

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему:

**“Дослідження конструктивних параметрів змішувача зернової  
сировини ”**

Виконав: студент VI курсу, групи Маш-61

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування  
(шифр і назва)

Назар ПАНАХИД  
(Ім'я та прізвище)

Керівник: к.т.н. доцент Руслан ГУМЕНЮК  
(Ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри \_\_\_\_\_

(підпис)

д.т.н., професор Власовець В.М.

“28” квітня 2023 р.

**ЗАВДАННЯ**

на кваліфікаційну роботу студенту  
Панахиду Назарію Тарасовичу

1. Тема роботи: «Дослідження конструктивних параметрів змішувача зернової сировини»

Керівник роботи: Гуменюк Руслан Васильович, к.т.н., доцент

Затверджена наказом по університету від 28.04.2023 року № 133/к-с

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 15.01.2024 року

3. Вихідні дані: Літературні джерела за тематикою кваліфікаційної роботи відомих технологічних процесів виробництва та розрахунків технологічного обладнання; Матеріали навчальної, методичної довідкової та наукової літератури; Методики визначення економічної ефективності впровадження нового технологічного рішення.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

1. Стан питання, літературно-патентний пошук;

2. Теоретичний аналіз процесу змішування і робочих органів машин;

3. Проектування і обґрунтування основних параметрів процесу і робочих органів машини;

4. Охорона праці та захист населення;

5. Економічна ефективність роботи;

Висновки і пропозиції;

Бібліографічний список.

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

Ілюстративний матеріал представити у вигляді презентації у застосунку Microsoft PowerPoint: класифікація змішувачів; типи місильних органів; огляд існуючих конструкцій змішувачів; патентний пошук змішувачів; аналіз конструкцій змішувачів на основі таблиці корисності; загальний вигляд змішувача з двома шнеками; залежність продуктивності змішувача від діаметра, довжини шнекового вала та їх кількості; залежність тривалості змішувача від частоти обертання шнекового вала і його діаметра; економічна ефективність запропонованого технічного рішення.

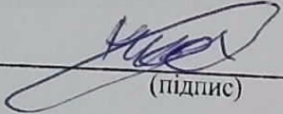
6. Консультанти розділів роботи

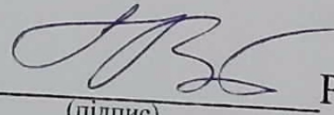
Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1,2,3,5	Гуменюк Р.В., к.т.н., доц. кафедри машинобудування	28.04.23 		Вик.
4	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			Вик.

7. Дата видачі завдання: 28.04.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1.	Виконання розділу: «Стан питання, літературно-патентний пошук»	28.04.23- 15.06.23	Вик.
2.	Виконання другого розділу: «Теоретичний аналіз процесу змішування і робочих органів машин»	16.06.23- 15.08.23	Вик.
3.	Виконання розділу: «Проектування і обґрунтування основних параметрів процесу і робочих органів машини»	16.08.23- 08.11.23	Вик.
4.	Виконання розділу: «Охорона праці та захист населення»	09.11.23- 11.12.23	Вик.
5.	Виконання розділу: «Економічна ефективність роботи»	12.12.23- 3.01.24	Вик.
6.	Завершення оформлення розрахунково- пояснювальної записки. Завершення роботи в цілому	4.01.24- 15.01.24	Вик.

Студент  Назарій ПАНАХИД  
(підпис)

Керівник роботи  Руслан ГУМЕНЮК  
(підпис)

## УДК 637.523.31

Дослідження конструктивних параметрів змішувача зернової сировини.

Панахид Н.Т. - Кваліфікаційна робота. Кафедра машинобудування. Дубляни, Львівський національний університет природокористування, 2024р.  
71 текст.част, 30 рис, 2 таблиці, 22 джерел інформації.

Для більш ефективного приготування зернових сумішей було детально проаналізовано обладнання для змішування зернової сировини. Метою цього аналізу є виявлення та оцінка таких параметрів, які залежать від: якості сировини, швидкості приготування, споживання енергії тощо. Для цього було проведено аналіз технологічних процесів змішування зернової сировини, дослідження конструктивних особливостей існуючих змішувачів з різними типами робочих органів.

При аналізі змішувачів за різними показниками встановлено, що найбільш ефективними є змішувачі зі шнековими робочими органами. На цій основі досліджено конструктивні параметри змішувача зернової сировини та проведено моделювання його технологічних параметрів.

Змодельовано заходи забезпечення виробничого травматизму та аварійних ситуацій під час роботи зі змішувачем. Розраховано очікуваний економічний ефект.

# Зміст

УДК

Вступ

1.	СТАН ПИТАННЯ, ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ПОШУК ....	9
1.1	Характеристика технологічного процесу виробництва зернових сумішей .....	9
1.2	Склад і аналіз існуючих рішень ПТЛ .....	11
1.3	Огляд існуючих конструкцій змішувачів кормів.....	16
1.4	Патентний пошук змішувачів кормів.....	24
1.5	Аналіз конструкцій на основі таблиці корисності.....	30
2.	ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ І РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН.....	32
2.1.	Теоретичний огляд технологічного процесу змішування.....	32
2.2	Класифікація робочих органів змішувачів.....	36
2.3	Теорія розрахунку робочих органів змішувачів.....	38
3.	ПРОЕКТУВАННЯ І ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ І РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИНИ....	42
3.1	Розробка теорії шнекового змішувача.....	42
3.2	Обґрунтування зв'язків між складовими параметрами змішувача.	44
3.3	Моделювання конструктивних та технологічних параметрів.....	45
4.	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ.....	50
5.	ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ.....	63
5.1	Визначення обсягу та структури витрат на виробництво продукції.....	63
5.2	Визначення рентабельності підприємства, цеху та строк окупності додаткових капіталовкладень .....	66
	ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ.....	68
	БІБЛЮГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	70

## ВСТУП

Машинобудування в Україні є однією з основних галузей машинобудівного комплексу. За загальною вартістю продукції посідає друге місце після металообробки, за чисельністю працівників — третє, за витратами на виробництво основних фондів — п'яте. Механічна галузь об'єднує 22 професійні галузі, у тому числі понад 35 основних. Загалом українське машинобудування виробляє понад 11 тис. найменувань продукції.

Основним напрямком роботи в машинобудівній галузі є перехід від виробництва окремих машин до розробки та виробництва машинних комплексів, агрегатів і поточкових ліній, якісно вирішуючи проблеми використання сировини, скорочуючи витрати при обробці, зберіганні та доставці продукції вимогливим споживачам.

Особливістю цієї галузі є висока міцність вироблених матеріалів. Тому в структурі собівартості цієї продукції виробнича сировина і матеріальні витрати становлять 80-90 %.

Враховуючи вищезазначені завдання, виробничо-технологічна база сучасної промисловості, крім розширення, потребує модернізації. Значну частину діючого обладнання складають застарілі машини та обладнання, які не відповідають сучасним вимогам. Низький рівень автоматизації та механізації призводить до скорочення кадрового потенціалу. За цим показником вітчизняна промисловість значно відстає від економічно розвинених країн світу.

У процесі розробки найбільший економічний ефект дає рішення про раціональне використання матеріалів і сировини, впровадження новітньої техніки і технологій. Важливим важелем інтенсифікації сучасної економіки є стрімке прискорення науково-технічного прогресу та впровадження нових поколінь техніки та новітніх технологій для забезпечення високої продуктивності праці та ефективності виробництва. Відтепер наша місія - використовувати новітні науково-технічні досягнення для забезпечення найвищого рівня технологічної трансформації національної економіки.

Основою технологічної трансформації машинобудування є наявність у країні розвиненого машинобудування. Особливо важливим завданням є серійне виробництво сучасного обладнання нового покоління, яке здатне експоненціально підвищити продуктивність праці та відкрити шлях до автоматизації всіх етапів технічних процесів.

Однією з основних причин такого відставання є низький рівень якості продукції. Нині в Україні налічується понад 18 тис. підприємств машинобудування. Тому підвищення концентрації виробництва машинобудування є одним із головних питань у цій галузі, що вирішує всі проблеми прискорення прогресу технології виробництва. Лише у великомасштабному виробництві правильна утилізація відходів і комплексне використання сировини, реалізація безвідходного виробництва та захист навколишнього середовища можуть бути економічно вигідними. Впровадити заходи технологічної трансформації переробних підприємств на базі сучасного обладнання для забезпечення комплексної якісної переробки сировини.

Сучасні дизайнери повинні рухатися вперед новими шляхами і не можуть задовольнятися тим, що шукають інші. При цьому при проектуванні нової техніки, що розробляється, слід орієнтуватися на впровадження нових методів обробки оснастки: електромагнітних полів і ультразвукових хвиль, струмів високої частоти, інфрачервоного випромінювання, високої напруги і розрідженості та ін.

Метою технічного прогресу в машинобудуванні є перехід до розвитку автоматизованих, комплексно-механізованих автоматів підприємств, оснащених високопродуктивним обладнанням і програмним забезпеченням управління. Це дає змогу забезпечити підвищення продуктивності праці в три-чотири рази вище нинішнього рівня.

Міжнародна кооперація стала дієвим чинником науково-технічного прогресу машинобудування. Україна отримала з-за кордону значну кількість одиниць обладнання для різних галузей промисловості. А експортуємо ми досить малу кількість техніки. Це відіграє негативну роль у виконанні

модернізаційних вимог національної економіки та підвищенні сучасного технічного рівня техніки.

Мета роботи.

Для підвищення ефективності технологічного процесу змішування зернової сировини дослідити конструктивні та технологічні параметри змішувача.

Завдання роботи.

1. Провести теоретичний аналіз процесу змішування зернової сировини;
2. Визначити сучасні тенденції модернізації та проектування змішувального обладнання;
3. Провести моделювання технологічних та конструктивних параметрів змішувача;
4. Вивчити заходи забезпечення техніки безпеки та охорони довкілля.
5. Розрахувати очікуваний економічний ефект.



# 1. СТАН ПИТАННЯ, ЛІТЕРАТУРНО-ПАТЕНТНИЙ ПОШУК

## 1.1 Характеристика технологічного процесу виробництва зернових сумішей

Машина, що використовуються на комбікормових підприємствах для змішування зерна та інших продуктів, називаються змішувачами. Змішування зернової сировини проводять для:

- Інтенсифікація хімічних або термічних процесів;
- Виготовлення різних партій;
- Надання кінцевому продукту певної консистенції;
- Рівномірного змішування або розподіл однієї сировини по всьому об'єму іншої сировини;
- Розбиття згустків сировини тощо.

Виконати процес змішування можна:

- 1) За допомогою людської праці;
- 2) За допомогою додаткового переміщення і обертання перемішуваної сировини (механічне перемішування);
- 3) За допомогою стисненого повітря і пари (бульбашки);

Змішування може бути самостійним процесом або супроводжувати основний процес.

Конструкція змішувача і робочого механізму залежить від: виду змішуваних речовин, мети процесу, об'єму змішувального бункера.

Змішувач відкритий, якщо змішані речовини можуть контактувати з повітрям і аерація не відбувається. Додатково змішувач закривають і перемішування проводять під вакуумом або тиском.

Механічне перемішування — це перемішування в змішувачі за допомогою рухомого робочого органу або за рахунок руху переміщеної маси. Об'єкти, які можна змішувати, можуть бути в пастоподібному, рідкому, мазевому або сипучому стані, і від цього стану залежить конструкція, кількість обертів робочого механізму і потужність двигуна машини.

Рідини мають меншу в'язкість: пасти мають вищу в'язкість (порівняно з рідинами). Пухке тіло - це набір твердих, дрібних, однорідних частин, які не зчеплені між собою і не відчують розтягування. Пастоподібний об'єкт має значну адгезію та відчувається легке розтягування.

Адгезія залежить від типу об'єкта, його структури, температури, фізичних і хімічних процесів, що відбуваються в ньому. Величезний вплив на адгезію має кількість води, при повільному додаванні адгезія спочатку збільшується, а потім зменшується. При миттєвому додаванні води до сировини сила зчеплення спочатку різко зменшується, а потім різко зростає. Підвищений тиск призводить до збільшення адгезії.

Чим більша адгезія речовини, тим більший опір перемішуванню рухомого тіла або тіла, що обертається. Великий пасивний опір вимагає більшого робочого тіла, тому змішувач для паст і сипучих тіл буде важчим і більшим, ніж змішувач для рідин.

У найпростішому розумінні змішування - це процес рівномірного розподілу різних компонентів (речовин) в основній масі тіла шляхом переміщення різних шарів цієї маси.

Ці операції виконуються досить швидко. Наприклад, під час перемішування зерна робота змішувача триває всього 3-4 хвилини. Процеси, пов'язані зі змішуванням сировини, екстракцією тощо, тривають довше, але в цьому випадку змішування також скорочує тривалість процесу. Наприклад, змішування в змішувачі зі спіральними лопатями ( $n=38$  і  $n-1=46$  об/хв) займає всього 25 хвилин, а в лопатевому ( $n=17 - 21$  об/хв) — 85-95 хвилин. Відомо лише те, що зі збільшенням кількості обертів робочого механізму машини процес прискорюється, але зростають і питомі витрати енергії.

Мішалки для механічного перемішування мають горизонтально та вертикально розташовані робочі органи (лопати), які обертаються відповідно в горизонтальній або вертикальній площині.

За формою і конструкцією робочого органу лопаті змішувача бувають прямі, похилі, спіральні, якірні, овальні або шнекові.

Конфігурація і кількість обертів робочого механізму залежать від:

- стану суміші;
- специфікації процесу змішування;
- розміру бака та робочих органів.

При змішуванні щільних матеріалів використовувати похилі, спіралеподібні, овальні лопаті зі швидкістю обертання 20-60 об/хв або використовувати кулачкові лопаті зі швидкістю обертання  $n=15-20$  об/хв, при змішуванні сипучих матеріалів  $n=15 - 45$  об/хв.

Для змішування пасти та в'язких тіл використовують прямі лопаті та похилі лопаті при  $n=30-60$  об/хв або використовують лопаті пропелера при  $n=100-400$  об/хв. Для змішування рідин використовуються прямі пропелерні ( $n=50 - 200$  об/хв) або пропелерні ( $n=400 - 1000$  об/хв) лопаті. Чим менший зовнішній діаметр гвинта, тим більша кількість обертів.

## 1.2 Склад і аналіз існуючих рішень ПТЛ

Підприємства з приготування кормів, які окремо готують корми та інгредієнти кормосуміші перед згодовуванням, називаються комбікормовими заводами, а підприємства, що використовують попередньо підготовлені інгредієнти, — кормозмішувальними заводами.

Компанії з виробництва кормів можна розділити на такі три категорії:

- приготування кормових сумішей з різних сировинних компонентів без термічної, хімічної та біологічної обробки;
- приготування кормів шляхом термічної обробки окремих або всіх інгредієнтів;
- готування кормів за допомогою хімічних методів обробки кормів, при нормальній температурі, ультрафіолетових променях або інших вільних радикалів.

Принцип роботи комбікормової установки визначається конструктивно-функціональними характеристиками основної машини — змішувача, що визначає її продуктивність, і її можна розділити на безперервну і періодичну.

Комбікормові заводи зі змішувачами періодичної дії застосовують, коли необхідна термічна обробка кормових сумішей або окремих кормів.

Відгодівельні майданчики мають певну кількість потоково-технічних ліній (ПТЛ), які відповідають кормовій базі господарства і зазвичай відповідають кількості кормів у раціоні. Деякі корми можна згодовувати окремо.

Найпоширенішими ПТЛ у комбікормових цехах є: солома, підготовка коренеплодів, згодовування комбікормів, силосу, сінокормів, меляси, трав'яного борошна, жому, внесення хімічних і поживних добавок, змішування та роздача кормових сумішей.

Кожна виробнича лінія може базуватися на великій кількості технічних варіантів і повних комплектів технічного обладнання.

Для приготування корму використовується найбільша кількість різноманітних технологій. Більшість цих технологій розроблено, щоб допомогти тваринам ефективніше засвоювати поживні речовини (вуглеводи, білки) із соломи.

Як правило, зерно, вітаміни і мікроелементи згодовують тваринам у складі комбікорму.

У комбікормових магазинах є десятки типових проектів, що адаптуються до різних умов розведення та забезпечують приготування кормових сумішей з різною ефективністю. Найвищі витрати на одиницю приготування корму мали комбікормові заводи, обладнані змішувачами періодичної дії, а найменші – комбікормові заводи, обладнані мобільними змішувачами-дозаторами. Варіанти конструктивних і технічних рішень наведені на рисунку 1.1.

Робоча техніка для приготування кормів використовується тільки в ПТЛ.

