling ability) granules has a diameter holes matrix pellet and the loss of moisture during the granulation by means of screw feed mix granulators comprise 3-6% depending on the operating mode of the granulator and the initial moisture content of stock.

Key words: crumbling ability, density, feed, granulation, humidity, screw, temperature.

УДК 631.363.285

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОЦЕССА ГРАНУЛИРОВАНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ КОРМОВ ДЛЯ ОТКОРМА ЖИВОТНЫХ

В.В. БРАТИШКО, к.т.н., с.н.с., заведующий отделом; e-mail: vbratishko@gmail.com;
тел.: +38 098 207-92-77 – Национальный научный центр «Институт механизации и
электрификации сельского хозяйства»

Л.А. ТИМЧЕНКО, к.с.-х.н., заместитель главного ученого секретаря; e-mail: sekretariat-
uaan@ukr.net; тел.: +38 044 281-06-81 – Национальная академия аграрных наук Украины

РЕЗЮМЕ

Цель. Экспериментальное определение влияния конструкционных, режимных и технологических параметров процесса работы винтового гранулятора кормов на качественные показатели кормовых гранул.

Методы. Экспериментальные исследования и анализ полученных результатов проводились с использованием методов планирования многофакторного эксперимента и регрессионного анализа.

Результаты. В результате экспериментальных исследований были получены уравнения регрессии в виде полиномов второго порядка,

характеризующие зависимость критериев оптимизации – температуры гранул, потерь влаги в процессе гранулирования, крошимости и плотности гранул – от исследуемых факторов.

Выводы. Определено, что наибольшее влияние на показатели прочности (плотности и крошимости) гранул оказывает диаметр отверстий матрицы гранулятора, а потери влаги при гранулировании кормосмеси с помощью винтовых грануляторов составляют 3-6% в зависимости от режима работы гранулятора и начальной влажности сырья.

Ключевые слова: винт, влажность, гранулирования, корма, крошимость, плотность, температура.

ПРОБЛЕМА

Сучасні умови виробництва висувають підвищені вимоги до технічного рівня сільськогосподарських машин [1], створення яких має спиратися на узагальнення передового досвіду розвинутих країн. Так, світові тенденції розвитку тваринництва свідчать про зростання питомої частки комбікормів, що згодовуються у гранульованому вигляді. Серед основних переваг застосування гранульованих кормів можна виділити такі [2, 3]: краще засвоювання корму; виключення самосортування корму при його транспортуванні; виключення вибіркового пойдання окремих компонентів раціону; зменшення втрат корму; зменшення ризику зараження сальмонеллою через теплову обробку; потреба у менших об'ємах для зберігання та транспортування корму; зменшення виділення пилу; можливість автоматизувати процес годівлі; спрощення складання раціонів та скорочення затрат праці.

Наявність у складі кормових гранул грубих кормів, зокрема сіна бобових трав [4, 5, 6], дає можливість підвищити поживну цінність раціону та забезпечити фізіологіч-

ність процесів травлення. Одними із поширеніших технічних засобів для виробництва кормових гранул із вмістом грубих кормів є гранулятори гвинтового типу. Проте, питання впливу параметрів процесу роботи грануляторів такого типу на показники якості кормових гранул, що виготовляють з кормосуміші зі значним вмістом грубих кормів (сінної січки), є ще недостатньо вивченими.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ.

Попередніми дослідженнями [7] було встановлено, що при гранулюванні зерно-стеблових кормосумішів найбільший вплив на питому енергоємність процесу гранулювання чинить вологість кормосуміші. Волога виконує роль пластифікатора, що сприяє утворенню зв'язків між часточками корму. Дослідженнями [8] встановлено, що оптимальна вологість для процесів гранулювання та брикетування кормів (для пресів з вальцями та штемпельних) становить 15-18%. Для подальшого аналізу витрат енергії, необхідних для зниження вологості кормових гранул

до необхідних для тривалого зберігання значень, потрібно дослідити вплив параметрів процесу гранулювання на показник втрат вологи.

Одними з основних якісних показників, що характеризують міцнісні властивості гранул, є їх щільність та кришмість [9]. Відомо [4], що велика щільність (понад 1000 кг/м³) негативно відбувається на роботі травної системи тварин, а підвищена кришмість призводить до втрат корму.

