МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
«___»_____ 2025 р.
Т.в.о. зав. кафедри _к.т.н., доцент___
(науковий ступінь, вчене звання)
_____ ____Андрій ВОЙТІК_____
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)

перший (бакалаврський)
(назва освітнього рівня)

тема проекту: «Удосконалення шнекового змішувача сухих розсипних комбікормів з активним каналом зворотного ходу та обгрунтування параметрів його роботи»

Виконав: студент 3 курсу, групи 31к-ім
освітньої програми___бакалавра_____
спеціальності _208 «Агроінженерія»_
_Романенко Павло Валерійович_____
(прізвище та ініціали)
Керівник к.е.н., доцент Кутковецька Т.О.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Умань – 2025

ЗМІСТ

Вступ……... 3
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ДОСЛІДЖУВАНОГО ПИТАННЯ…… 4
1.1. Аналіз конструкцій змішувальних пристроїв……..……... 4
1.2. Аналіз теоретичних досліджень щодо змішування та змішувачів сухих розсипних кормів…… 10
Висновки по розділу…… 14
РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ…….. 15
2.1. Конструктивно-технологічна схема удосконаленого шнекового змішувача з активним каналом зворотного ходу та опис технологічного процесу його роботи …… 15
2.2. Обгрунтування параметрів шнекового змішувача з активним каналом зворотного ходу…… 17
2.3. Результати досліджень шнекового змішувача з активним каналом зворотного ходу…… 26
Висновки по розділу……. 29
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ……. 30
3.1. Організація охорони праці у фермерському господарстві……. 30
3.2. Заходи з охорони праці під час роботи із змішувачем кормів……... 31
Висновки по розділу……. 32
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ…… 33
Висновки по розділу……. 34
Загальні висновки…….. 35
Список використаних джерел…….. 36

ВСТУП

Сучасне виробництво сільськогосподарських культур диктує умови органічного його вирощення, тобто все більшого використання органічних добрив тваринного походження. Далі отримання високоякісних продуктів харчування у вигляді молока та м’яса. Враховуючи, все вище викладене потребує збільшення розведення ВРХ.

Розвиток тваринництва визначається необхідністю отримання якісних продуктів харчування на основі більш повного використання можливостей тварин. Це досягається за рахунок згодовування їх повноцінним та раціональним харчуванням.

Збалансовані за поживними речовинами корми дозволяють на 15-20% збільшити продуктивність ВРХ порівняно з використанням кормо сумішей та їх загальною поживністю.

Використання комбікорму-концентрату, готового до вживання без доробки, у поєднанні з грубими та соковитими кормами, значно полегшує процес вирощування тварин, робить нелегку працю тваринника вигідним та зручним.

На сьогодні для економічно вигідних умов необхідно якнайближче до споживача здійснювати виробництво сухих розсипних кормів. Тут, доцільним є використання технічних засобів малої енергоємності, що будуть відповідати нормам та продуктивними у виробництві комбікормів. Тому, удосконалення шнекового змішувача сухих розсипних комбікормів є актуальним завданням.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІЗ СТАНУ ДОСЛІДЖУВАНОГО ПИТАННЯ

1.1 Аналіз конструкцій змішувальних пристроїв

Змішувачі застосовуються для механічного змішування компонентів при приготуванні кормів на сільськогосподарських тваринницьких підприємствах.

Результатом механічного змішування повинен бути перерозподіл матеріалу, який перемішується, а саме, щоб його компоненти були рівномірно розподілені по всьому об’єму приготування кормової суміші.

Актуальною проблемою є підвищення продуктивності змішувачів, особливо змішувачів безперервної дії, що працюють у складі потокових технологічних ліній приготування кормів [1]. На відміну від змішувачів періодичної дії, значущим фактором продуктивності яких є тривалість операцій завантаження, змішування та вивантаження, продуктивність змішувачів безперервної дії буде залежати від інших факторів, пов’язаних з їх конструктивними параметрами.

Для тваринницьких підприємств, які використовують власну сировину для приготування кормових сумішей, актуальним питанням є поєднання в одному агрегаті подрібнювальних і змішувальних робочих органів. Використання для цього традиційного подрібнювача-змішувача кормів барабанного типу з ножовими робочими органами є досить енергоємним процесом, а використовувані шнекові робочі органи призначені для другого ступеня подрібнення матеріалу, після ножових робочих органів. Тому для малих і середніх сільськогосподарських підприємств такі подрібнювачі невигідно використовувати через їх низьку енергетичну ефективність [1].

Продуктивність та якість змішування обумовлені його інтенсивністю, тобто числом рухів, що здійснюються компонентами сумішей за одиницю часу, що залежить від конструкції та напряму руху застосовуваних робочих органів. Для підвищення рівномірності подрібнення та інтенсивності перемішування матеріалу необхідно оптимізувати траєкторії та швидкості руху робочих органів, кути нахилу та заточування різальних кромок робочих органів, а також зазори між

різальними кромками. Зниження енергетичних витрат на змішування матеріалу досягається зменшенням втрат енергії на опір перемішувального матеріалу та переміщення робочих органів.

Двома основними напрямками підвищення продуктивності змішувачів кормів є удосконалення конструкції їх робочих органів та приводу. Ці напрями мають враховуватися при розробці планетарних шнекових змішувачів кормів та шнекових подрібнювачів-змішувачів кормів, як з вертикальним, так і з горизонтальним розташуванням шнеків.

Збільшення продуктивності та якості одержуваного продукту, а також зниження енерговитрат на подрібнення матеріалу в даній серії змішувачів досягається застосуванням шнекового робочого органу, як активного протирізального елемента [2], напрямок навивки та обертання якого протилежні напрямкам навивки та обертання основного робочого органу суцільним гвинтом (рис. 1.1).

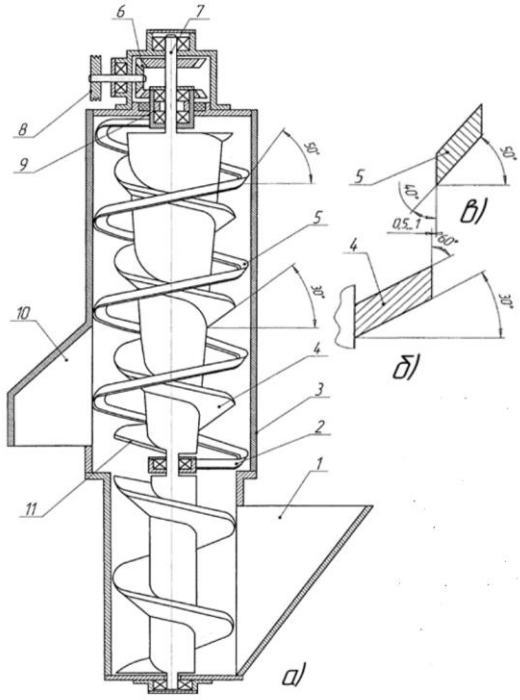


Рисунок 1.1 – Вертикальний шнековий змішувач кормів [2]:

а) вертикальний розріз змішувача: 1 – завантажувальний пристрій; 2 – відігнутий виток стрічкового шнекового робочого органу; 3 – циліндричний корпус; 4 – суцільний шнековий робочий орган; 5 – стрічковий шнековий робочий

органу; 6 – конічний редуктор; 7 – приводний вал робочого органу; 8 – пасова передача; 9 – приводний порожнистий вал стрічкового шнекового робочого органу; 10 – вивантажувальне вікно; 11 – відігнутий виток суцільного шнекового робочого органу;

б) кут установки витка суцільного шнекового робочого органу до центральної осі – 30°, що забезпечує кут заточування різальної гвинтової кромки 60°;

в) кут установки витка стрічкового робочого органу до центральної осі – 50°, що забезпечує кут заточування різальної гвинтової кромки 40°.

У вертикальному циліндричному корпусі *3* даного змішувача встановлено два шнекових робочих органи, один з яких, суцільним гвинтом *4*, монтується всередині стрічкового робочого органу *5*. Шнеки мають протилежну навивку і обертаються в протилежних напрямках. За оптимізації параметрів робочих органів, зокрема, кутів їх встановлення та зазору між їх різальними кромками, збільшується продуктивність змішувача та якість одержуваного продукту.

У разі перехресного нахилу витків шнеків (рис. 1.2) перерізання матеріалу в зазорі між витками шнека відбувається за принципом ножиць, різання є ковзним, процес – постійним у часі. Отже, споживана потужність буде дорівнювати сумі потужностей двох шнекових транспортерів при традиційному їх використанні.

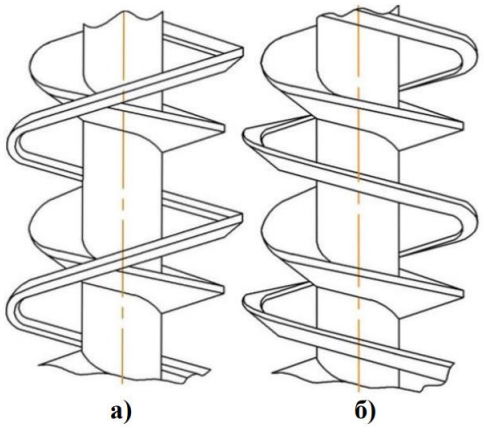


Рисунок 1.2 – Варіанти подрібнювальних механізмів з перехресним (а) та одностороннім (б) нахилом витків шнекових різальних елементів

Провівши аналіз конструкцій, можна сказати, що використання подрібнювального механізму з перехресним нахилом витків шнеків має більші переваги в порівнянні з використанням шнеків з одностороннім нахилом. У цьому випадку робота механізму відбувається більш рівномірно, зменшуються динамічні вантажі, необхідна менша потужність на привод робочих органів, відбувається більш рівномірна подача матеріалу в зону подрібнення, що в кінцевому результаті надає позитивний вплив на продуктивність та якість одержуваного продукту.

