

УДК 621.327.539

ДОСЛІДЖЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОГО ЕЛЕКТРООБЛАДНАННЯ ДЛЯ ДОЗУВАННЯ ПОДРІБНЕНИХ КОРЕНЕБУЛЬБОПЛОДІВ

В. Ю. Рамиш, кандидат технічних наук, доцент

В. Л. Шаршонь, асистент

ВП НУБіП України «Бережанський агротехнічний інститут»

e-mail: ramsh_v@ukr.net.ua

Анотація. Проведено дослідження автоматизованого електрообладнання для дозування подрібнених коренебульбоплодів, що забезпечує підвищення ефективності технологічних процесів та зменшення енергоємності продукції. Для побудови систем автоматичного керування найефективнішим є НВЧ-метод вимірювання, який може забезпечити одночасно широкі функціональні можливості та задовільні метрологічні характеристики витратоміра, поряд з прийнятною складністю як пристрою, так і його експлуатації в сільськогосподарському виробництві. Результати експериментального моделювання взаємодії НВЧ-випромінювання з подрібненими кормами підтвердили правильність використаних при обґрунтуванні мікрохвильового способу вимірювання витрати теоретичних передумов та дозволили визначити коефіцієнти, які характеризують взаємозв'язки параметрів НВЧ-випромінювання та контрольованих характеристик кормів. Встановлено, що оптимальні частоти витратоміра соковитих кормів складають $f_1=3$ ГГц та $f_2=24$ ГГц, потужності НВЧ-генератора дорівнюють $P_1=100$ мВт, $P_2= 50$ мВт, а кут зондування потоку корму доплерівським радаром $\alpha_d=40^\circ\pm 5^\circ$. Дослідження НВЧ-витратоміра показали, що похибка вимірювання витрати подрібнених соковитих кормів в безперервному потоці не перевищує 3-7 %. Розроблене електрообладнання забезпечує стабілізацію на заданому рівні витрати кормів та струмів навантаження електродвигуна з нерівномірністю, яка не перевищує 15 % за коефіцієнтом варіації. Це дає можливість підвищити на 15 – 25 % продуктивність і відповідно знизити на 15 – 25 % питому енергоємність подрібнення коренебульбоплодів.

Ключові слова: *витратомір, перетворювач частоти, електропривод*

Актуальність. Виробничий досвід в нашій країні і дані провідних науково-дослідних інститутів показали, що використання для годування свиней подрібнених соковито-зелених кормів значно поліпшує біологічну цінність кормосумішей та скорочує витрату концентратів у середньому на 35-40 %.

Проте електрообладнання сучасних подрібнювачів кормів та їхніх аналогів у промисловості не дає можливість забезпечити необхідний режим приготування кормосуміші.

Загальним недоліком технологічних ліній приготування соковитих кормів є велика нерівномірність їх видачі, що в значній мірі обумовлює якість кінцевої суміші та призводить до невиправданих втрат кормів. Це пояснюється тим, що регулювання та комутація потоків компонентів здійснюються в ручну на основі візуальних спостережень, а використовуване об'ємне дозування не забезпечує ефективного формування потоків компонентів сумішей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Позитивний досвід з реалізації регульованих електроприводів та систем автоматичного регулювання завантаженням подрібнювачів кормів, який знайшов відображення у працях І. І. Мартиненка, М. О. Корчемного, В. С. Федорейка, В. І. Мішина, І. В. Славіна, О. М. Мусіна та інших учених, показав, що реалізація цього завдання можлива шляхом використання для забезпечення необхідних режимів завантаження подрібнюючих агрегатів регульованого електропривода безпосередньо завантажувального пристрою подрібнювача. Проте розробка систем автоматичного регулювання в кормо виробництві стримується відсутністю датчиків для контролю регульованих параметрів, і перш за все відсутністю витратомірів подрібнених кормів у безперервному потоці.

Найперспективнішим для побудови систем автоматичного керування, як показав проведений аналіз, є НВЧ-метод вимірювання, який у найбільшій мірі може забезпечити одночасно широкі функціональні можливості та задовільні метрологічні характеристики витратоміра, поряд з прийнятною складністю як пристрою, так і його експлуатації в сільськогосподарському виробництві [1].

