

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

УДК 631.363

Кваліфікаційна робота на правах
рукопису

СТОЛЯР Олександр Олександрович

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

УДОСКОНАЛЕННЯ ЗМІШУВАЧА КОМПОНЕНТІВ РАЦІОНУ

208 «Агроінженерія»

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело

(підпис)

(ініціали та прізвище здобувача вищої освіти)

Керівник роботи
к.т.н., доц. Медведський О. В.

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Столяр О. О. **Удосконалення змішувача компонентів раціону.** – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня бакалавр зі спеціальності 208 – агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023 р.

У кваліфікаційній роботі проведено аналіз відомих конструкцій змішувачів компонентів кормів, охарактеризовано переваги та недоліки робочих органів. Намічено бажані шляхи вдосконалення змішувача компонентів раціону.

Кваліфікаційна робота спрямована на підвищення ефективності змішування компонентів кормового раціону за рахунок удосконалення робочого органу. Запропонована конструкція змішувача неперервної дії із гвинтовими стрічковими робочими органами.

Виконані конструкційні та технологічні розрахунки удосконаленого змішувача неперервної дії, виконані кінематичні розрахунки приводу робочих органів, проведена порівняльна оцінка серійного та удосконаленого змішувача.

Ключові слова: двовалкова схема, напрям обертання, швидкість переміщення, пасова передача, електродвигун.

ANNOTATION

Stolyar O. O. **Improvement of the mixer of ration components.** – Qualification work on manuscript rights.

Qualification work for obtaining a bachelor's degree in specialty 208 – agricultural engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2023

In the qualification work, an analysis of known constructions of feed component mixers was carried out, the advantages and disadvantages of working bodies were characterized. Desirable ways of improving the mixer of diet components are outlined.

The qualification work is aimed at increasing the efficiency of mixing the components of the fodder ration due to the improvement of the working body. The proposed design of a continuous mixer with screw belt working bodies.

Structural and technological calculations of the improved mixer of uncertain action were performed, kinematic calculations of the drive of the working bodies were performed, and a comparative evaluation of the serial and improved mixer was performed.

Key words: two-roll scheme, direction of rotation, movement speed, belt transmission, electromotor.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
РОЗДІЛ 1. ОЦІНКА КОНСТРУКЦІЙ ЗМІШУВАЧІВ КОРМІВ	7
1.1. Зоотехнологічні вимоги до процесу змішування	7
1.2. Оцінка змішувачів за класифікаційними ознаками	9
1.3. Аналіз серійних змішувачів кормів	12
Висновки до розділу 1	17
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЗМІШУВАЧА КОМПОНЕНТІВ КОРМОВОГО РАЦІОНУ	18
2.1. Проектування конструкції змішувача	18
2.2. Розрахунок технологічних та конструкційних параметрів змішувача	19
2.3. Кінематичний розрахунок елементів приводу робочих органів ...	22
2.4. Розрахунок елементів конструкції на міцність	26
Висновки до розділу 2	27
РОЗДІЛ 3. ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ РОЗРОБЛЕНОГО ЗМІШУВАЧА КОМПОНЕНТІВ КОРМОВОГО РАЦІОНУ	28
3.1. Принцип роботи розробленого змішувача	28
3.2. Експлуатаційна ефективність розробленого змішувача	30
Висновки до розділу 3	32
ВИСНОВКИ	33
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	34
ДОДАТКИ	37

ВСТУП

Актуальність теми. Приготування якісної кормової сумішки на тваринницьких підприємствах забезпечить повноту згодовування кормів. Кормова суміш складається із багатьох компонентів які відрізняють не тільки за фізико-механічними характеристиками, але мають різну поживність та корисність для організму тварини. Тому важливо щоб всі компоненти були гарно перемішаними між собою.

Для приготування кормових сумішок на тваринницьких підприємствах використовують змішувачі кормів різних виробників. Представлені на ринку змішувачі кормів відрізняються за способом організації технологічного процесу та призначенням. Призначення в першу чергу визначається типом робочого органу. Так, для приготування сумішок із легко сипких компонентів використовують, як правило, стрічково-шнекові робочі органи. Для приготуванні сумішок із важко сипких компонентів використовують лопатеві робочі органи. У змішувачах періодичної дії використовують лопатеві робочі органи, які перемішують компоненти кормового раціону у замкненому об'ємі протягом деякого періоду часу. Такі змішувачі можуть використовуватись як запарники, якщо передбачено систему подачі пари. Стрічково-шнекові робочі органи у змішувачах періодичної дії використовуються для приготування комбікормів перед їх гранулюванням, або безпосередньо роздаванням. Відрізняються від лопатевих меншою енергоємністю приготування сумішки. Використання суцільних лопатевих робочих органів розміщених на валу за гвинтовою лінією притаманні для змішувачів неперервної дії.

Кожна із поданих систем приготування кормів для тваринницьких підприємств має свої переваги та недоліки. Основними недоліками змішувачів компонентів кормового раціону можна вважати наступні: періодичність принципу дії, значна металомісткість, недостатня продуктивність, недостатня якість змішування. Ці недоліки обумовлені, в першу чергу, недостатньо ефективними робочими органами. Тому, при удосконаленні змішувача кормів

необхідно враховувати позитивні ознаки робочих органів притаманних для машин як періодичної так і неперервної дії.

Мета і завдання роботи. Метою кваліфікаційної роботи є підвищення якості змішування та ефективності змішувача кормів шляхом удосконалення робочого органу та організації технологічного процесу.

Для досягнення мети роботи варто вирішити наступні завдання:

- виконати техніко-технологічний аналіз відомих конструкцій змішувачів компонентів кормового раціону;
- виділити переваги та недоліки відомих конструкційних виконань змішувачів, встановити напрямки подальшого удосконалення;
- спроектувати змішувач компонентів кормового раціону неперервного принципу дії;
- розробити робочий орган для змішування заданих компонентів кормового раціону;
- встановити конструкційні та технологічні параметри розробленого змішувача;
- виконати розрахунки кінематичних параметрів та важливих елементів конструкції на міцність;
- виконати порівняльну оцінку розробленого змішувача із прототипом.

Об'єкт досліджень – технологічний процес приготування кормової сумішки на тваринницькому підприємстві.

Предмет досліджень – конструкційні та технологічні параметри змішувача компонентів кормового раціону неперервної дії.

Методи досліджень. Намічені завдання вирішували при застосуванні основних положень та законів технічної механіки, використання відомих аналітичних моделей встановлення конструкційних параметрів машин для тваринництва. Деякі теоретичні дослідження виконували в програмному середовищі Microsoft Excel та інших доступних програмах.

Апробація результатів роботи. Результати пошукових та теоретичних досліджень за тематикою кваліфікаційної роботи пройшли належну

апробацію – доповідались на внутрішньо вузівських та міжфакультетських конференціях, відображені у наступних друкованих працях:

1. Столяр О. О. Встановлення конструкційних особливостей змішувачів компонентів. Матеріали науково-практичної конференції *I-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей*. 18 січня 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 20–23.

2. Медведський О. В., Столяр О. О. Оцінка конструкційних та технологічних параметрів змішувачів компонентів. *Наукові читання–2023* : матеріали науково-практичної конференції. 19 квітня 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. Т. 2. С. 22–24.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота включає вступ, три розділи основної частини, загальні висновки, список використаних літературних джерел (25 найменувань), викладена на 36 сторінках комп'ютерного тексту.

РОЗДІЛ 1

ОЦІНКА КОНСТРУКЦІЙ ЗМІШУВАЧІВ КОРМІВ

1.1. Зоотехнологічні вимоги до процесу змішування

Рівномірне розподілення компонентів кормового раціону у відповідному об'ємі називається технологічним процесом змішування. Це, в першу чергу механічний процес, який супроводжується взаємним переміщенням частинок компонентів раціону між собою. Інколи процес змішування порівнюють із відомим у фізиці процесом дифузії. Але дифузія це взаємне проникнення однієї речовини в іншу при певних умовах без стороннього впливу. Щодо змішування, то взаємне пере розподілення компонентів кормового раціону у певному об'ємі відбувається завдяки підведенню механічної енергії до робочих органів, які активують вказане переміщення. Значний вплив на процес змішування має об'ємна маса компонентів раціону, їх геометричні параметри та форма. [1-3]

Основним параметром, який визначає якість отримання кормової суміші прийнято вважати ступінь рівномірності змішування. Цей показник визначається на основі використання статистичних методів під час лабораторних або експериментальних випробовувань. Для спрощення розуміння, процес змішування можна розглядати як взаємне переміщення одне відносно одного компонентів бінарної сумішки. Базовий компонент позначається латинською літерою **B**, а всі решта компонентів суміші поєднують під одне позначення латинської літери **A**. В такому випадку суттєво спрощується оцінка якісних показників процесу змішування. Це пояснюється тим, що так значно зручно прослідкувати перебування базового компонента серед інших компонентів у готовій кормовій суміщі. [3-5]

