

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПРИВОДА КОМБІНОВАНОГО ШНЕКОВОГО ТРАНСПОРТЕРА-ПОДРІБНЮВАЧА-ЗМІШУВАЧА КОРМІВ

В. Ю. Рамиш, кандидат технічних наук, доцент

***Відокремлений підрозділ Національного університету біоресурсів і
природокористування України «Бережанський агротехнічний інститут»***

E-mail: ramsh_v@ukr.net

Анотація. Досліджено подрібнення кормів в залежності від зміни частоти обертання електропривода та довжини шнекового транспортера-подрібнювача-змішувача. При проведенні досліджень вирішувалися такі завдання: розробити нову конструкцію шнекового транспортера-подрібнювача-змішувача; розробити імітаційну модель силової частини і системи керування електропривода подрібнювача-змішувача; дослідити дослідницький стенд шнекового транспортера-подрібнювача-змішувача.

Під час виробництва продукції тваринництва до 50...70 % всіх витрат припадає на дольову частку приготування різнопланових соковитих кормів із коренеплодів. Економічна ефективність використання комплексу машин для приготування соковитих кормів не відповідає сьогоднішнім вимогам, а також вони мають низьку ефективність в господарствах.

Ці витрати істотно зменшуються, якщо виробництво кормів проводити не на спеціалізованих заводах, а безпосередньо на внутрішньогосподарських малих підприємствах, поєднуючи при цьому декілька операцій приготування кормів в одну суміжну операцію, наприклад, операції підготовки коренеплодів, подрібнення та переміщення подрібнених частин, їх змішування з іншими необхідними компонентами згідно раціону тощо.

На основі висунутої наукової гіпотези передбачається, що такі об'єднувальні операції приготування соковитих концентрованих кормів можна виконувати одним робочим органом – комбінованими шнековими механізмами. Цим досягається мінімізація енергетичних витрат процесу переробки коренеплодів шляхом внесення необхідних коректив у роботу технологічного обладнання або лінії для приготування кормів.

Розроблено дослідницький стенд для подрібнення, змішування і транспортування кормів, який дозволяє виявляти характер залежності зміни степені подрібнення від частоти обертання електропривода та довжини шнекового транспортера-подрібнювача-змішувача, моделювати силову частину і систему керування електропривода подрібнювача-змішувача.

Ключові слова: *електропривод, транспортер-подрібнювач-змішувач, частотний перетворювач, дослідницький стенд, асинхронний двигун*

Актуальність. Виробничий досвід в нашій країні і дані провідних науково-

дослідних інститутів показали, що використання для годування тварин подрібнених соковито-зелених і концентрованих кормів покращує харчову цінність кормів і збільшує енергоефективність машин, зменшує витрату кормосуміші.

Однак стан сучасних машин, електрообладнання для подрібнення кормів та їхні прототипи у виробництві не дають можливість досягнути потрібний процес приготування кормів. Основним недоліком промислових ліній та машин, які застосовуються для приготування соковитих кормів, є велика енергозатратність, тому підвищення технологічної ефективності електропривода комбінованих шнекових транспортерів є актуальною науково-технічною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню систем автоматичного регулювання електроприводів подрібнювачів-змішувачів кормів присвячено праці І. І. Мартиненка, В. С. Федорейка, В. І. Мішина та інших науковців. На основі проведеного аналізу технологічних процесів і конструктивно-компонувальних схем комплексів для приготування соковитих концентрованих кормів і отриманих результатів попередніх робіт, розроблено комбінований шнековий механізм, що дозволить розширити функціональні можливості гвинтових механізмів і значно знизити питомі та загальні енерговитрати процесу приготування соковитих концентрованих кормів шляхом інтенсифікації та поєднання декількох суміжних операцій, які виконуються окремими механізмами в одну суцільну операцію.

Мета дослідження – удосконалення конструкції та системи керування електропривода подрібнювача-змішувача процесу приготування соковитих концентрованих кормів.

Матеріали і методи дослідження. Для досягнення поставлених цілей використовувалися методи математичного моделювання, теорія електричних машин, теорія електричних кіл, теорія електропривода, основні положеннями опору матеріалів, теоретичної механіки, експериментальні методи.