Продуктивність вертикального шнекового змішувача кормів залежить від поперечних розмірів шнеків і частоти їх обертання. Продуктивність їх від 1 до 4 т/год в залежності від виконання змішувача.

У стрічково-гвинтових змішувачах складність приводу викликана необхідністю організації руху двох шнекових робочих органів у різних напрямках навколо осі обертання.

Для змішувачів кормів із планетарним рухом робочих органів характерне якісне перемішування матеріалу при мінімальній тривалості змішування в результаті збільшення впливу робочих органів на матеріал, який змішується за одиницю часу в порівнянні з традиційними змішувачами.

В результат проведеного аналізу визначено, що більшість планетарних змішувачів виконані з вертикальним розташуванням валів мають недоліки, оскільки в процесі змішування корму відбувається розшарування його компонентів різної щільності внаслідок руху робочих органів лише в горизонтальній площині. В одновальних і двовальних змішувачах кормів з горизонтальним розташуванням валів з нерухомими лопастями вплив фактора гравітаційного розшарування суміші нівелюється тим, що крім наявності зустрічних потоків суміші створюється ефект її підкидання вертикально вгору.

Перевагами двовальних змішувачів є можливість отримання однорідної суміші з компонентів різної щільності та висока швидкість розвантаження. Разом з тим, двовальні змішувачі мають істотний недолік, що полягає в невисокій швидкості змішування в порівнянні з планетарними змішувачами. Звідси й менша

продуктивність, гірша якість змішування та, що не мало важливо, підвищена потужність приводу. У традиційних планетарних змішувачах часто використовуються окремі приводи, як для організації руху робочих органів навколо центральної осі змішувача, так і навколо своєї осі. Це призводить до складності конструкції, збільшення витрат, як на виготовлення, так і на експлуатацію змішувачів [3]. Для вирішення даної проблеми науковцями запропоновано використання в приводах змішувальних пристроїв похилих валів. Суть пропонованих технічних рішень полягає в тому, що в конструкціях змішувачів використовуються два вали, які мають одну загальну вісь обертання. Один з валів виконаний суцільним і розташований всередині другого порожнистого валу [4].

У конструкції планетарного змішувача приводний вал є корпусом конічних редукторів, конічні колеса яких жорстко закріплені на нерухомій осі, розташованій всередині порожнього приводного валу, а шестерні кріпляться на кінцях вихідних валів, інший кінець яких через конічну передачу передає рух валам робочих органів (рис. 1.3).

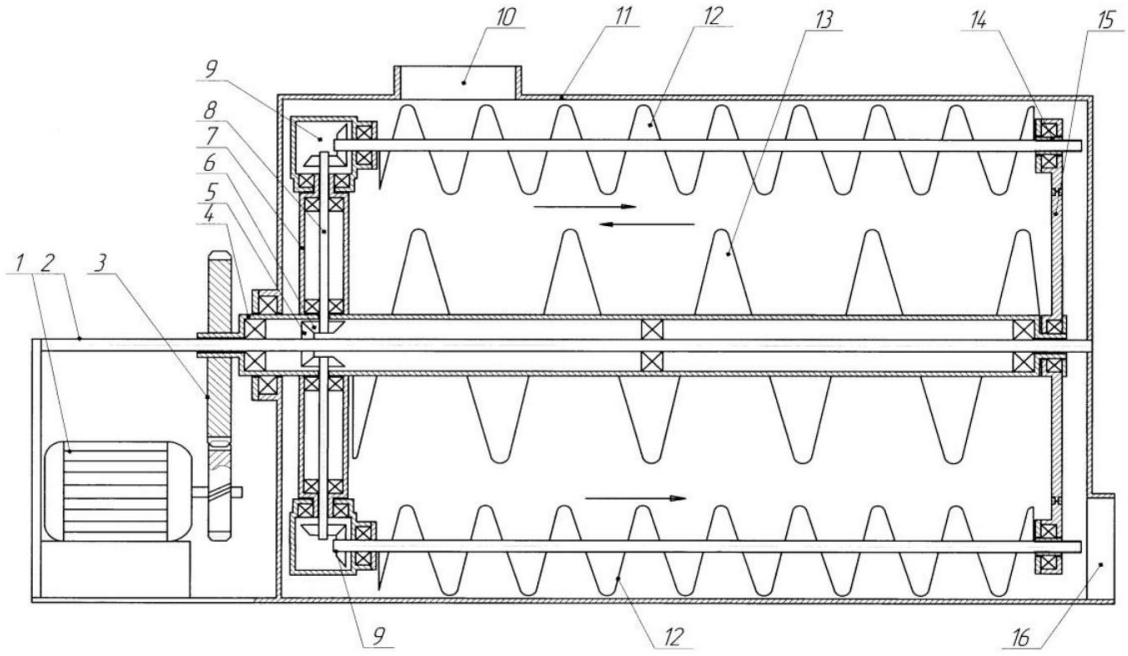


Рисунок 1.3 – Планетарний шнековий змішувач [4]:

1 – електродвигун; 2 – нерухома вісь; 3 – циліндрична передача; 4 – порожнистий приводний вал, що одночасно є корпусом конічних редукторів; 5 –

нерухоме конічне колесо; 6 – конічна шестерня; 7 – порожня стійка; 8 – вихідний вал; 9 – конічний редуктор робочого органу; 10 – завантажувальне вікно; 11 – циліндричний горизонтальний корпус змішувача; 12 – периферійний, шнек, що планетарно обертається; 13 – центральний шнек; 14 – шліцева втулка; 15 – поворотна стійка; 16 – вивантажувальне вікно.

Порожнистий приводний вал із закріпленим на ньому центральним шнеком *13* наводиться в дію від електродвигуна *1* через циліндричну передачу. Крім того, порожній вал шнека є корпусом конічного редуктора, всередині якого встановлена нерухома вісь *2* із жорстко закріпленим на ній конічним колесом *5*. При обертанні приводного валу конічні шестерні *6*, встановлені на вихідних валах *8*, розташованих на порожнистих стійках *7*, обертаються навколо нерухомого конічного колеса. Периферійним шнековим робочим органам *12*, обертання передається від конічних шестерень через конічні редуктори *9*. Для захисту змішувача від перевантажень передбачено автомат відключення електродвигуна (на схемі не показаний), який спрацьовує при збільшенні навантаження на робочі органи змішувача. Продуктивність планетарного шнекового змішувача прямо пропорційна об’єму робочої камери і оберненро пропорційна тривалості змішування, що залежить від фізико-механічних характеристик змішуваних матеріалів. При приготуванні кормових сумішей продуктивність машини з об’ємом камери в 1 м^3 становитиме 1,5-2 т/год.

Враховуючи вище викладене нами визначено таку конструкцію змішувача для сухих розсипних кормів: змішування має бути періодичної дії; корпус – нерухомий; бункер – круглої форми; кількість валів, що будуть змішувати – два; розташування робочого органу – похиле; спосіб змішування – примусовий; вид руху компонентів, які будуть змішуватися – циркуляційний; тип робочого органу – шнековий з активним каналом зворотного ходу.

За виконання такої конструкції змішувач сухих розсипних кормів буде здійснювати якісне змішування за великої продуктивності та малої потужності на виконання процесу.

1.2 Аналіз теоретичних досліджень щодо змішування та змішувачів сухих розсипних кормів

Дослідженнями механізованого змішування кормів, розробкою нових та удосконаленням існуючих змішувачів займаються багато науковців науково-дослідних інститутів, вузів та інших організацій.

Зроблений аналіз наукових публікацій [3, 4] показує, що одним із основних параметрів, який найбільше впливає на процес змішування є фізико-механічні властивості змішувальних компонентів.

Для характеристики фізико-механічних властивостей матеріалу враховують такі параметрів: гранулометричний склад, форма частинок, щільність, пористість, питома поверхня, коефіцієнт щільності укладання частинок, вологість, сипкість, коефіцієнти зовнішнього та внутрішнього тертя, кут природного укосу, кут обвалення, стисливість, опірність зсуву, структурно-фазова деформованість та ін. Проте, жоден з перерахованих параметрів не може бути всеосяжною характеристикою, яка визначала б статику та динаміку сипучого матеріалу, що можна було б використовувати для його класифікації.

Науковець [3] у своїх дослідженнях підрозділяє процес змішування на такі елементарні процеси:

- переміщення групи суміжних частинок з одного місця в інше введенням, вминанням, ковзанням шарів (процес конвективного змішування);
- поступовий перерозподіл частинок різних компонентів через свіжоутворену межу їх поділу (процес дифузійного змішування);
- зосередження частинок, що мають однакову масу, у відповідних місцях змішувача під дією гравітаційних або інерційних сил (процес сегрегації).

Сегрегація за своєю дією на суміш протилежна першим двом процесам: вона погіршує якість суміші. При перемішуванні сипучих матеріалів у змішувачі одночасно протікають усі три процеси.

Дослідженнями [4] встановлено, що робота змішування пропорційна квадрату швидкості зміни концентрації компонентів, відношенню відповідних

об’ємів та відношенню відповідних лінійних розмірів. Компоненти доцільно подавати в зону змішування не одночасно, а послідовно, так, щоб співвідношення всіх змішуваних компонентів було постійно рівним, а весь сумарний об’єм був у зоні змішування лише в останній момент часу циклу. Це дозволить знизити тривалість циклу та підвищити однорідність суміші.

У роботі [1] для оцінки роботи змішувачів запропоновано коефіцієнт ефективності та питомої енергоємності. Коефіцієнт ефективності має вигляд:

$$K_e = \left(\frac{\theta}{\theta_{доп}} - 1 \right) \frac{Q}{Q_c}, \tag{1.1}$$

де θ – дійсна однорідність суміші, %; $\theta_{доп}$ – допустима за зоотехнічними вимогами однорідність суміші, %; Q – продуктивність нової машини, т/год; Q_c – продуктивність базової машини, т/год.

Встановлено, що кут нахилу корпусу змішувача до горизонту надає позитивний вплив на однорідність суміші, але негативний – на продуктивність.