Експериментально встановлені оптимальні режими подрібнювачів коренебульбоплодів забезпечуються підтриманням завантаження в межах $5 \pm 0,3$ т/год при зниженні його нерівномірності за коефіцієнтом варіації до 20 %.

Отримана математична модель подрібнювача соковитих кормів, яка містить імовірнісні моделі навантаження робочих органів подрібнення та їх електрообладнання, аналітично формалізовані експоненціально-косинусною кореляційною функцією:

$$R(\tau) = D \exp(-0,5|\tau|) \cos 1,0\tau \quad (1)$$

з рівномірними функціями розподілу густини ймовірності параметрів затухання α :

$$W(\alpha) = \begin{cases} \frac{1}{2 \cdot 0,3} & \text{при } 0,2 \leq \alpha \leq 0,6 \\ 0 & \text{поза цим інтервалом} \end{cases} \quad (2)$$

Випадкові зовнішні та внутрішні збурення адитивного характеру узагальнені єдиним випадковим сигналом $R_u=0,1D$ з рівномірним у смузі пропускання системи спектром дисперсії та внаслідок її лінійності зосереджені на вході динамічної моделі подрібнювача, який як об'єкт автоматичного керування описується аперіодичною ланкою другого порядку [2] з чистим запізнюванням τ_3 :

$$W(p) = \frac{\exp(-1,0p)}{(0,5p + 1)(0,1p + 1)} \quad (3)$$

З урахуванням встановленого, стратегія керування процесом подрібнення найдоцільніше будувати на неперервному контролі вихідних параметрів подрібнюючих агрегатів та стабілізації їх регульованим електроприводом шнекового транспортера подрібнювача.

Основним завданням у таких умовах є мінімізація дисперсії похибки стабілізації витрати вихідного потоку подрібнених кормів при підтриманні продуктивності подрібнювача на оптимальному рівні, що, в свою чергу, призводить також до стабілізації навантаження електропривода подрібнюючого агрегату. Це дозволить поряд із забезпеченням оптимальної продуктивності подрібнювача перерозподілити значну частку динамічних навантажень з потужного електропривода подрібнювача на менш енергоємний привод завантажувального шнека. Таким чином, одночасно підвищується продуктивність та знижується питома енергоємність подрібнювача.

Мета дослідження – розробка автоматизованого електрообладнання для кормоцеху свинівідгодівельної ферми, що забезпечує підвищення ефективності технологічних процесів та зменшення енергоємності продукції.

Матеріали і методи дослідження. Для дослідження автоматизованого електрообладнання дозування подрібнених коренебульбоплодів модернізували установку ИКС-5М [3], функціональна схема показана на рис.1. Коренебульбоплоди, попередньо очищені від землі і піску на транспортері ТК-5Б, попадають в прийомний бункер, проходять попередню обмивку в миючій ванні, а повторну, чисту обмивку – в шнеку зустрічним потоком води. Водяна система працює по замкненому циклу: миюча ванна- насос-шнек-миюча ванна.