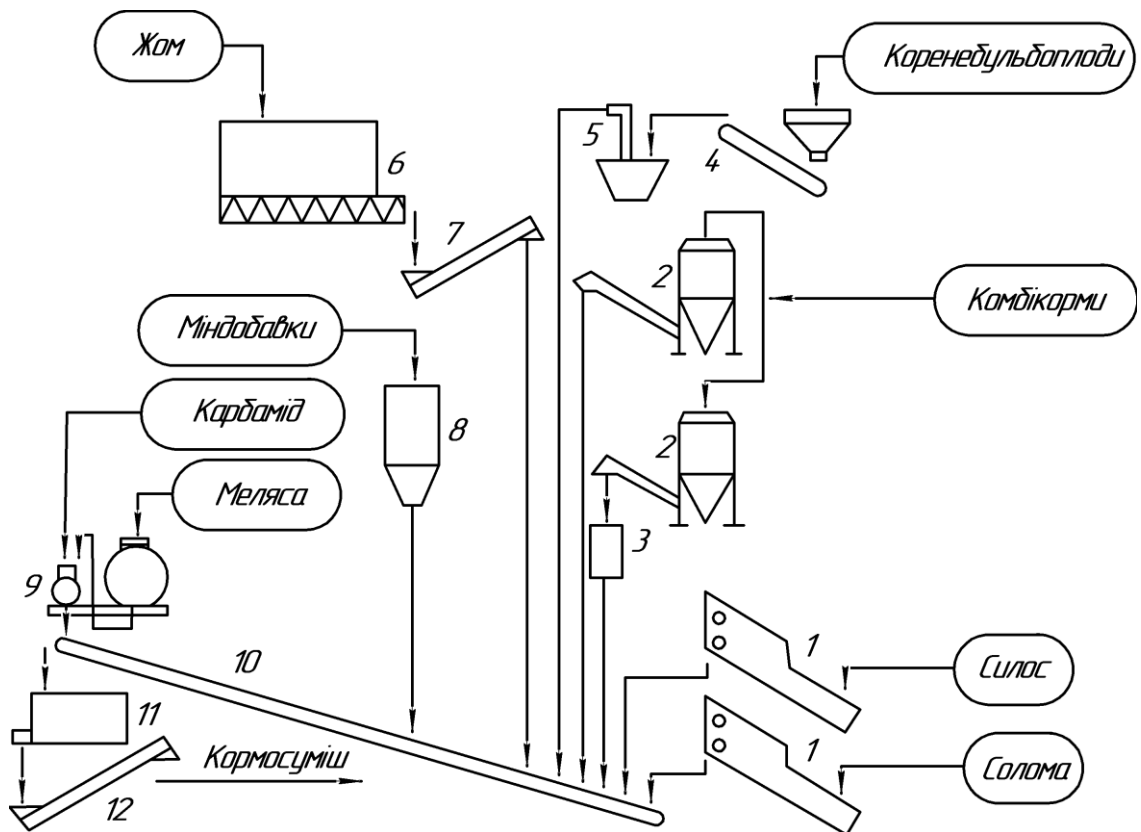


Рисунок 1.1 - Конструктивно-технологічна схема кормоцеху:

1 - живильник-дозатор кормів; 2 - бункер комбікорму; 3 - дозатор комбікорму; 4 - живильник зерна; 5 - мийка-подрібнювач зерна; 6 - бункер-дозатор зерна; 7 - транспортер сипких матеріалів; 8 - дозатор преміксних добавок; 9 - змішувач м'яса з карбамідом; 10 - збірний транспортер сировини; 11 - змішувач безперервної дії зернової сировини; 12 - вивантажувальний транспортер готового продукту.

Технологічна виробнича лінія - це ряд технічних засобів, які розміщені послідовно вздовж руху продукту і мають необхідні інженерні комунікації та засоби.

Зазвичай дозатор і змішувач об'єднані в єдиний блок - дозатор-змішувач. Вони повинні запропонувати широкий діапазон коригувань для того, щоб готувати суміші відповідно до періоду виробництва та раціону групи тварин.



змішувачів використовуються мішалки. При цьому операції подрібнення та змішування поєднуються в одній машині. Це спрощує процес, а якість суміші відповідає тваринницьким вимогам.

У комбікормових заводах для безперервного приготування кормосумішей з використанням змішувачів-пульверизаторів, змішувачів безперервної дії необхідно забезпечувати одночасне і безперервне дозування всіх компонентів. Тільки в цьому випадку можна отримати однорідну кормову суміш, що відповідає технічним вимогам тварини.

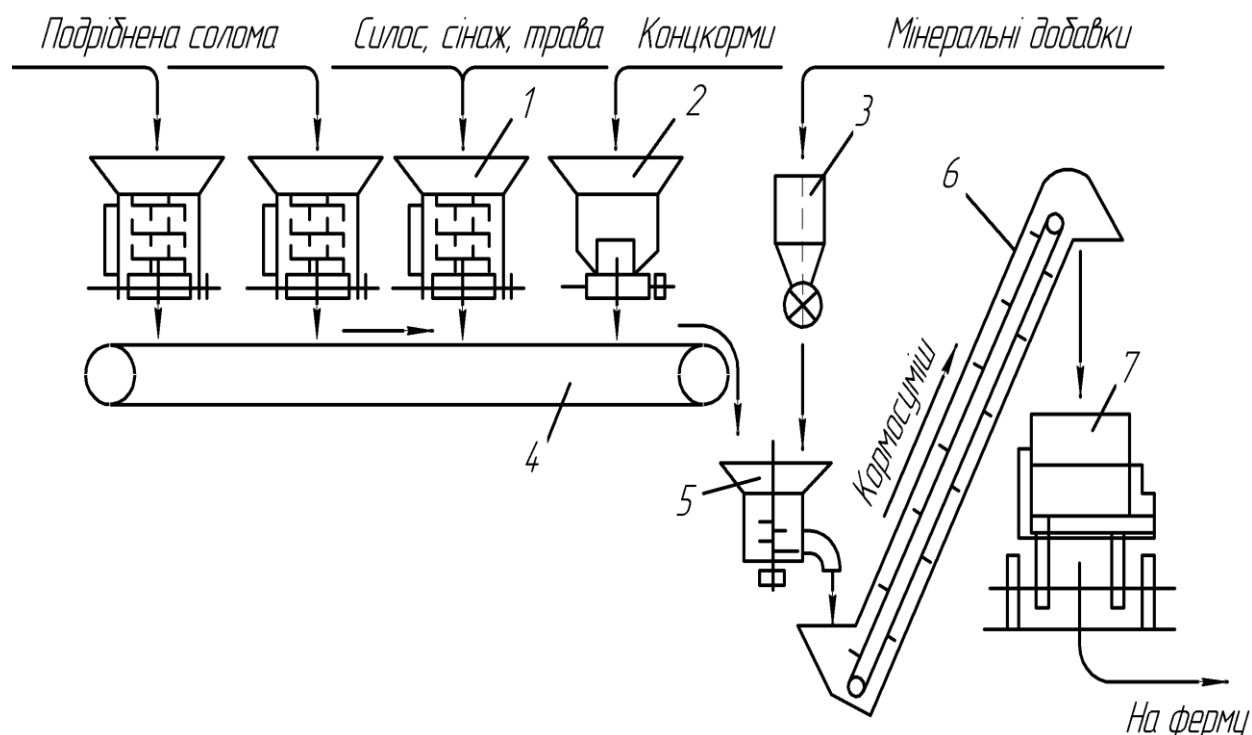


Рисунок 1.3 - Конструктивно-технологічна схема кормоцеху:

1 – бункери-дозатори сировини; 2 – бункер-дозатор концентрованих кормів; 3 – бункер-дозатор премісових добавок; 4 – збірний транспортер; 5 – змішувач; 6 – розвантажувальний транспортер; 7 – мобільний кормороздавач готового корму.

На рис. 1.3 над збірним конвеєром встановлюється силос-дозатор-розподільник для подрібненої соломи, силосу, концентрованих кормів і мінеральних добавок. При необхідності можна встановити розподільник для подрібнення коренеплодів. Основна кормова суміш вивантажується в мобільний роздавач. Щоб запобігти простою обладнання заводу, краще мати

не менше двох точок вивантаження готової суміші від подрібнювача до мобільного кормороздавача.

Недоліком цього рішення комбікормового заводу з встановленням змішувача та подрібнювача в кінці збірного конвеєра або в іншому місці є високе енергоспоживання.

### 1.3 Огляд існуючих конструкцій змішувачів кормів

У тваринництві тип і пристрій робочого механізму змішувача такий, як показано на рис. 1.4.

Змішування - це процес пошарового проникнення сипучих компонентів сировини один в одного, що супроводжується рухом, падінням і зміщенням.

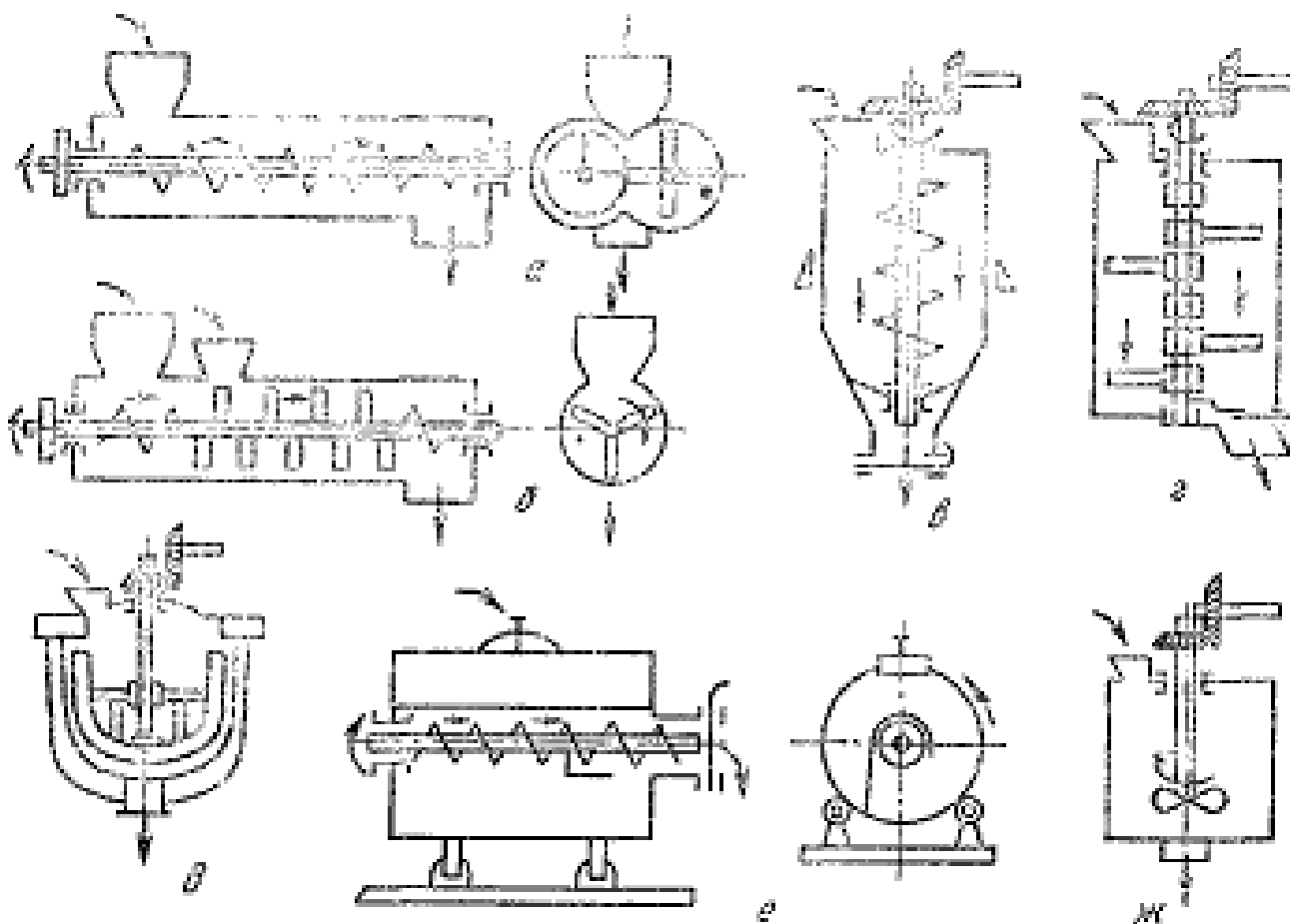


Рисунок 1.4 - Схеми змішувачів зерна

а – шнековий горизонтальний безперервної дії; б – шнеково-лопатевий горизонтальний безперервної дії; в – шнековий вертикальний періодичної дії;



г, д – лопатевий періодичної дії; е – барабанний періодичної дії; ж – гвинтовий безперервної дії.

На малих підприємствах ручне змішування використовується і сьогодні, подібно до змішування цементного розчину. Але переважна більшість кормів зазвичай змішується механічним способом.

Теоретично будь-яка машина змішає частини продукту разом. Однак частка однорідності цієї суміші невелика. Тому сучасна промисловість випускає спеціальні мішалки, що відрізняються типом робочого механізму, об'ємом змішувального бункера тощо.

Широка класифікація змішувачів, які використовуються в нашій промисловості, така.

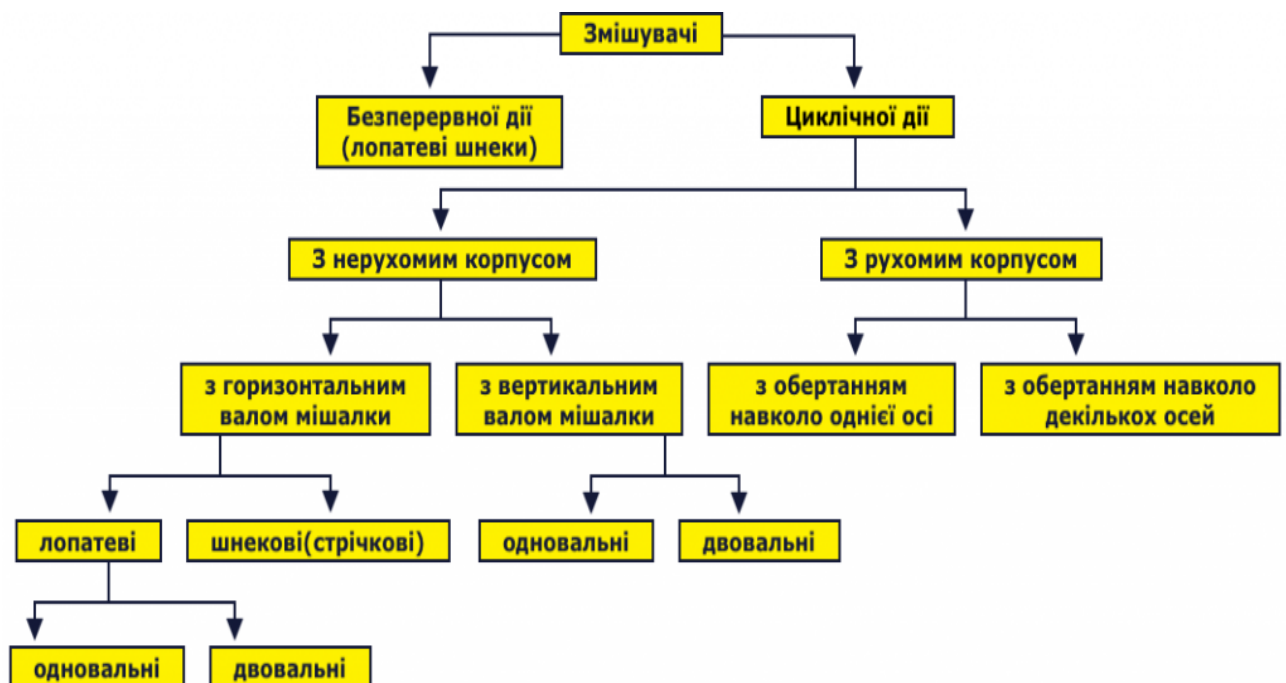


Рисунок 1.5 - Класифікація змішувачів зернової сировини

Вибираючи змішувач зернової сировини, слід керуватися такими критеріями:

- Однорідність готової суміші.
- Необхідний рівень заповнення змішувача.
- Відсутність «мертвих зон» при змішуванні.
- Псування сировини.

Розглянемо будову та принцип роботи шнекового змішувача, що використовується у виробництві кормів.

Змішувач із вертикально розташованим змішувальним гвинтом (рис. 1.6), принцип його роботи:

Гвинтовий конвеєр піднімає сировину знизу вгору, а матеріали сипляться вниз, завжди здійснюючи кругові рухи навколо шнекового конвеєра. До нижнього лотка додають компоненти для змішування.