В основу класифікації сипучих матеріалів, що використовуються в хімічній промисловості, покладено комплексний показник K_c, який розраховується за формулою:

$$K_c = \frac{1{,}92 t_0}{\gamma_н d_r tg\beta}, \tag{1.2}$$

де t_0 – початковий опір зсуву, г/см^2; $\gamma_н$ – щільність насипна, г/см^3; d_r – середній розмір частинок, см; β – кут внутрішнього тертя, град.

Показник K_c відображає здатність пов’язаного сипучого середовища утворювати стійкі вертикальні укоси і характеризує величину сил внутрішнього тертя та зчеплення в матеріалі.

Досліджуючи комбікорми для великої рогатої худоби, науковцями встановлено, що із збільшенням вологості відбувається зменшення коефіцієнтів внутрішнього f_0 та зовнішнього $f_{вн}$ тертя по металевій поверхні.

Склад сухих розсипних кормових сумішей постійно удосконалюється через добавлення складових. Збільшення кількості компонентів, кількісний відсоток

яких у загальному об'ємі може досягати 0,5 % і менше, вимагає все більш досконалого змішувального обладнання, здатного забезпечити якість готового продукту.

До технологічних розрахунків змішувачів відноситься [3]: визначення коефіцієнта неоднорідності та найбільш раціонального часу змішування.

Продуктивність змішувача періодичної дії визначається за формулою [11]:

$$Q = \frac{V\rho\varphi}{T}, \tag{1.3}$$

де Q – продуктивність змішувача, кг/с; V – об'єм змішувача, м^3; ρ – щільність насипна кормової суміші, кг/м^3; φ – коефіцієнт заповнення; T – час одного циклу, с.

Час одного циклу перемішування визначається за наступною формулою:

$$T = t_1 + t_2 + t_3, \tag{1.4}$$

де t_1 – час завантаження вихідних компонентів; t_2 – тривалість змішування, с; t_3 – час розвантаження готової суміші, с.

Науковцями пропонується формула розрахунку потужності N_k (кВт), яка необхідна для змішування валом з лопастями [3, 4]:

$$N_k = c_2 + \omega^{2,56} L^{3,5} (b \sin\alpha)^{0,68} H^{0,75} S^{0,19} \rho_н, \tag{1.5}$$

де c_2 – коефіцієнт опору в режимі псевдозрідження, кВт; ω – частота обертання валу, с$^{-1}$; L – довжина лопасті, м; b – ширина лопасті, м; H – висота шару матеріалу, що покриває лопасть, м; α – кут атаки лопасті, град; S – зазор між лопастями та корпусом змішувача, м; $\rho_н$ – щільність насипна матеріалу, який змішується, кг/м^3.

Дана методика застосовується для машин з вертикальним розташуванням валу, який працює на високих швидкостях.

В [4] запропонована формула для визначення споживаної потужності шнекових планетарних змішувачів:

$$P = 1{,}15 \cdot 10^{-3} c \cdot n_ш \rho_н F_п \, L_p (4 \sin^2 \beta + 1), \tag{1.6}$$

де c – коефіцієнт опору, що визначається експериментально; $n_ш$ – швидкість обертання шнека навколо власної осі, хв$^{-1}$; $L_р$ – робоча довжина шнека, м; $F_п$ – питома поверхня шнека, м^2/мм; β – кут конусності корпусу усереднювача, град.

Коефіцієнт опору c залежить від фізико-механічних властивостей змішуваних матеріалів. Запропонована методика найбільш підходить для змішувачів планетарного типу з конусною формою робочої камери та робочим органом у вигляді шнекової поверхні.

Енерговитрати змішувача визначаються за формулою:

$$N_{п} = \frac{N \cdot t}{m}, \tag{1.7}$$

де $N_п$ – питомі енерговитрати, Вт с/кг; N – споживана потужність, Вт; t – час змішування, с; m – маса одного завантаження змішувача, кг.

У [3] аналітично виявлено закономірності впливу конструктивних і кінематичних параметрів комбінованих (спірально-гвинтових) робочих органів змішувача концентрованих кормів на масову подачу (продуктивність), споживчу потужність та питомі енерговитрати на змішування концентрованих кормів. Отримано експериментальні значення найменших питомих енерговитрат змішувача та найкращої якості суміші від конструктивних, кінематичних та технологічних параметрів змішувального агрегату.

Діаметр стрічкового змішувача визначається за формулою [1]:

$$D_b = \sqrt[3]{\frac{4V}{\pi S \psi}}, \tag{1.8}$$

де S – співвідношення діаметра ємності з її висотою при циліндричній формі ємності, 1...5; Ψ – коефіцієнт заповнення ємності, безперервного принципу дії – 0,3...0,5; періодичного – 0,6…0,7; V – об’єм бункера, м^3.

Діаметр змішувального робочого органу, м [1, 3]:

$$D = D_b - 2S_1, \tag{1.9}$$

де S_1 – зазор між кожухом та робочим органом, 2…3 мм.

Потужність приводу, кВт:

$$N_{п} = \frac{0{,}01 \cdot \psi}{0{,}25 \cdot \eta} K \cdot Q_{\max} \cdot L, \tag{1.10}$$

де η – ККД приводу; K – наведений коефіцієнт опору руху корму відносно стрічки шнека. Для комбікормів K=1,2; L – довжина змішувача, м; Q_{max} – максимальна продуктивність стрічкового шнека, кг/с.

Дослідження процесу змішування та властивостей застосовуваних кормових компонентів дозволяють зробити висновок, що не виявлено впливу конструктивно-кінематичних параметрів гвинтових робочих органів з активним каналом зворотного ходу на показники якості змішування, продуктивності та енерговитрат, які визначаються відповідно до чинної нормативно-технічної документації. Тому, наші дослідження є актуальними.

Висновки по розділу

Таким чином, в даному розділі проведено аналіз процесу змішування та різних конструкції змішувальних пристроїв для приготування кормових сумішей з метою їх удосконалення та впровадження у виробництво.

РОЗДІЛ 2
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Конструктивно-технологічна схема удосконаленого шнекового змішувача з активним каналом зворотного ходу та опис технологічного процесу його роботи

Процес змішування залежить від декількох факторів [1]:

1) Фізико-механічні та реологічні властивості кормосумішей: гранулометричний склад кормів й вологість, щільність кормосумішей та ін.;

2) Конструктивно-технологічні параметри: робочий об’єм камери; коефіцієнт завантаження корпусу; взаємовідношення шнеків за діаметром; крок шнека; частота обертання, час змішування, кут нахилу корпусу та ін.;

3) Режимні параметри: частота обертання, час змішування, кут нахилу корпусу.

Пріоритетними є властивості кормів, які змішуються, далі вибирається спосіб змішування, а після чого сама конструкція змішувача та режими його роботи.

Конструктивно-технологічна схема удосконаленого шнекового змішувача з активним каналом зворотного ходу наведена на Рис. 2.1.

Будова змішувача наступна: 1 – корпус; 2 – ділянка пересипання; 3 – лопасті; 4 – шнек; 5 – канал зворотного ходу; 6 – додатковий шнек; 7 – тангенційні лопасті; 8 – бункер добавок; 9, 17 – приводи; 10 – вивантажувальна частина шнека; 11 – вивантажувальний патрубок; 12 – заслінка; 13 – вікна; 14 – гвинтовий механізм; 15 – завантажувальна частина шнека; 16 – вісь; 18 – вал; 19 – завантажувальний бункер; 20 – плоскі лопасті.

Технологічний процес роботи шнекового змішувача виконується таким чином. Компоненти змішуються та надходять з багатосекційного завантажувального бункера *19* у завантажувальну частину *15* корпусу *1*. Добавки з бункера *8* одночасно подаються до каналу *5*, а потім додатковим шнеком *6* у завантажувальну частину *15* корпусу *1*. Змішувані компоненти шнек *4* переміщує

із завантажувальної частини *15* по похилому корпусу *1* вгору до ділянки пересипання, на якому частина корму захоплюється плоскими лопастями *20,* потім через вікна *13* частково пересипається в канал *5* зворотного ходу на додатковий шнек *6*. А частина корму переміщається по похилому корпусу шнеком *4* вгору до вивантажувальної частини *10*. Таким чином, відбувається перемішування компонентів суміші під дією шнекової навивки.

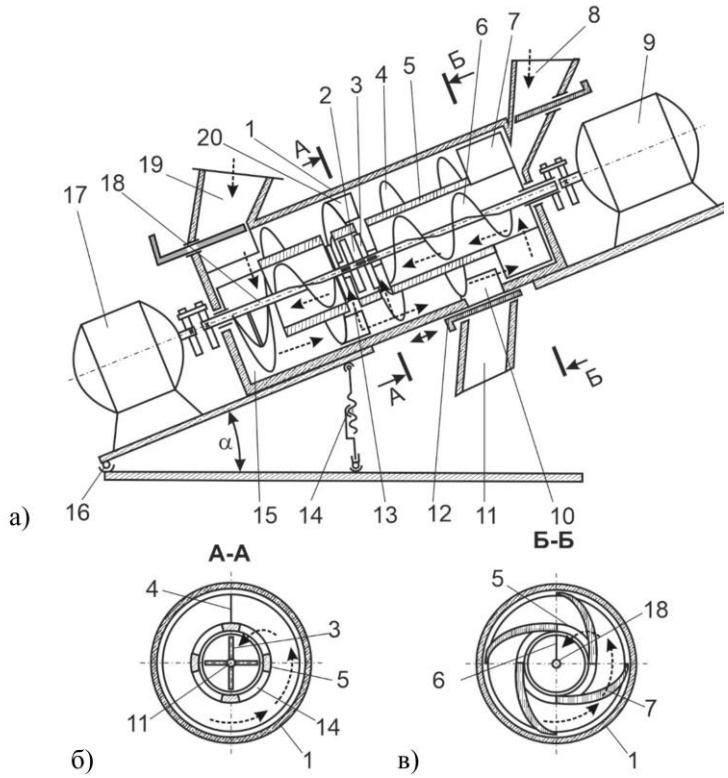


Рисунок 2.1 – Схема шнекового змішувача сухих розсипних кормів з активним каналом зворотного ходу

а) – загальний вигляд; б) – в розрізі А-А; в) – в розрізі Б-Б

У вивантажувальній частині *10* шнека *4* кормова суміш піднімається тангенційними лопастями *7* і пересипається в канал *5* зворотного ходу. Для виключення сегрегації при самовільному пересипанні корму величина кута *α* нахилу корпусу *1* встановлюється гвинтовим механізмом *14* менше кута тертя корму. Переміщення компонентів корму в середині каналу *5* зворотного ходу від вивантажувальної частини *10* до завантажувальної частини *15* відбувається під дією додаткового шнека *6* і обертання каналу *5* зворотного ходу.