Ще одним важливим показником, що впливає на поживні властивості гранульованого корму, є температура в процесі гранулювання, що утворюється за рахунок дисипації енергії сил в'язкості [10] та тертя [11]. Відомо, що теплова обробка кормових продуктів сприяє підвищенню їх поживної цінності, знезараженню та знищенню грибків [12], зменшенню концентрації нітратів [13]. Разом з тим, оптимальна температура нагрівання комбікормів становить 70-80°C [14], оскільки при тривалій дії температури понад 82°C в кормі починають відбуватися незворотні зміни [15], що погіршують якість білка і призводять до подальшого зниження ефективності дії травних ферментів тварин.

Мета досліджень – експериментальне встановлення впливу конструкційних, режимних та технологічних параметрів процесу роботи гвинтового гранулятора кормів на якісні показники кормових гранул.

Методика досліджень. В якості вихідної сировини використовували подрібнені

ячмінь та сіно люцерни. Вміст грубих кормів у кожній порції для всіх дослідів становив 25% за масою при початковій вологості. При цьому вихідна вологість сіна становила 17,8%, ячменю – 11,7%. Середньозважена довжина часточок сіна становила 8,2 мм, модуль помелу ячменю – 1,1 мм. Маса однієї порції кормосуміші для кожної повторності досліду становила 2,8 кг (вихідної вологості).

Для виключення врахування витрат енергії на обрізання гранул, дослідження проводили із знятим ножем відповідного пристрою. Для приводу робочих органів використовували мотор-редуктор встановленою потужністю 2,2 кВт (рис. 1, а) та електричний двигун з ланцюговою передачею потужністю 3,8 кВт (рис. 1, б).

Для управління процесом гранулювання та фіксації витрат енергії було змонтовано стенд (рис. 2, а), який складався з електронного імпульсного лічильника електричної енергії НІК 2301 АП2 (1), пускової та захисної апаратури, а також електронно-механічного таймера (2) з лічильником імпульсів (3). Для вимірювання температури гранул на виході гранулятора використовували безконтактний інфрачервоний термометр InfraRed DT8380 (рис. 2, б), оберти гвинта гранулятора змінювали за допомогою перетворювача частоти електричного струму DELTA VFD037EL43A 3,7 kW 400V.

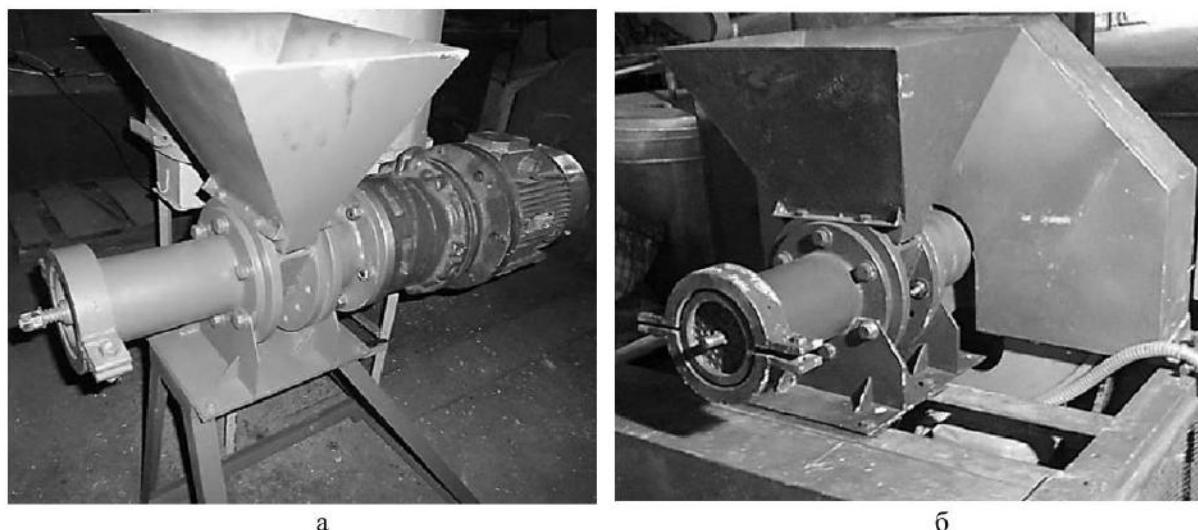


Рис. 1. Загальний вигляд експериментальної установки:

а – з приводом від мотор-редуктора; б – з ланцюговим приводом

Fig. 1. General view of the experimental equipment:

a – driven by a gear motor; b – chain drive

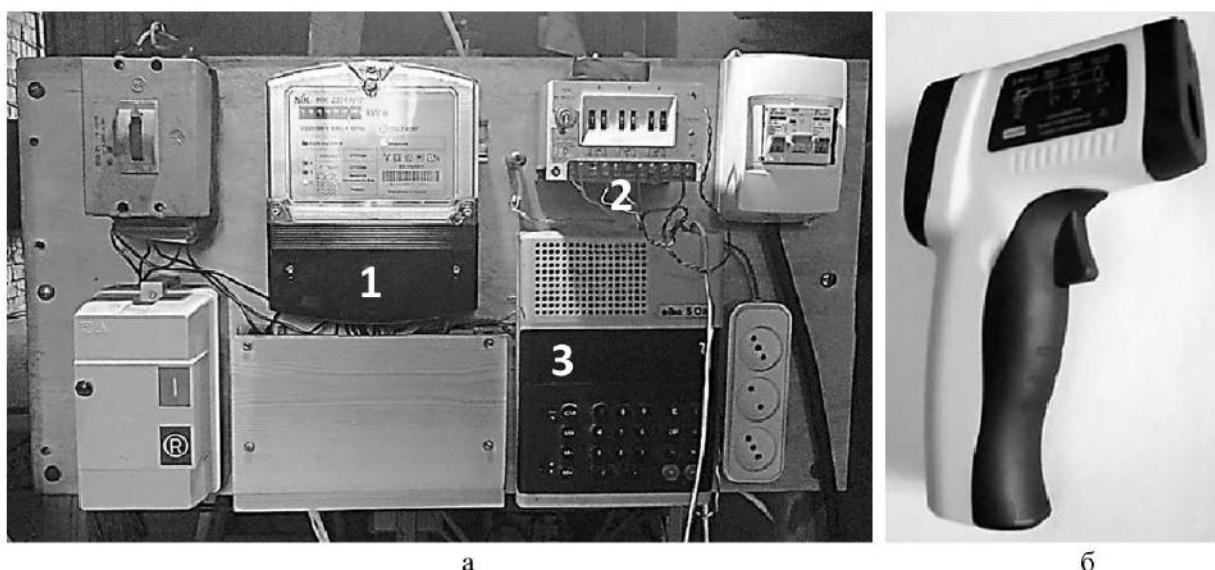


Рис. 2. Загальний вигляд стендів для управління досліджуваним процесом гранулювання та фіксації витрат енергії (а) та безконтактного інфрачервоного термометра InfraRed DT8380 (б)

Fig. 2. General view of the stand to manage investigated process and fixing the cost of energy (a) and non-contact infrared thermometer InfraRed DT8380 (b)

Для дослідження впливу геометричних параметрів робочих органів на показники процесу гранулювання використовували гвинти з різною інтенсивністю зміни розмірів каналу за довжиною (рис. 3, а) та матриці з різною кількістю отворів різного діаметра (рис. 3, б), узгодженими між собою за допомогою залежності, наведений у роботі [16].

Післяожної повторності досліду відібрана проба гранульованого корму (рис. 4) зважувалась на вагах лабораторних електронних Certus Balance СВА-3000-0,05 [17] та зберігалася окремо із зазначенням номера досліду.



Рис. 3. Гвинти з різною інтенсивністю зміни розмірів каналу за довжиною (а) та матриці з різною кількістю та діаметром отворів (б)

Fig. 3. Screws with varying intensity resize the channel length (a) and matrix with different number and diameter of holes (b)



Рис. 4. Відібрані проби гранульованого корму

Fig. 4. Selected samples of pellets

В якості досліджуваних факторів виступали: вологість кормосуміші w , x_1 ; коефіцієнт [18] зміни глибини каналу гвинта за його довжиною k_H , x_2 ; діаметр отворів матриці d_m , x_3 ; кількість обертів гвинта гранулятора n , x_4 .

Досліджуваними критеріями були: температура гранул на виході з матриці гранулятора T , $^{\circ}\text{C}$; втрата вологи в процесі гранулювання ΔW , %; кришимістість гранул K , % та їх щільність ρ , kg/m^3 .

Визначення кришимості та щільності гранул здійснювали відповідно до вимог [19] із урахуванням прикладу, наведеному в [20]. Втрату вологи визначали як різницю вологості кормосуміші та гранульованого корму для кожного досліду. Температуру гранул вимірювали безпосередньо в процесі роботи гранулятора на зовнішній поверхні матриці через хвилину після початку досліду.

Дослідження проводилися з використанням методики планування багатофакторних експериментів [21] із застосуванням варіювання факторів на трьох рівнях. Первинна обробка даних зводилась до обчислення середнього арифметичного значення вимірювань, знаходження середньої квадратичної похибки та перевірки однорідності дисперсій за критерієм Кохрена.

$$T = -550,159 + 21154k_H + 0,142593n - 0,0577453w^2 + 0,145613wd_m - 165211k_H^2 - 0,483213d_m^2, \quad (1)$$

де w – вологість кормосуміші, %;

k_H – коефіцієнт зміни глибини каналу гвинта за його довжиною;

d_m – діаметр отворів матриці, мм;

n – кількість обертів гвинта гранулятора, хв^{-1} .