На основі розробленої міжнародної методики встановлення якісних показників отриманої кормової сумішки пропонується шкала оцінювання, яка наведена у таблиці 1.1. [5-8]

Таблиця 1.1

Параметри оцінки якості кормової сумішки

Оцінка сумішки	Номер групи	Відхилення контрольного компонента в пробах суміші від теоретичної величини, %
Дуже добре	1	до 8
Добре	2	8...10
Задовільно	3	10...15
Незадовільно	4	більше 15

Неоднорідність кормової сумішки щодо окремих компонентів може бути перевищена у 2 рази більше за встановлену граничними нормами відхилень під час дозування даного компонента. Відповідно до сказаного, відхилення вмісту в кормовій сумішці компоненту від розрахункової величини для грубих кормів складає не більше 20 %, для коренеклубнеплодів – 30 %, для комбікормів та концентратів – 10 %, для поживних рослинних та мінеральних добавок – 10 %, для м'ясо-кісткових та рибних кормів – 10 %. Ступінь однорідності приготовленої кормової сумішки залежить від видо-вікових груп тварин (табл. 1.2.). [5-8]

Таблиця 1.2

Зоотехнічні вимоги до ступеня однорідності кормових сумішок

Призначення кормової сумішки	Ступінь однорідності, %
Суміші для:	
поросят у віці до 4 міс.	93
свиней всіх груп старших за 4 міс.	85...90
птахи	90
велика рогата худоба	84...88
Комбікорм власного виробництва для всіх видів тварин	90...95

З врахуванням допустимих відхилень та зоотехнологічних вимог рівномірність сумішоутворення повинна бути [5-8]:

- для великої рогатої худоби не меншою за 80 % (за умови використання у сумішці карбаміду – 90 %);
- для свиней не менше ніж 90 % (при наявності у раціоні харчових відходів – не менше 80 %);
- для овець – не менше за 75...80 %;
- для звірів – не менше за 80 %.

Вважається достатнім, без негативного впливу на продуктивність та здоров'я тварин та птахів, дотримання вимог щодо однорідності кормової сумішки відповідно до даних таблиці 1.2. При цьому компоненти кормової сумішки мають мати високу якість, що сприятиме кращому поїданню тваринами. В такому випадку організм тварин буде мати увесь потрібний набір поживних речовин який міститься у компонентах кормової сумішки. [6-10]

В ідеальному випадку основний компонент рівномірно розподіляється по всьому об'єму кормової сумішки. Але в реальні кормовій сумішці таке рівномірне розподілення отримати неможливо. Оскільки ідеального результату добитись неможливо, процес змішування зупиняють коли отримують задовільний результат, зокрема який відповідає наведеним вище вимогам. При цьому тривалість процесу змішування може залежати від конструкційних особливостей змішувача та його робочих органів. [6-10]

1.2. Оцінка змішувачів за класифікаційними ознаками

За призначенням змішувачі компонентів можуть бути для приготування сухих, вологих та рідких кормових сумішок. За принципом функціонування змішувачі класифікують на машини неперервної та порційної дії. [6-10]

Щодо організації робочого процесу усі змішувачі поділені на дві великі групи:

- з порційною рухомою або нерухомою камерою;
- транспортуючого типу.

При цьому, обертатись можуть або корпус змішувача або робочі органи всередині корпуса (рис. 1.1). [6-11]

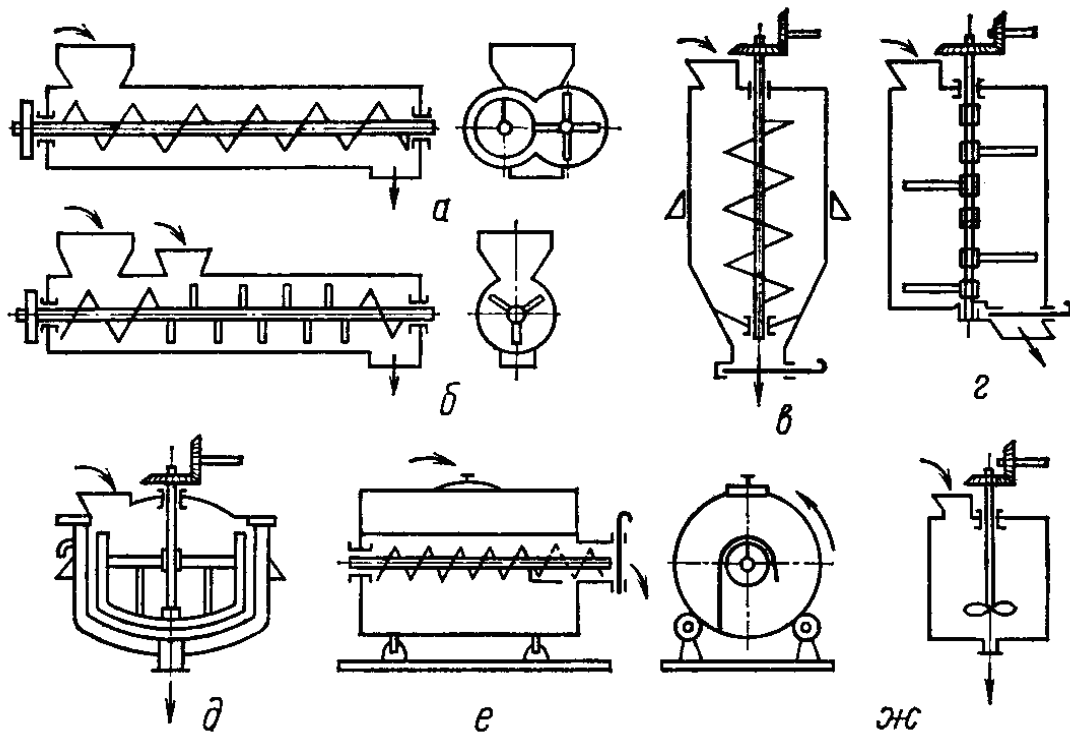


Рис. 1.1. Конструкційні особливості змішувачів компонентів: *a, б* – горизонтальні безперервної дії; *в* – шнековий вертикальний періодичної дії; *г, д* – лопатеві періодичної дії; *е* – барабанний періодичної дії; *жс* – пропелерний для рідких сумішок

Барабанні, горизонтальні, вертикальні або похилі змішувачі відносять до першої групи. Вони можуть відрізнитись за конструкційним виконанням та параметрами роботи. Друга група включає змішувачі, які мають робочі органи відмінні за конструкцією для забезпечення перемішування компонентів. [11]

Змішувачі періодичної або порційної дії набули найбільшого поширення. В процесі роботи у таких змішувачах послідовно виконуються наступні операції:

- завантаження компонентів;
- змішування;

– вивантаження готової сумішки.

Основною перевагою використання змішувачів періодичної дії є можливість застосування вагового дозування компонентів. Це дозволяє готувати сумішки з мінімальним відхиленням від рецептури. Окрім цього з'являється можливість автоматизувати процес формування сумішки. Але змішувачі періодичної дії відзначаються досить великою енерго- та металомісткістю, порівняно із змішувачами неперервної дії. [6-11]

Неперервний принцип дії змішувача дозволяє усі згадані три операції виконувати одночасно. Це дозволяє виконувати технологічний процес із значно вищою продуктивністю, порівняно із порційними змішувачами аналогічними за масо-габаритними показниками. Такі змішувачі можуть відрізнитись за конструкцією робочих органів: шнекові, лопатеві, барабанні, вібраційні, комбіновані. [7-11]

Таким чином, при конструюванні чи удосконаленні змішувача компонентів необхідно враховувати переваги та недоліки змішувачі відмінних за способом реалізації технологічного процесу.

Залежно від конструкції робочих органів змішувачі компонентів поділяють на [5-7]:

- шнекові;
- лопатеві;
- барабанні;
- вібраційні;
- комбіновані.

Змішувачі із лопатевими робочими органами (рис. 1.2) використовують при змішування будь-яких видів кормів. Завантажені у місткість змішувача кормові компоненти піддаються впливу лопатей, які приєднані до вала по гвинтовій лінії та обертаються під час виконання технологічної операції. За рахунок цього різні шари корму у місткості отримують різну колову швидкість, що інтенсифікую взаємне перемішування компонентів. Наявність гвинтового спрямування дозволяє рухати кормову сумішку до вивантажувального вікна.