На ділянці *2* пересипання під дією обертання лопастей *3* корм перемішується з кормом, що надходить через вікна *13* з шнека *4* і каналу *5* зворотного ходу, після чого переміщається в завантажувальну частину *15* шнеку *4*.

Таким чином, утворюються два циркулюючих і взаємоперетинаючих кормових потоки: перший потік – від завантажувальної частини шнека *4* до вікон *13*, через які на ділянку *2* пересипання в додатковий шнек *6* і потім додатковим шнеком до завантажувальної частини шнека *4*; другий потік – від завантажувальної частини шнека *4* до тангенціальних лопастей *7*, під дією яких корм пересипається в додатковий шнек *6* і потім додатковим шнеком до завантажувальної частини шнека *4*.

Після закінчення перемішування відкривається заслінка *12* і готова суміш вивантажується через патрубок *11*.

В результаті прийнятої схеми змішувача знижується час змішування за рахунок поділу та з'єднання потоків кормової суміші на ділянці пересипання при русі каналом зворотного ходу під дією лопастей у додатковому шнеку і вікон у каналі зворотного ходу, а також взаємопроникненню потоків матеріалу при русі кормосуміші під дією шнека від ділянки завантаження до ділянки вивантаження.

2.2 Обгрунтування параметрів шнекового змішувача з активним каналом зворотного ходу

Якість змішування інгредієнтів корму є головним показником змішувача та залежить від багатьох факторів.

В змішувачах безперервної дії процес завантаження, змішування та вивантаження компонентів відбувається безперервно в єдиному потоці, і якість змішування досягається за один прохід суміші через робочий об'єм змішувача [4].

В змішувачах періодичної дії порцію компонентів, що змішуються, завантажують через завантажувальний люк до заповнення 50-60% корисного об'єму змішувача. Інтенсивне перемішування кормової суміші починається після

закриття завантажувального люка. Вивантаження готової суміші з корпусу здійснюється через вивантажувальне вікно [4].

У запропонованому змішувачі перерозподіл компонентів здійснюється за рахунок пересипання, перетікання компонентів в об'ємі, обмеженому корпусом змішувача. При цьому напрямок швидкостей та прискорень, якими володіють різні мікрооб'єми суміші, також різні. На елементарні частинки в обсязі діють сили тяжіння, відцентрові сили та сили інерції. Центробіжні сили та сили інерції змінні за величиною та напрямом потоку.

Визначення корисного об'єму змішувача.

Об'єм та розмір змішувача є головними факторами та характеризують його питому металомісткість й мають вплив на об'єм матеріалу в змішувачі [3].

Корисний об'єм змішувача знаходиться з формули [3]:

$$V_{кз} = V_{заг} - V_{ро} = V_{заг}\,(1-\phi_{ро}), \tag{2.1}$$

де $V_{кз}$ – корисний об'єм змішувача, м^3; $V_{заг}$ – загальний об'єм змішувача, м^3; $V_{ро}$ – об'єм, зайнятий робочими органами, м^3; $\phi_{ро}$ – коефіцієнт, що враховує об'єм робочих органів.

Звідси:

$$\varphi_{ро} = 1 - \frac{V_{кз}}{V_{заг}}. \tag{2.2}$$

Загальний об'єм змішувача, відповідно до опису (рис. 2.1, 2.2) дорівнює:

$$V_{заг} = \frac{\pi}{4}\left[(D_1 + \delta_1)^2\right]\cdot L_{зм}, \tag{2.3}$$

де D_1 – зовнішній діаметр шнека, м; δ_1 – зазор між гвинтом шнека та корпусом змішувача, м й дорівнює $(2...3)\cdot 10^{-3}$м [3]; $L_{зм}$ – довжина камери змішувача, м.

Об'єм робочих органів змішувача, відповідно до опису (рис. 2.1, 2.2):

$$V_{ро} = V_{ш} + V_{тан} + V_{доп1} + V_{диф} + V_{доп2} + V_{вал1} + V_{вал2}, \tag{2.4}$$

де $V_{ш}$ – об'єм, зайнятий шнековою навивкою, м; $V_{тан}$ – об'єм, зайнятий тангенціальними лопастями, м^3; $V_{доп1}$ – об'єм, зайнятий гвинтовою навивкою додаткового шнека на ділянці L_{14}, м^3; $V_{диф}$ – об'єм, зайнятий лопастями, м^3; $V_{доп2}$ – об'єм, зайнятий гвинтовою навивкою додаткового шнека на ділянці L_{12}, м^3; $V_{вал1}$ –

об’єм, зайнятий валом шнека, м^3; $V_{вал2}$ – об’єм, зайнятий валом додаткового шнека, м^3.

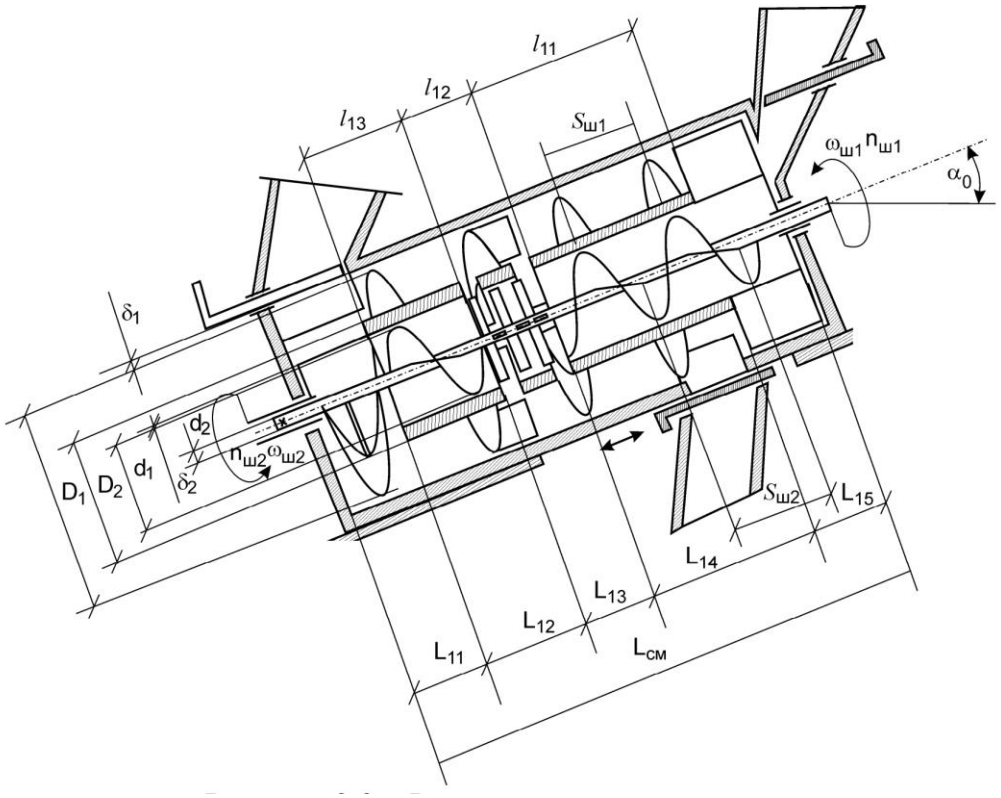


Рисунок 2.2 – Схема для розрахунків змішувача

Витки шнекової навивки виготовляються із сталевої плоскої кільцевої заготовки товщиною (1,0…1,5) $\cdot 10^{-3}$ метри з радіальним вирізом. При згинанні заготовки вона перетворюється у виток (рис. 2.3).

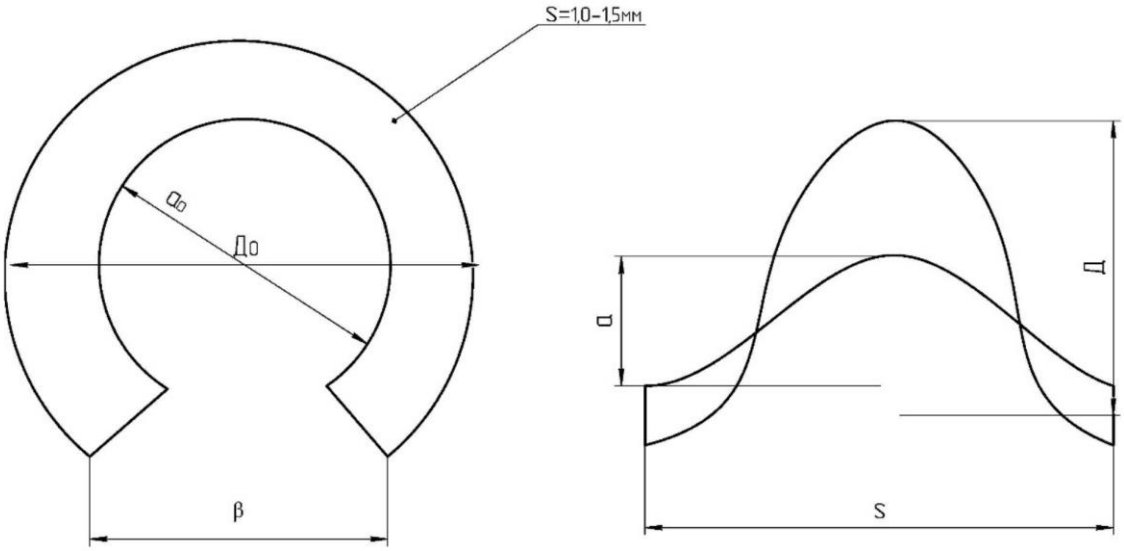


Рисунок 2.3 – Основні параметри розгортки витка шнека

Об’єм, зайнятий шнековою навивкою, визначався за формулою:

$$V_{ш} = V_{шв} \cdot K_{шв}, \tag{2.5}$$

де $V_{шв}$ – об’єм, зайнятий одним витком шнека, м^3; $K_{шв}$ – кількість витків шнека, шт.