Для критерію втрати вологи в процесі гранулювання ΔW , %:

$$\Delta W = -6,49493 + 1,3285 w - 0,633794 d_m - 0,0256912 w^2. \quad (2)$$

Для аналізу результатів експериментальних досліджень використовувалась програма RegMod «Методика моделювання нормативів методом регресійного аналізу», розроблена в ННЦ «ІМЕСГ» к.т.н. Босим М.А., яка реалізує відомі методи кореляційного та регресійного аналізу [22].

Перелік та рівні варіювання факторів наведено в таблиці.

Таблиця 1. Досліджувані фактори та рівні їх варіювання

Table 1. Investigated factors and their levels of variation

Рівні варіювання факторів	Фактори				
	w , x_1	k_H , x_2	d_m , x_3	n , x_4	
Верхній рівень (+)	35	0,072	12,0	40	
Основний рівень (0)	25	0,064	8,5	70	
Нижній рівень (-)	15	0,056	5,0	100	
Інтервал варіювання	10	0,008	3,5	30	

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Після аналізу результатів багатофакторного експерименту було отримано залежності критеріїв оптимізації від досліджуваних факторів – рівняння регресії у вигляді поліномів другого порядку.

Для критерію температури гранул T , $^{\circ}\text{C}$ отримана модель мала вигляд:

(1)

(2)

Для критерію кришомості гранул $K, \%$:

$$K = 59,6526 - 1,42258w - 12,8772d_m + 23,2512wk_H - 7858,64k_H^2 + \\ + 70,0289k_Hd_m + 0,66424d_m^2. \quad (3)$$

Для критерію щільності гранул $\rho, \text{кг}/\text{м}^3$:

$$\rho = 271,044 + 69,1201w - 1,24676w^2 - 311,853wk_H + 73504,8k_H^2 - \\ - 0,347365d_mn + 0,0152092n^2. \quad (4)$$

Відображення характерних поверхонь залежностей (1)-(4) наведено на рисунках 5-8 відповідно.

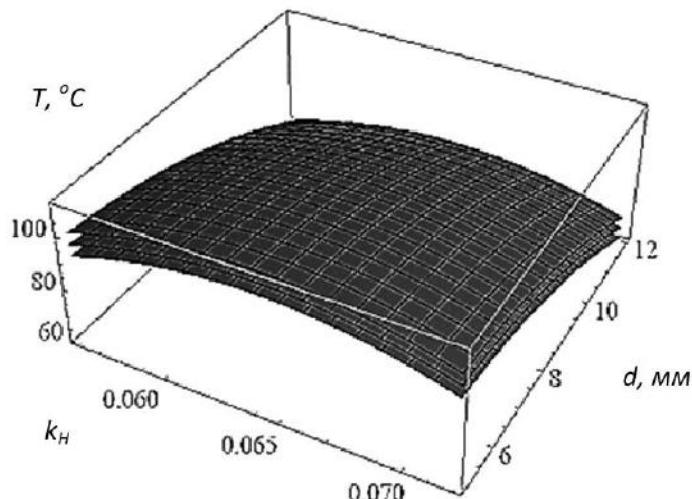


Рис. 5. Вплив діаметра отворів матриці (d_m , фактор x_3) та коефіцієнта зміни глибини каналу гвинта за його довжиною (k_H , фактор x_2) на температуру гранул T

Fig. 5. Influence of diameter matrix holes (d_m , factor x_3) and the channel depth coefficient of screw (k_H , factor x_2) on the pellets temperature T

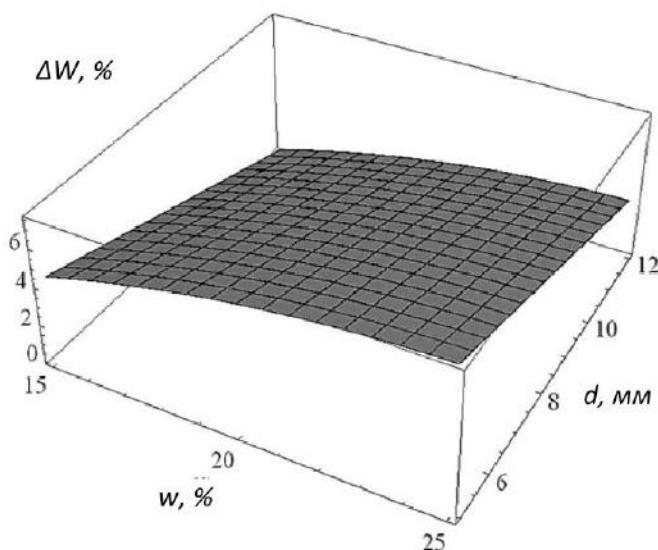


Рис. 6. Вплив діаметра отворів матриці (d_m , фактор x_3) та вологості кормосуміші (w , фактор x_1) на втрати вологої при грануллюванні ΔW