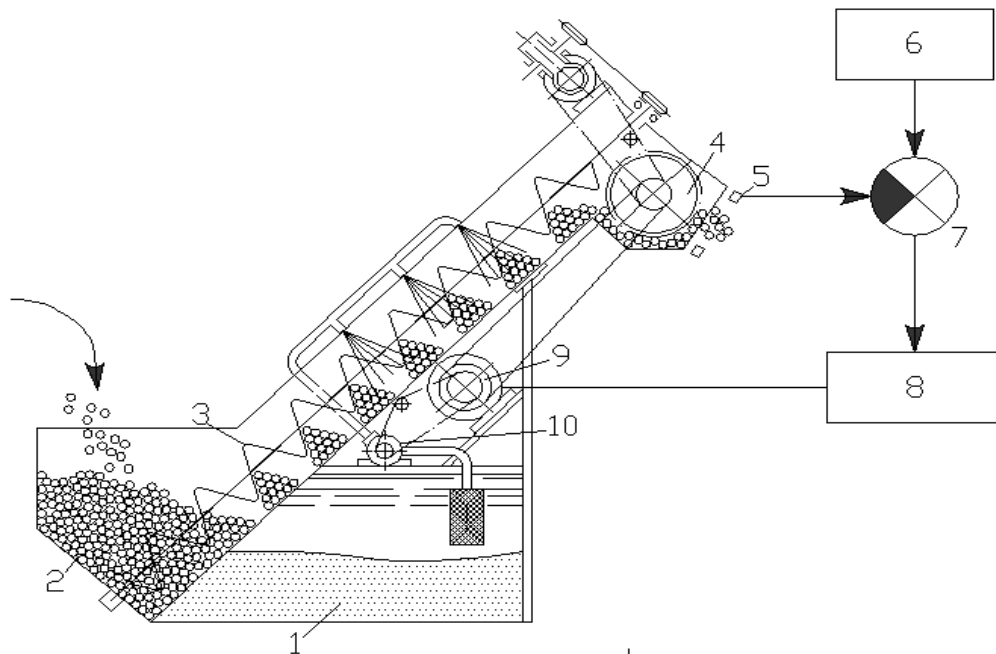


Рис.1. Функціональна схема електрообладнання дозування соковитих кормів:

1 – ванна; 2 – приймальний бункер; 3 – шнек; 4 – подрібнювач; 5 – НВЧ-витратомір; 6 – задатчик; 7 – суматор; 8 – перетворювач частоти; 9 – електродвигун; 10 – водяний насос.

Привод шнека включається, коли дробильний ротор набирає номінальне число обертів. Шнек подає відмиті коренебульбоплоди в дробильну камеру.

Робочими органами подрібнюючого барабана є шарнірні молотки і протиріжуча гребінка. Подрібнена маса направляється козирком в завантажувальний

шнек ШЗС-40Б або в змішувач. Відмитий бруд осідає в нижній частині машини. Він видаляється самопливом через люки в миючій ванні, або насосом 2 ½ НФ по трубопроводу. Подрібнені коренебульбоплоди містять частки величиною до 10 мм – 70 %, до 20 мм – 30 %.

Регульований електропривод шнека побудований на основі розробленого НВЧ-витратоміра соковитих кормів.

Витрата кормів вимірюються НВЧ-витратоміром на виході подрібнювача. Сигнал з витратоміра поступає в пристрій порівняння частотного регулятора, який виробляє сигнали керування асинхронним двигуном, який змінює швидкість руху шнека, відповідно і подачу коренебульбоплодів на подрібнювальний барабан.

Результати дослідження та їх обговорення. При зондуванні подрібнених соковито-зелених кормів у стані у вільному просторі електромагнітними НВЧ-хвилями послаблення випромінюваної енергії в кормі визначається в основному вологою, яка міститься в ньому. Це фізично обумовлене переважанням в НВЧ-діапазоні діелектричних втрат у волозі. Тому маса води m_w , яка міститься в оцінюваному об'ємі корму, визначається за ослабленням випромінюваної НВЧ-енергії, яке визначається шляхом безперервного контролю потужностей випроміненого P_e , зворотно відбитого P_z та пропущеного P_{np} НВЧ-випромінювань:

$$m_w = k_w \lg \frac{P_e - P_z}{P_{np}} \quad (4)$$

Тому для виключення впливу на результат вимірювання співвідношення води та сухої речовини в кормі додатково контролюється його вологість W . Для цього використовується метод відбитої НВЧ-потужності в поєднанні з багато параметричним принципом розподілу інформаційного сигналу та завад. За частотами НВЧ-випромінювання компенсується зміна густини потоку, а за кутами його зондування – коливання шорсткості відбитої поверхні. При цьому перша частота f_1 вибрана в довгохвильовій області, де максимальна чутливість методу відбитої потужності до вологості та менша до густини та шорсткості, а друга частота f_2 із протилежних умов вибрана в короткохвильовій області НВЧ-діапазону.