Кількість витків шнека визначалась за формулою (рис. 2.2):

$$K_{шв} = \frac{L_{11} + L_{12} + L_{13} + L_{14}}{S_1}, \tag{2.6}$$

де L_{11}, L_{12}, L_{13}, L_{14} – довжина завантажувальної частини шнека, між ділянкою завантажування та ділянкою пересипання, ділянки пересипання, між ділянкою пересипання та ділянкою тангенційних лопастей відповідно, м; S_1 – крок шнека, м.

Довжина тангенційних лопастей визначається (рис. 2.4) із прямокутного трикутника (ΔBAO):

$$|OB|^2 = |OA|^2 + |AB|^2, \tag{2.7}$$

Після заміни $|OB| = \frac{D_1}{2}$, $|AO| = \frac{D_2}{2}$, $l_T = |AB|$, отримаємо:

$$\left(\frac{D_1}{2}\right)^2 = \left(\frac{D_2}{2}\right)^2 + l_T^2, \tag{2.8}$$

де l_T – довжина тангенційної лопасті, м.

Звідси:

$$l_T = \frac{\sqrt{D_1^2 - D_2^2}}{2}. \tag{2.9}$$

Тоді об’єм, що зайнятий тангенційними лопастями, визначається:

$$V_{тан} = L_{15} \cdot l_T \cdot S^* = S_T^* L_{15} \frac{\sqrt{D_1^2 - D_2^2}}{2}, \tag{2.10}$$

де L_{15} – довжина ділянки тангенційних лопастей, м (рис. 2.2); $S^*_т$ – товщина тангенційних лопастей, м.

Об’єм, зайнятий одним витком додаткового шнека, визначався за формулою:

$$V_{доп1в} = \frac{\pi\left(d_{ш1}{}^2 - d_{ш2}{}^2\right)}{4} \cdot S^* \cdot \left(\frac{360° - \beta_{доп1}}{360°}\right), \tag{2.11}$$

де $d_{ш1}$ – зовнішній діаметр заготовки додаткового шнека, м; $d_{ш2}$ – внутрішній діаметр заготовки валу додаткового шнека, м; $\beta_{доп1}$ – кут вирізу заготовки додаткового шнека, град.

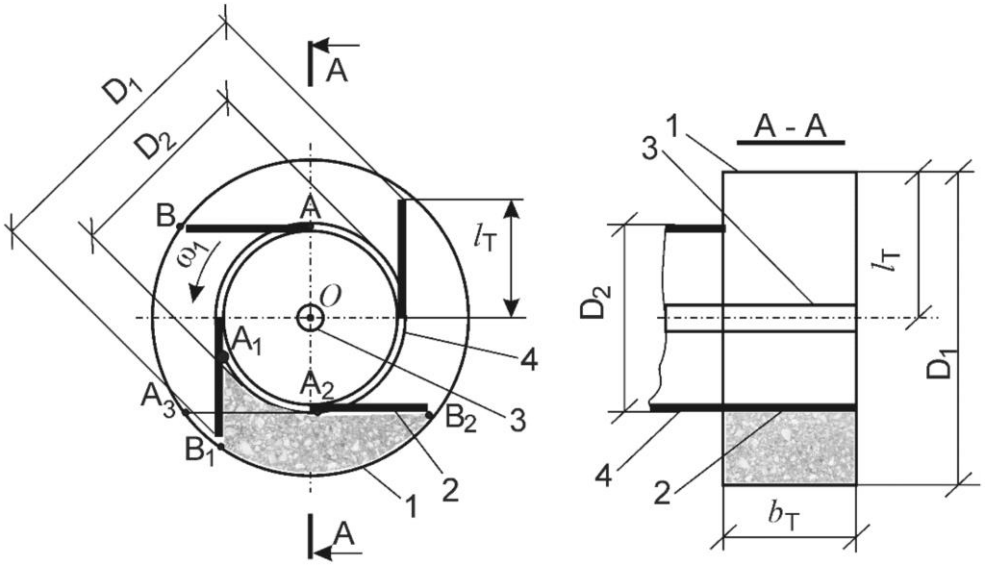


Рисунок 2.4 – Схема для розрахунку ділянки тангенційних лопастей

Заготовки додаткового шнека, а саме його розміри визначалися так само, як розміри шнека.

Об’єм, зайнятий додатковою шнековою навивкою, на ділянці L_{14} визначався за формулою:

$$V_{доп1} = V_{доп1в} \cdot K_{доп1в}, \tag{2.12}$$

де $K_{доп1в}$ – кількість витків додаткового шнека на ділянці L_{14}, м.

При однакових конструктивних параметрах додаткового шнека на ділянках L_{14} та L_{12} об’єм, займаний додатковим шнеком, визначиться за виразом:

$$V_{доп2} = V_{доп1в} \cdot K_{доп2в}, \tag{2.13}$$

де $K_{доп2в}$ – кількість витків додаткового шнека на ділянці L_{12}, м.

Об’єм, зайнятий додатковою шнековою навивкою визначався за формулою:

$$V_{доп} = V_{доп1} + V_{доп2} = V_{допв1} \cdot \left(K_{доп1в} + K_{доп2в}\right). \tag{2.14}$$

Витки додаткового шнека та їх кількість визначалися за формулою:

$$K_{доп1в} + K_{доп2в} = \frac{L_{14} + L_{12}}{S_2}, \tag{2.15}$$

де S_2 – крок додаткового шнека, м;

Об'єм, що займають лопасті, визначається за виразом:

$$V_{диф} = V_{диф1} \cdot n_{диф}, \tag{2.16}$$

де $V_{диф1}$ – об'єм однієї лопасті, м; $n_{диф}$ – кількість лопастей, шт.

Об'єм, який займає вал шнека, визначається:

$$V_{вал1} = \frac{\pi}{4}\left[D_2^2 - (d_1 + \delta_2)^2\right] \cdot (L_{12} + L_{13} + L_{14}), \tag{2.17}$$

де δ_2 – зазор між витком додаткового шнека та валом шнека, м (Рис. 2.2).

Об'єм, зайнятий валом додаткового шнека, визначався за формулою:

$$V_{вал2} = \frac{\pi \ d_2^{\ 2}}{4} \cdot L_{см}, \tag{2.18}$$

де $L_{зм}$ – довжина робочої камери змішувача, м.

Визначення продуктивності змішувача.

Для виконання технологічної операції приготування кормів змішувачем визначалась його продуктивність періодичної дії за такою формулою [3]:

$$Q_{см} = \frac{V_{кз} \cdot \rho_н \cdot \varphi_з}{t_{зм} + t_{заг} + t_{вив}}, \tag{2.19}$$

де $V_{кз}$ – корисний об'єм змішувача, м^3; $\rho_н$ –щільність корму насипом, кг/м^3; $\phi_з$ – коефіцієнт заповнення змішувальної камери; $t_{зм}$ – час змішування, с; $t_{заг}$ – час завантаження, с; $t_{вив}$ – час вивантаження, с.

Розглянемо схему руху корму у змішувачі (рис. 2.2) за один цикл. Корм під дією шнекової навивки *3* (рис. 2.2) не тільки перемішується, а й переміщається вздовж осі шнека за час $t_{ш1}$ на відстань (L_{11}+L_{12}).

При подальшому переміщенні вздовж шнека корм на ділянці L_{13} зустрічає на своєму шляху плоскі лопасті 5 (рис. 2.5), закріплені на шнековій навивці *7* та каналі *2* зворотного ходу. Для часткового пересипання корму від шнекової

навивки *7* в канал зворотного ходу *2* з додатковим шнеком *6* в канал зворотного ходу де є отвори *4*.

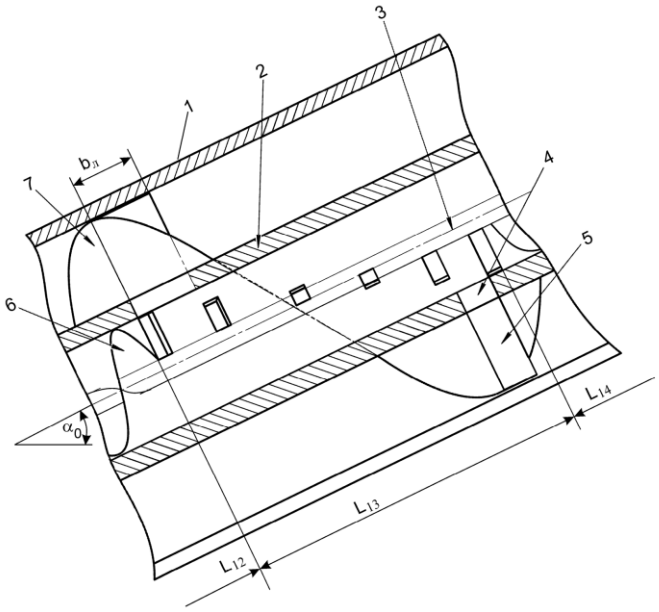


Рисунок 2.5 – Схема ділянки пересипання

1 – корпус; 2 – канал зворотного ходу; 3 – вал; 4 вікна; 5 – плоскі лопасті; 6 – додатковий шнек; 7 – шнек.