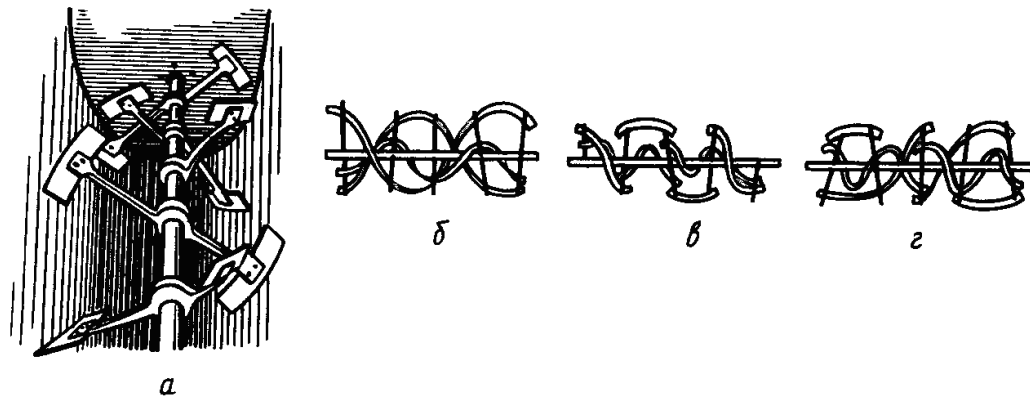


Рис. 1.2. Конструкції робочих органів змішувачів: *a* – лопатеві; *б* – із подвійною гвинтовою стрічкою; *в* – із перервною стрічкою; *г* – із комбінованою стрічкою [5-8]

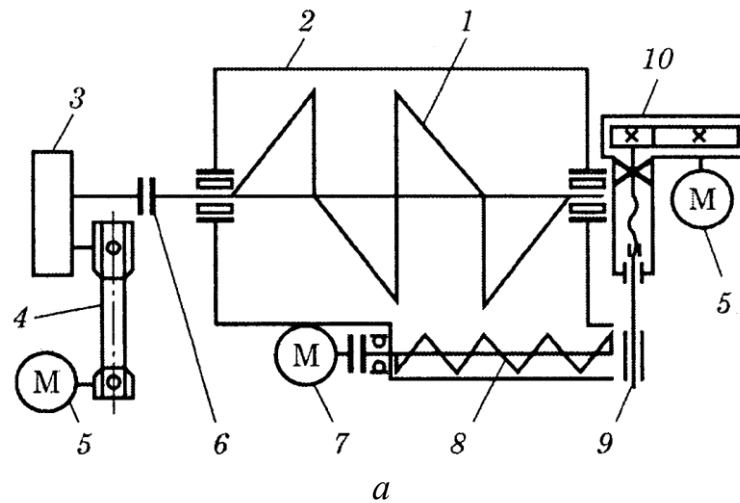
На конструкцію робочих органів змішувачів суттєво впливають фізико-механічні властивості компонентів кормової сумішки. Наприклад, якщо необхідно змішати сухі компоненти подрібнених зернових, використовують широкий стрічковий робочий орган із чергуванням радіальних лопаток. Якщо необхідно змішати запарені коренеплоди із сухими компонентами, рекомендується використовувати робочий орган із більшою кількістю лопаток та вужчою гвинтовою стрічкою. [5-8]

Для інтенсифікації перемішування компонентів використовують, також, двовалкові змішувачі. Причому на одному валу знаходиться гвинтовий суцільний робочий орган, а на паралельному валу – лопатевий робочий орган. Привод обох валів здійснюється окремими електродвигунами, це розширює можливості регулювання.

1.3. Аналіз серійних змішувачів кормів

Змішувач компонентів СКО-Ф-6 (СКО-Ф-3) може використовуватись у технологічних лініях кормоцехів, або як самостійна машина. До складу змішувача СКО-Ф-6 входять наступні компоненти (рис. 1.3): корпус; робочий

орган; паророзподільник; шнек розвантажувальний; електропривод та шафа керування. [9, 12]



б

Рис. 1.3. Змішувач компонентів СКО-Ф-6 (СКО-Ф-3): а – кінематична та структурна схема; б – вигляд загальний; 1 – робочий орган; 2 – корпус; 3 – редуктор; 4 – передача пасова; 5 – електродвигун; 6 – муфта; 7 – електродвигун-редуктор; 8 – шнек вивантажувальний; 9 – засувка; 10 – привод засувки [9, 12]

Основною несучою частиною змішувача є його корпус, до якого монтуються усі складові вузли та механізми. У корпусі зверху розташовані два технологічних отвори – один для завантаження компонентів, інший виконує

функцію оглядового. Останній оснащений кінцевим вимикачем для забезпечення випадкового відкриття під час роботи машини. У низу корпусу змішувача розташований вивантажувальний транспортер, який приводиться в дію електродвигуном типу мотор-редуктор. Вивантажувальна горловина закрита шиберною засувкою, яка приводиться в рух за допомогою приводного механізму із електродвигуном. У стінах корпусу зверху змонтовані форсунки для подачі рідких компонентів під час змішування. [9, 12]

Основним робочим органом є одновальний стрічковий гвинтовий змішувач. Привод робочого органу здійснюється через циліндричний редуктор та пасову передачу. Конструкційно робочий орган виконаний у вигляді вала до якого приварені стійки. До стійок кріпиться стрічкові витки.

Для запарювання коренеплодів використовується паророзподільник із триходовим краном. Температура запарювання кормової сумішки контролюється за допомогою термометра, шкала якого поділена на три частини із різним кольором. Колір визначає межі температури у вказаному секторі, що спрощує сприйняття інформації оператором.

Змішувач компонентів С-12 (рис. 1.4) призначений для приготування вологих (60-80 %) або запарених кормових сумішок які складаються із концентрованих, грубих та соковитих кормів. Кормову сумішку можна збагачувати різноманітними рідкими добавками. [5-9, 12]

Змішувач компонентів раціону С-12 може використовуватись як самостійна машина, або працювати у технологічних лініях кормоцехів тваринницьких підприємств. За умови використання у кормоцехах, змішувач приєднують до загальної автоматизованої системи керування технологічним процесом приготування кормів. [5, 12]

Змішувач С-12 обладнаний двома лопатевими мішалками, лопаті яких утворюють уявну гвинтову лінію. Робочі органи розташовані у загальній місткості в нижній частині якої знаходиться вивантажувальний шнек, який вмикається у роботу тільки під час вивантаження приготованої кормо сумішки. Кожен робочий орган змішувача має вісім лопатевих мішалок, які кріпляться до

вала за допомогою гвинтового з'єднання.

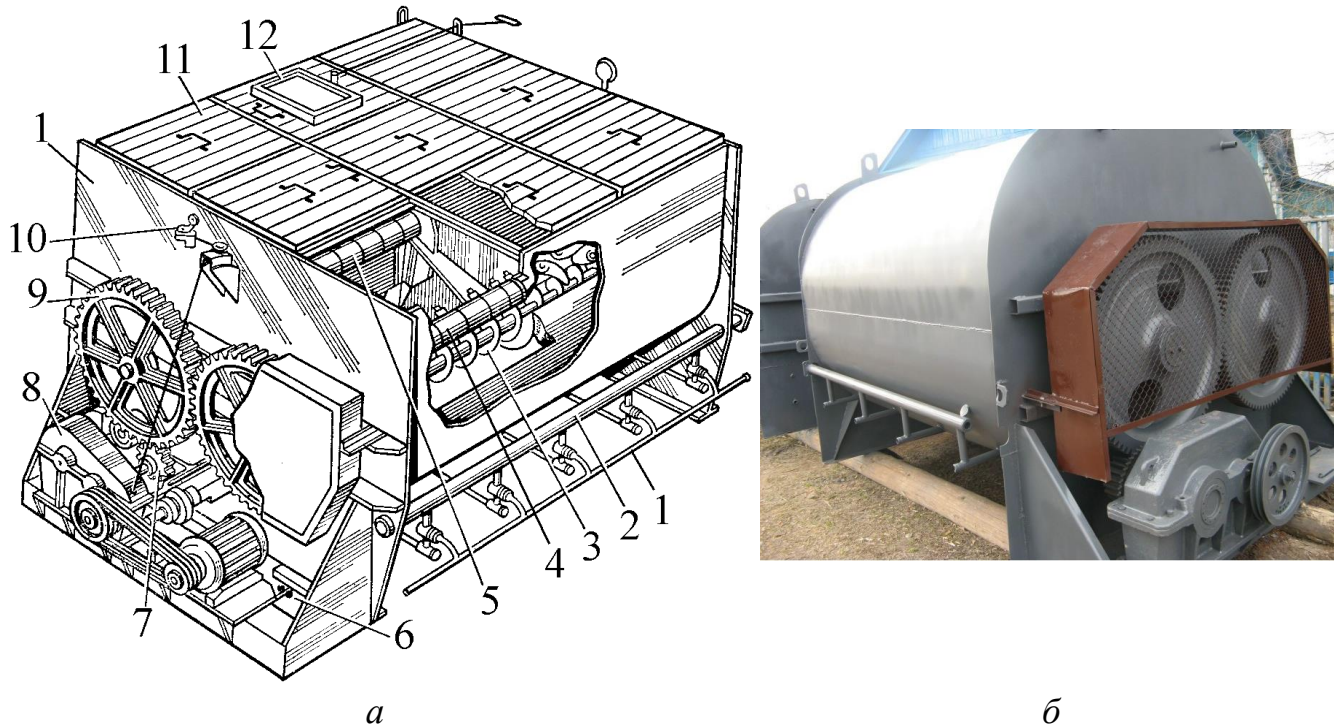


Рис. 1.4. Змішувач компонентів раціону С-12: *а* – схема структурна; *б* – загальний вигляд; 1 – корпус; 2 – розподільник пари; 3 – шнек вивантажувальний; 4, 5 – лопатеві мішалки; 6 – електродвигун; 7 – ведуча шестерня; 8 – редуктор; 9 – шестерня ведена; 10 – кронштейн; 11 – знімні кришки; 12 – люк завантажувальний [5, 12]

Під час запарювання кормів до місткості подається пара, витрату якої можна регулювати, а тиск не повинен перевищувати 0,068 кПа.