Fig. 6. Influence of diameter matrix holes (d_m , factor x_3) and the forage mixture humidity (w , factor x_1) on the loss of moisture during pelleting ΔW

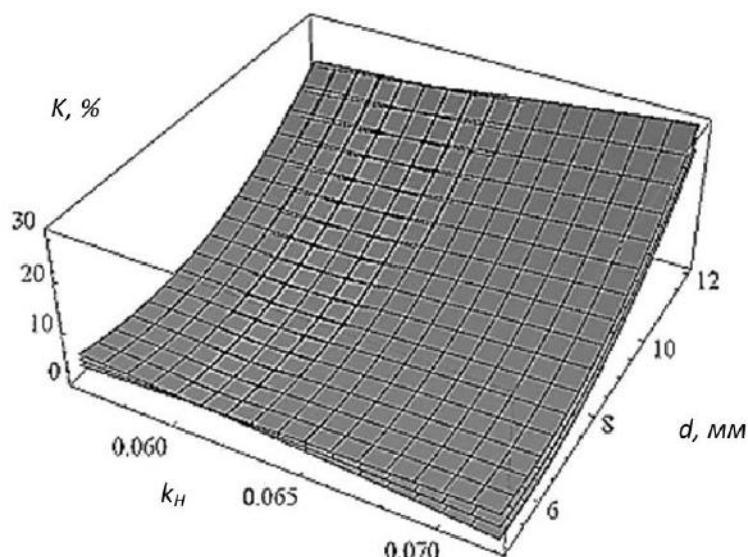


Рис. 7. Вплив діаметра отворів матриці (d_m , фактор x_3) та коефіцієнта зміни глибини каналу гвинта за його довжиною (k_H , фактор x_2) на кришмістість гранул K

Fig. 7. Influence of diameter matrix holes (d_m , factor x_3) and the channel depth coefficient of screw (k_H , factor x_2) on the pellets crumbling ability K

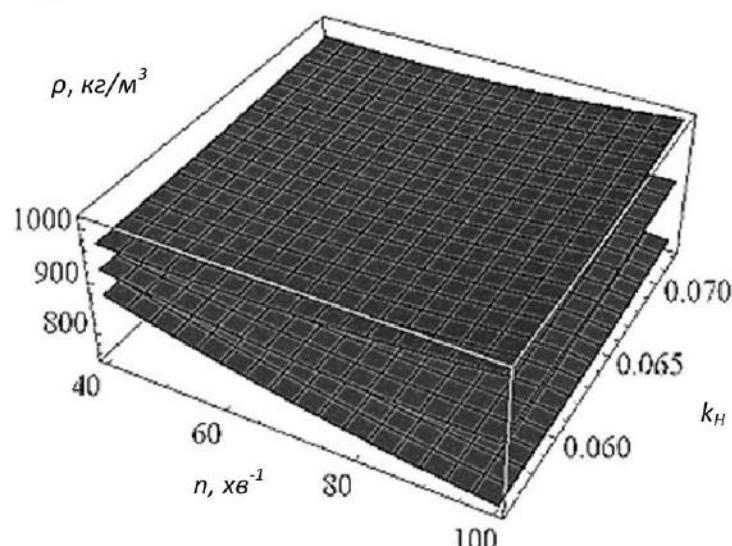


Рис. 8. Вплив частоти обертання гвинта гранулятора (n , фактор x_4) та коефіцієнта зміни глибини каналу гвинта за його довжиною (k_H , фактор x_2) на щільність гранул ρ (діаметр отворів матриці d становить, відповідно, 5 мм; 8,5 мм та 12 мм для верхньої, середньої та нижньої поверхні)

Fig. 8. Influence of pellet mill screw speed (n , factor x_4) and the channel depth coefficient of screw (k_H , factor x_2) on the pellets density ρ (matrix holes diameter d is respectively, 5 mm, 8.5 mm and 12 mm for top, middle and bottom surface)