Для подрібнення та змішування соковитих концентрованих кормів розроблена спеціальна установка (рис. 1).

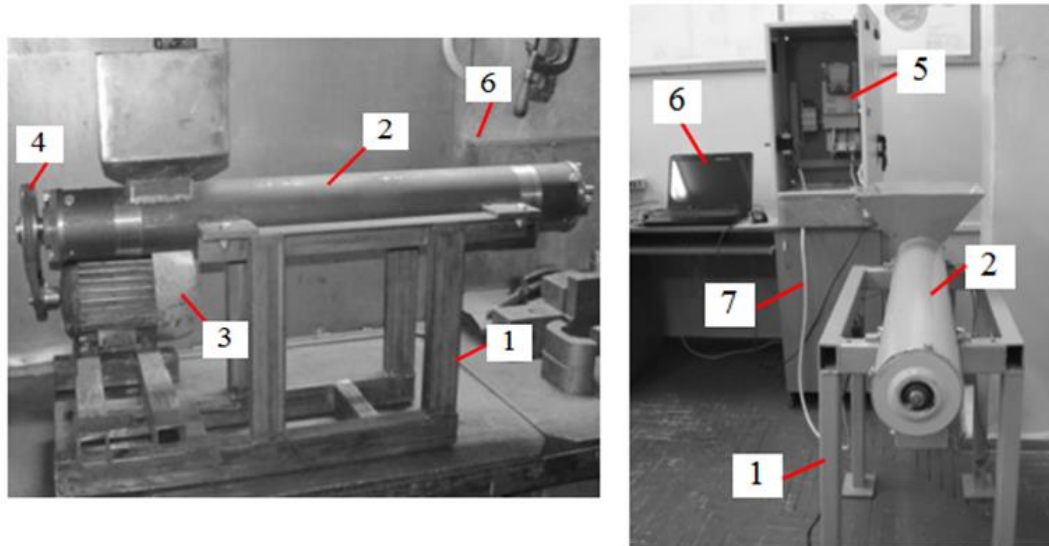


Рис.1. Загальний вигляд установки:

1 – основна рама; 2 – транспортер-подрібнювач; 3 – електродвигун; 4 – клинопасова передача; 5 – керуючий пристрій; 6 – персональний комп'ютер; 7 – комутаційне з'єднання

Новизною удосконаленої конструкції подрібнювача-змішувача концентрованих кормів є можливість подрібнювати комбікорм різними методами: плющення, різання, змішування, перетирання. Об'єднання запропонованих методів забезпечить значне покращення процесу подрібнення.