Механізм вивантаження вмикається в роботу коли відкривається шиберна засувка вивантажувальної горловини змішувача. Під час вивантаження кормової сумішки приводяться в дію лопатеві мішалки та вивантажувальний шнек за допомогою одного електродвигуна через систему приводних механізмів.

Змішувач неперервної дії С-30 (рис. 1.5) призначений для отримання кормової сумішки під час непевного транспортування компонентів раціону за допомогою робочих органів від зони завантаження до зони вивантаження. Змішувач С-30 обладнано двома лопатевими мішалками, які приводяться в дію за допомогою електродвигуна через пасову та зубчасту передачі.

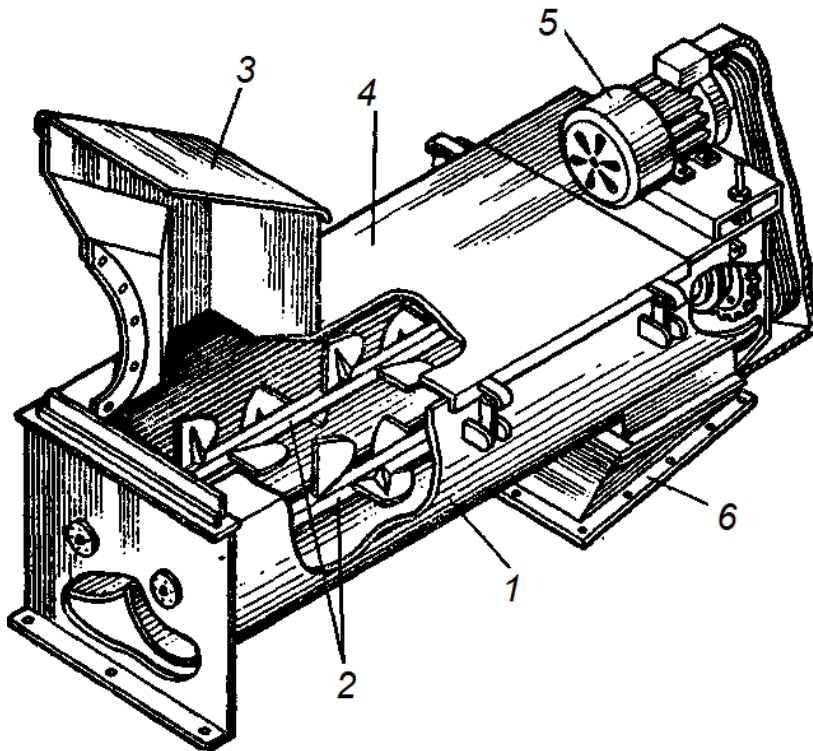


Рис. 1.5. Змішувач компонентів кормового раціону С-30: 1 – корпус; 2 – робочі органи; 3 – кришка горловини для завантаження; 4 – кришка верхня; 5 – електродвигун; 6 – горловина вивантажувальна

Робочий орган – лопатева мішалка складається із трубчатого вала та прикріплених до нього лопатей. Лопатки розташовують вздовж осі вала по гвинтовій лінії, що дозволяє спрямовувати кормову сумішку до вивантажувальної горловини під час переміщення.

Принцип роботи змішувача С-30 полягає у наступному. Через завантажувальну горловину у порожнину корпусу за допомогою транспортерів подаються компоненти кормового раціону. Для подачі рідких компонентів, наприклад меляси, використовують верхню кришку корпусу. Особливість роботи полягає в тому, що усі компоненти кормового раціону мають подаватись одночасно у потоці у заданій кількості. З одного боку це пришвидшує процес приготування кормової сумішки на тваринницькому підприємстві. Але, з іншого боку, виникає необхідність точного дозування

компонентів, що важко реалізувати за допомогою транспортерів-дозаторів об'ємного принципу дії. [5, 12]

Окрім цього, лопатеві робочі органи більш прийнятні при перемішуванні сипких матеріалів, або гарно подрібнених компонентів. Незважаючи на переваги неперервного процесу перемішування, отримання якісної кормової сумішки ускладнюється із-за недостатньої рівномірності змішування.

Таким чином, при виборі змішувача компонентів кормового раціону для тваринницького підприємства необхідно враховувати фізико-механічні властивості окремих кормів які згодують тваринам. Так, для приготування кормосумішки із кормів власного виробництва вимагає певного типу робочих органів змішувача періодичної дії, а для перемішування легкосипких компонентів прийнятним може бути неперервний перемішувач.

Висновки до розділу 1

1. Приготування кормових сумішок на тваринницькому підприємстві повинно задовольняти зоотехнологічні вимоги до якості та ступеня однорідності відповідно до видо-вікових груп тварин.

2. За організацією робочого процесу змішувачі компонентів кормового раціону періодичної дії вважаються більш прийнятними для тваринницьких підприємств котрі у кормовому раціоні використовують корми власного виробництва. Такий тип комозмішувачів дозволяє більш точно дозувати компоненти раціону за допомогою вагових пристроїв.

3. Аналіз серійних змішувачів кормів дозволив виділити їх основні переваги та недоліки. Так, основною перевагою змішувачів періодичної дії є можливість отримати більш якісну кормосумішку, а змішувачі неперервної дії мають вищу продуктивність та меншу металомісткість.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ЗМІШУВАЧА КОМПОНЕНТІВ КОРМОВОГО РАЦІОНУ

2.1. Проектування конструкції змішувача

Завданням, яке необхідно вирішити у дипломному проекті – це поєднання позитивних особливостей серійних змішувачів кормів в одній машині.

Отже, як найбільш прогресивну, за основу приймемо конструкцію змішувача С-30, оскільки саме неперервний технологічний процес забезпечує найвищу продуктивність на змішування. Але й інші змішувачі, зокрема СКО-Ф-6 має суттєву перевагу – можливість змішування листостеблових компонентів кормової сумішки шнековими робочими органами, та змішувач С-12 – має здатність забезпечувати найкращу якість сумішоутворення. Але вони відносяться до машин періодичної дії, тому тривалість змішування зростає. Ось чому важливим є реалізація процесу взаємодії компонентів кормової сумішки притаманного робочим органам вказаних машин.

На нашу думку основним його недоліком є недосконалість робочих органів, що значно збільшує потужність приводу та знижує якість виконання технологічного процесу змішування кормів, в наслідок чого нерівномірність змішування сягає 20 %, що не відповідає зоотехнічним вимогам.

Поєднавши в одному робочому органі позитивні риси існуючих змішувачів можна отримати найкращий результат.

З цією метою, ми пропонуємо за основу робочого органу взяти перервну стрічкову гвинтову лінію. Це буде імітувати присутність лопаток. Стрічковий гвинт значно краще, порівняно із суцільним, буде активувати процес перемішування, в той же час забезпечуючи неперервне переміщення кормосумішки до вивантажувального вікна (рис. 2.1).

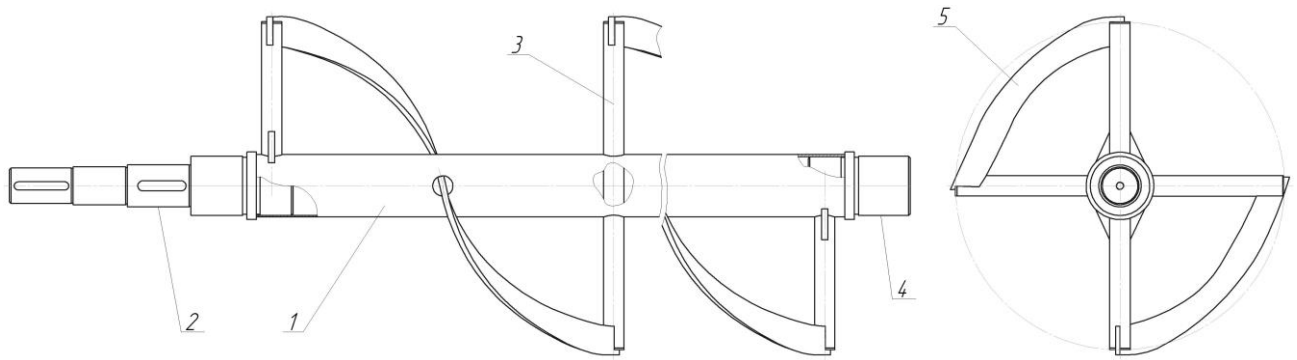


Рис. 2.1. Схема розробленого робочого органа змішувача компонентів кормового раціону: 1 – трубчастий вал; 2 – цапфа ведуча; 3 – стійка; 4 – цапфа ведена; 5 – стрічка

З метою покращення процесу змішування, використаємо два робочих органи, які будуть обертатись один назустріч іншому. Це рішення дозволить позитивно вплинути на рівномірність розподілення кормових компонентів у кормовій суміші під час процесу транспортування до вивантажувального вікна.