Аналіз отриманих залежностей (1)-(4), представлених на рисунках 5-8, дозволяє стверджувати, що основний вплив на якісні показники гранульованого корму чинить діаметр отворів матриці гранулятора. Це, на нашу думку, пов'язано з тим, що для формування гранул діаметром понад 10 мм тиск, створюваний у передматричному просторі, є недостатнім. Це пояснює також стрімке

збільшення кришмості гранул діаметром понад 10 мм до значень, що не відповідають вимогам стандартів. На користь цього припущення також свідчить зміна характеру впливу частоти обертання гвинта гранулятора на щільність гранул (рисунок 8), коли при збільшенні частоти обертання гвинта щільність гранул діаметром 12 мм зменшується, що можна пояснити зменшенням тривалості

дій сил, що формують гранулу, спричиненим збільшенням продуктивності преса [23]. Однак, для гранул діаметром 5 мм збільшення частоти обертання гвинта призводить до зростання їх щільності, що пояснюється збільшенням тиску у передматричному просторі.

З аналізу рисунку 6 можна зробити висновок, що для зменшення витрат енергії на досушування кормових гранул вологість кормосуміші не повинна перевищувати рекомендовану вологість зберігання гранул на 3-6%, що не підтверджує наявну у деяких джерелах інформацію про понад 30% втрату вологості в процесі гранулювання. Отримані результати підтверджують відомі дані [15] про те, що «вологе» гранулювання, на відміну від «сухого» призводить до зменшення щільності гранул до 40%, проте такі гранули більш в'язкі і менше кришаться, що пояснюється значним збільшенням в них желатинізованого крохмалю, а згодування таких гранул, за даними [15], створює сприятливі умови для рубцевого травлення і сприяє кращому використанню азоту мікроорганізмами рубця.

ВИСНОВКИ

1. В результаті експериментальних досліджень впливу конструкційно-режимних та технологічних параметрів процесу гранулювання на показники якості гранульованого корму отримано залежності, які дозволяють визначити конструкційно-режимні та технологічні параметри гвинтових грануляторів кормів для заданих значень показників щільності, кришімості та граничної температури нагрівання кормових гранул.

2. Втрати вологої при гранулюванні кормосуміші за допомогою гвинтових грануляторів становлять 3-6% в залежності від режиму роботи гранулятора та початкової вологості сировини.

3. Щільність кормових гранул, виготовлених із зерно-стеблової кормосуміші з вмістом сіна 25%, не перевищує $1050 \text{ кг}/\text{м}^3$ для кормових гранул діаметром більше 5 мм для всіх режимів роботи гранулятора.

4. Максимальне значення температури гранул в процесі гранулювання спостерігається при найменших значеннях вологості кормосуміші та діаметра отворів матриці та

найбільших значеннях кількості обертів гвинта та коефіцієнта зміни висоти каналу гвинта гранулятора і становить 116°C .

БІБЛІОГРАФІЯ

- Адамчук В.В., Гриник І.В., Калетнік Г.М., Булгаков В.М. Стан проектування і виготовлення в Україні сільськогосподарських машин сучасного технічного рівня // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Вип. 99. Т 1. – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ». – 2014. – С. 34-39.
- Машины и оборудование для производства комбикормов : [Справочное пособие] / Шаршунов В.А., Червяков А.В., Бортник С.А., Пономаренко Ю.А. – Мн: Экоперспектива, 2005. – 487 с.
- Мельников С.В., Фарбман Г.Я. Производство травяной муки в гранулах. – Л.: Лениздат, 1975. – 112 с.
- Ладан П.Е., Густун М.И. Полнорационный корм в гранулах. – М.: Колос, 1974. – 160 с.
- Хоренжий Н.В. Розробка технології виробництва комбікормової продукції з використанням кормових трав для великої рогатої худоби : дис.... канд. техн. наук: 05.18.02 «Технологія зернових, бобових, круп'яних продуктів та комбікормів» / Хоренжий Наталія Василівна. — Одеса, 2006. – 192 с.
- Нормы и рационы кормления сельскохозяйственных животных. Справочное пособие. З-е издание переработанное и дополненное / Под ред. А. П. Калашникова, В. И. Фисинина, В. В. Щеглова, Н. И. Клейменова. – М. 2003. – 456 с.
- Братішко В. Результати досліджень процесу гранулювання зерново-стеблової кормосуміші гранулятором гвинтового типу // Техніка і технології АПК. – № 5(56). – Дослідницьке: УкрЦВТ. – 2014. – С. 33-36.
- Кучинська З.М. и др. Оборудование для сушки, гранулирования и брикетирования кормов / З.М. Кучинська, В.И. Особов, Ю.Л. Фрегер. – М. Агропромиздат, 1988. – 208 с.: ил.
- ГОСТ 22834-87 Комбикорма гранулированные. Общие технические условия
- Братішко В.В. Вплив конструкційно-технологічних параметрів гвинтового гранулятора кормів на зміну температури пластифікованої кормосуміші / В.В. Братішко // Матеріали II-ї Науково-технічної конференції «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві». – Глеваха, 2013. – С. 12-15.
- Братішко В.В. Вплив роботи сил тертя в каналі гранулятора на температуру пластифікованої кормосуміші / В.В. Братішко // Матеріали III-ї Науково-технічної конференції «Технічний прогрес у