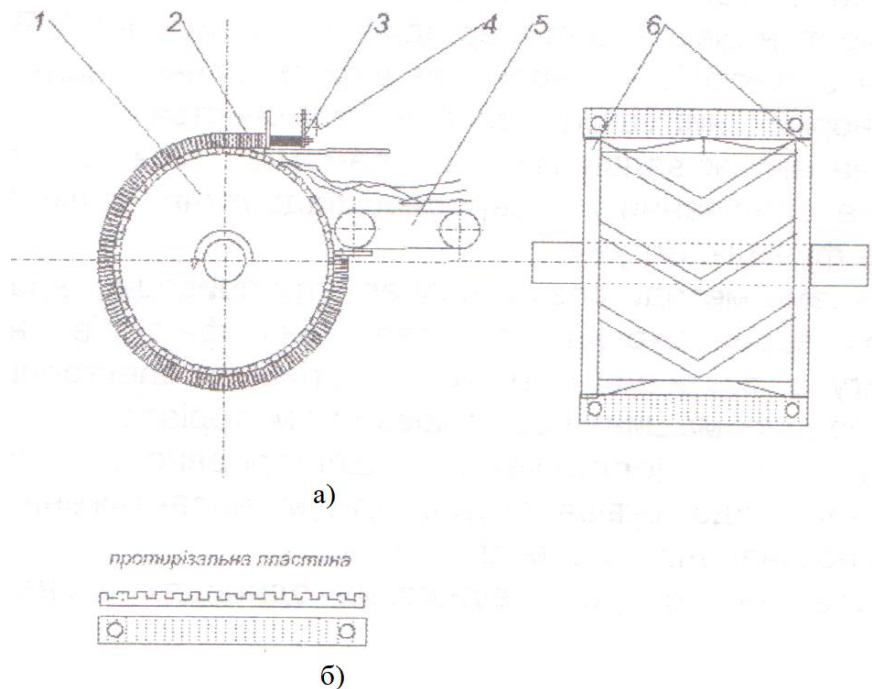


Рис. 2. Конструкція подрібнювача-змішувача (а), протирізальні пластини (б)

Розроблений подрібнювач-змішувач складається з ротора 1 (рис.2, а), на основній поверхні якого знаходяться подрібнюючі елементи. Слід зазначити, що вони розміщені зустрічно під кутом до осі ротора. Таке встановлення забезпечує зосередження подрібнюваної маси в робочій зоні машини. На закінченнях ротора встановлені реборди 6, ними в момент пуску ковзають протирізальні пластини 2. Протирізальні пластини (рис.2, б) на краю поверхні вони мають канавки для видалення подрібнених частин. Під барабаном знаходяться протирізальні пластини, які натягуються на трос і за рахунок цього утворюється еластична конструкція, яка облягає верхню частину ротора та призводить до мінімального зазору між робочими органами подрібнювача-змішувача. Для досягнення потрібного натягу підбарабання в цю конструкцію машини вмонтовано пружини 3.

Подрібнена маса постачається транспортером 5, який робить в старт-стопному режимі і запускається контактором 4, розташованим на робочій пружині 3. Коли подається маса цим транспортером, вона захоплюється робочими органами машини ротора, який обертається за напрямом руху маси та надходить в зону подрібнення, після чого подрібнена маса вивантажується через пази в протирізальних пластинах. Коли потрапляє надмірна порція маси пружина 3 стискається та спрацьовує контактор 4, який відключає електропривод транспортера до початку подрібнення цієї порції маси. Ця технологія роботи дозволяє забезпечити процес саморегулювання конструктивних параметрів подрібнювача-змішувача.

Застосування цієї установки дозволить краще подрібнювати соковиті концентровані корми та зменшити енерговитрати.

Результати досліджень та їх обговорення. Розробка систем електропривода подрібнювачів-змішувачів з використанням різних властивостей подрібнюваних матеріалів є досить актуальною проблемою.

Для керування електроприводом даного подрібнювача-змішувача запропоновано структурну схему, яка представлена на рис. 3 [24].