Непересипаний через отвори корм під впливом шнека *4* (див. рис. 2.1) транспортується до тангенційних лопастей *7* (ділянка L_{15}) (див. рис. 2.2), якими перекидається всередину каналу і зворотного ходу за час $t_{тан}$, де захоплюється додатковим шнеком *6* (див. рис. 2.1), та під дією додаткового шнека *6* корм перемішується і переміщається вздовж валу *18* додаткового шнека за час $t_{доп1}$ на відстань L_{14} (див. рис. 2.2) до лопастей *3* (див. рис. 2.1).

Потім кормова суміш потрапляє на ділянку L_{13} (див. рис. 2.3), де відбувається доповнення корму через вікна *4* (рис. 2.5) від шнекової навивки *7* і плоских лопастей 5. Під дією лопастей *3* (див. рис. 2.1) і каналу *2* зворотного ходу, що обертається, встановленого під нахилом, суміш перемішується взаємопроникненими потоками кормової суміші й при цьому переміщається від ділянки L_{14} (рис. 2.5) до ділянки L_{12} на відстань L_{13}.

Додатковим шнеком *6* за час $t_{доп2}$ суміш переміщається ділянкою L_{12} (див. рис. 2.2) в зону завантажувальної ділянки L_{11} шнека *4* захоплюється шнеком *4* й цикл змішування кормової суміші повторюється.

Під впливом гвинтової навивки і лопастей, частинки корму беруть участь в обертальному та осьовому русі по відношенню до робочого органу. Час знаходження суміші на кожній із ділянок робочих органів визначатиметься осьовою подачею.

Відповідно до рекомендацій [3] на подачу шнекових робочих органів впливає кут нахилу осі шнека до горизонту.

$$Q_{ш1} = \frac{\pi}{4}\left(D_1^2 - D_2^2\right) \cdot D_1 \cdot n_{ш1} \cdot K_{ш1} \cdot \rho_н \cdot \varphi_{ш1} \cdot K_{.\alpha 1}, \tag{2.20}$$

де $K_{.\alpha 1}$ – коефіцієнт, що враховує вплив кута нахилу шнека до горизонту.

Подача кормової суміші плоскими лопастями визначається [3]:

$$Q_{шл} = V_{шл} \cdot \rho_н \cdot z_{шл} \cdot n_{ш1}, \tag{2.21}$$

де $V_{шл}$ – об’єм корму, що захоплюється однією плоскою лопастю, м^3; $z_{шл}$ – кількість лопастей, шт.

Об’єм корму, що захоплюється лопастю, визначається:

$$V_{шл} = \left(\frac{D_1 - D_2}{2}\right) \cdot b_л^2 \cdot tg\alpha_к \cdot \varphi_{шл}, \tag{2.21}$$

де α_k – кут внутрішнього тертя корму, град; $\phi_{шл}$ – коефіцієнт, що враховує наповнення перерізу шнека; $b_л$ – ширина плоских лопастей, м.

При обертанні каналу зворотного ходу при нерухомому додатковому шнеку відносна кутова швидкість середньої гвинтової лінії додаткового шнека визначається за виразом [7]:

$$\omega_{don1c}^{K} = 2\pi \cdot n_{ш1} \cdot \tag{2.21}$$

Для інтенсифікації процесу перемішування кормової суміші, що надходить на ділянку пересипання додаткового шнека через вікна від плоских лопастей і по каналу зворотного ходу від ділянки L_{14} ширина лопасті приймається рівною половині ширини плоскої лопасті встановленої на шнеку.

Час знаходження кормової суміші на кожній із ділянок змішувача визначається її осьовою швидкістю.

Час циклу складатиметься з часу проходження компонентів суміші по ділянках робочого органу та визначається за виразом (див. рис. 2.2):

$$t_ц = t_{ш1} + t_{диф1} + t_{ш2} + t_{тан} + t_{доп1} + t_{диф2} + t_{доп2}, \quad (2.21)$$

де $t_{ш1}$ – час знаходження суміші в шнековій навивці на ділянці (L_{11}+L_{12}), с; $t_{диф1}$ – час знаходження суміші у шнековій навивці на ділянці L_{13}, с; $t_{ш2}$ – час знаходження суміші у шнековій навивці на ділянці L_{14}, с; $t_{тан}$ – час знаходження суміші на ділянці тангенційних лопастей L_{15}, с; $t_{доп1}$ – час знаходження суміші у додатковому шнеку на ділянці L_{14}, с; $t_{диф2}$ – час перебування у каналі зворотного ходу в зоні лопастей L_{13}, с; $t_{доп2}$ – час знаходження суміші у додатковому шнеку на ділянці L_{12},с.

За один оберт шнека корм, що знаходиться в міжвитковому просторі, надходить у зону тангенційних лопастей, які за цей же час повинні всю кормову масу, що надійшла, пересипати в канал зворотного ходу.

При досягненні кормової суміші з каналу зворотного ходу шнекової навивки в зоні завантажувального вікна (ділянка L_{11}) змішувач буде заповнений кормовою сумішшю і почнеться циркуляція кормової суміші в змішувачі. У момент досягнення кормової суміші ділянки завантаження (L_{11}) необхідно закрити заслінку в зоні завантажувального вікна *1*. Час завантаження буде відповідати часу циклу.

Аналіз виразів подачі на кожній із ділянок змішувача, показує, що їх подача залежить від конструктивних параметрів (зовнішній та внутрішній діаметри гвинтових робочих органів, крок шнека, довжина ділянки), режимних параметрів (частота обертання), фізико-механічних властивостей змішуваних компонентів кормів, кута нахилу корпусу до горизонту, коефіцієнтів заповнення робочих органів.

Найбільш завантаженою ділянкою змішувача з активним каналом зворотного ходу є ділянка L_{12}.

2.3 Результати досліджень шнекового змішувача з активним каналом зворотного ходу

Для визначення результатів роботи змішувача, а саме впливу умов його завантаження на різні показники, нами були встановлені значення подачі кормової суміші з бункера. Результати досліджень показано на рис. 2.6.

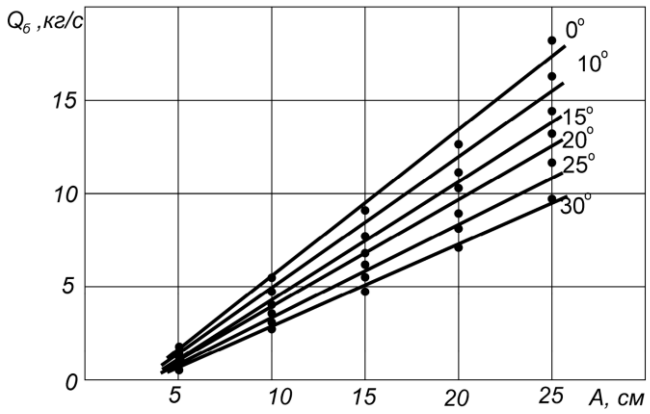


Рисунок 2.6 – Дослідження подачі суміші кормів ($Q_б$) з бункера від положення вивантажувальної заслінки (А) при кутах нахилу до горизонту від 0 до 30^0

Зі збільшенням величини відкриття заслінки від 5 до 25 см (рис. 2.6) відбувається лінійне зростання подачі від 0,63 до 17,79 кг/с залежно від кута нахилу бункера до горизонту від 0 до 30^0. Максимальне значення подачі спостерігається при горизонтальному положенні бункера, а мінімальне при куті нахилу бункера до горизонту 30^0. Це пов’язано з підвищеним тертям корму об стінки бункера і як наслідок зниженням швидкості вивантаження корму через вивантажувальний отвір.

При відкритті заслінки менше 5 сантиметрів спостерігається порушення подачі, що пов’язане зі склюванням у зоні вивантажувального отвору.

За теоретичними дослідженнями було визначено, що для того щоб у змішувачі не виникало застійних зон потрібно виконувати умову безперервності потоку на кожній із ділянок змішувача. Потік суміші кормів і її формування здійснюється подачею шнека.

На рисунку 2.7 наведено залежність зміни подачі від частоти обертання шнека.