Вологість подрібненого корму контролюється за різницею зворотних втрат потужності НВЧ-випромінювань на цих частотах:

$$W = k_w \left[\lg \frac{P_{31}}{P_{d1}} - \lg \frac{P_{32}}{P_{d2}} \right] \quad (5)$$

Знаючи масу води m_6 , яка міститься у оціночному об'ємі потоку корму, та його вологість W , можна однозначно визначити за їхнім співвідношенням масу соковитого корму:

$$m_k = \frac{m_6}{W} \quad (6)$$

Швидкість потоку подрібненого корму контролюється вимірюванням доплеровського зміщення f_d частоти відбитої хвилі відносно падаючої при зондуванні потоку НВЧ-випромінювання під гострим кутом α_d до напрямку руху:

$$v = k_v f_d \frac{3 \cdot 10^{-6}}{f_2 \cos \alpha_d} \quad (7)$$

Отримані параметри дають можливість безконтактно контролювати масову витрату Q подрібненого корму в безперервному потоці:

$$Q = kmW^{-1}v \quad (8)$$

Результати експериментального моделювання взаємодії НВЧ-випромінювання з подрібненими кормами підтвердили правильність використаних при обґрунтуванні мікрохвильового способу вимірювання витрати теоретичних передумов та дозволили визначити невідомі коефіцієнти (k_6 , k_w , k_v), які характеризують взаємозв'язки параметрів НВЧ-випромінювання та контрольованих характеристик кормів.

Для реалізації запропонованого способу вимірювання витрати кормів були визначені шляхом фізичного моделювання частоти, де забезпечується найкращий розподіл інформативних сигналів та завад при найменшій не лінійності їх взаємозв'язків.

Аналіз отриманих частотних характеристик (рис. 2) з урахуванням заданих технологічних режимів та існуючих технологічних обмежень дозволив встановити, що оптимальна частота для вимірювання маси вологи, яка міститься в соковито-зелених кормах, знаходиться в межах 2,5-3,5 Гц, а за конструктивними міркуваннями перша робоча частота прийнята $f_1=3$ Гц. Найчутливішою смугою для доплерівського вимірювача швидкості, суміщеного з каналом двочастотного вологоміра, є верхня частина НВЧ-діапазону, та друга частота прийнята $f_2=24$ ГГц. Потужності НВЧ-випромінювань встановлені на рівні 100 мВт та 50 мВт відповідно для першої та другої частоти. Оптимальний кут зондування потоку корму доплеровським радаром знаходиться в межах $\alpha_d=40^\circ \pm 5^\circ$.

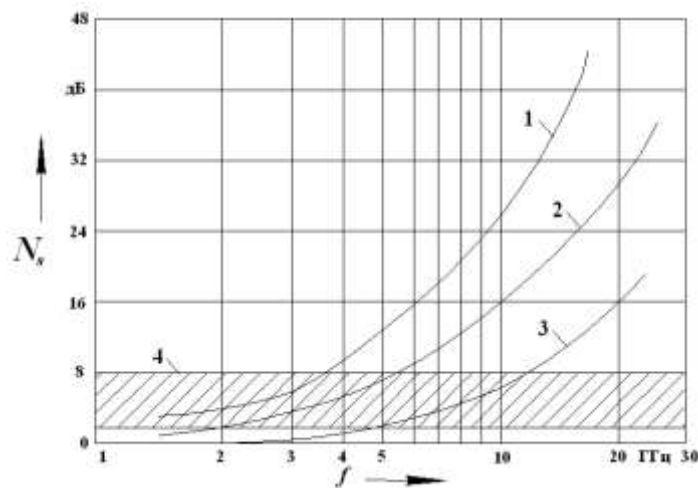


Рис. 2. Залежність сумарних втрат НВЧ-потужності від частоти випромінювання:

- 1 – для коренебульбоплодів; 2 – для силосу та зеленої маси;
3 – для соломи; 4 – зона оптимальних частот

Розроблений спосіб вимірювання витрати корму реалізується шляхом двочастотного зондування контрольованого потоку корму НВЧ-випромінюванням по нормалі і під гострим кутом за напрямом його руху з безперервною реєстрацією амплітудно-частотних характеристик зміни їх параметрів.