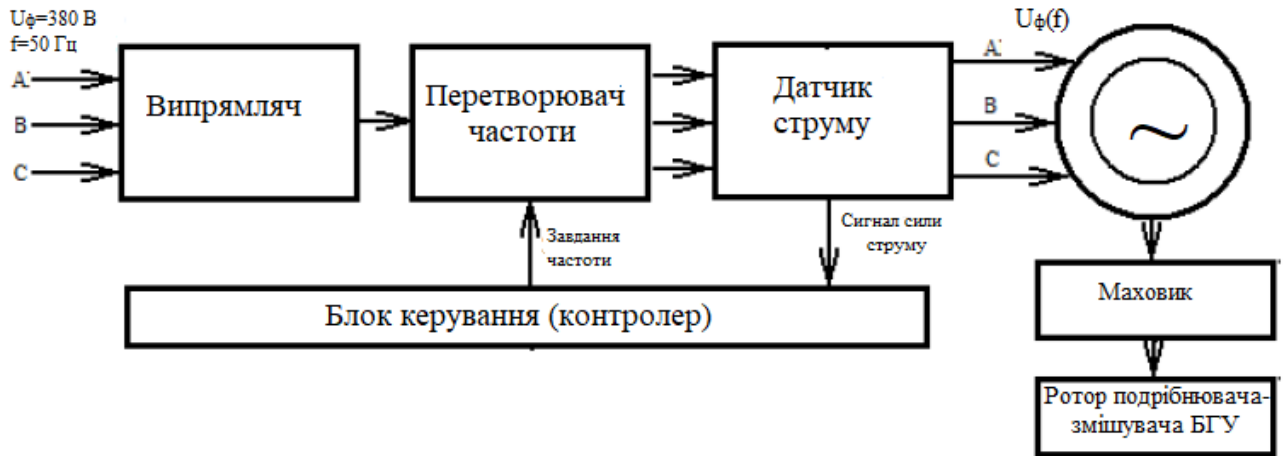


Рис. 3. Структурна схема електропривода машини

Як видно із аналізу структурної схеми (рис. 3), система керування установки електропривода подрібнювача-змішувача така. Живлення здійснюється від трифазної мережі напругою 380 В, частотою 50 Гц. Напруга подається на випрямляч, відповідно він створює постійний струм, який потрібний для інверторного перетворювача частоти, який виробляє трифазний струм, а також можливі різні значення напруги U_ϕ і частоти f . На ввіді живлення напруги двигуна розташовано датчик струму, він створює на власному виході сигнал, значення його залежить від моменту опору на валу двигуна. Отриманий сигнал датчика струму є важливим керуючим показником для визначення частоти живлення і напруги.

Системами керування електроприводами є програмовані промислові мікроконтролери та комп'ютери, а алгоритми керування виконуються у вигляді програм [2].

Головним елементом керування розробленої системи є блок керування (контролер), він автоматично (програмно) визначає потрібний режим живлення двигуна та керує роботою частотного перетворювача.

Для надійної роботи системи та усунення аварійних режимів, у випадку коли для ротора момент опору буде вищий моменту інерції, важливим буде застосування великого маховика ротора, він підвищує його момент інерції та пружної муфти, вона відповідно до пружності елементів, до набору циліндричних пружин розтягу,

забезпечує електродвигуну досягнути необхідної частоти обертання і запобігає перевищення межі критичного значення моменту для даного двигуна.

При заповненні подрібнювача-змішувача відходами момент опору буде збільшуватися. У момент, коли він досягне максимального значення для режиму роботи з номінальною частотою обертання, блок керування має зменшити частоту. Коли момент електродвигуна буде зменшуватися, тоді потрібно збільшувати частоту.

У асинхронного електродвигуна при частотному керуванні швидкістю має також змінюватись частота f та амплітуда U напруги живлення. Різницю між напругою живлення і частотою можна визначатись за різними законами.

Розрізняють два основні способи частотного керування в системі перетворювач частоти - асинхронний двигун: скалярне та векторне [10,18].

Для скалярного керування розрізняють три закони регулювання напруги та частоти залежно від виду та характеру навантаження електропривода.

При постійному моменті навантаження $M_c = const$, керування напругою та частотою струму статора асинхронного двигуна повинно виконуватися за законом:

$$U_{1j} / f_{1j} = const . \quad (1)$$

Відповідно до формули частота має змінюватись пропорційно до зміни напруги. Ця залежність забезпечує постійне значення критичного моменту і постійний номінальний магнітний потік у широких межах у діапазоні керування швидкістю від нуля та до максимальної. У більшості випадків в якості допустимого значення виступає номінальна кутова швидкість електродвигуна, а також відповідає номінальна напруга статора електродвигуна.

Цей закон частотного керування швидкістю асинхронного електродвигуна є головним. Перевагою частотного керування швидкості асинхронного електродвигуна є плавна зміна швидкості від нуля та до номінальної при сталій жорсткості механічних характеристик та перевантажувальній здатності електродвигуна. Діапазон регулювання складає 5...10 для розімкнутих систем та 1000 і більше для замкнених [3].

При нелінійно-спадаючому навантаженні $M_c = k \cdot \omega^{-1}$ закон керування напругою та частотою набуває вигляду

$$U_{1j}^2 / f_{1j} = \text{const}. \quad (2)$$

Як випливає з цієї залежності момент електродвигуна змінюється обернено пропорційно і синхронна швидкість пропорційно частоті, а потужність буде незмінною.