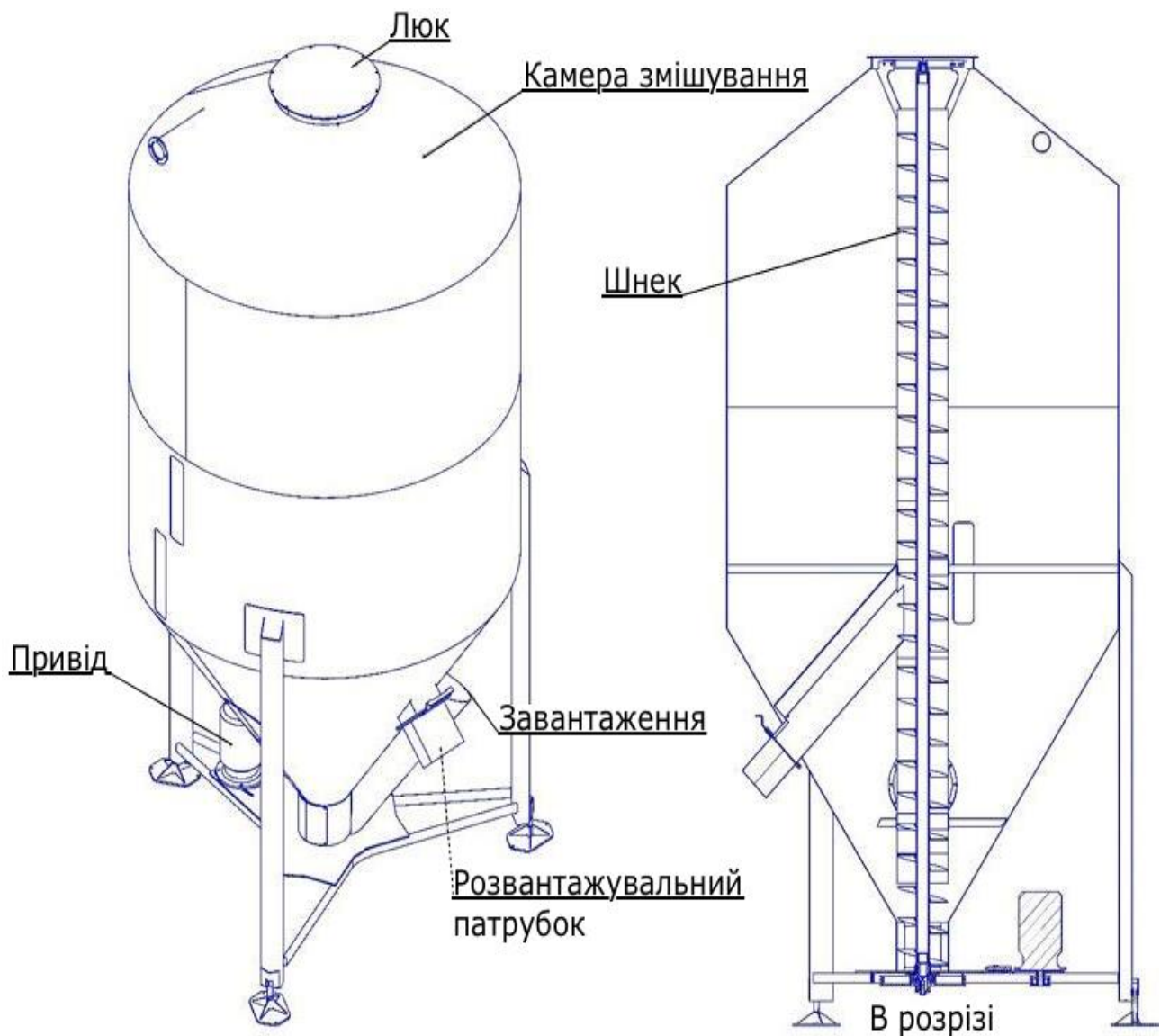


Рисунок 1.6 - Одновальний змішувач із вертикальним шнеком.

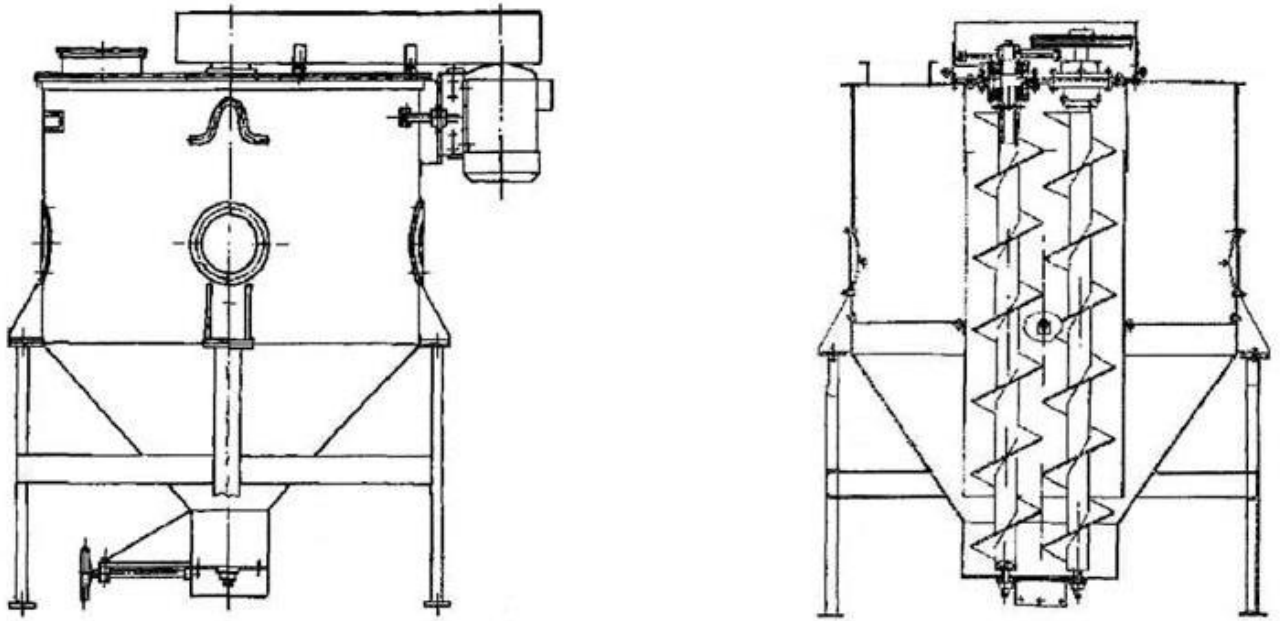


Рисунок 1.7 - Двовальний змішувач із вертикальним шнеком.

Переваги змішувача з вертикальним робочим механізмом:

- Дешева ціна;
- Простота монтажу за допомогою простої конструкції;
- Можливе повне виробництво в простих умовах підприємства.

Недоліки змішувачів з вертикальним механізмом роботи:

- Тривале перемішування і тривале вивантаження готової суміші;
- Погана однорідність змішування сировини;
- Труднощі в досягненні повного вивантаження сировини;
- Інгредієнти вязкого корму не можна змішувати більше ніж на 3%;
- Споживання енергії;
- Швидше зношуються витків вертикального гвинта.

Змішувач з горизонтально розташованим робочим механізмом - шнеком. Даний тип змішувача є найпопулярнішим і поширеним серед виробників кормів. Їх також називають: стрічковими, гвинтами проти течії та гвинтами з намотуванням.



Рисунок 1.8 - Стрічковий змішувач

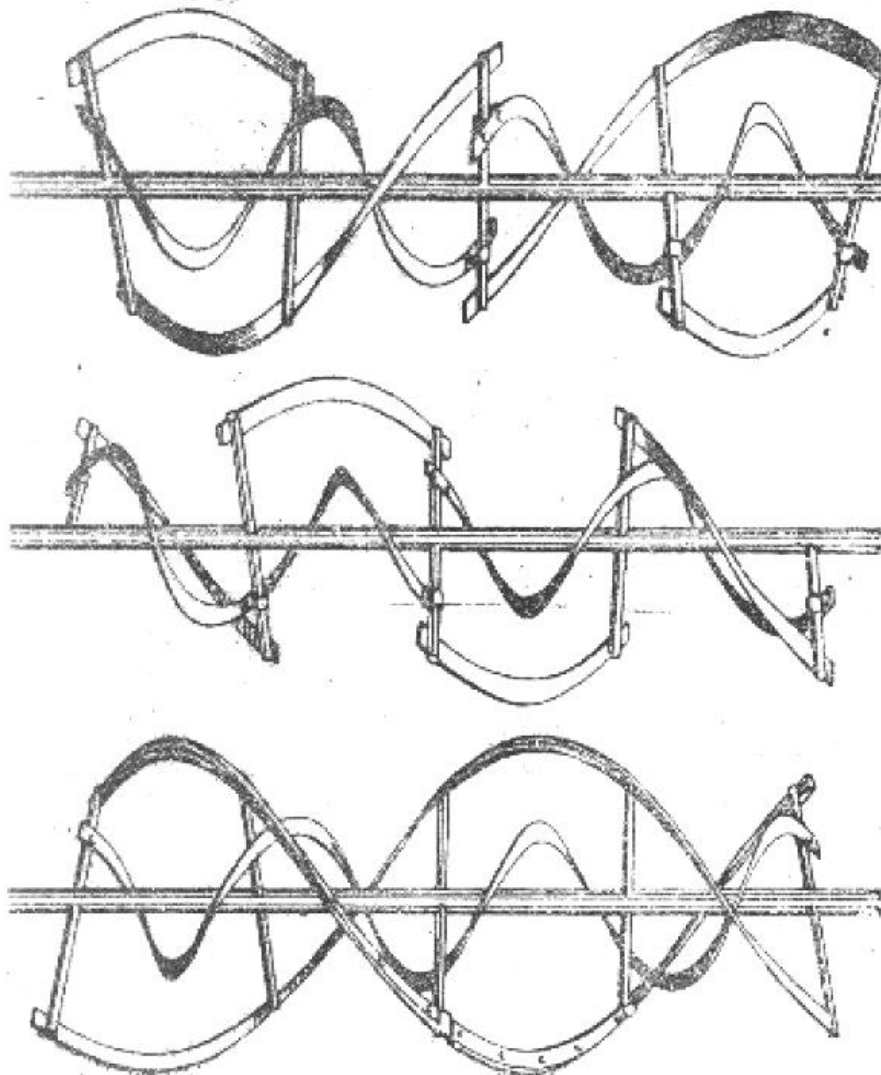


Рисунок 1.9 Деякі типи конструкції валів змішувача

Принцип роботи:

Зовнішня обмотка шнекового конвеєра переміщує сировину в одному напрямку, а внутрішня обмотка переміщує сировину в іншому напрямку. В результаті шари будуть проникати один в одного.

Ці змішувачі добре працюють, коли завантаження перевищує половину об'єму бункера (до рівня центральної осі). Якщо під час роботи сировина накопичується під стінкою.

Частота обертання шнека цих змішувачів становить приблизно 30 об/хв. Змішувачі цієї конструкції чутливі до продукту. Вони можуть мати до 5% доданого рідкого вмісту сировини. Оптимальний час змішування 5...8 хв.

Конструктивно змішувач може бути виконаний у вигляді циліндричного або П-подібного корпусу. За тих же умов U-подібний корпус може вмістити більше деталей і більш зручний для ремонту та обслуговування.

Часткове розвантаження відбувається переважно через нижнє вікно. Невеликі змішувачі можуть вивантажувати матеріали, повертаючи U-подібний бункер.

Видалення корму через вікно в нижній частині змішувача займає відносно багато часу та збільшує час циклу. У цьому випадку частина секції залишається внизу між стінкою корпусу і зовнішньою частиною шнека і може призвести до забруднення «сусідніх» рецептур. В цьому випадку при виборі змішувача необхідно звернути увагу на величину зазору між шнеком і корпусом.

Переваги горизонтального спірального змішувача:

- Рівномірність змішування сировини висока, до 95-96%;
- Задовільний час змішування;
- При заповненні більше половини об'єму бункера якість змішування висока;
- Не пошкоджується виріб;
- Допускається додавання до 5% рідини.

Недоліком такого змішування є ризик неповного вивантаження сировини.



Рисунок 1.10 – Вивантаження сировини зі змішувачів

Це новий тип змішувачів (їх називають змішувачами 4-го покоління), і можна сказати «нове — це старе, про яке забули». Хоча лопатеві змішувачі відомі давно, вони не забезпечували хорошої продуктивності та рівномірності змішування сировини через старі конструктивні недоліки. Згодом ці недоліки були усунені: вставлені широкі лопаті з регульованим положенням, збільшено число обертів шнека, вдосконалена форма корпусу змішувача і конструкція випускного вікна на корпусі.

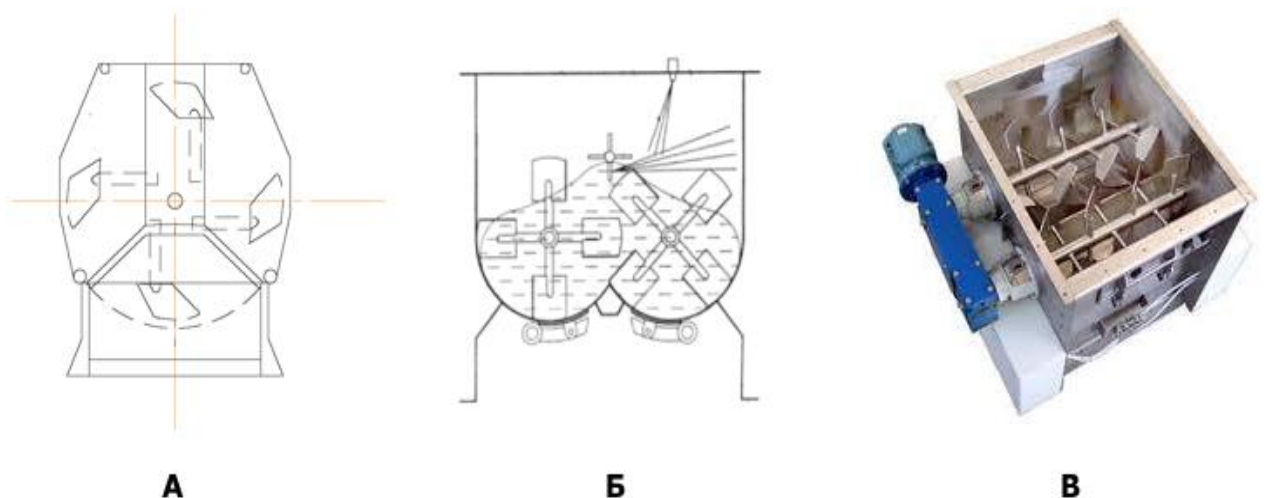


Рисунок 1.11 - Лопатеві змішувачі.

А – Одновальний; Б – Двовальний; В – Двовальний (вид зверху)

Принцип роботи лопатевого змішувача наступний:

Лопатки розташовані під кутом, спрямовані на підйом і видалення частини сировини. На зворотному боці лопатки утворюється щілина, яка негайно заповнюється частиною сировини з наступної лопатки. Завдяки овальним канавкам лопаті відведені на мінімальну відстань від корпусу змішувача, що виключає «низький рух» нижнього шару інгредієнтів.

Шнек обертається з частотою 110–160 об/хв. Краплеподібна форма корпусу змішувача та широка нижня кришка забезпечують повне спорожнення за лічені секунди.

Цей тип змішувача найбільш поширений на заводах преміксів. Іноді виробники готових комбікормів встановлюють їх у своїх приміщеннях. Це рішення не потребує тривалого циклу змішування та дає можливість підвищити продуктивність виробництва кормів.

Переваги цього типу лопатевого змішувача:

- Рівномірність змішування 98...99%;
- Час змішування 50-150 секунд;
- Допустимий рівень завантаження сировиною – 15-20% від об'єму;
- Дозволяє змішувати до 6% рідких інгредієнтів корму;
- Видалення майже повністю;

Недоліки лопатевих змішувачів:

- Відносно висока собівартість продукції;
- Виготовлені з чорних металів, корозійно впливають на матеріал;
- Виріб може бути незначно пошкоджений через високу швидкість обертання валу.

## 1.4 Патентний пошук змішувачів кормів

Патент № 3492 Змішувач для приготування кормів оснащений іригатором, паророзподільником, розвантажувальним шнеком і мішалкою в бункері.