Привод шнека подрібнювача ИКС-5М виконаний на базі регульованого електропривода з перетворювачем частоти VFD015E43A для двигуна потужністю 1,5 кВт.

Використання НВЧ-витратоміра у комплекті з перетворювачем частоти VFD075E43A забезпечує плавне регулювання частоти обертання шнека, забезпечуючи підтримання витрати корму на заданому рівні. При цьому вирівнюється навантажувальна діаграма двигуна.

Розроблена установка забезпечує (рис.3) стабілізацію на заданому рівні витрати кормів та струмів навантаження електродвигуна з нерівномірністю, яка не перевищує 15 % за коефіцієнтом варіації. Це дає можливість підвищити на 15 – 25 % продуктивність і відповідно знизити на 15 – 25 % питому енергоємність подрібнення коренебульбоплодів.

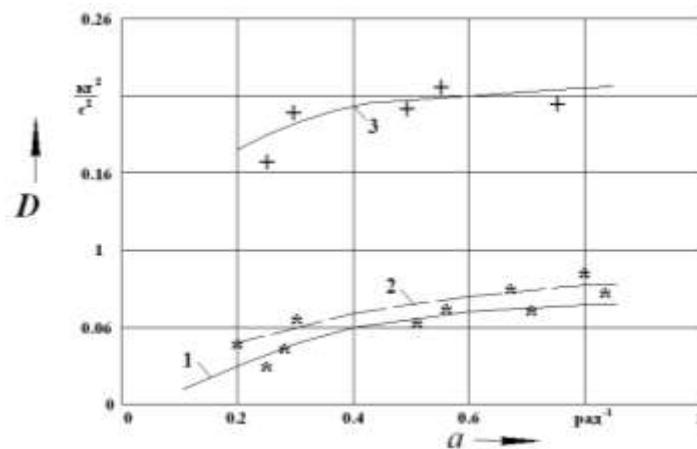


Рис.3. Залежності дисперсії витрати потоку пасти із зеленої маси від спектрального складу навантаження:

1 – розрахункова; 2 – експериментальна з регулюванням; 3 – експериментальна без регулювання

Висновки і перспективи. Встановлено, що оптимальні частоти витратоміра соковитих кормів складають $f_1=3$ ГГц та $f_2=24$ ГГц, потужності НВЧ-генератора дорівнюють $P_1=100$ мВт, $P_2= 50$ мВт, а кут зондування потоку корму доплерівським радаром $\alpha_d=40^\circ\pm 5^\circ$.

Дослідження НВЧ-витратоміра показали, що похибка вимірювання витрати подрібнених соковитих кормів в безперервному потоці не перевищує 3-7 %.

Розроблене електрообладнання забезпечує стабілізацію на заданому рівні витрати кормів та струмів навантаження електродвигуна з нерівномірністю, яка не

перевищує 15 % за коефіцієнтом варіації. Це дає можливість підвищити на 15 – 25 % продуктивність і відповідно знизити на 15 – 25 % питому енергоємність подрібнення коренебульбоплодів.

Список літератури

1. Корчемный Н.А. Обоснование микроволнового способа измерения расхода измельченных сочных кормов /Н.А. Корчемный, В.А. Дацишин // Механизация и электрификация сельского хозяйства – К.: Урожай, 1989. – Вып.69. – С. 90-96.

2. Корчемний М.О. Теоретичні основи автоматизації: Навч. посібн. / М.О. Корчемний, П.Б. Клендій, М.В. Потапенко – Тернопіль: Навчальна книга – Богдан, 2011. — 304 с.

3. Машины і обладнання для тваринництва. [Електронний ресурс] / Режим доступу: http://rodak.if.ua/mot/teoria/tema_4.htm

References

1. Korchemnyiy, N.A., Datsishin, V.A. (1989). Obosnovanie mikrovolnovogo sposoba izmereniya rashoda izmelchennyih sochnyih kormov [The rationale for the microwave method of measurement of the flow of chopped succulent fodder]. Mehanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo hozyaystva. K.: Urozhay, 69, 90-96.