тваринництві та кормовиробництві». – Глеваха, 2015. – С. 5-6.

12. Ситько О.М. Удосконалення технології збагачення комбікормової продукції високолізиновими добавками : автореф. дис.... на здобуття наук. ступ. канд. сільськогосп. наук : спец. 05.18.01 «Зберігання і технологія переробки зерна, виготовлення зернових і хлібопекарських виробів та комбікормів» / О.М. Ситько. – Одеса, 2008. – 19 с.

13. Дослідження вмісту важких металів і нітратів у томат-продуктах / С.М. Василенко, Т.О. Ващук, В.В. Шутюк, В.І. Бондар // Наукові праці НУХТ. – 2009. – Вип. № 29, Розділ II. – С. 88-90.

14. Абрамов А.И., Полунина Н.И., Зицерман Н.Я. Гранулирование комбикормов, М.: Колос, 1969. – 103 с.

15. Беляевский Ю.И., Сазонова Т.Н. Полнорациональные брикеты и гранулы для жвачных. – М.: Россельхозиздат, 1977. – 240 с. с ил.

16. Братішко В.В. Узгодження конструкційних параметрів матриць гвинтових грануляторів кормів за тиском та пропускною здатністю // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету / Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. – Вип. 27. – Кіровоград: КНТУ, 2014. – С. 187-191.

17. ДСТУ EN 45501:2007 Прилади неавтоматичні зважувальні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань (EN 45501:1992, IDT)

18. Братішко В.В. Аналіз конструкційних параметрів винтових грануляторів кормов // Разработка инновационных технологий и технических средств для АПК. Ч. II: сборник научных трудов. – Зерноград: СКНИИМЭСХ, 2013. – С. 247-253.

19. ГОСТ 23513-79 Брикеты и гранулы кормовые. Технические условия

20. Мельников С.В., Фарбман Г.Я. Производство травяной муки в гранулах. – Л.: Лениздат, 1975. – 112 с.

21. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. – М.: Наука, 1976. – 276 с.

22. Ферстер Э. Ренц Б. Методы корреляционного и регрессионного анализа: Руководство для экономистов / Перев. с нем. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 302 с.

23. Братішко В.В. Аналіз тиску в каналі гвинта гранулятора кормів зі змінними гео-метричними параметрами // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Вип. 98. Т 2. – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ». – 2013. – С. 74-84.