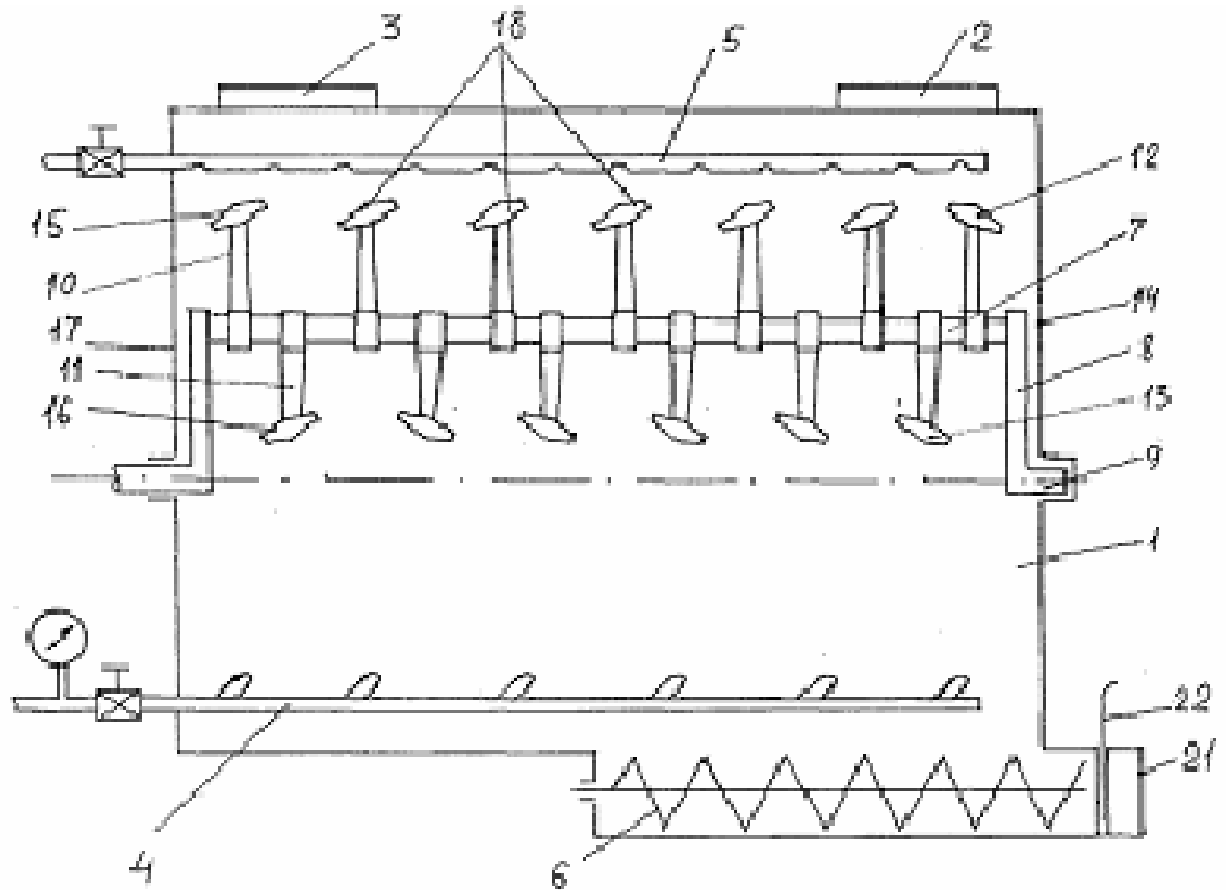
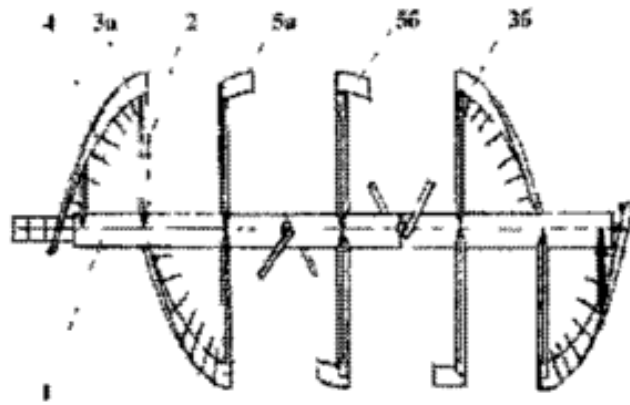


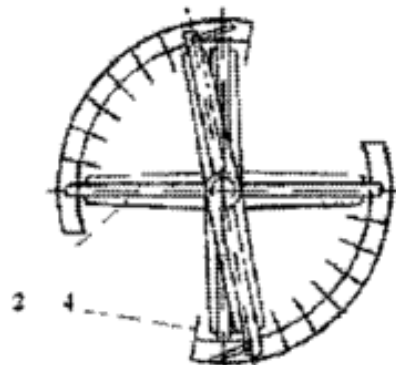
Рисунок 1.12 - Запарник-змішувач кормів

Він складається з вала з кривошипом, кронштейна і кронштейна з лопатями. Різниця полягає в кривошипі, валу і кронштейні розташовані в одній радіальній площині відносно осі обертання самого змішувача, кронштейні утворюють периферійний і внутрішній ряди, а лопаті на кожній парі крайніх (внутрішнього і периферійного) кронштейнів розташовані під кутом від торця стінки корпусу вздовж напрямку обертання осі, на кожній парі призначених кронштейнів лопаті знаходяться в протилежних напрямках.

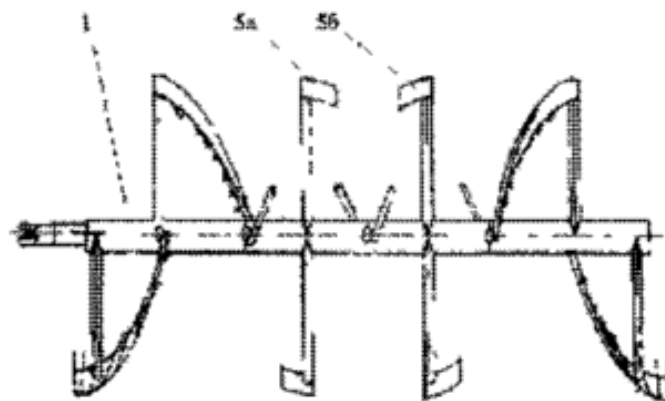




**Фіг. 1**



**Фіг. 2**



**Фіг. 3**

Рисунок 1.13 - Стрічково-лопатевий змішувач кормів

Патент № 46224. Стрічково-лопатевий змішувач для сипучих кормів містить раму, вал і віялоподібні спіральні лопаті, розташовані по осі змішувача, які відрізняються тим, що спіральні лопаті оснащені радіальними пальцями по всій внутрішній стінці. При цьому кут нахилу цих пальців відносно напрямку руху сировини більше кута тертя пальців об матеріал.

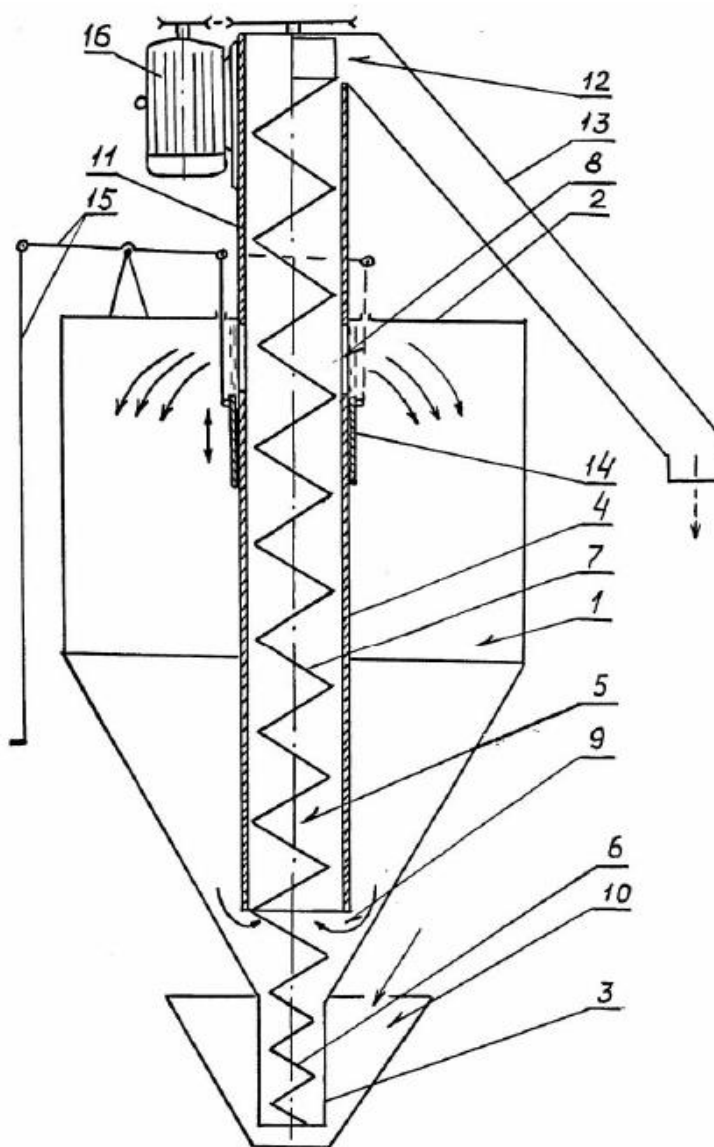
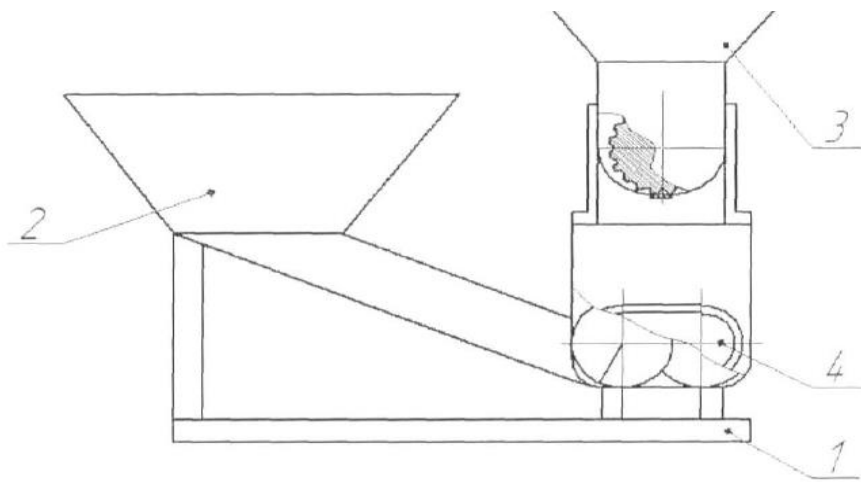


Рисунок 1.14 - Змішувач комбінованих кормів

Патент № 33427. Змішувач комбікормів містить камеру змішування, закриту зверху і забезпечену приймальним отвором, на камері змішування передбачені патрубок подачі сировини і двоступеневий шнековий конвеєр, нижня частина - частина з меншим діаметром і знаходиться в приймальному отворі бункера. Усередині отвору для матеріалу він встановлений вертикально зсередини змішувальної камери змішувача. Верхня частина має більший діаметр і укладена в патрубок подачі сировини. Є зазор між кришкою змішувальної камери та приймальною горловиною сировини для встановлення патрубку подачі сировини. Приймальний бункер встановлено нижче приймальної горловини матеріалу. Відмінність випускного отвору

готової продукції від прототипу полягає в тому, що верхня частина вертикального двоступеневого шнекового конвеєра перевищує кришку змішувальної камери. Кришка змішувальної камери оснащена кожухом, а також є розвантажувальний патрубок з вікном на кінці У верхній частині живильної форсунки є випускний патрубок. Є циліндричне нерухоме кільце, висота якого перевищує зазор між кришкою змішувальної камери та живильним патрубком. Циліндричне кільце оснащено важільною системою з виведенням із камери змішування бункера.



Фіг. 1

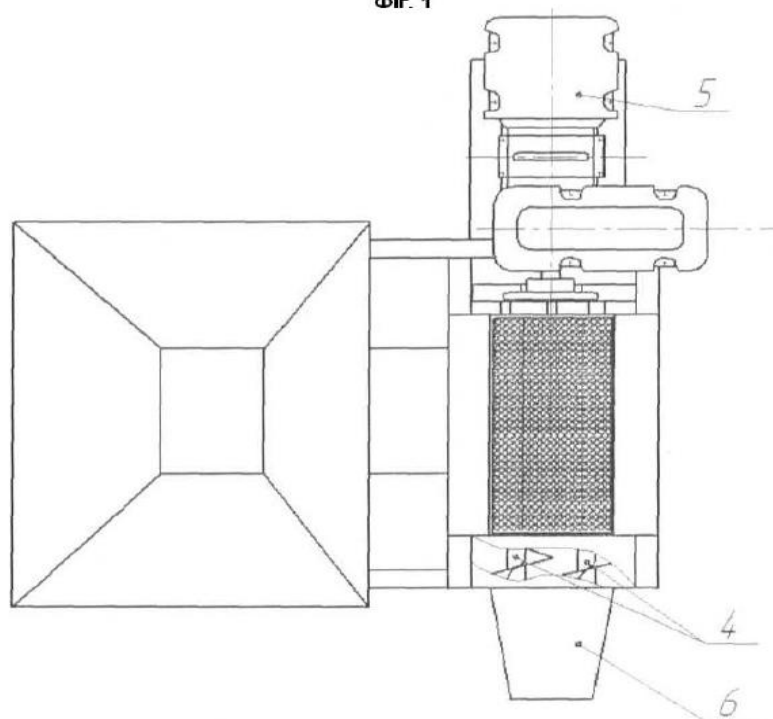
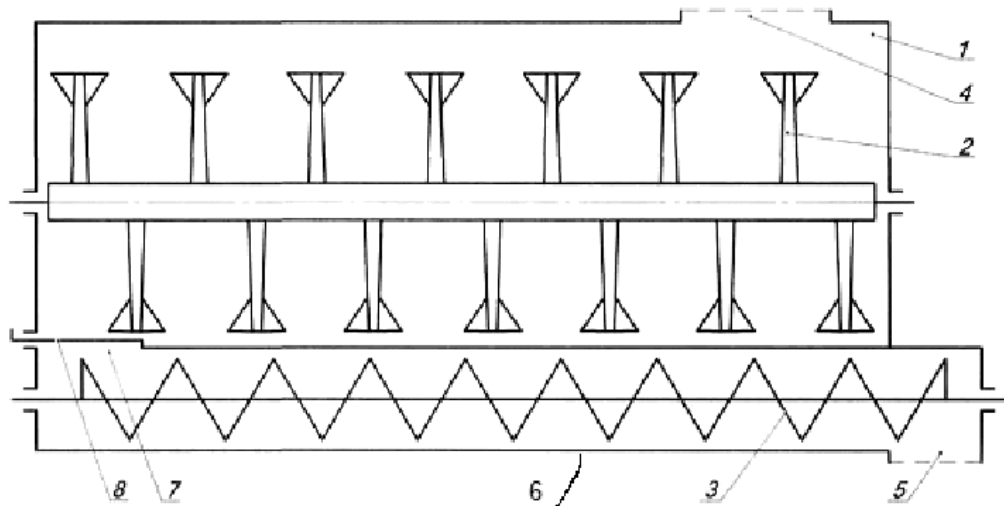
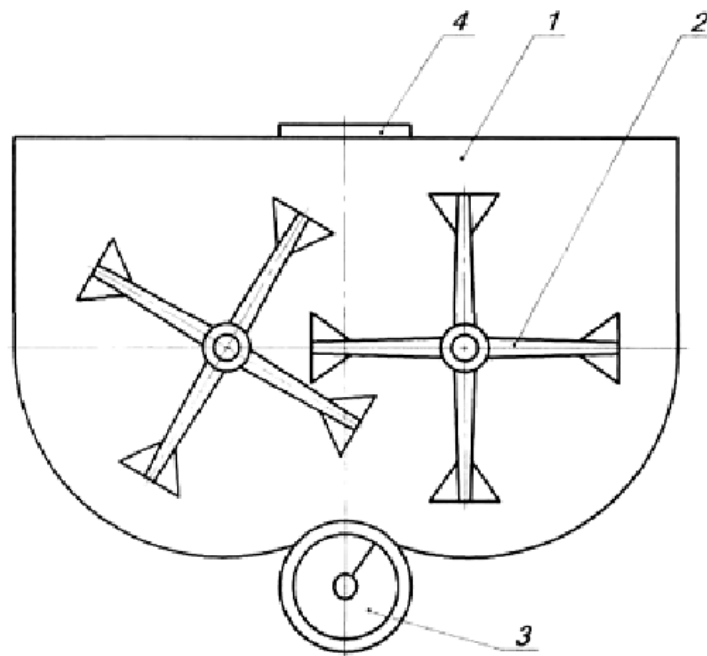


Рисунок 1.15 - Змішувач комбінованих кормів

Патент № 122475 Оpubліковано: 10 січня 2018 р. Змішувач змішаних кормів складається з бункера та приводу. У бункері є зона завантаження та зона розвантаження, які з'єднані одна з одною через обертовий гвинтовий вал. Гвинтовий вал приводного пристрою має однакову обмотку та обертається в тому ж напрямку. Змішувач має дозуючий пристрій у вигляді барабана, розміщений над рівнем шнека і на однаковій відстані від осі шнека.



Фиг. 1



Фиг. 2

Рисунок 1.16 - Змішувач кормів

Патент № 110592 Оpubліковано: 10.10.2016р.

Змішувач із бункером і змішувачем має вхідний і вихідний отвір для сировини з одного боку. Вивантажувальний шнек встановлено в закритому корпусі. З іншого боку від входу для сировини є розвантажувальне вікно. Вікно оснащено засувкою, змішувач оснащений перекидними лопатями, які змінюють кут нахилу в діапазоні 22-50°, що збільшується до розвантажувального вікна.