2.2. Розрахунок технологічних та конструкційних параметрів змішувача

Основним технологічним параметром змішувача є його продуктивність. В свою чергу продуктивність залежить від геометричних параметрів та особливостей організації технологічного процесу.

Визначаємо продуктивність, кг/с: [5]

$$Q = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot v \cdot \rho_c \cdot \varphi, \quad (2.1)$$

де D – зовнішній діаметр робочих органів, м;

ρ_c – об'ємна маса кормової сумішки, кг/м³;

φ – коефіцієнт заповнення місткості змішувача, $\varphi=0,3-0,4$ [4-5];

v – осьова швидкість переміщення кормових компонентів, м/с.

Об'ємна маса кормової сумішки визначається на основі раціону годівлі корів на молочній фермі, відповідно до таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Раціон годівлі [13, 16-20]

Вид корму	Добовий раціон, кг/гол	Об'ємна маса, кг/м ³
Силос	30	600
Комбікорми	4,0	670
Коренеклубнеплоди	12,0	650
Сіно	5,0	40
Всього	51	538,2

Скористаємося формулою: [14]

$$\rho_c = \frac{\sum \rho_i \cdot G_i}{\sum G_i}, \quad (2.2)$$

де ρ_i – об'ємна маса i - того виду корму, кг/м³ (табл. 2.1);

G_i – маса i - того виду корму, кг (табл.2.1)

$$\rho_c = \frac{30 \cdot 600 + 4 \cdot 670 + 12 \cdot 650 + 5 \cdot 45}{30 + 4 + 12 + 5} = 562,84 \text{ кг} / \text{м}^3.$$

Швидкість переміщення компонентів під час змішування визначають за формулою: [20-22]

$$v = \frac{S \cdot n \cdot \varepsilon}{60}, \quad (2.3)$$

де ε – коефіцієнт втрати швидкості, $\varepsilon=0,6-0,8$; [20-22]

n – частота обертання, як у прототипу, $n=180 \text{ хв}^{-1}$; [4, 5]

S – крок витка робочого органу, м: [20-22]

$$S = \pi \cdot D \cdot \text{tg} \alpha, \quad (2.4)$$

де α – кут нахилу гвинтової лінії робочого органу, $\alpha=10-20^\circ$. [20-22]

$$S = 3,14 \cdot 0,4 \cdot \text{tg} 15 = 0,3 \text{ м}.$$

$$v = \frac{0,3 \cdot 180 \cdot 0,6}{60} = 0,52 \text{ м/с}.$$

Підставимо результати розрахунку у формулу (2.1):

$$Q = \frac{3,14 \cdot 0,4^2}{4} \cdot 0,52 \cdot 562,84 \cdot 0,3 = 12,57$$

За відомими даними можна уточнити діаметр шнека D , м: [20-22]

$$D = \sqrt[3]{\frac{Q}{0,039 \cdot n \cdot \rho_c \cdot \varphi}} \quad (2.5.)$$

$$D = \sqrt[3]{\frac{12,57}{0,039 \cdot 180 \cdot 562,84 \cdot 0,3}} = 0,391 \text{ м.}$$

Отже, діаметр країв робочого органу на рівня 400 мм цілком задовольнить розрахункову продуктивність розробленого змішувача.

Потужність, яка необхідна для приводу двох робочих органів визначається за формулою, кВт: [20-22]

$$N = \frac{2 \cdot Q \cdot L \cdot K_0}{367 \cdot \eta}, \quad (2.6)$$

де K_0 – коефіцієнт пору переміщення продукту, $K_0=10-15$ [20-22];

η – ККД приводу робочих органів, $\eta=0,9-0,95$ [20-22];

L – довжина змішувача, визначається відповідно до тривалості та швидкості процесу, м: [20]

$$L = v \cdot t_{зм}, \quad (2.7)$$

де $t_{зм}$ – тривалість змішування компонентів сумішки, для горизонтальних змішувачів приймається в межах $t_{зм}=46-60$ с. [4, 5]

$$L = 0,52 \cdot (46 \dots 60) = 2,39 \dots 3,12 \text{ м.}$$

Прийемо для подальших розрахунків робочу довжину корпуса змішувача $L=3$ м.

Тоді:

$$N = \frac{2 \cdot 12,57 \cdot 3 \cdot 0 \cdot 15}{367 \cdot 0,90} = 3,42$$

Отже, для приводу робочих органів потрібно підібрати двигун потужність якого має бути вищою за розрахункову величину, тобто не менше 3,5 кВт (з врахуванням можливих відхилень в протіканні технологічного процесу).

2.3. Кінематичний розрахунок елементів приводу робочих органів

Для приводу в дію робочих органів змішувача кормів, будемо використовувати кінематичну схему, зображену на рис. 2.2.

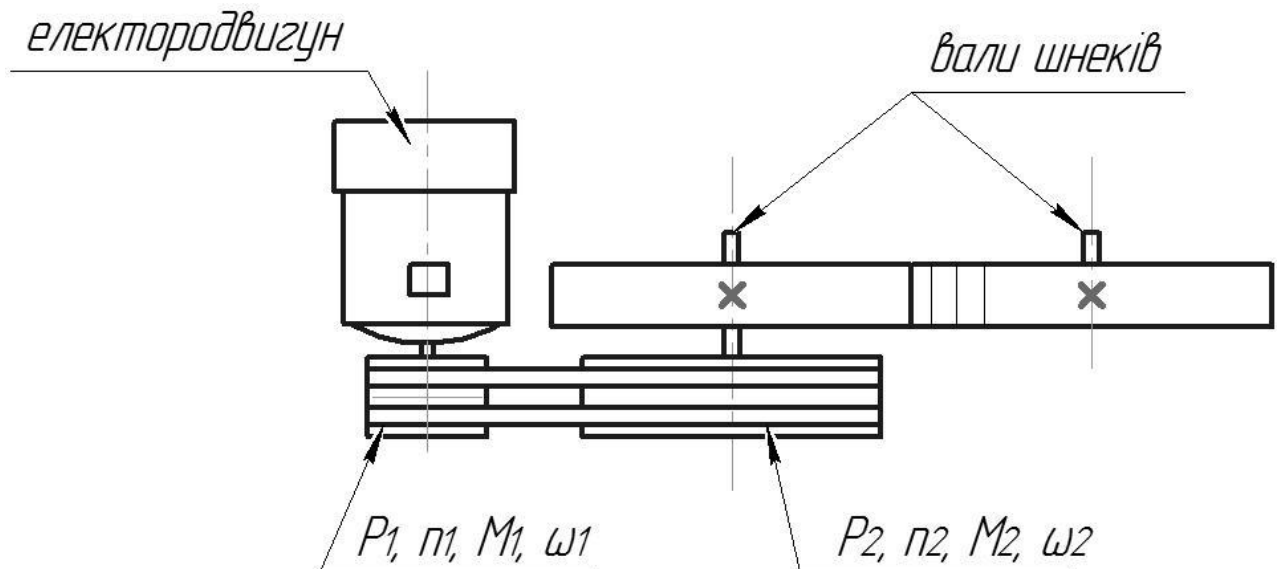


Рис. 2.2. Кінематична схема приводу робочих органів розробленого змішувача

Виконаємо розрахунок пасової передачі.

Спочатку встановимо уточнену потужність електродвигуна (P_1): [22, 23]

$$P_1 = \frac{N}{\eta_{кп}}, \quad (2.8)$$

де $\eta_{кп}$ – ККД пасової передачі, $\eta_{кп}=0,94-0,97$ [23]

$$P_1 = \frac{3,42}{0,94\dots0,97} = 3,52\dots3,63$$

Необхідно вибрати двигун потужність якого має бути вищою за розрахункову. Цю вимогу задовольнить електродвигун АИР-132S8, потужність якого становить $P_1=4$ кВт, фактична частота обертання вала $n_1=690$ хв⁻¹ [23].