REFERENCES

- Adamchuk V.V., Hrynyk I.V., Kaletnik H.M., Bulhakov V.M. Stan proektuvannia i vyhotovlennia v Ukrainsi silskohospodarskykh mashyn suchasnoho tekhnichnoho rivnia // Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva. – Vyp. 99. T 1. – Hlevakha: NNTs «IMESH». – 2014. – S. 34-39.
- Mashiny i oborudovanie dlya proizvodstva kombikormov : [Spravochnoe posobie] / Sharshunov V.A., Chervyakov A.V., Bortnik S.A., Ponomarenko Yu.A. – Mn: Ekoperspektiva, 2005. – 487 s.
- Melnikov S.V., Farbman G.Ya. Proizvodstvo travyanoy muki v granulah. – L.: Lenizdat, 1975. – 112 s.
- Ladan P.E., Gustun M.I. Polnoratsionnyiy korm v granulah. – M.: Kolos, 1974. – 160 s.2.
- Khorenzhyyi N.V. Rozrobka tekhnolohii vyrabnytstva kombikormovoї produktsii z vykorystanniam kormovykh trav dla velykoi rohatoi khudoby : dys... kand. tekhn. nauk: 05.18.02 «Tekhnolohiia zernovykh, bobovykh, krupianykh produktiv ta kombikormiv» / Khorenzhyyi Nataliia Vasylivna. — Odesa, 2006. – 192 s.
- Normyi i ratsionyi kormleniya selskohozyaystvennyih zhivotnyih. Spravochnoe posobie. 3-e izdanie pererabotannee i dopolnennoe / Pod red. A. P. Kalashnikova, V. I. Fisinina, V. V. Scheglova, N.I. Kleymenova. – Moskva. 2003. – 456 s.
- Bratishko V. Rezulaty doslidzen protsesu hraniliuvannia zernovo-steblovoi kormosumishi hranulatorom hvyntovoho typu // Tekhnika i tekhnolohii APK. – N 5(56). – Doslidnytske: UkrTsVT. – 2014. – S. 33-36.
- Kuchinskas Z.M. i dr. Oborudovanie dlya sushki, granulirovaniya i briketirovaniya kormov / Z.M. Kuchinskas, V.I. Osobov, Yu.L. Freger. – M. Agropromizdat, 1988. – 208 s.: il.
- GOST 22834-87 Kombikorma granulirovannyie. Obschie tehnicheskie usloviya
- Bratishko V.V. Vplyv konstruktsiino-teknolohichnykh parametrv hvyntovoho hranulatora kormiv na zminu temperatury plastyfikovanoj kormosumishi / V.V. Bratishko // Materialy II-iy Naukovo-teknichnoi konferentsii «Tekhnichnyi prohres u tvarynnystvi ta kormovyrabnytstvi». – Hlevakha, 2013. – S. 12-15.
- Bratishko V.V. Vplyv roboty syl tertia v kanali hranulatora na temperaturu plastyfikovanoj kormosumishi / V.V. Bratishko // Materialy III-iy Naukovo-teknichnoi konferentsii «Tekhnichnyi prohres u tvarynnystvi ta kormovyrabnytstvi». – Hlevakha, 2015. – S. 5-6.
- Sytko O.M. Udoskonalennia tekhnolohii zbahachennia kombikormovoї produktsii vysokolizynovymy dobavkamy : avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stup. kand. silskohosp. nauk : spets.

- 05.18.01 «Zberihannia i tekhnolohiia pererobky zerna, vyhotovlennia zernovykh i khlibopekarskykh vyrobiv ta kombikormiv» / O.M. Sytko. – Odesa, 2008. – 19 s.
13. Doslidzhennia vmistu vazhkykh metaliv i nitrativ u tomat-produktakh / S.M. Vasylenko, T.O. Vashchuk, V.V. Shutuk, V.I. Bondar // Naukovi pratsi NUKhT. – 2009. – Vyp. N 29, Rozdil II. – S. 88-90.
14. Abramov A.I., Polunina N.I., Zitserman N.Ya. Granulirovanie kombikormov, M.: Kolos, 1969. – 103 s.
15. Belyaevskiy Yu.I., Sazonova T.N. Polnoratsionnye brikety i granulyi dlya zhvachnyih. – M.: Rosselhozizdat, 1977. – 240 s. s il.
16. Bratishko V.V. Uzghodzhennia konstruktsiynykh parametrev matryts hvyntovykh hranulatoriv kormiv za tyskom ta propusknoui zdatnistiu // Zbirnyk naukovykh prats Kirovohradskoho natsionalnoho tekhnichnogo universytetu / Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia, avtomatytsiia. – Vyp. 27. – Kirovohrad: KNTU, 2014. s. 187-191.
17. DSTU EN 45501:2007 Prylady neavtomatychni zvazhuvalni. Zahalni tekhnichni vymohy ta metody vyprobuvan (EN 45501:1992, IDT)
18. Bratishko V.V. Analiz konstruktsionnyih parametrov vintovyih granulyatorov kormov // Razrabotka innovatsionnyih tehnologiy i tehnicheskikh sredstv dlya APK. Chast II: sbornik nauchnyih trudov. – Zernograd: SKNIIMESH, 2013. – S. 247-253.
19. GOST 23513-79 Brikety i granuly kormovye. Tehnicheskie usloviya
20. Melnikov S.V., Farbman G.Ya. Proizvodstvo travyanoy muki v granulah. – L.: Lenizdat, 1975. – 112 s.
21. Adler Yu.P., Markova E.V., Granovskiy Yu.V. Planirovanie eksperimenta pri poiske optimalnyih usloviy. – M.: Nauka, 1976. – 276 s.
22. Ferster E. Rents B. Metodyi korrelyatsionnogo i regressionnogo analiza: Rukovodstvo dlya ekonomistov / Perev. s nem. – M.: Finansyi i statistika, 1983. – 302 s.
23. Bratishko V.V. Analiz tysku v kanali hvynta hranulatora kormiv zi zminnymy heometrychnymy parametramy // Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva. – Vyp. 98. T 2. – Hlevakha: NNTs «IMESH». – 2013. – S. 74-84.