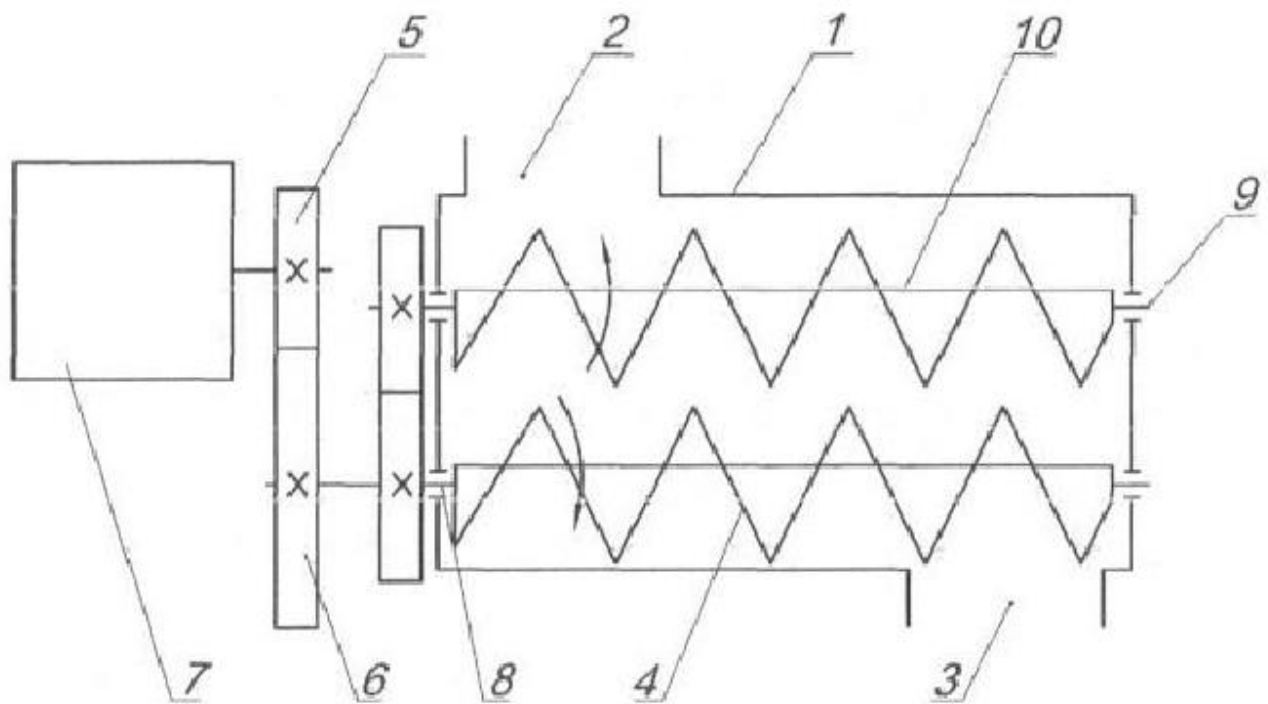


Fig. 1

Рисунок 1.17 Змішувач зернової сировини

Патент № 95530 Дата публікації: 25 грудня 2014 року.

Змішувач, що складається з корпусу із завантажувальним і розвантажувальним патрубками, в якому розташовані дві мішалки, з'єднані з приводом через шестерні, причому вісь повороту вала зміщена ексцентрично відносно осі вала, а дві осі обертання мішалок відбувається в протилежних напрямках. Ексцентриситет кожної осі зсувається на 180°, а амплітуда та напрямок вібрації однакові, і вони компенсують одна одну щоразу, коли обертаються.

## 1.5. Аналіз конструкцій на основі таблиці корисності

При розробці нового змішувача необхідно проаналізувати всі існуючі типи змішувачів придатних для змішування зернової сировини. Для аналізу ми відібрали 5 змішувачів з різними механізмами роботи.

Табляця 1.1 – Критерії корисності змішувачів зернової сировини

КРИТЕРІЙ	Типи змішувачів				
	Шнековий	З Z-подібними гвинтовими лопатями	Кулачковий	Лопатевий	Вакуумний
1. ІНТЕНСИВНІСТЬ ЗМІШУВАННЯ	0	+	-	+	-
2. ЗАСОБИ ЗАВАНТАЖЕННЯ	+	-	+	+	+
3. ПРОСТОТА КОНСТРУКЦІЇ.	+	+	0	0	-
4. ГЕРМЕТИЧНІСТЬ	+	+	-	+	+
5. ЗАСОБИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	+	-	+	-	+
6. ЯКІСТЬ ВИГОТОВЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ	-	0	0	+	+
7. ЗАСОБИ ВИВАНТАЖЕННЯ	+	-	+	+	+
8. ЯКІСТЬ КОРМУ	+	0	-	+	-
9. БАГАТОФУНКЦІОНАЛЬНІСТЬ	+	-	+	-	-
10. БЕЗПЕЧНІСТЬ РОБОТИ	+	+	-	+	+
11. ШВИДКІСТЬ ПРИГОТУВАННЯ	+	-	-	+	0

В ході такого аналізу ми будемо оцінювати всі змішувачі за наступними критеріями: інтенсивність перемішування, спосіб вивантаження, простота конструкції, спосіб завантаження, якість виготовлення робочого механізму і швидкість приготування готової продукції, герметичність і автоматизація, якість готового продукту, універсальність. Аналізуючи на цій основі за допомогою таблиці корисності, ми бачимо, що найбільше позитивних показників має шнековий змішувач, при цьому майже всі критерії в ньому є позитивні але є і негативні. На підставі наведених вище результатів досліджень ми дійшли висновку, що для підвищення ефективності роботи необхідно вдосконалити шнековий змішувач зернової сировини шляхом додавання додаткового шнека.

## 2. ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ЗМІШУВАННЯ І РОБОЧИХ ОРГАНІВ МАШИН

### 2.1 Теоретичний огляд технологічного процесу змішування

Статистично визначений стан повного змішування компонентів є неупорядкованим станом. Це стан, при якому ймовірність виявлення частинки компонента в будь-якій точці є постійною величиною, яка дорівнює частці цього компонента (сировини) у всій масі. Цей неупорядкований стан може бути досягнутий під час технологічних операцій змішування.

Отже, кількісною характеристикою цілісності процесу змішування є однорідність самої суміші, тобто масове відношення вмісту основного компонента в досліджуваній пробі до вмісту цього ж компонента в ідеальному стані. Суміш (формула), виражена у відсотках або частках одиниці.

Тому на основі такого аналізу відібраних проб для визначення однорідності  $Q$  використовують різні формули, найпоширенішою з яких є формула А.А. Лапшина:

$$\text{при } V_t < V_o O = \sum (V_t / V_o) / n \quad (2.1)$$

$$\text{при } V_t > V_o O = \sum ((2V_o - V_t) / V_o) / n \quad (2.2)$$

де  $n$  - число проб;

$V_t$  - частка най меншого компонента в пробі;

$V_o$  - частка най меншого компонента в розрахунковій суміші.

Тоді ступінь однорідності буде мати такий вигляд:

$$Q = 100 \sqrt{\sum (V_t - V_o)^2 / (n-1) / V_t} \quad (2.3)$$

Про ступінь однорідності корму можна судити також з відношення середньоквадратичних відхилень.

$$O_q = Q_t / Q_e \quad (2.4)$$



Розкиданість теоретичного розподілу  $Q_t$  як правило завжди менше, ніж у емпіричного, і тому значення  $O_q$  змінюється від 0 до 1.

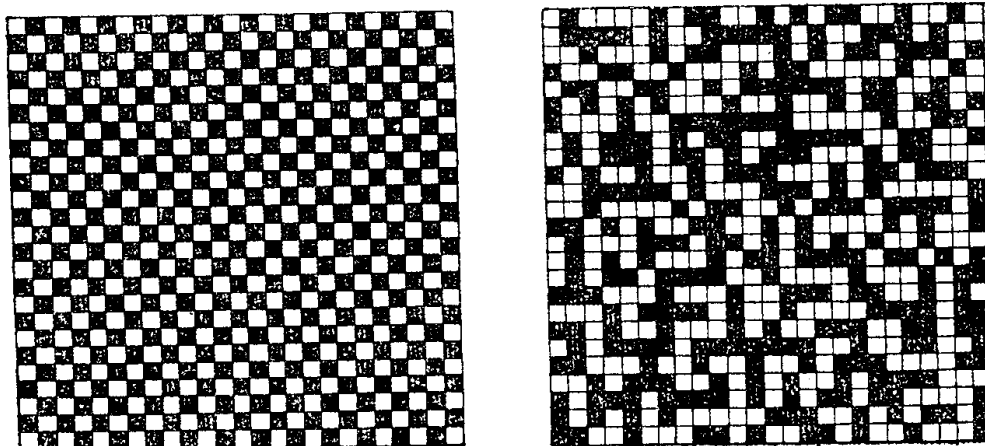


Рисунок 2.1 - Стан при повному змішуванні двохкомпонентної суміші.

Розглянемо, яке поєднання є ідеальним  $Q_e = Q_t$  по величині  $O_q$ . Можна судити про ступінь завершеності процесу змішування кожного компонента. Якщо підставити значення струму в рівняння  $Q_{тек} = f(t)$ , Тоді можна було б простежити всю динаміку процесу (Рис. 2.2).

Показник однорідності  $O_q$  характеризує цю суміш як статистичну систему. Перевага показника  $O_q$  полягає в тому, що його значення залежить виключно від достовірності та точності даних.

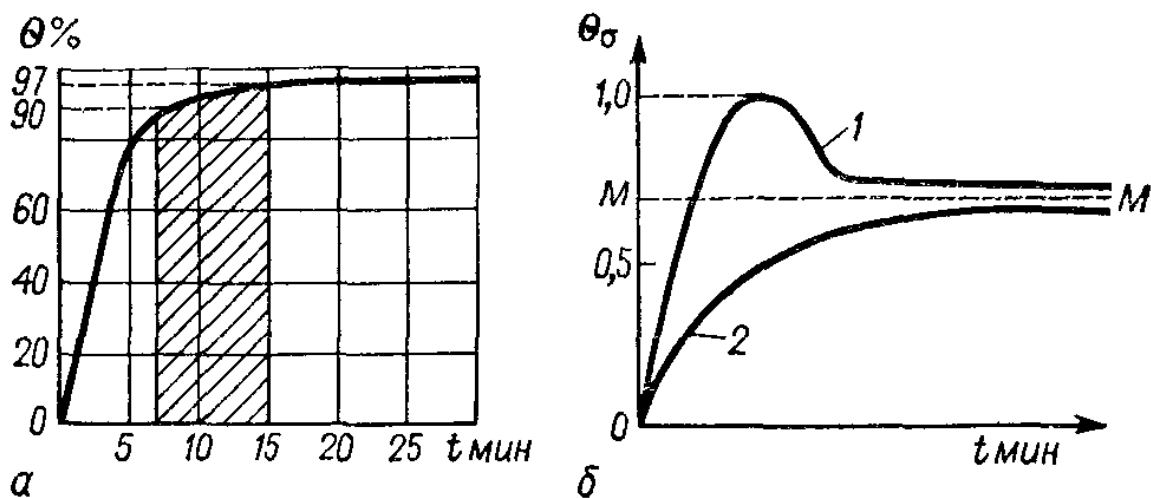


Рисунок 2.2 - Криві кінетики процесу змішування сировини:

а - Залежність однорідності  $\theta$  суміші від тривалості перемішування;

б - Характер зворотного процесу (поділу); М-М - Рівноважний стан змішаної суміші.

У теорії змішування основним змістом є вивчення механізму утворення суміші, і хід дослідження різний залежно від типу робочого механізму змішувача.

Лейсі П.М. (Англія) перелічує п'ять основних процесів, що відбуваються в обладнанні з мішалками:

1. Створення поверхні ковзання шар за шаром у змішаній сировині, що є так званим зсувним змішуванням.

2. Переміщення деякої частини маси з одного місця в інше називається конвективним перемішуванням.

3. Різні частини сировини розсіюються під впливом зіткнення або удару об стінку машини - ударне змішування.

4. Заміна положення окремих частинок у шарі сировини називається дифузійним перемішуванням.

5. Деформування та шліфування деталей - змішування.

Якщо результати оцінювати як показник збільшення масової частки контрольного компонента, то в загальному вигляді кінетичне рівняння процесу змішування матиме такий вигляд:

$$V_{cm} = dC_i / dt = f_n(t) - f_o(t), \quad (2.5)$$

де,  $V_{cm}$  - інтенсивність процесу сумішоутворення, 1/с;

$t$  - тривалість процесу змішування, с;

$C_i$  - частка контрольного компонента, г/г;

$f_n$  і  $f_o$  - інтенсивності прямого та зворотного процесів, 1/с.

Для самого змішування тривалість  $t$  процесу визначають по формулі:

$$t = \ln(C_n / (C_n - C_k)) / p \quad (2.6)$$

де  $C_n$  і  $C_k$  - масова частка компонентів сировини на початку і в кінці процесу змішування;

$p$  - постійний параметр, визначений експериментально для цих умов.

Насправді для густої сировини максимальне навантаження машини не повинно перевищувати 0,7. При цьому найбільш інтенсивно компоненти змішуються в перші 11 хвилин, потім процес сильно сповільнюється, а через 30-40 хвилин однорідність цієї суміші майже не змінюється. Тому прийнятно завершувати змішування компонентів через 20 хвилин після завантаження останнього компонента в змішувальний бункер.

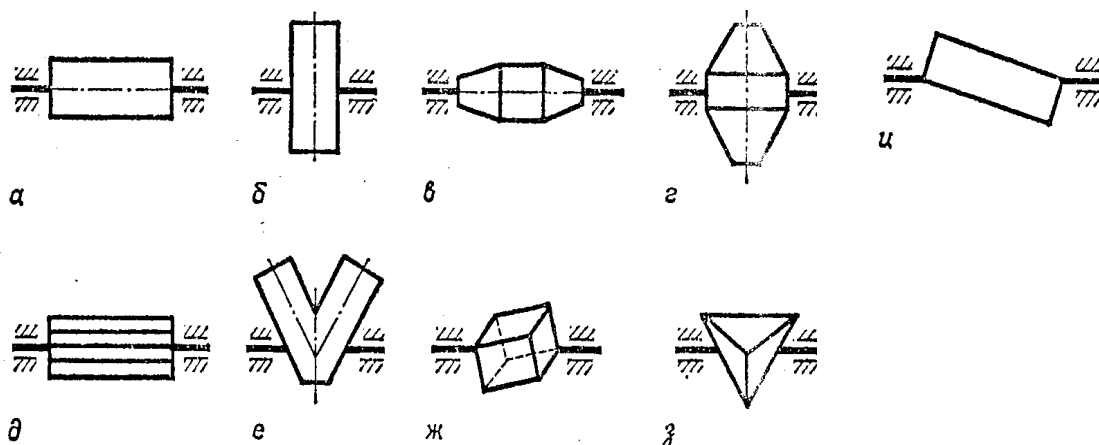


Рисунок 2.3 - Типи барабаних змішувачів.

а - горизонтальний циліндричний змішувач; б - вертикальний циліндричний змішувач; в, г - циліндро-біконічний змішувач; и - похилий змішувач; д - огранений; е - V-подібний змішувач; ж - кубічний змішувач; з - октаедричний змішувач.

За характером процесу змішування поділяють на періодичний і безперервний. При організації робочого процесу такі змішувачі діляться на 2 великі групи: 1 з обертовою камерою і 2 з нерухомою камерою (або транспортною камерою).

До групи 1 належать барабанні, горизонтальні (рис. 2.3), вертикальні або перекидні змішувачі різних конструкцій.

Змішувачі поділяються на 2 категорії:

- для рідких речовин - турбінні, спіральні та лопатеві;
- для сипучих речовин - шнекові, лопатеві та стрічкові.

За різною швидкістю обертання робочого органу змішувачі поділяються на тихохідні та високошвидкісні. Перший включає кінематичний показник режиму  $K=(w^2 R/g)<30$  змішувача (K — радіус бункера змішувача), а також K 30 для швидкохідного змішувача. Змішувач поділяється на 1- і 2- валкові робочі механізми відповідно до кількості.

## 2.2 Класифікація робочих органів змішувачів

Класифікація змішувачів. За конструкцією механічні змішувальні пристрої поділяються на дві групи:

- повільно рухаються робочі органи, стрічки, анкери тощо, з кутовою швидкістю в межах 1 м/с, а  $\frac{D}{d} < 2$ .
- висока швидкість робочих органів, турбіни, лопаті тощо, де кінцева швидкість лопаті знаходиться в межах 10 м/с, співвідношення  $\frac{D}{d} > 3$ ;

Швидкохідні змішувачі поділяються на змішувачі з лопатями, розташованими перпендикулярно до площини обертання, і змішувачі з лопатями, які утворюють з площиною обертання постійний або змінний кут нахилу. Цей вид робочого органу використовується в машинах без перегородок і обладнанні, оснащеному різними внутрішніми пристроями.

Завдяки великій висоті машини робочі механізми на валу встановлені в кілька рядів. При цьому відстань по висоті між сусідніми лопатями не повинна бути менше їх торцевого діаметра. Мінімальна висота H при установці 2-х робочих органів розраховується пропорційно:

$$H_{P_{\min}} \geq 1,3 D, \quad (2.7)$$

де  $H_{P_{\min}}$  - рівень сировини в змішувачі.