Розрахунок пасової передачі.

Визначаємо крутний момент на ведучому валу: [23]

$$M_1 = \frac{P_1}{\omega_1}, \quad (2.9)$$

де ω_1 – кутова швидкості обертання вала ротора електродвигуна, рад/с [23]:

$$\omega_1 = \frac{2 \cdot \pi \cdot n_1}{60}, \quad (2.10)$$

де n_1 – частота обертання вала ротора електродвигуна, хв⁻¹.

Тоді:

$$\omega_1 = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 690}{60} = 72,22$$

$$M_1 = \frac{4000}{72,22} = 55,38$$

За допомогою довідникових даних [21, 23] встановлюємо, що значення крутного моменту M_1 знаходиться в діапазоні 30-120 Н×м. Тому, обираємо клинового пасу типу – «Б».

Передаточне число пасової передачі має становити: [20]

$$i_1 = \frac{n_1}{n_2}, \quad (2.11)$$

де n_2 – частота обертання вала шнека змішувача, $n_2=180$ хв⁻¹.

$$i_1 = \frac{690}{180} = 3,8.$$

Дане значення знаходиться в межах бажаних значень передаточних чисел (2-4), що позитивно вплине на довговічність передачі.

Відповідно до рекомендацій [20, 23] діаметр меншого шківa повинен бути не менше 125 мм, оскільки в іншому випадку знижується довговічність пасової передачі.

Визначаємо діаметр більшого шківa d_2 , мм: [23]

$$d_2 = i_1 \cdot d_1 \cdot (1 - \varepsilon), \quad (2.12)$$

де ε – коефіцієнт ковзання, $\varepsilon = 0,01-0,02$. [20, 23]

$$d_2 = 3,8 \cdot 125 \cdot (1 - 0,02) = 465,5 \text{ мм.}$$

Прийемо, відповідно до рекомендацій [23], діаметр рівним $d_2=475$ мм.

Фактичне передаточне відношення пасової передачі:

$$i_\phi = \frac{d_2}{d_1}, \quad (2.13)$$

$$i_\phi = \frac{475}{125} = 3,8$$

Тобто, відповідає розрахованому раніше значенню.

Розрахунок лінійної швидкості паса v_n , м/с :

$$v_n = \omega_1 \cdot d_1 / 2 < [v], \quad (2.14)$$

де $[v]$ – допустима лінійна швидкість паса, $[v]=25$ м/с [23].

$$v = 72,22 \cdot 0,125 / 2 = 4,5 \text{ м/с} < 25 \text{ м/с}$$

Отже, умова (2.14) виконується.

Орієнтовна величина міжосьової відстані a' визначається: [23]

$$a' = k \cdot (d_1 + d_2), \quad (2.15)$$

де k – коефіцієнт типу паса, для клинових пасів $k=1-2$. [23]

$$a' = 1 \cdot (125 + 475) = 600 \text{ мм.}$$

Визначення довжини паса, мм:

$$l = 2 \cdot a' + \frac{\pi(d_1 + d_2)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4 \cdot a'}, \quad (2.16)$$

$$l = 2 \cdot 600 + \frac{3,14(125 + 475)}{2} + \frac{(475 - 125)^2}{4 \cdot 600} = 2193,04 \text{ мм.}$$

Вибираємо найближчу стандартну довжину паса 2240 мм.

Перерахунок міжосьової відстані a_ϕ :

$$a_\phi = \frac{1}{8} (2 \cdot l - \pi \cdot (d_1 + d_2) + \sqrt{(2 \cdot l - \pi \cdot (d_1 + d_2))^2 - 8 \cdot (d_2 - d_1)^2}), \quad (2.17)$$

$$a_\phi = \frac{1}{8} (2 \cdot 2240 - 3,14 \cdot (125 + 475) + \sqrt{(2 \cdot 2240 - 3,14 \cdot (125 + 475))^2 - 8 \cdot (475 - 125)^2}) =$$

$$= 624,48 \text{ мм}$$

Прийемо міжосьову відстань рівну 625 мм.

Перевіряємо допустимий кут обхвату шків меншого діаметра: [23]

$$\alpha = 180^\circ - \frac{57^\circ \cdot (d_2 - d_1)}{a_\phi} \geq 120^\circ, \quad (2.18)$$

$$\alpha = 180^\circ - \frac{57^\circ \cdot (475 - 125)}{625} = 148,1^\circ > 120^\circ$$

Умова обхвату виконується.

Визначаємо кількість пасів:

$$z = P_1 / [P], \quad (2.19)$$

де $[P]$ – допустиме значення потужності яку можна передавати одним пасом передачі, $[P]=1,39$ кВт [23].

$$z = 4 / 1,39 = 2,87.$$

Отже, прийmemo три паси з маркуванням Б-2240 [20-23].

Розрахунок відкритої зубчастої передачі.

Шнеки обертаються у протилежних напрямках за допомогою використання шестеренчастої передачі.

Визначаємо модуль зачеплення: [20-23]

$$m = A \cdot \sqrt[3]{Y_F \frac{M_1 \cdot K_{F\beta}}{\Psi_{bd} \cdot z_{uu}^2 \cdot [\sigma_F]}}, \quad (2.20)$$

де A – коефіцієнт передачі, для прямозубої передачі $A=1,4$ [23];

z_{uu} – кількість зубів шестерні, обираємо $z_{uu}=30$ [23];

Y_F – коефіцієнт форми зуба, найменш міцного колеса, $Y_F=3,79$ [23];

M_{uu} – крутний момент на валу шестерні, Н×м;

Ψ_{bd} – коефіцієнт ширини зубчастого вінця, $\Psi_{bd}=0,8-1,4$ [23];

$K_{F\beta}$ – коефіцієнт нерівномірності розподілу навантаження по ширині зуба, $K_{F\beta}=1,04$ [23];

$[\sigma_F]$ – значення допустимого напруження при згині найменш міцного колеса, $[\sigma_F]=144$ МПа [23].

Крутний момент визначаємо за формулою [20-23]:

$$M_{uu} = \frac{P_1 \cdot \eta_{kn} \cdot 30}{\pi \cdot n_2}, \quad (2.21)$$

$$M_{uu} = \frac{4000 \cdot 0,97 \cdot 30}{3,14 \cdot 180} = 205,94$$

Отже, маємо:

$$m = 1,4 \cdot \sqrt[3]{3,79 \frac{205,94 \cdot 1,04}{0,8 \cdot 30 \cdot 144 \cdot 10^6}} = 0,00554$$

Прийmemo модуль рівним $m=6$ мм.

Ширину зубчастого вінця шестірни обираємо конструктивно на рівні 50 мм. Міжосьова відстань шестеренчастої передачі визначається з врахуванням конструкційних параметрів розроблених у проекті робочих органів, буде становити 340 мм.

2.4. Розрахунок елементів конструкції на міцність

Перевіримо на міцність шпонкові з'єднання.

Будемо використовувати призматичні шпонки зі округленими кінцями. Розміри перерізів шпонок та пазів регламентуються держстандартами. Матеріал шпонок Сталь-45 нормалізована.

Розрахунок проводимо в такій послідовності.

Визначаємо напруження зминання, яке повинно задовольнити умову [23]:

$$\sigma^{\max} = \frac{2 \cdot T}{d(h-t_1)(l-t)} \leq [\sigma_{cm}], \quad (2.22)$$

де $[\sigma_{cm}]$ – допустимі напруження на зминання, $[\sigma_{cm}] = 100-120$ МПа [23];

d, l, h, t, b – розміри шпонкового з'єднання: (для шпонки №1: $d=50$ мм, $l=80$ мм, $t_1=6$ мм, $b \times h=16 \times 10$ мм; для шпонки №2: $d=60$ мм, $l=56$ мм, $t_1=7$ мм, $b \times h=18 \times 11$ мм) [23];

T – крутний момент, Н×мм [20-23]:

$$T = \frac{N}{\omega}, \quad (2.23)$$

де N – потужність двигуна, Вт;

ω – кутова швидкість ротора електродвигуна, рад/с.

$$T = \frac{4,0 \cdot 10^3}{101,5} = 29,55 \cdot 10^3$$

$$\sigma^{\max} = \frac{2 \cdot 29,55 \cdot 10^3}{60(11-7)(56-18)} = 6,4 \leq [\sigma_{cm}].$$

Отже, умова міцності (2.22) виконується, тому шпонка підібрана вірно.

Застосування обраних параметрів шпонкового з'єднання дозволить забезпечення надійної роботи усього приводного механізму – від електродвигуна до робочих органів.

Висновки до розділу 2

1. Розроблена конструкція робочого органу змішувача компонентів кормового раціону поєднала позитивні риси робочих органів серійних змішувачів періодичної та неперервної дії. За рахунок використання перервної стрічкової лопаті змонтованої на стійках за гвинтовою лінією досягається вища інтенсивність перемішування, а тому, можна покращити параметр ступені однорідності отриманої кормової сумішки.