Відповідно для насосів та вентиляторів момент статичних опорів пропорційний квадрату швидкості $M_c = k \cdot \omega^2$, а напруга U і частота f буде змінюватися за законом:

$$U_{1j} / f_{1j}^2 = \text{const}. \quad (3)$$

Виходячи з вимог до електропривода подрібнювача-змішувача та на основі аналізу способів керування швидкістю асинхронного електродвигуна, вибираємо електропривод зі скалярним керуванням [20,29]. Застосовуємо перетворювач частоти з інвертором напруги SIMOVERT MASTERDRIVES блочного виконання серії 6SE70 фірми Siemens [6], що має повний набір можливостей для реалізації поставлених завдань.

Швидкість обертання в скалярному електроприводі ПЧ-АД визначається задаючою напругою U_3 .

При скалярному регулюванні зміна швидкості досягається шляхом впливу на частоту f_1 напруги на статорі $U_{1\phi}$ при одночасній зміні модуля цієї напруги.

При регулюванні за законом $U_{1\phi} / f_1 = \text{const}$ вид статичних характеристик електропривода залежить від того, у якому співвідношенні знаходяться між собою значення частоти та напруги обмотки статора, які визначаються характером навантаження на валу електродвигуна. Оскільки навантаження подрібнювача-змішувача не залежить від швидкості його руху, то закон керування для цього механізму визначається виразом (1). Залежність $U_{1\phi} / f_1 = \text{const}$ встановлюється в перетворювачі частота –напруга (ПЧН).

Схеми керування електропривода змінного струму виконуються в системі координат, що обертається, де діють аналогові сигнали [1].

Модуль напруги керування U_y і миттєвий кут повороту θ цієї напруги надходять на прямий координатний перетворювач (ПКП), де послідовно здійснюється перетворення напруги керування U_y з системи координат, що обертається x, y у нерухому систему координат a, b , а далі в трифазну систему координат A, B, C . Синусоїдальні напруги керування $U_{y1A}, U_{y1B}, U_{y1C}$ надходять на вхід автономного інвертора напруги АІН і задають його вихідну фазну напругу $U_{1\phi}$, частотою f_1 . Вихідні напруги інвертора U_{1A}, U_{1B}, U_{1C} подаються на обмотки статора короткозамкненого асинхронного двигуна АД.

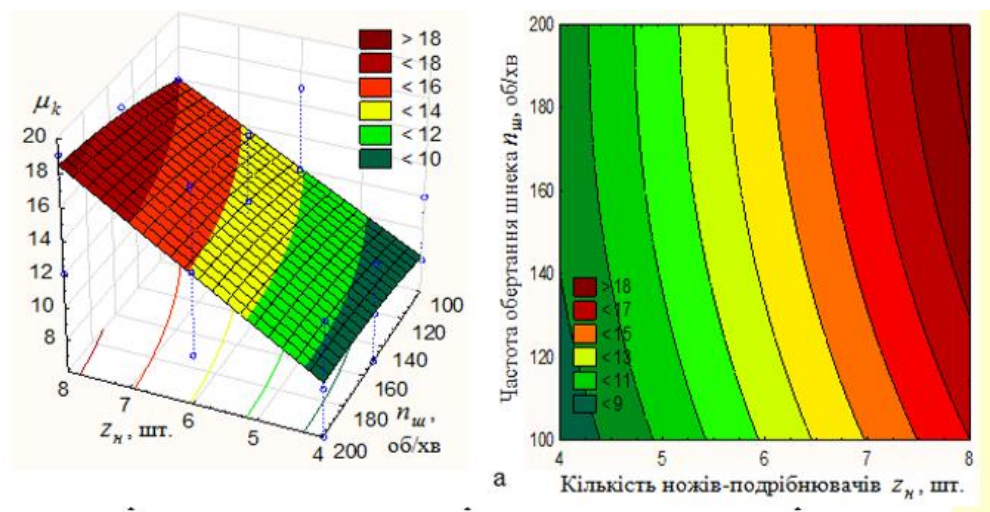


Рис. 4. Коефіцієнт подрібнення коренеплодів



Рис. 5. Загальний вигляд частинок подрібнених коренеплодів:

a – за частоти обертання шнека 100 об/хв; $б$ – за частоти обертання шнека 200 об/хв; $в$ – за частоти обертання шнека 350 об/хв

Механічні характеристики електродвигуна з синхронною частотою обертання від 0 до 200 об/хв розраховані в середовищі MathCAD при різних частотах живлення за законом керування $U_{1\phi}/f_1 = \text{const}$.