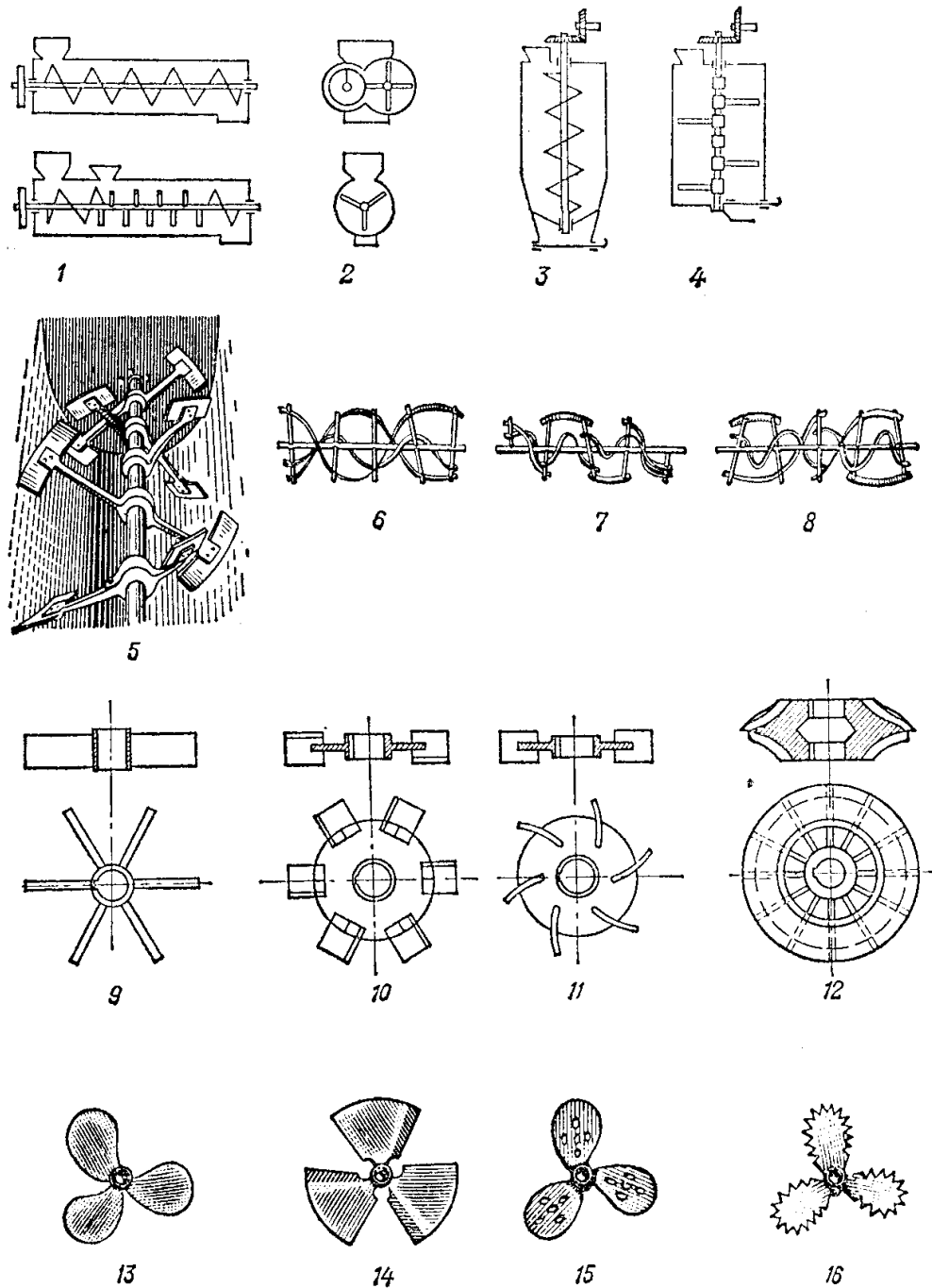


Рисунок 2.4 - Типи місильних органів машин.

1; 2; 3 – шнекові робочі органи; 4;5 - лопатеві; 6;7;8 – стрічкові робочі органи; 9;10;11;12 – турбінні робочі органи; 13;14;15;16 - гвинтові робочі органи.

Шнекові змішувачі застосовуються для швидкого приготування сумішей, розчинення твердофазних речовин і диспергування нерозчинних компонентів. За конструктивним виконанням вони випускаються у вигляді відкритих і закритих турбін.

Пластинчасті турбінні змішувачі застосовуються для змішування рідин різної щільності та приготування різних емульсій. Рідина втягується в канали між пластинами турбіни, де вона розбивається на тонкі потоки, які перетинаються один з одним і розділяються під час виходу з турбіни.

Гвинтові мішалки з крилоподібним профілем лопатей (пелюсткова форма) рекомендовані для використання в промисловості.

Низькошвидкісний змішувач - в основному використовується для змішування високов'язкої сировини, підвищення тепло- та масообміну, гомогенізації та інших процесів.

Якірні мішалки застосовуються для змішування дуже густих сумішей, особливо коли змішування здійснюється нагріванням стінок посудини. Завдяки малій відстані від зовнішнього контуру та робочого органу та наявності диска біля стінки робочого органу виникає більша турбулентність, що запобігає перегріву сировини та утворенню на стінці відкладень або продуктів хімічної реакції. .

За формою дна розрізняють мішалки сферичні, овальні, рамні та інші.

### **2.3. Теорія розрахунку робочих органів змішувачів**

Розрахунок технічних параметрів змішувача передбачає визначення джерела живлення та потужності, необхідної для приводу, а також наступних конструктивних параметрів: розмір бункера, розміри робочого механізму машини та частоту обертання.

Шнековий змішувач. Теоретичну швидкість подачі будь-якого конвеєрного пристрою можна визначити за наступною формулою:

$$Q_{\Gamma} = V_o F \rho \varphi_n, \quad (2.8)$$

де  $V_o$  - осьова швидкість руху сировини;

$\rho$  - густина,

$F$  - площа поперечного січення шнека машини,

$\varphi_H$  - коефіцієнт заповнення січення шнека машини транспортуючою масою, (для горизонтальних шнеків  $\varphi_H = 0,3-0,4$ ).

Для змішувача з безперервним горизонтальним гвинтом формула виглядає так:

$$Q_T = \pi (D^2 - d^2) s n_c \rho \varphi_H / 4, \quad (2.9)$$

де  $D$  і  $d$  – діаметри шнека і його вала, м;

$S$  – крок гвинта шнека, м;

$n_c$  - частота обертання шнека ( $n_c = \omega / 2\pi$ ),  $c^{-1}$ .

Замінюючи  $n_c$  її значення, отримаємо:

$$Q_T = (D^2 - d^2) s \omega \rho \varphi_H / 8. \quad (2.10)$$

Така подача досягається поступовим рухом сировинної маси вздовж осі шнека, закріпленому в направляючій на конструкції корпусу і рухомому при обертанні шнека.

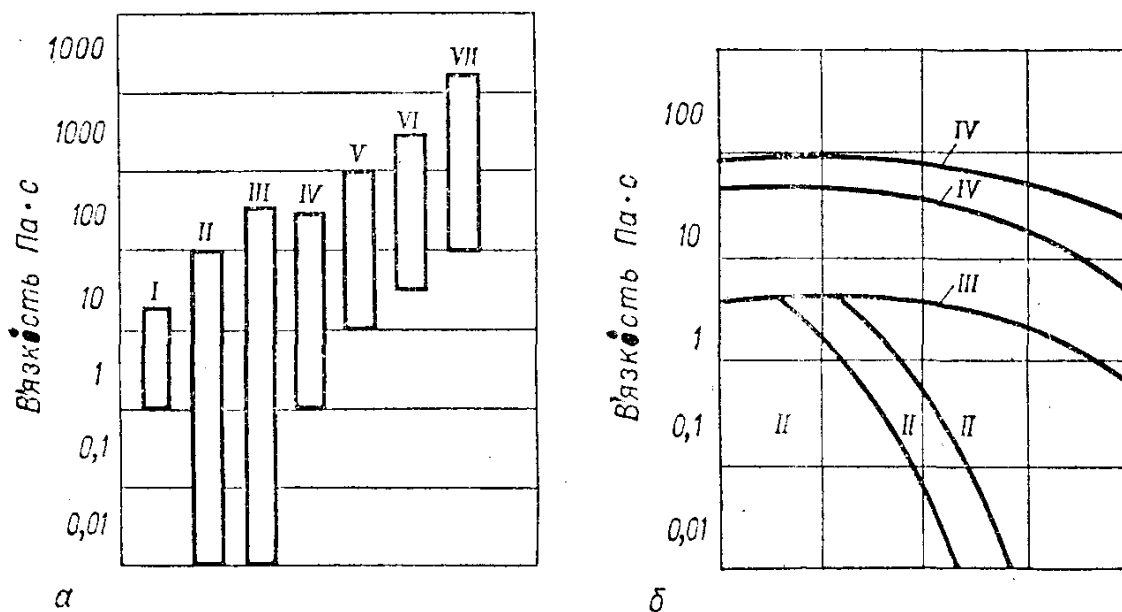


Рисунок 2.5 - Діапазони використання різних типів місильних органів (а) і графіки до їх вибору по верхній межі в'язкості (б):

I - якірна; II - пропелерна; III - турбінна; IV - лопатева; V - рамна; VI - шнекова; VII - стрічкова.

Під час транспортування гранульованих або порожнистих матеріалів, оскільки частина матеріалу обертається разом із гвинтом, осьова швидкість

буде набагато нижчою за теоретичну. Це призводить до розшарування частин потоку та відділення окремих частин від сировини, що рухається з максимально можливою швидкістю  $v_{o,max} = r\omega \operatorname{tg} \alpha$ , де  $\alpha$  - кут підйому гвинтової лінії.

Мінімальна осьова швидкість визначається за такою формулою:

$$\omega_{o,min} = r\omega \sin \alpha (\cos \alpha - f \sin \alpha), \quad (2.11)$$

де  $f$  – коефіцієнт тертя.

За тих умов мінімальна подача шнека буде:

$$Q_{min} = 0,25 \pi (D^2 - d^2) \omega r_c \sin \alpha_c (\cos \alpha_c - f \sin \alpha_c) \rho \phi_H, \quad (2.12)$$

Де  $r_c$ - середній радіус шнека машини ( $r_c = 0,35 \sqrt{D^2 - d^2}$ );

$\alpha_c$  - середній кут розвертання гвинта ( $\operatorname{tg} \alpha_c = s/2\pi r_c$ ).

Таким чином, фактична витрата одношнекового змішувача буде в межах діапазону, визначеного значеннями  $Q_{max}$  і  $Q_{min}$ .

Обсяг подачі змішувача з порціонуючим шнеком, розміщеним вертикально, визначається шляхом розрахунку часу циклу змішування  $t$  для порції сировини, яка завантажується в змішувальний бункер змішувача.

Час  $t_{o,v}$  за який ми визначаємо унікальний вплив шнека змішувача на сировину:

$$t_{o,v} = V_{cm} \rho \phi_H / Q_{min}, \quad (2.13)$$

де  $V_{cm}$  - ємність змішувача,  $m^3$ ;

$Q_{min}$  - мінімальна подача шнека, розрахована за формулою,  $кг/с$ .

Таким чином, мінімальний час  $t_{cm}$  необхідний для змішування, можна записати як:

$$t_{cm} = t_{o,v} K_{ц}, \quad (2.14)$$

У формулі  $K_{ц}$  — швидкість циркуляції сировинної маси, завантаженої в машину.

Для вертикальних гвинтів  $t_{cm} = 6 - 7$  хвилин, для горизонтальних гвинтів  $t_{cm} = 8 - 10$  хвилин.

Час  $t_{ц}$  для повного циклу приготування корму становить:



$$t_{\text{ц}} = t_{\text{см}} + t_{\text{зав}} + t_{\text{вив}}, \quad (2.27)$$

де  $t_{\text{зав}}$  і  $t_{\text{вив}}$  - час для завантаження і вивантаження корму відповідно, с.

Подача в пропорційний змішувач буде дорівнювати:

$$Q_{\text{см}} = V_{\text{б}} \rho \varphi_{\text{н}} / (t_{\text{об}} K_{\text{ц}} + t_{\text{зав}} + t_{\text{вив}}). \quad (2.15)$$

Необхідна потужність змішувача визначається за такою формулою:

- для горизонтальних гвинтів:

$$N_{\text{к.г.}} = 0,010 kQL \quad (2.16)$$

-для вертикальних гвинтів:

$$N_{\text{к.г.}} = 0,010 QL, \quad (2.17)$$

де  $k$  – коефіцієнт зменшення опору сировини, що рухається по корпусу шнека.

### 3. ПРОЕКТУВАННЯ І ОБҐРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ І РОБОЧИХ ОРґАНІВ МАШИНИ

#### 3.1. Розробка теорії шнекового змішувача

Тип і конструкція змішувального органу дуже важливі в роботі змішувача, який працює шляхом перетворення механічної енергії в теплову за рахунок опору частин корпусу. Тому змішувальний пристрій розсіює в об'ємі пристрою (машини) енергію, кількість якої залежить від конструкції робочого органу, характеристик приводу та конструкції самого змішувача.



Рисунок 3.1 - Вертикальний шнековий змішувач.

Технічні характеристики змішувача:

Потужність (кВт): - 22

Ємність змішувача (т): - 2

Продуктивність (т/год): - 7...12

Тому змішувачі детально аналізуються для якісного перетворення компонентів сировини в однорідні суміші. Метою такого аналізу є оцінка та

ідентифікація цих параметрів, які залежать від якості суміші, часу приготування корму, енерговитрат тощо. Для цього була створена практична задача, в якій порівнюються змішувачі зернової сировини з різними типами робочих механізмів.

При аналізі змішувачів за різними показниками виявилось, що найбільш ефективними є змішувачі з гвинтовим механізмом роботи. Ті показники, які не дуже хороші в одному типі змішувача, дуже високі в іншому типі змішувача.

На основі вищенаведених досліджень удосконалено змішувач де одна машина має два гвинтові робочі щелепи.

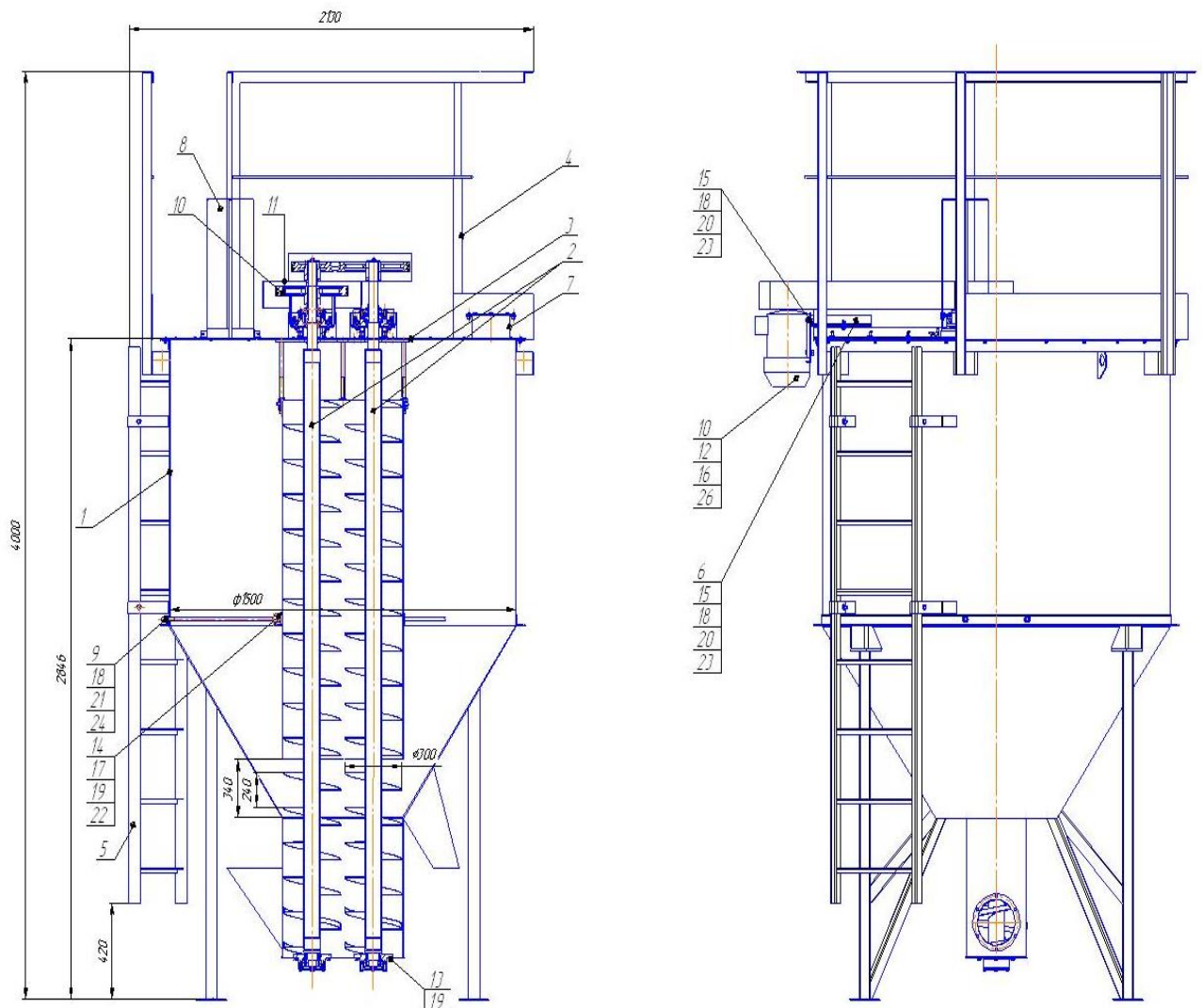


Рисунок 3.2 - Змішувач з двома шнеками

### **3.2 Обґрунтування зв'язків між складовими параметрами змішувача**

Використання в машині кількох робочих органів потребує узгодження їх кінематичних, конструктивних та енергетичних параметрів, від чого залежить ефективність роботи робочих вузлів машини та функціональна повнота процесу гібридної технології. В цьому випадку для змішування рекомендується використовувати два шнекових робочих органи, розташованих вертикально в корпусі самої машини. Таке підвищення ефективності машини досягається тим, що рекомендується встановлювати два шнеки, а сировина буде пересипатися з одного шнека в інший, таким чином покращуючи процес змішування компонентів. Тому очевидно, що кінематичні, технічні, конструктивні та енергетичні параметри робочого механізму машини повинні бути чітко узгодженими. Два шнекові робочі механізми працюють одночасно, щоб забезпечити високу ефективність приготування корму та хорошу однорідність.