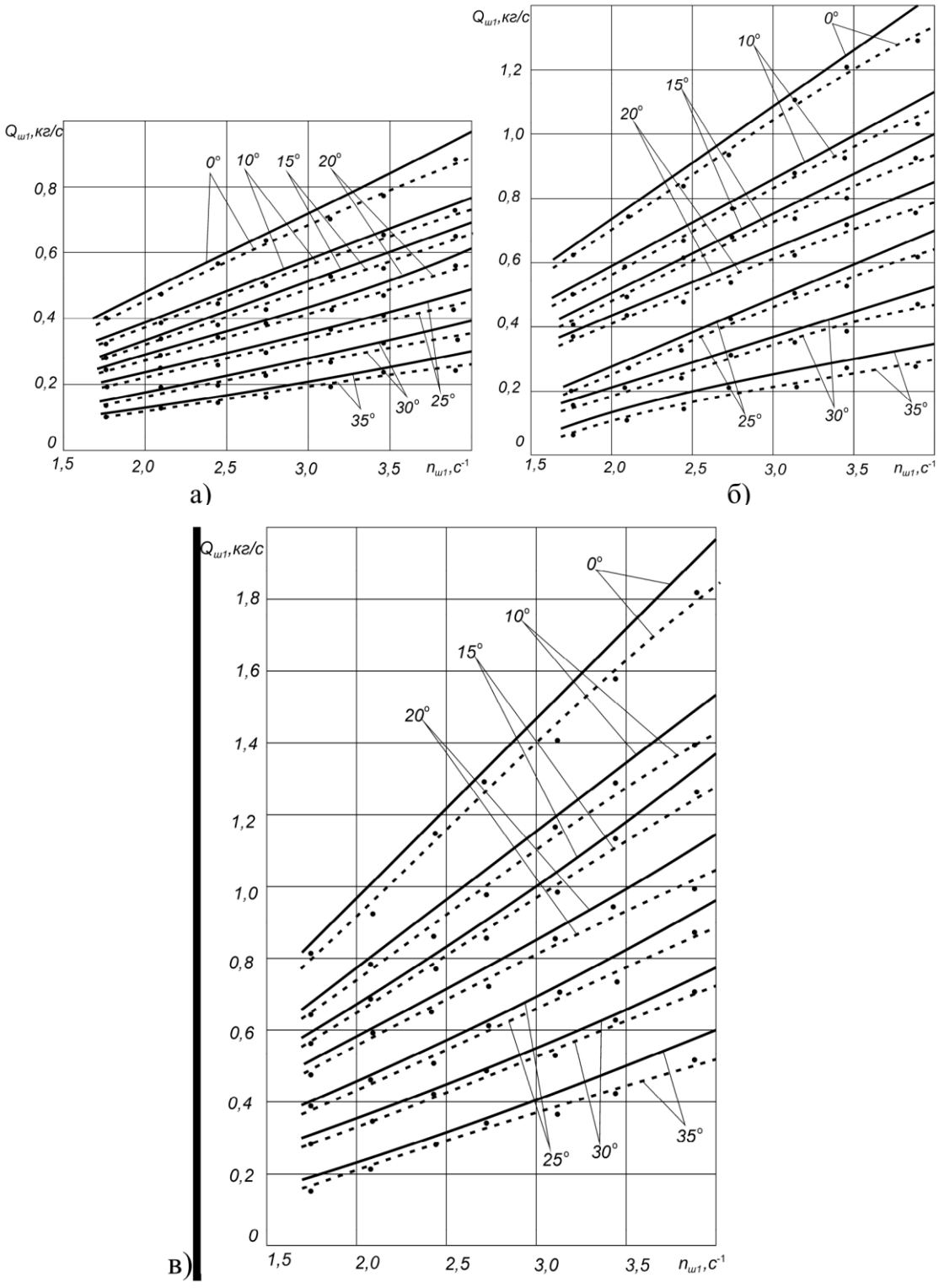


Рисунок 2.7 – Зміна подачі ($Q_{ш1}$) від частоти обертання шнека за різних кутів установки корпусу від 0 до 35^0:

а) – відношення діаметра до кроку витка 0,4; б) – відношення діаметра до кроку витка 0,6; в) – відношення діаметра до кроку витка 0,8;

____ теоретичні дослідження; - - - експериментальні дослідження

Провівши аналіз рис. 2.7 можна зробити наступні висновки, що при зміні частоти обертання від 2,0 $с^{-1}$ до 4,0 $с^{-1}$ спостерігається зростання подачі від 0,18 до 1,9 кг/с, при цьому зі зменшенням величини кута нахилу до горизонту змішувача подача зростає. Інтенсивне зниження подачі при збільшенні кута нахилу корпусу змішувача до горизонту спостерігається при співвідношенні кроку до діаметра шнека 0,8 і більше. Це пов'язано зі зниженням транспортуючої здатності шнека.

На рис. 2.8 показані графіки зміни потужності на привід шнека від частоти його обертання.

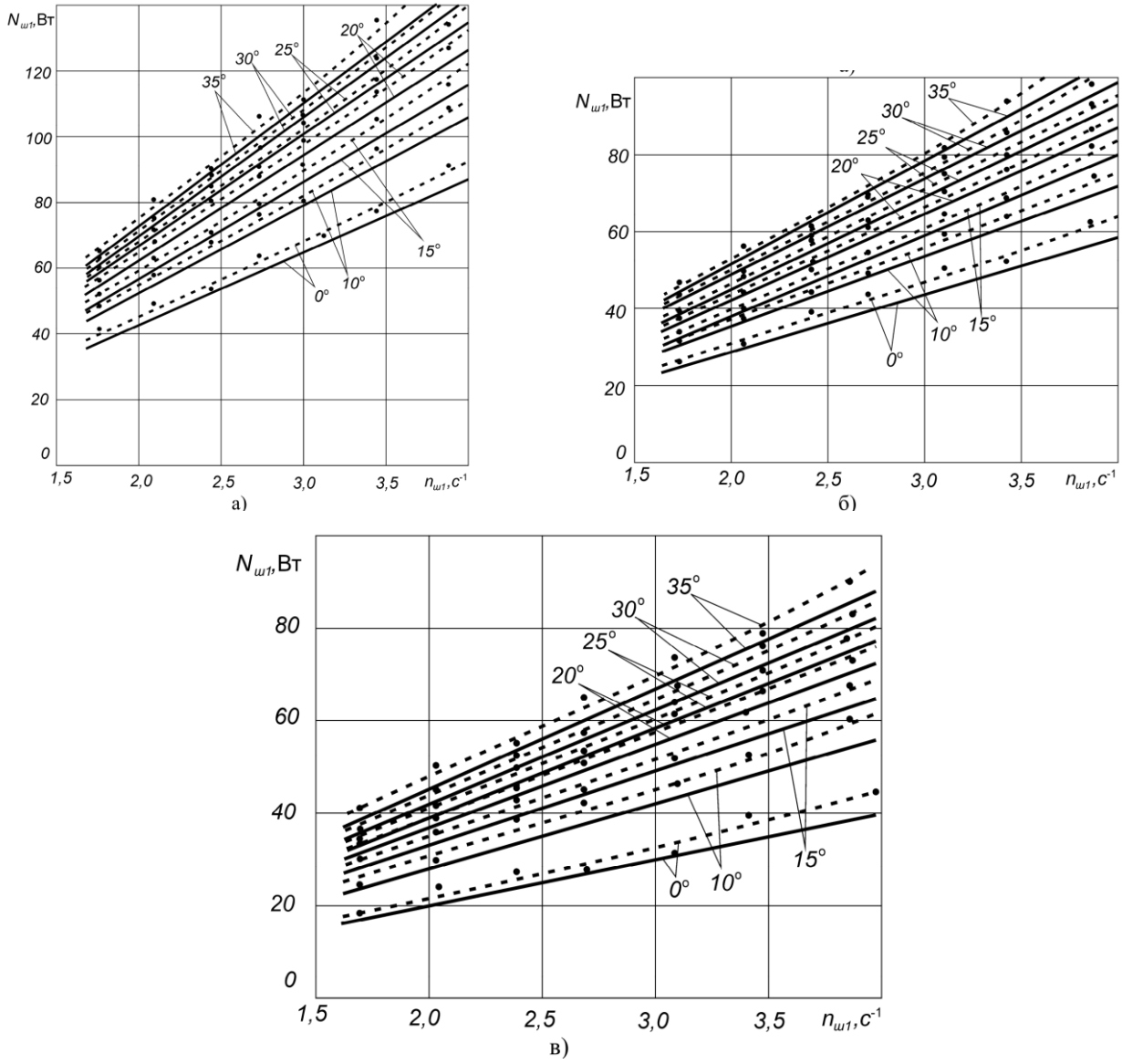


Рисунок 2.8 – Графіки зміни потужності від частоти обертання шнека:

а) – відношення діаметра до кроку витка 0,4; б) – відношення діаметра до кроку витка 0,6; в) – відношення діаметра до кроку витка 0,8;
____ теоретичні дослідження; - - - експериментальні дослідження

Аналіз рисунка 2.8 показує, що із зміною частоти обертання шнека витрати потужності зростають лінійно.

При збільшенні кута підйому корпусу шнека до горизонту витрати потужності на привід також зростають. Мінімальне значення потужності дорівнює 17,21Вт (рис. 2.8, а) відповідає горизонтальному розташуванню корпусу шнека, відношенню кроку гвинта до діаметра 0,8 і частоті обертання робочого органу 1,73 $с^{-1}$. Максимальне значення потужності дорівнює 141,78Вт (рис. 2.8, в) при куті нахилу корпусу 35^0, відношення кроку гвинта до діаметру 0,4 та частоти обертання шнека 3,82 $с^{-1}$.

Більше значення потужності, необхідної на привід шнека, пояснюється високими витратами енергії на тертя корму об витки шнека (кількість міжвиткових комірок на одиницю довжини шнека збільшується), силами внутрішнього тертя корму при його переміщенні в міжвитковому просторі, а також додатковою роботою на підйом продукту.

Висновки по розділу

Отже, нами наведено схему пропонованого шнекового змішувача сухих розсипних кормів з активним каналом зворотного ходу та обгрунтовано параметри його роботи.

Дослідження впливу конструктивних параметрів бункера на процес змішування корму показали, що із збільшенням величини відкриття заслінки від 5 до 25 см відбувається лінійне зростання подачі від 0,63 до 17,79 кг/с при кутах нахилу бункера до горизонту від 0 до 30^0.

Більше значення потужності, необхідної на привід шнека, пояснюється високими витратами енергії на тертя корму об витки шнека та силами внутрішнього тертя корму при його переміщенні в міжвитковому просторі, а також додатковою роботою на підйом продукту.

РОЗДІЛ 3
ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Організація охорони праці у фермерському господарстві

Організація охорони праці у фермерському господарстві регламентується Законом України «Про охорону праці» [6].

Обов’язки та права з охорони праці посадових осіб у господарстві визначені Положенням з організації роботи по охороні праці.

Всі заходи, пов’язані з охороною праці, проводить керівник господарства у відповідності з трудовим законодавством та «Законом про охорону праці» [6]. На нього покладається відповідальність за стан охорони праці. Він, керуючись законодавчими нормативними актами, наказами і розпорядженнями вище стоячих органів, забезпечує:

- створення безпечних умов праці на робочих місцях;
- дотримання діючих стандартів, правил і норм з охорони праці та протипожежного захисту;
- створення служби з охорони праці е відповідності з типовими штатами і штатними нормативами;
- перевірку стану охорони праці на виробничих об’єктах;
- планування і фінансування заходів по оздоровленню й медичному обслуговуванню працівників.

Враховуючи те, що у фермерському господарстві не значна кількість робітників, обов’язки інженера по охороні праці покладені на інженера з експлуатації.