2. Виконані конструкційно-технологічні розрахунки розробленого змішувача компонентів кормового раціону. Продуктивність змішувача для заданих умов та визначеного кормового раціону становить 45,25 т/год, потужність електродвигуна приводу робочих органів становить 4 кВт. Визначено геометричні параметри робочого органу, зокрема: діаметр по вершинах становить 400 мм; напівкрок встановлення витків становить 200 мм; діаметр вала робочого органу – 74 мм.

3. Виконані кінематичні розрахунки та розрахунки на міцність елементів приводу робочих органів. Визначені параметри пасової передачі та зубчастої передачі. Встановлено, що для приводу достатньо трьох клиноподібних пасів, діаметр ведучого шківа становить 125 мм, діаметр веденого шківа – 475 мм.

РОЗДІЛ 3

ТЕХНІЧНА ЕКСПЛУАТАЦІЯ РОЗРОБЛЕНОГО ЗМІШУВАЧА КОМПОНЕНТІВ КОРМОВОГО РАЦІОНУ

3.1. Принцип роботи розробленого змішувача

Розроблений у дипломному проєкті змішувач компонентів кормового раціону (рис. 3.1) для молочної ферми на 200 голів увібрав позитивні ознаки серійних машин періодичної та неперервної дії.

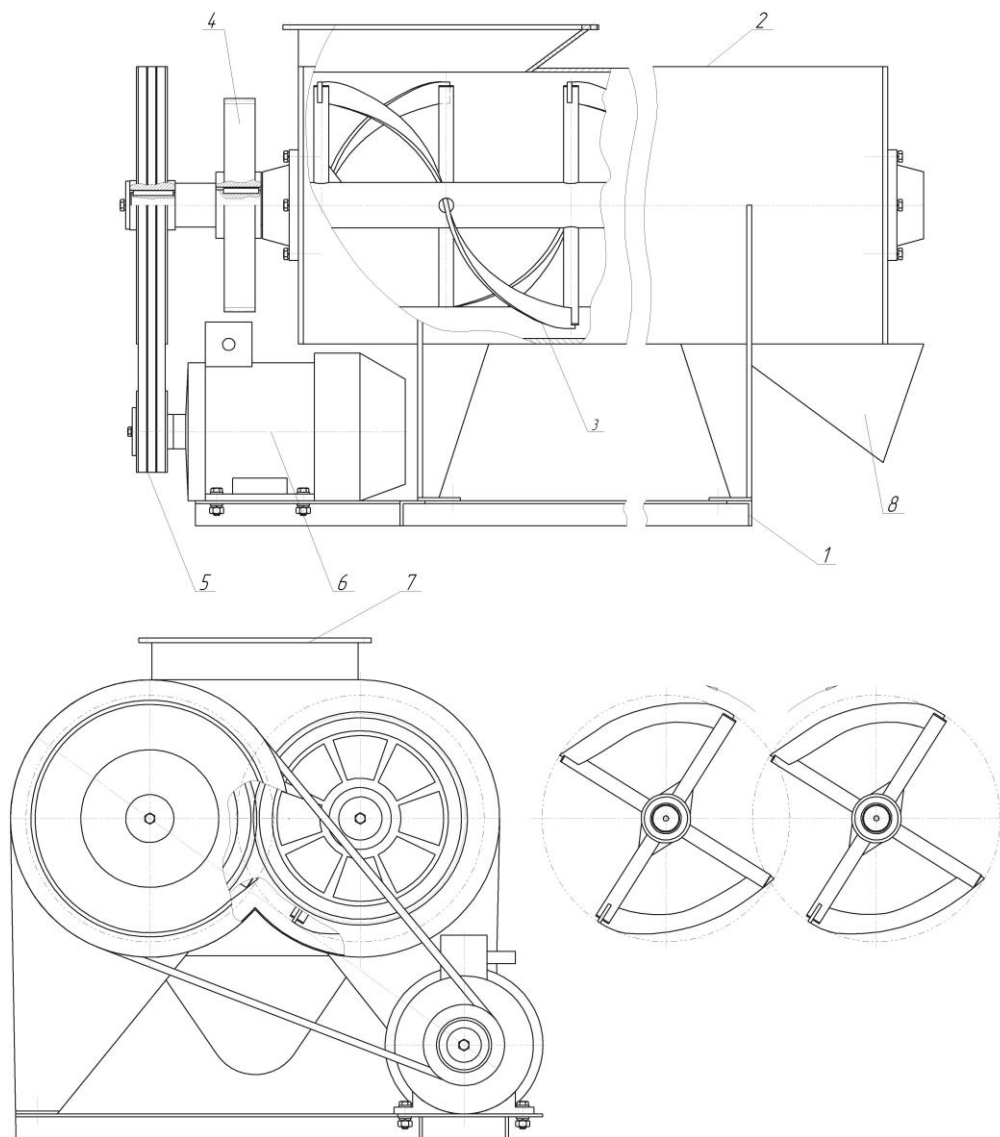


Рис. 3.1. Розроблений змішувач компонентів: 1 – станина; 2 – корпус; 3 – робочий орган; 4 – зубчаста передача; 5 – пасова передача; 6 – електродвигун; 7 – завантажувальна горловина; 8 – вивантажувальна горловина.

Принцип роботи розробленого змішувача компонентів полягає в наступному. Компоненти кормового раціону надходять до завантажувальної горловини у корпусі змішувача за допомогою транспортерів-дозаторів. Перед початком завантаження компонентів раціону у змішувач, включають у роботу робочі органи та переконуються у забезпеченні належного приводу. Це необхідно для того, щоб не перевантажувати електродвигун приводу на початковому етапі роботи. В подальшому необхідно слідкувати за рівномірністю надходження компонентів кормового раціону до змішувача. Важливим є дотримання величини заповнення робочих органів не більше ніж на 40 % від дна корпуса. В іншому випадку буде погіршуватись якість перемішування та зростатимуть витрати енергії на виконання технологічної операції.

Під час обертання робочих органів компоненти кормової сумішки захоплюються робочими органами у зоні завантажувального вікна та спрямовуються вздовж осі обертання до вивантажувального вікна. В процесі переміщення компоненти корму перекидаються від одного робочого органу до іншого. Це відбувається за рахунок перекриття траєкторій обертання кінців робочих органів. Завдяки такому рішенню інтенсифікуються процес перемішування, що сприяє отриманню вищого ступеня однорідності кормової сумішки. Стійки стрічкових елементів робочого органу також приймають участь в процесі перемішування. Вони виконують функцію додаткових лопатей, які сприяють перерозподілу компонентів корму у всьому об'ємі кормової сумішки всередині корпуса змішувача.

Розроблений змішувач компонентів кормового раціону увібрав у собі позитивні риси машин періодичної та неперервної дії. Гвинтовий робочий орган стрічкового типу забезпечує якісне перемішування важко сипких компонентів (подрібнені коренеплоди, силос). За допомогою перервності стрічки, імітується робота лопатевого робочого органу, який сприяє кращому перемішуванню легко сипких матеріалів (комбікорм, подрібнене сіно).

Взаємодія двох робочих органів інтенсифікує процес змішування під час переміщення компонентів кормової сумішки до вивантажувальної горловини.

В процесі експлуатації змішувача кормів необхідно дотримуватись правил техніки безпеки. В першу чергу перед початком роботи необхідно переконатись у справності робочих органів та цілісності машини, виконати операції технічного обслуговування які передбачені регламентом залежно від наробітку машини. Перед початком роботи обов'язково виконати операції передбачені вимогами щодо щозмінного технічного обслуговування [24].

Всі обертові частини змішувача кормів, а саме, привод робочих органів повинні бути надійно огорожені спеціальними захисними елементами. Всі струмопровідні елементи повинні бути заземленими. Не допускається пошкодження електропроводки та систем керування електроприладами. Виявлені недоліки мають бути негайно усуненими до початку експлуатації машини. Не допускається відхилення у графіку приготування кормової сумішки на фермі, оскільки це може призвести до зниження продуктивності тварин. [24]

3.2. Експлуатаційна ефективність розробленого змішувача

Встановити ефективність розробленого змішувача компонентів кормового раціону можна шляхом виконання порівняльного аналізу із прототипом. Для цього скористаємося відомими методиками [14, 16] та відповідними рекомендаціями [25].

За прототип обрали змішувач неперервної дії із лопатевими робочими органами С-30 із продуктивністю 30 т/год, що нижче від розробленого змішувача компонентів кормів на 15,25 т/год, або на 50,8 %. Збільшення продуктивності розробленого змішувача досягається за рахунок збільшення площі взаємодії кормового матеріалу, а також за рахунок відсутності витрат

часу на періодичні зупинки для завантаження та розвантаження. При цьому, кількість приготовленої кормової сумішки протягом року буде однаковою.