Беручи до уваги ці теоретичні залежності кваліфікаційної роботи, що описує конкретний обсяг роботи, можна зробити висновок про наявність певної відповідності між цими теоретичними залежностями. Тому можна встановити тісний зв'язок для більш раціонального вивчення робочого механізму і машини в цілому.

У машинах із шнековим робочим органом цими параметрами є частота обертання вала та довжина робочої зони шнека, діаметр охоплення робочого органу машини. Аналіз цих залежностей, що описують робочий орган, показує, що при зміні частоти обертання вала зміна діаметра шнека по-іншому відобразить продуктивність. Тому необхідно знайти таке співвідношення техніко-конструктивних параметрів, яке призведе до високої продуктивності машини.

### 3.3 Моделювання конструктивних та технологічних параметрів

Технічні розрахунки шнекового змішувача включають визначення потужності і продуктивності, необхідної для її приводу, а також важливих конструктивних параметрів: розмірів і швидкості обертання робочого органу і розмірів бункера.

Метою цього моделювання є дослідження змішувача, що з'єднує два робочих органи (шнеки). У той же час, щоб отримати більш високу продуктивність праці з найменшими витратами, ці параметри робочого механізму необхідно встановити.

Для таких розрахунків необхідно використовувати параметри машини, які забезпечують високу ефективність операції змішування сировини. Для ефективного використання машини обидва робочі механізми налаштовані на однакові параметри:

- Крок шнека -  $S = 0,3\text{м}$ ,
- Частота обертання валу шнека –  $n = 50 \text{ об/хв.}$ ,
- Кутова частота обертання шнека –  $W = 0,75\text{с}^{-1}$ ,
- Густина сировини –  $R = 850 \text{ кг/м}^3$ ,
- Прискорення земного тяжіння –  $g = 9,81\text{м/с}^2$ .

Тому будемо підбирати діаметр шнека до тих пір, поки значення потужності приводних двигунів двох шнеків не збігаються. Аналізуючи таблиці та графіки корисності, при виборі потужності двигуна значення коефіцієнта окружної швидкості шнека має бути максимальним.

Підбором діаметра валу шнека встановлено, що при діаметрі валу шнека  $d = 0.05\text{м}$  потужність двигуна повинна складати  $N = 3084,50 \text{ Вт}$ .

Потужність приводу:

$$N=1,18 C g L^2 F(4\text{см}^2\alpha + 1), \text{кВт} \quad (3.1)$$

$C=(0,9.2,5)10^6$ , коефіцієнт, що залежить від фізико-механічних властивостей суміші

$N$  – частота обертання валу гвинта;

F – питома поверхня гвинта.

L – довжина шнека в суміші;

g – коефіцієнт сипучості;

Джерело живлення:

$$Q_T = V_0 F Q \varphi, \text{ Н} \quad (3.2)$$

$V_0$  - осьова масова швидкість;

F – площа поперечного перерізу;

Q – щільність сировини;

$\varphi$  - коефіцієнт заповнення шнека сировиною, ( $\varphi = 0,30 \dots 0,40$ )

Для горизонтального шнека:

$$Q_T = \pi (D^2 - d^2) s n_c q \varphi H / 4 \quad (3.3)$$

D і d – діаметр гвинта і вала;

s – крок гвинта шнека;

$n_c$  - частота обертання ( $n_c = W / 2\pi$ )

$$Q_T = (D^2 - d^2) S W q \varphi H / 8 \quad (3.4)$$

$$v_{0,max} = n W \operatorname{tg} \alpha$$

$\alpha$  - кут сходження спіралі;

$$v_{0,min} = n W \sin \alpha (\cos \alpha - f \sin \alpha); \quad (3.5)$$

f – коефіцієнт тертя.

Мінімальна подача сировини:

$$Q_{\min} = 0.26 \pi (D^2 - d^2) W r_c \sin \alpha_c (\cos \alpha_c - f \sin \alpha_c) q \varphi H \quad (3.6)$$

Час разової дії шнека:

$$t_{o.d.} = V_{зм} \cdot q \varphi H / Q_{\min} \quad (3.7)$$

Потужність:

$$N = 0.01 k q l$$

k – коефіцієнт опору руху (k=8-10).

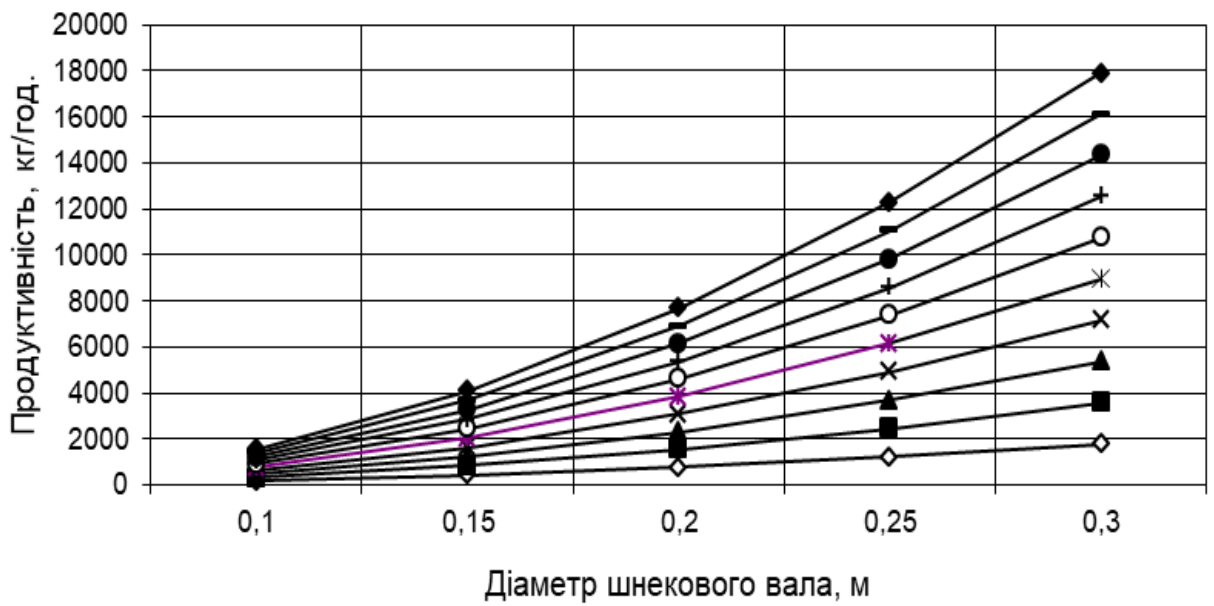


Рисунок 3.3 - Залежність продуктивності змішувача від діаметра шнекового вала.

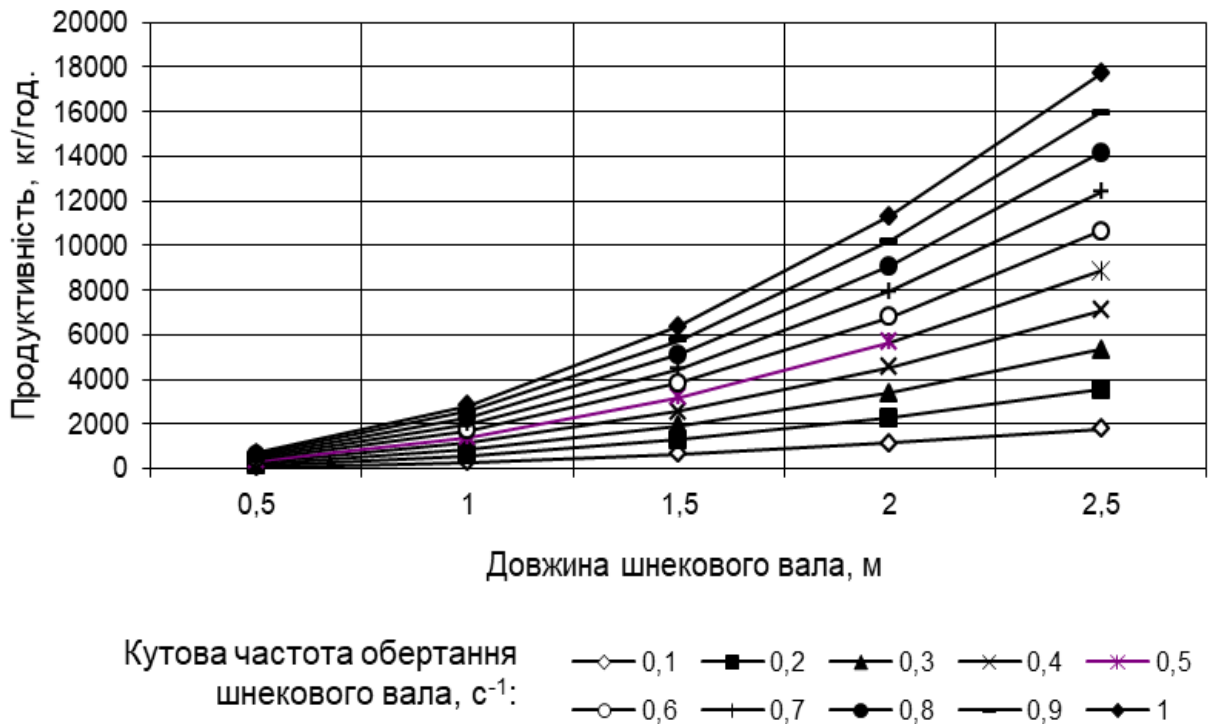


Рисунок 3.4 - Залежність продуктивності змішувача від довжини шнекового вала.

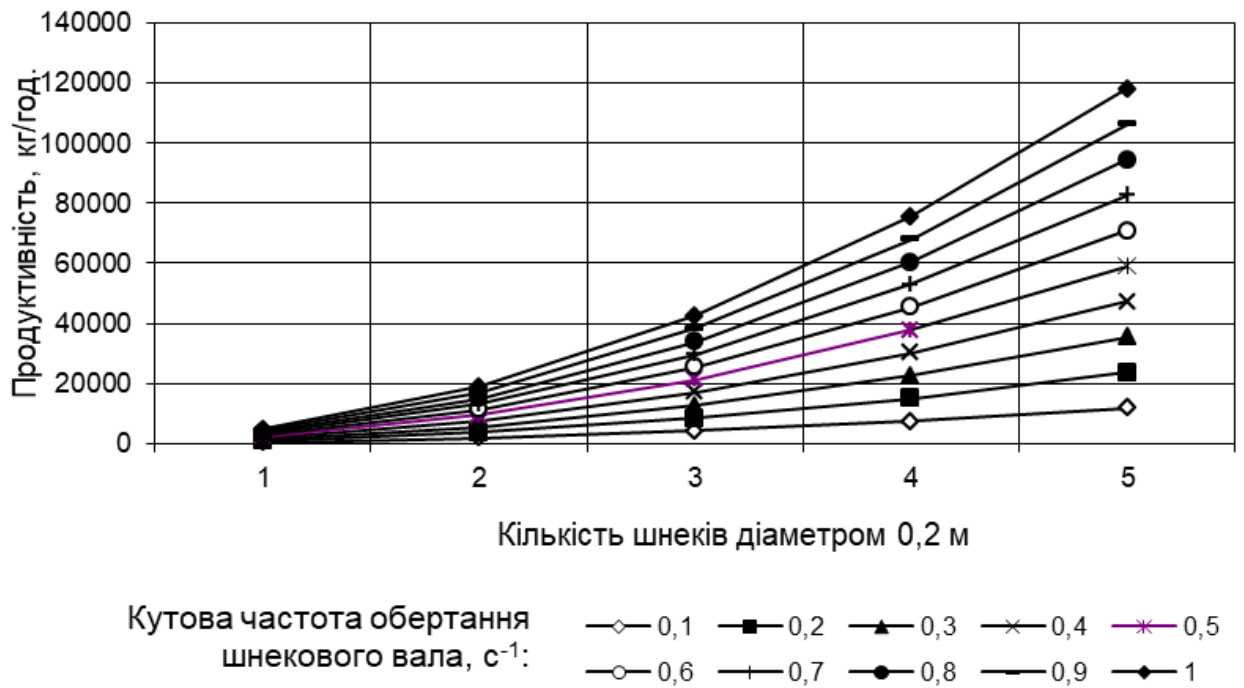


Рисунок 3.5 - Залежність продуктивності змішувача від кількості шнеків діаметром 0,2м.

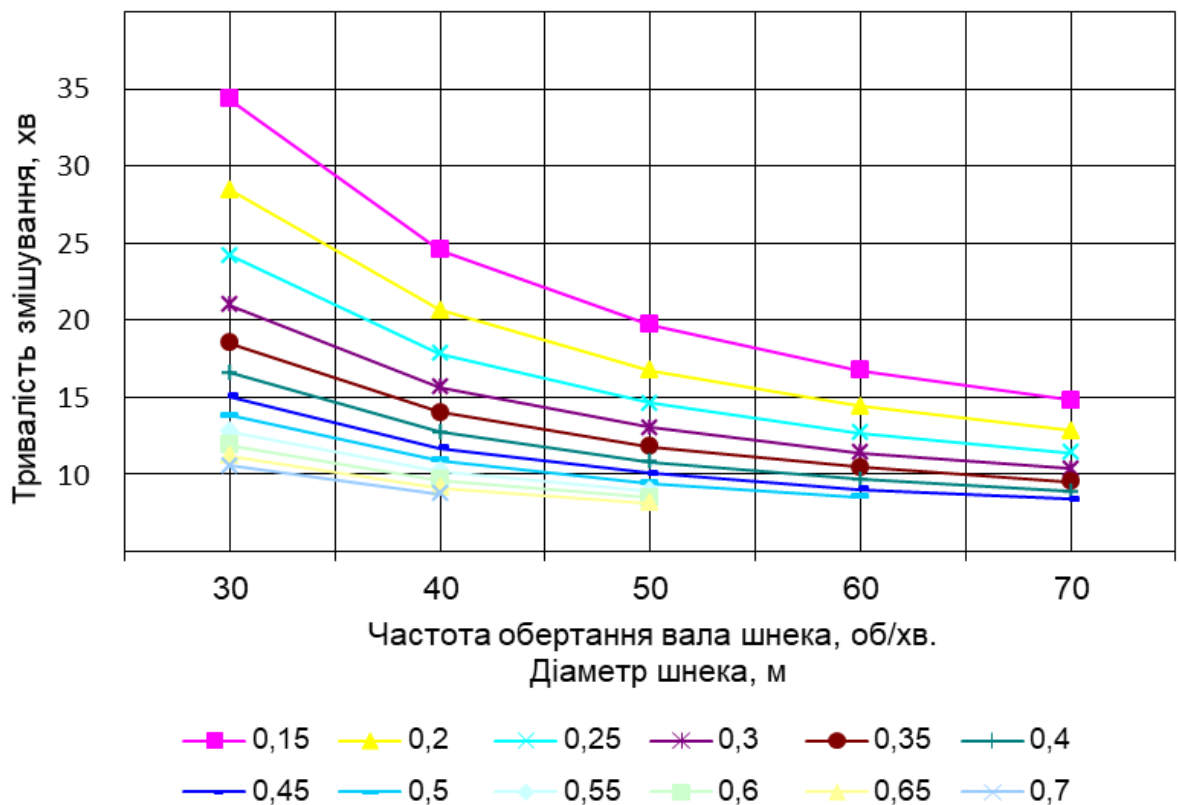


Рисунок 3.6 - Залежність тривалості змішування зернової сировини від частоти обертання шнекового вала і його діаметра.



Рівномірність змішування. При відгодівлі тварин важливим є однорідність корму. Ставлять ці вимоги перед виробниками кормів. Щоб розібратися в цій проблемі, потрібно витратити час на вивчення теорії.

У стандартній ситуації, яка найчастіше зустрічається, метод скорочення часу змішування сировини для підвищення продуктивності виробничої лінії. При такому підході на багатьох підприємствах змішувач не досягає 100% завантаження. З різних досліджень відомо, що при змішуванні сировини однорідність сировини спочатку швидко зростає, потім наближається до максимального значення протягом значного періоду часу, а потім повільно і коливально знижується до низу. Починається процес відокремлення, саморозшарування. Різні типи змішувачів мають різний оптимальний час змішування.