2. Korchemnyi, M. O., Klendii, P. B., Potapenko, M. V. (2011). Teoretychni osnovy avtomatyky [Theoretical foundations of automation]: Navch. posibn. Ternopil: Navchalna knyha – Bohdan, 304.

3. Mashyny i obladnannia dlia tvarynnytstva. [Machines and equipment for animal husbandry]. Available at: http://rodak.if.ua/mot/teoria/tema_4.htm

ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ДОЗИРОВАНИЯ ИЗМЕЛЬЧЕННЫХ КОРНЕКЛУБНЕПЛОДОВ

В. Ю. Рамш, В. Л. Шаршонь

Аннотация. Проведено исследование автоматизированного электрооборудования для дозирования измельченных корнеклубнеплодов, что обеспечивает повышение эффективности технологических процессов и уменьшение энергоемкости продукции. Для построения систем автоматического управления эффективным является СВЧ-метод измерения, который может обеспечить одновременно широкие функциональные возможности и удовлетворительные метрологические характеристики расходомера, рядом с приемлемой сложностью как устройства, так и его эксплуатации в сельскохозяйственном производстве. Результаты экспериментального моделирования взаимодействия СВЧ-излучений с измельченными кормами подтвердили правильность использованных при обосновании микроволнового способа измерения расхода теоретических предпосылок и позволили определить коэффициенты, характеризующие взаимосвязи параметров СВЧ-излучения и контролируемых характеристик кормов.

Установлено, что оптимальные частоты расходомера сочных кормов составляют $f_1 = 3$ ГГц и $f_2 = 24$ ГГц, мощности СВЧ-генератора равны $P_1 = 100$ мВт, $P_2 = 50$ мВт, а угол зондирования потока корма доплеровским радаром $\alpha_d = 40^\circ \pm 5^\circ$. Исследование СВЧ-расходомера показали, что погрешность измерения расхода измельченных сочных кормов в непрерывном потоке не превышает 3-7 %. Разработанное электрооборудования обеспечивает стабилизацию на заданном уровне расхода кормов и токов нагрузки электродвигателя с неравномерностью, которая не превышает 15 % по коэффициенту вариации. Это дает возможность повысить на 15 – 25 % производительность и соответственно снизить на 15 – 25 % удельную энергоемкость измельчения корнеклубнеплодов.

Ключевые слова: расходомер, преобразователь частоты, электропривод

RESEARCH OF THE AUTOMATED ELECTRICAL EQUIPMENT FOR THE DOSAGE OF THE GROUND UP ROOT GARDEN-STUFFS

V. Y. Ramsh, V. L. Sharshon

Abstract. A study of the automated electrical equipment is undertaken for the dosage of the ground up root garden-stuffs, that provides the increase of efficiency of technological processes and reduction to power-hungryness of products. For building systems of automatic control, the most effective is the microwave measurement method, which can provide both broad functionality and satisfactory metrological characteristics of the flowmeter, along with acceptable complexity of both devices and its exploitation in agricultural production. The results of experimental modeling of interaction of microwave radiation with the particulate feed confirmed the correctness of the used in the justification of the microwave method of flow measurement theoretical assumptions and allowed us to determine the coefficients that characterize the relationship between parameters of the microwave radiation and controlled by the characteristics of the feed. It is established that the optimum frequency of the flowmeter, succulents are $f_1=3$ GHz and $f_2=24$ GHz, the power of the microwave generator is equal to $P_1=100$ mW, $P_2= 50$ mW, and the sensing angle of the thread feed Doppler radar $\alpha_d=40^\circ \pm 5^\circ$. Study of microwave flow meter showed that the accuracy of measurement of the flow of chopped succulent fodder in a continuous flow does not exceed 3-7 %. The developed equipment provides stabilization at a given level of feed consumption and load current of the motor with the unevenness of not more than 15 % coefficient of variation. This gives you the opportunity to increase by 15 – 25 % productivity and thus reduce by 15 – 25%, the specific energy of grinding the root of the fruit.

Key words: flowmeter, transformer of frequency, electric drive