Закон регулювання $U_{1\phi}/f_1 = \text{const}$ вибраний для електропривода подрібнювача-змішувача, виходячи з необхідності підтримки у всьому діапазоні регулювання швидкості постійної перевантажувальної здатності двигуна.

При законі регулювання $U_{1\phi}/f_1 = \text{const}$, в свою чергу, не досягається незалежність критичного моменту від частоти. Слід зазначити, що це впливає на характер зміни перехідних процесів при зменшенні частоти мережі.

Провівши аналіз отриманих характеристик (рис. 4) та врахувавши задані технологічні режими і дійсні технологічні межі, встановили, що оптимальний коефіцієнт подрібнення знаходиться при $n_{\text{ш}} = 140\text{--}200$ об/хв; $Z_{\text{н}} = 4\text{--}6$ шт.

Висновки і перспективи. У дослідженнях сформульовані загальні принципи прогнозування та шляхи вирішення їх ефективного застосування в технологічних лініях для приготування соковитих концентрованих кормів. На основі оптимізації параметрів і режимів роботи комбінованих шнекових транспортерів є можливість зниження енерговитрат в електроприводі процесу приготування кормів.

Список використаних джерел

1. Рамш В. Ю., Шаршонь В. Л. Дослідження автоматизованого електрообладнання для дозування подрібнених коренебульбоплодів [Електронний ресурс]. Режим доступу: <http://dsp.bati.nubip.edu.ua/xmlui/handle/123456789/97>
2. Корчемний М. О., Клендій П. Б., Потапенко М. В. Теоретичні основи автоматики. 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. Ramsh V. Yu., Sharshon V. L. Doslidzhennia avtomatyzovanoho elektroobladnannia dlia dozuvannia podribnennykh korenebulboplodiv [Research of automated electrical equipment for dosing crushed root vegetables]. Available at: <http://dsp.bati.nubip.edu.ua/xmlui/handle/123456789/97>
2. Korchemnyi M. O., Klendii P. B., Potapenko M. V. (2011). Teoretychni osnovy avtomatyky [Theoretical basics of automation]. Ternopil: Navchalna knyha Bohdan, 304.

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

STUDY OF THE ELECTRIC DRIVE OF THE COMBINED SCREW CONVEYOR-METER-FOOD MIXER

V. Ramsh

Abstract. *The question of the research of forage grinding depending on the change in the frequency of rotation of the electric drive and the length of the screw conveyor-shredder-mixer is considered. To achieve the set goal, the following tasks were set and solved in the work: to develop a new design of the screw conveyor-shredder-mixer; to develop a simulation model of the power part and control system of the electric drive of the chopper-mixer;; to investigate the screw conveyor-shredder-mixer research stand.*

During the production of animal husbandry products, up to 50...70% of all costs are accounted for by the preparation of various juicy fodder from root crops. The economic efficiency of using a complex of machines for the preparation of juicy fodder is at a rather low level, which does not correspond at all to the current conditions of farming.

These costs are significantly reduced if fodder production is not carried out in specialized factories, but directly in intra-farm small enterprises, while combining several fodder preparation operations into one adjacent operation, for example operations of preparing root crops, grinding and moving the chopped parts, mixing them with other necessary components according to the diet, etc.

Based on the proposed scientific hypothesis, it is assumed that such unifying operations of preparing juicy concentrated feed can be performed by one working body - combined screw mechanisms. This achieves the minimization of the energy costs of the root crop processing process by making the necessary adjustments to the operation of the technological equipment or feed preparation line.

A research stand for grinding, mixing and transporting fodder has been developed, which allows to detect the nature of the dependence of the degree of grinding on the frequency of rotation of the electric drive and the length of the screw conveyor-shredder-mixer, to model the power part and the control system of the electric drive of the grinder-mixer.

Key words: *electric drive, conveyor-shredder-mixer, frequency converter, research stand, asynchronous motor*