Він проводить свою роботу за планом, затвердженим керівником господарства, вирішує всі питання, пов’язані з охороною праці, з іншими фахівцями. Він займається роботою по створенню здорових і безпечних умов праці, попередженню травматизму і нещасних випадків на виробництві.

Керівники виробничих підрозділів, безпосередньо приймають участь у розробці та виконанні заходів з покращення умов безпечності праці,

безаварійному використанню транспорту, в проведенні паспортизації санітарно-технічного стану відділень, виробничих дільниць. До обов'язків відносяться також: проведення інструктажів на робочих місцях, оформлення допусків до самостійної роботи, ведення журналів та інструктажів, контроль за дотриманням інструкцій з охорони праці, правил виробничої санітарії, трудової й технологічної дисципліни, участь у розслідуванні обставин і причин нещасних випадків на виробництві й розробці типових заходів по їх усуненню.

3.2 Заходи з охорони праці під час роботи із змішувачем кормів

Зростання технічної оснащеності, енергоозброєності, хімізації на виробничих підрозділах фермерських господарств висувають все більш високі вимоги до організації охорони праці, виконанню норм і правил по охороні праці, покращенню умов праці.

Актуальність цих питань стає ще більшою нас сьогодні. Останнім часом необхідно не тільки обмежуватись впровадженням передових методів роботи, а й забезпечувати необхідні вимоги з техніки безпеки.

Під час роботи із змішувачем кормів потрібно дотримуватися таких заходів з охорони праці:

- працювати в спецодязі, взутті та інших засобах індивідуального захисту;
- на робочих місцях встановити дерев'яні решітки;
- систематично очищати від виробничих матеріалів виробничу територію і приміщення;
- обладнання і приміщення тримати в чистоті;
- підтримувати у справному стані електророзрядники, заземлюючі пристрої та захисні кожухи;
- виконувати вимоги інструкції з пожежної безпеки під час роботи на технологічному обладнанні;
- виконувати тільки ту роботу яка доручена, на робочому місці не повинно бути сторонніх осіб;
- машини та механізм, що рухаються повинні огородити кожухами;

– перевірити надійність кріплення машин, обладнання, захисних кожухів і огорож, заземлення приводних частин (пасів, ланцюгів, валів, шестерні, муфт) кришок, затворів;

– впевнитися у відсутності сторонніх предметів на подавальних транспортерах, в бункерах;

– прибирання подрібненої маси від січкарні проводити тільки дерев’яним інвентарем;

– перед запарюванням кормів у варильних котлах і запарниках-змішувачах слідкувати за водоміром, манометром і термометром впевнитись в їх справності.

Висновки по розділу

Отже, в розділі охорони праці приведені правила з охорони праці під час роботи із змішувачем кормів, дотримання яких дає можливість запобігти виникненню аварій на робочому місці та відповідно травмування працюючого персоналу.

РОЗДІЛ 4
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ

Розрахунки економічної ефективності застосування шнекового змішувача з активним каналом зворотного ходу для приготування сухих розсипних кормів проводилися за відповідною методикою наведеною в [9].

Вихідними даними для розрахунку були показники, що наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Дані для розрахунку економічної ефективності

№ п/п	Найменування показників	Базовий варіант	Новий варіант
1.	Ціна 1 кВт·год. електроенергії, грн.	4,32	4,32
2.	Балансова вартість, грн.	99960	49709
3.	Річна завантаження, год.	2190	2190
4.	Обслуговуючий персонал, чол.	1	1

Ми визначали економічний ефект від зниження експлуатаційних витрат, різниці вартості та продуктивності. Питомі приведені витрати на 1 т. змішаного корму $ПВ_п$, грн./т., визначалися за виразом:

$$ПВ_п=Е_{вп}+КВ_п \cdot Е_н, \quad (4.1)$$

де $Е_{вп}$ – питомі прямі експлуатаційні витрати, грн./т; $КВ_п$ – питомі капітальні вкладення, грн../т; $Е_н$ – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, ($Е_н = 0,1$).

Витрати на технічне обслуговування та поточний ремонт за нормативами відрахувань від балансової вартості ціни машини $В_{ТО}$ та $_{ПР}$, грн./т., визначалися за формулою:

$$В_{ТО\ і\ ПР}=\frac{Б \cdot к}{Q_г \cdot T_г}, \quad (4.2)$$

де $Б$ –вартість машини, що є балансовою, грн.; $к$ – коефіцієнт відрахувань на техобслуговування та поточний ремонт.

Річний економічний ефект $Е_р$, грн. розраховувався за формулою:

$$Е_р=Н_р(ПВ_{п\ б} – ПВ_{п\ н}), \quad (4.3)$$

де $H_р$ – напрацювання нової машини за рік, т; $ПВ_{п\ б}$ – приведені витрати базової машини, грн./т; $ПВ_{п\ н}$ – приведені витрати нової машини, грн./т.

Економічний ефект використання нової машини за весь термін визначався за виразом [9]:

$$E_{ВТ} = \frac{E_р}{\kappa_A + E_H}, \tag{4.4}$$

Термін окупності $T_О$, років, нової машини розраховувався за такою формулою:

$$T_О = \frac{Б}{E_Р}, \tag{4.5}$$

Результати розрахунків економічної ефективності використання змішувального пристрою занесено в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати розрахунків експлуатаційно-економічних показників використання змішувального пристрою

№ п/п	Найменування показників	Базовий варіант	Новий варіант	Відхилення, %
1.	Витрати на оплату праці, грн./т	221,40	201,27	-9,1
2.	Витрати електроенергію, грн./т	7,95	6,84	-13,65
3.	Витрати на техобслуговування та поточний ремонт, грн./т	14,37	7,38	-48,60
4.	Витрати на амортизацію, грн./т	9,93	5,13	-48,30
5.	Питомі прямі експлуатаційні витрати, грн./т	253,65	220,62	-13,01
6.	Питомі капітальні вкладення, грн./т	261,69	224,76	-14,10
7.	Річний економічний ефект, грн.	-	80876,70	-
8.	Термін окупності, років	-	0,47	-

Висновки по розділу

Таким чином, розрахунки експлуатаційно-економічних показників показали, що впровадження у виробництво та використання нового проекту є економічно вигідним, так як річний економічний ефект становить 80876,70 грн., а термін окупності майже один рік.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

За результатами досліджень можна зробити наступні загальні висновки:

Проведено огляд конструкцій технічних засобів для змішування сухих розсипних кормів та визначено доцільність удосконалення шнекового змішувача кормів.

Запропонована конструктивно-технологічна схема шнекового змішувача сухих розсипних концентрованих кормів з активним каналом зворотного ходу та обгрунтовано параметри його роботи.

Пропонована конструктивно-технологічна схема шнекового змішувача дає можливість активізувати процес взаємопроникнення компонентів кормової суміші в результаті поділу та з'єднання потоків кормової суміші на ділянці пересипання.

За теоретичними дослідженнями отримані аналітичні залежності визначення корисного об'єму змішувача та його продуктивності.

За експериментальними дослідженнями пропонованого змішувача визначено, що:

- за зміни частоти обертання шнека від 2,0 $с^{-1}$ до 4,0 $с^{-1}$ відбувається зростання подачі від 0,18 до 1,9 кг/с лінійно, при цьому зі зменшенням величини кута нахилу корпусу змішувача до горизонту подача зростає. Інтенсивне зниження подачі при збільшенні кута нахилу корпусу змішувача до горизонту спостерігається при співвідношенні кроку до діаметра шнека 0,8 і більше.

- мінімальне значення потужності, що дорівнює 17,21Вт відповідає горизонтальному розташуванню корпусу шнека, відношенню кроку гвинта до горизонту 0,8 та частоті обертання робочого органу 1,73 $с^{-1}$ (подача складає 0,1 кг/с). Максимальне значення потужності дорівнює 141,78Вт при куті нахилу корпусу 30^0, відношенні кроку гвинта до діаметра 0,4 і частоті обертання шнека 3,82 $с^{-1}$ подача становить 1,85 кг/с).

Проведено техніко-економічну оцінку проекту, яка показала, що пропоноване нове технічне рішення є економічно вигідним, а термін окупності становить близько 1 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ведищев С.М. Дослідження впливу конструктивно-режимних параметрів змішувача на його показники. Наука і освіта. 2021. 2-2(63). Ч 2. С.65-72.

2. Вертикальні лопатеві змішувачі серії «ВЛС». URL: http://www.jasko.ru/jasko/katalog/pererabotka/smesitel/vls.html. (Дата звернення: 12.03.2025).

3. Горшков П.С. Методика розрахунку поздовжньої швидкості циркуляції сипучого матеріалу в спіральному лопатевому змішувачі. Київ. 2012. №4. С. 88.

4. Гришков Є.Є. Шнеково-лопатевий змішувач для приготування кормів. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2013. № 6. С.11-12.

5. Журнал «Зернові продукти і комбікорми». URL: https://grain-feed.ontu.edu.ua/uk/site/page/journal. (Дата звернення: 12.03.2025).

6. Закон України «Про охорону праці». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text. (Дата звернення: 02.02.2025).

7. Машини та обладнання для приготування комбікормів. URL: https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1215-mashyny-ta-obladnannia-dlia-pryhotuvannia-kombikormiv.html. (Дата звернення: 02.03.2025).

8. Пушка О.С., Войтік А.В., Ковальчук Ю.О. Інструктивно-методичні матеріали до виконання дипломних проектів студентами спеціальності 208 «Агроінженерія» першого освітнього рівня (бакалаврського). Умань : УНУС, 2020. 27 с.

9. Техніка сільськогосподарська. Методи економічної оцінки. ГОСТ 23728-88, ГОСТ 23730-88.

10. Основи балансу в раціоні корів. URL: https://agro-business.com.ua/agro/suchasne-tvarynnytstvo/item/8026-osnovy-balansu-v-ratsioni-koriv.html. (Дата звернення: 02.03.2025).

11. Paue E. Atiemo V., Kresta S. Handbook of Industial Mixing. *Science and Practice*. 2003. P. 1448.