Результати розрахунку порівняльної оцінки розробленого змішувача компонентів та прототипу наведено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Порівняльна оцінка розробленого змішувача із прототипом

Показник	Прототип С-30	Удосконалений змішувач
Тип змішувача	неперервної дії двовалковий	неперервної дії двовалковий
Продуктивність, т/год	30	45,25
Тип робочих органів	лопатевий	стрічково-гвинтовий
Річний обсяг кормової сумішки, т	3723	3723
Тривалість роботи протягом року, год	124,1	82,27
Балансова вартість, грн	85605	105300
Потужність приводу, кВт	7,5	4
Нерівномірність змішування, %	15-20	-
Габаритні розміри, мм:		
довжина	2800	3300
ширина	1040	858
висота	2020	812
Маса, кг	880	1080
Річний економічний ефект, грн/рік	-	53315,73

Вартість удосконаленого кормозмішувача вища за вартість прототипу – серійної машини С-30 за рахунок ускладнення конструкції робочого органу.

Для виготовлення розробленого у проекті робочого органу необхідно виконувати значно більше і складніших технологічних операцій. У зв'язку із чим зростають витрати на матеріальні ресурси та оплату праці. Окрім цього, корпус розробленого змішувача довший на 500 мм. Збільшене використання матеріалів призводить до збільшення ваги розробленого змішувача.

Але, за рахунок менших експлуатаційних витрат та збільшеної продуктивності на змішуванні розроблений змішувач дозволяє отримати значний економічний ефект 53315,73 грн/рік. Зниження експлуатаційних видатків досягається завдяки меншій на 3,5 кВт потужності електродвигуна приводу робочих органів та вищій у 1,5 рази продуктивності.

Висновки до розділу 3

1. Розроблений змішувач компонентів кормового раціону увібрав у собі позитивні риси серійних змішувачів періодичної та неперервної дії. Гвинтовий робочий орган перервно-стрічкового типу забезпечує якісне перемішування як важко сипких компонентів так і легко сипких матеріалів, які входять до складу кормової сумішки.

2. Використання розробленого змішувача дозволить отримувати на тваринницькому підприємстві кормову сумішку із річною економією коштів 53315,73 грн/рік, порівняно із змішувачем С-30. Термін окупності додаткових капіталовкладень становить 0,37 років, що вказує на доцільність виконаної у дипломному проекті роботи.

ВИСНОВКИ

1. В процесі аналізу систем приготування кормів були виявлені основні переваги та недоліки серійних змішувачів компонентів кормового раціону на тваринницьких підприємствах. Основними серед яких є періодичність принципу дії, значна металомісткість та недостатня продуктивність і якість змішування, як правило, обумовлена недостатньо ефективними робочими органами.

2. Розроблений змішувач кормів дає змогу отримати сумішку кращої якості за рахунок застосування нової конструкції робочого органу, який суміщає позитивні сторони лопатевих змішувачів періодичної дії та гвинтових змішувачів неперервної дії. За рахунок використання перервної стрічкової лопаті змонтованої на стійках за гвинтовою лінією досягається вища інтенсивність перемішування, а тому, можна покращити параметр ступені однорідності отриманої кормової сумішки.

3. Відповідно до виконаних конструкційно-технологічних розрахунків продуктивність розробленого змішувача компонентів кормового раціону становить 45,25 т/год, для приводу робочих органів потужність електродвигуна становить 4 кВт. Визначено геометричні параметри робочого органу, зокрема: діаметр по вершинах становить 400 мм; напівкрок встановлення витків становить 200 мм; діаметр вала робочого органу – 74 мм; частота обертання 180 хв⁻¹. Виконані кінематичні розрахунки та розрахунки на міцність елементів приводу робочих органів. Визначені параметри пасової передачі та зубчастої передачі. Встановлено, що для приводу достатньо трьох клиноподібних пасів, діаметр ведучого шківа становить 125 мм, діаметр веденого шківа – 475 мм.

4. При експлуатації розробленого змішувача річний економічний ефект порівняно з прототипом С-30 складе 53315,73 грн, за рахунок вищої на 15,25 т/год продуктивності та значно нижчій (на 40 %) енергоємності процесу змішування при використанні робочих органів стрічкового типу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Годівля сільськогосподарських тварин / В. С. Бомко, С. П. Бабенко, О. Ю. Москалик та ін. Вінниця: Нова книга, 2001. 240 с
2. Кравчук В. І., Луценко М. М., Мечта М. П. Прогресивні технології заготівлі, приготування і роздавання кормів: науково-практичний посібник. К.: Фенікс, 2008. 104 с.
3. Якість змішування компонентів раціону – основа підвищення продуктивності тварин / В. В. Шацкий, Д. А. Мілько, Б. В. Болтянський та ін. *Праці Таврійського держ. агротехнолог. ун-ту*. Мелітополь: ТДАТУ, 2013. Вип. 1. Т. 3. С. 43–50.
4. Механізація виробництва продукції тваринництва. / І. І. Ревенко, Г. М. Кукта, В. М. Манько та ін.; за ред. І. І. Ревенка. К.: Урожай, 1994. 264 с.
5. Ревенко І. І., Брагінець М. В., Ребенко В. І. Машини та обладнання для тваринництва. К.: Кондор, 2009. 731с.
6. Хомик Н. І., Довбуш А. Д. Машини та обладнання для тваринництва: курс лекцій. Ч. 1. Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2013. 224 с.
7. Хомик Н. І., Довбуш А. Д. Машини та обладнання для тваринництва: курс лекцій. Ч. 2. Тернопіль: Видавництво ТНТУ, 2013. 224 с.
8. Посібник-практикум: машини та обладнання для тваринництва / І. І. Ревенко та ін. К.:Кондор, 2011. 396 с.
9. Машини для тваринництва та птахівництва. / за ред. В. І. Кравчука та Ю. Ф. Мельника. Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л.Погорілого, 2009. 207 с.
10. Машини та обладнання для тваринництва: в 2 т. / за ред. І. Г. Бойко. Харків, 2006. 502 с.
11. Медведський О. В., Столяр О. О. Оцінка конструкційних та технологічних параметрів змішувачів компонентів. *Наукові читання–2023* : матеріали науково-практичної конференції. 19 квітня 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. Т. 2. С. 22–24.

12. Столяр О. О. Встановлення конструкційних особливостей змішувачів компонентів. Матеріали науково-практичної конференції *I-go туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей*. 18 січня 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 20–23.

13. Ревенко І. І., Манько В. М., Кравчук В. І. *Машиновикористання у тваринництві*; за ред. І. І. Ревенка. К.: Урожай, 1999. 208 с.

14. *Проектування механізованих технологічних процесів тваринницьких підприємств.* / І. І. Ревенко, В. Д. Роговий, В. І. Кравчук; за ред. І. І. Ревенка. К.: Урожай, 1999. 192с.

15. Дмитрів В. Т., Городняк Р. В. Контроль якості змішування на основі теорії розмірностей. *Управління якістю в освіті та промисловості: досвід, проблеми та перспективи*: тези доповідей II Міжнародної науково-практичної конференції, 28-30 травня 2015 р. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. С. 138–139.

16. *Основи перспективних технологій виробництва продукції тваринництва* / Г. М. Калетнік, М. Ф. Кулик, В. Ф. Петриченко, В. Д. Хорішко та ін.; за ред. Г. М. Калетніка, М. Ф. Кулика, В. Ф. Петриченка. Вінниця: «Енозіс», 2007. 584 с.

17. Підпала Т. В. *Скотарство і технологія виробництва молока та яловичини*. Миколаїв.: Видавничий відділ МДАУ, 2007. 369 с.

18. Рубан Ю. Д. *Скотарство і технологія виробництва молока та яловичини*. Х.: Еспада, 2005. 576 с.

19. Бусенко О. Т., Столюк В. Д., Могильний О. Й. *Технологія виробництва продукції тваринництва*. К.: Вища освіта, 2005. 496 с.

20. Шабельник Б. П., Троянов М. М. *Теорія та розрахунок машин для тваринництва*. Х.: ХДТУСГ, 2002. 216 с.

21. Рудь Ю. С. *Основи конструювання машин: підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів* / Ю. С. Рудь; 2-е вид., перероб. Кривий Ріг: ФОП Чернявський Д. О., 2015. 492 с.

22. Проектування технологій і технічних засобів для тваринництва: учбовий посібник / за ред. Скорика О. П. та Полупанова В. М. Харків: ХНТУСГ, 2009. 429 с.

23. Павлище В. Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин / В. Т. Павлище. К.: Вища школа, 1993. 556 с.

24. Катренко Л. А., Кіт Ю. В., Пістун І. П. Охорона праці. 2-ге вид. Суми: ВДТ «Університетська книга», 2007. 496 с.

25. Дипломне та курсове проектування. / за ред. О. В. Дацишина. К.: Урожай, 1996. 192 с.