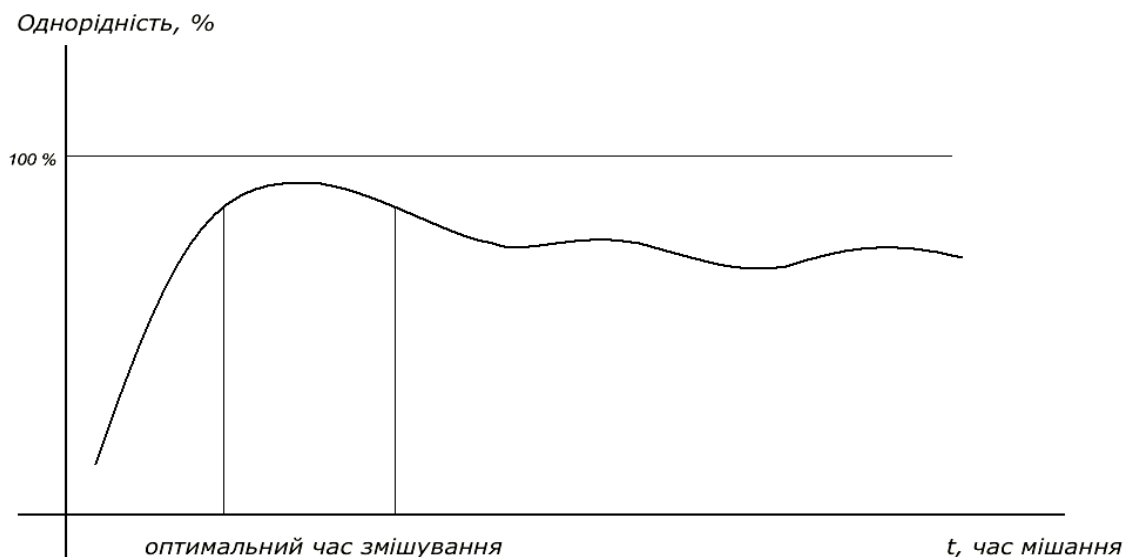


Рисунок 3.7 - Крива змішування

На сучасних підприємствах існує кілька простих і надійних способів значно підвищити якість змішувальної сировини:

- попереднє змішування малих доз сировини з порцією наповнювачів;
- введення добавок через декілька потоків у різних місцях змішувача;
- дрібнодисперсні пилові домішки додаються після введення основної частини рідкого компонента.
- примусове введення компонентів після завантаження основної частини сировини в змішувач.

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАСЕЛЕННЯ

Змішувач повинен обслуговуватись одним оператором, який пройшов спеціальний інструктаж з техніки безпеки і ознайомлений з інструкцією експлуатації.

1. Повинен бути забезпечений вільний доступ до всіх механізмів змішувача, захаращення проходів не допустимо.

2. Всі зовнішні рухомі елементи машини повинні бути закриті захисними кожухами.

3. Змішувач повинен бути заземлений відповідно до існуючих вимог.

4. Включати змішувач можна тільки в тому разі, коли переконались, що заземлення не має механічних пошкоджень, а облицювальні кришки закриті.

5. Під час роботи змішувача заборонено знімати облицювальні кришки і кришки приводу, відкривати електрошафу і пульт, виконувати будь-які роботи в зоні прилягання люків, коли вони відкриті.

6. Обслуговування, ремонт і наладку механічної частини повинні проводити тільки ті особи, які пройшли спеціальну підготовку і мають відповідне кваліфікаційне посвідчення.

7. Роботи з ремонту електрообладнання повинні проводитись тільки при відключеній напрузі. В місці відключення напруги повинна бути вивішена табличка "НЕ ВМИКАТИ! РЕМОНТНІ РОБОТИ".

8. На змішувачі повинні бути встановлені блокувальні пристрої.

9. Оператор не має права залишати без нагляду включену машину.

10. Мащення і регулювання повинні проводитись тільки після зупинки змішувача.

11. Не допускати роботу місильних шнеків із знятою або відкритою кришкою.

12. Слід фіксувати решітку корита місильного, коли її встановлюють у відкрите положення.

13. Категорично заборонено проводити санітарну обробку при наявності напруги на змішувачі.

Вимоги безпеки. ГОСТ12.2.003 “Виробниче обладнання. Загальні вимоги безпеки” встановлює вимоги безпеки до виробничого обладнання в частині конструкцій, органів його управління, засобів захисту, які входять в конструкцію, а також вимог безпеки, які визначаються особливостями монтажних і ремонтних робіт, транспортуванням і зберіганням виробничого обладнання.

Обладнання повинне бути безпечним при монтажі, експлуатації, ремонті, транспортуванні і зберіганні, не повинно забруднювати викидами, шкідливих речовин навколишнє середовище (повітря, ґрунт, водойми) вище встановлених норм. Безпечність обладнання забезпечується вибором принципу дії, конструктивних схем, безпечних елементів конструкції і т. п., застосуванням засобів механізації, автоматизації, дистанційного управління і захисту; виконанням ергономічних вимог; включенням вимог безпечності в технічну документацію по монтажу, експлуатації, ремонту, транспортуванню і зберіганню.

Обладнання повинно бути пожежно - і вибухобезпечним, стійким до підвищення вологості, коливання тиску і температури, дії агресивних речовин, обледеніння, вітрових навантажень.

Крім загальних вимог безпеки до виробничого обладнання необхідно враховувати також специфічні вимоги до обладнання м'ясної промисловості, передбачені стандартом ОСТ 27-00-216 “Виробничі машини і обладнання. Загальні вимоги безпеки”.

Рухомі частини обладнання – гребінки, виступаючі кінці валів і елементи їх частин (гвинти, шпонки), живильні і накатні валики, ролики, відкриті передачі, торці барабанів (роликів) в місцях набігання транспортерної стрічки (пластин), в місцях термо- і ультразвукової зварки, живильні воронки (бункера) – повинні мати огорожу. Не закріплені на глухо (на болтах, гвинтах і т. п.) огорожі зубчатих передач повинні мати пристрої, які б дозволяли відкрити їх тільки після повної зупинки машини і які б

забезпечували її запуск тільки при закритій огорожі. Рухомі контрванажі (противаги повинні розміщуватись в середині машини і надійно огороджуватись.

Робочі місця обслуговуючого персоналу повинні знаходитися поза зоною переміщення механізмів, сировини і готової продукції.

Конструкція обладнання повинна передбачати заходи (теплоізоляція) з обмеження виділення конвекційного променевого тепла. В машинах з місцевим охолодженням повинен бути пристрій, який блокує запуск машин при відсутності холодоагенту.

Обладнання, яке виділяє вологу, газу порох і сторонні запахи, повинне бути максимально герметизоване. При недостатній герметизації необхідно використати місцеві відсмоктування повітря.

Зовнішні виступаючі частини обладнання повинні бути заокруглені по радіусі не менше 5 мм і не мати зазубрень, напливів металу після зварки.

Кнопки включення виробничого обладнання повинні бути заглиблені на 3-5 мм в корпусі пускової коробки.

Органи управління (кнопки, ричаги, маховички і т. д.) в постійного робочого місця повинні розміщатися в робочій зоні, обмеженої в межах: по довжині не більше 0,7 м, по глибині не більше 0,4 і по висоті не більше 0,6 м; вказані органи управління повинні бути над рівнем підлоги (площадки) на висоті в межах від 0,9 до 1,5 м при обслуговуванні стоячи і на висоті 0,6-1,2 м при обслуговуванні сидячи. Всі кнопки, ричаги, маховички і інші органи управління повинні мати позначення і надписи, які пояснюють їх функціональне призначення, а також пофарбовані у відповідні кольори:

- червоний колір – зупинка
- ахроматичний колір (чорний, білий чи сірий), допускається зелений - впуск ;
- ахроматичний колір – поперемінні зупинка чи впуск;
- жовтий колір – аварійне включення;
- ахроматичний або синій колір – спеціальне включення

Площадки обслуговування машин і обладнання, розміщені на висоті, повинні мати огорожі і сходи з поруччям, а площадки крім цього, - повинні мати вільний прохід шириною не менше 0,7 м. Покрив площадок повинен виключати слизькість і мати по краях суцільну обшивку на висоті 0,15 м. Висота огорожі і перил повинна бути не менше 1 м, а на висоті 0,5-0,6 м від покриття площадки (сходів) необхідно розміщувати додаткові повздовжні огорожі і вертикальні стійки з кроком не більше 1,2 м. Сходи на висоті 3-5 м повинні мати перехідні площадки; ширина сходів не менше 0,6 м, проміжок між сходами – 0,2, ширина сходини – не менше 0,12 м. Сходи висотою більше 1,5 м повинні мати нахил не більше 45°, меншої висоти не більше 60° до горизонту.

Зусилля на важелі, постійного використання при ручному управлінні не повинно перевищувати 40 Н, а при ручному регулюванні і накладанні – 100 Н.

Пускові педалі ніжного управління обладнанням повинні мати огороження або попереджувальні пристрої, які виключають випадкове включення обладнання (падіння предмету, випадкове натиснення). Огородження педалі повинно бути міцним, не мати гострих країв і не обмежувати рухів ноги. Площадка пускової педалі повинна бути прямою з рифленою поверхнею (неслизькою) і мати заокруглені з початку і упору для ноги в кінці. Ширина педалі повинна бути не меншою 80 мм, а довжина до упору 110-130 мм. Підвищення педалі над рівнем підлоги площадки (перед її включенням) не повинно перевищувати 120 мм, а прогин її (після включення) – 60 мм; посилення при натисканні на педаль в положенні сидяче – 24,5 Н, в положенні стоячи – 34,5 Н.

Засуви, гвинти і крани, розміщені вище 2 м від рівня підлоги (робочої площадки або заглиблені, повинні мати пристрої (ричагові, штангові і ін.), які б дозволили відкривати і закривати їх з робочого місця.

Стационарна контрольно-вимірна апаратура повинна бути встановлена на робочих місцях не вище 2 м від рівня підлоги (робочої площадки).

Струмопровідні частини обладнання повинні бути надійно електроізолювані, огорожені або знаходитися в недоступних до людей місцях.

Температура нагрітих поверхонь обладнання, огороження і трубопроводів на робочих місцях не повинна перевищувати 45 °С. Ванни, баки і інші робочі ємності потрібно обладнати зливними і переливними пристроями, які з'єднані з каналізацією закритим способом, з розривом струменя і заторними пристроями.

Конструкція обладнання, працюючого під тиском, повинна відповідати правилам його проектування, виготовлення і експлуатації.

Експлуатація технологічного обладнання великого виробництва, а значить і високої вартості на малих підприємствах не вигідна, не вистарчає сировини, щоб загрузити їх на повну потужність.

Економічно доцільно застосовувати універсальне (за призначенням) і багатоопераційне обладнання. Воно повинно бути дешевим, надійним, довговічним. Таке обладнання можна створювати за принципом агрегування, застосовуючи загальний привід і змінні органи для виконання різних операцій. Деталі і вузли повинні уніфіковані і мати мінімальні розміри.

Для роботи обладнання на малих підприємствах, як правило, не потрібне використання пари (особливо високого тиску), стиснутого повітря і газу.

Для експлуатації обладнання на малих підприємствах необхідні спеціально підготовлені технології, механіки, лаборанти і робочі.

Найбільш ефективною робота обладнання всього малого виробництва в цілому буде при використанні місцевих природних джерел тепло-, водо- і холодопостачання. При проектуванні виробництва необхідно враховувати можливість використання натурального холоду для зберігання сировини і продукції.

Охорона навколишнього природного середовища – це система заходів направлених на забезпечення гармонійної взаємодії суспільства і природи ,

на основі збереження , виробництва і раціонального використання природних ресурсів.

Відходи виробництва пов'язані з викидами в атмосферу шкідливої пилюки і газів викидами у водойми стічних вод, які їх забруднюють і стравлюють, погіршують стан ґрунту, який знаходиться біля підприємства.

Моделювання процесів формування та виникнення травмонебезпечних і аварійних ситуацій на виробництві

У зображеннях процесів формування, виникнення аварій та виробничих травм усі випадкові події (явища), що утворюють конкретну аварійну або травмонебезпечну ситуацію, пов'язані між собою причинно-наслідковими зв'язками. В них є початкові, проміжні та кінцеві події.

Початкові події (небезпечні умови, небезпечні дії) виявляють у процесі обстеження об'єктів виробництва, а проміжні та кінцеві входять до схеми на основі логічного аналізу можливих варіантів перебігу подій.

Слід зауважити, що поняття «початкові події» введено умовно, бо насправді цим подіям можуть передувати інші. Але вони першими помічаються при обстеженні робочих місць та інших об'єктів виробництва.

Якщо на схемах, що зображують процеси протікання (перебігу) випадкових подій, починаючи з початкових і закінчуючи кінцевими, показати причинно-наслідкові зв'язки, то ми одержимо логічні моделі процесів, що вивчаються.

Кожна логічна модель процесу формування та виникнення небезпечної або аварійної ситуації складається з певної кількості випадкових подій, які між собою можуть бути статистично залежними або незалежними. Статистичне залежні події — це такі, коли поява наступної події неможлива без виникнення попередньої. Якщо жодна з двох подій, що входять до однієї моделі, можуть з'являтися незалежно одна від одної, то такі події є статистичне незалежними. Як правило, у таких моделях незалежні випадкові події одна відносно одної розміщуються паралельно, а залежні — послідовно. Причинно-наслідкові зв'язки зображені стрілками, які, крім того, ще показують напрямок протікання (перебігу) подій.

Шляхом дослідження небезпечних ситуацій, які можуть виникати при експлуатації виробничого обладнання в галузях сільського господарства, описані і побудовані логічні моделі різні за формою і характером подій. Це дало можливість перейти до побудови більш складних моделей аварій, травм і катастроф, які потрібні для встановлення причин виникнення потенційних небезпек, без чого неможливо вжити обґрунтованих профілактичних заходів.

Метод логічного моделювання потенційних аварій, травм і катастроф відкриває можливість розробити досконалу систему управління безпекою життєдіяльності виробництва, яка базується на оперативному пошуку виробничих небезпек, їх глибокому логічному (при необхідності і математичному) аналізі й терміновому прийнятті заходів для усунення потенційних небезпек ще до виникнення травмонебезпечних та катастрофічних ситуацій.

Процес пошуку потенційних небезпек на виробництві ґрунтується на більш точному і ефективному проведенні існуючого оперативного контролю, який також повинен бути відповідно удосконалений.

Аналізуючи кожен з побудованих логічних моделей процесів формування та можливого виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій, завжди можна знайти подію, з якої починається небезпечний процес і до виникнення небезпечних наслідків.

Якщо дослідження логічних зв'язків провести у зворотному напрямку, то обов'язково можна знайти ту подію (явище), що є причиною (однією з причин) формування досліджуваного процесу.

Метод логічного моделювання травмонебезпечних, аварійних та інших ситуацій значно полегшує пошук причин аварій, виробничих травм і дорожньо-транспортних пригод при їх розслідуванні.

Вивчені, побудовані і систематизовані логічні моделі для окремих виробничих процесів, обладнання та інших об'єктів можна програмувати, а складений з них банк даних, може бути використаний для прогнозування виникнення аварій, травм, катастроф та інших небажаних явищ за допомогою ЕОМ.



Логічні моделі можна застосовувати при прийнятті рішень про відповідальність осіб, винних у виникненні таких пригод, а також ступінь вини самого потерпілого.

Методикою оцінки рівня небезпеки робочих місць, машин, виробничих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію (показника) рівня небезпеки для конкретного об'єкта. Таким показником вибрана ймовірність виникнення аварії, травми або катастрофи залежно від досліджуваного явища.

Для того щоб оцінку рівня небезпеки певного об'єкта чи явища запровадити на виробництві, необхідний простий і доступний метод обчислення значень ймовірності будь-якого випадкового явища. Основні принципи цього методу полягають у тому, що на основі обстеження робочого місця чи окремої машини (об'єкта) виявляють виробничі небезпеки, можливі аварійні або травмонезбезпечні ситуації. При оцінці ситуацій визначають події, які можуть стати головною подією при побудові логіко-імітаційної моделі аварії або травми (чи катастрофи). Після цього будують модель («дерево відказів і помилок оператора»). При цьому важливе значення має правильний вибір головної випадкової події.

Головну випадкову подію (конкретна аварія, травма або катастрофа), модель якої нам необхідно побудувати, вибирають виходячи з оцінки відповідного об'єкта, виробництва чи окремої одиниці обладнання і змісту його найбільш небезпечного явища, яке за певних умов виробництва може виникнути.

Залежно від об'єкта головними подіями можуть бути:

- для технологічного обладнання: «захват одягу», «захват, рук, ніг та інших елементів тіла людини», «удар», «падіння людини», «електричний удар», «опіки тіла», «опромінення» тощо;
- для підприємства в цілому: «вихід з ладу обладнання», «пошкодження електричного обладнання», «пошкодження будівель», «пожежа» тощо.

Після вибору головного випадкового явища (події) розпочинають побудову моделі («дерева»). Використовуючи оператори «І» та «АБО», виконують набір ситуацій (відомих до цього), які можуть призвести до тієї події, яка вибрана як головна.

У деяких випадках головна подія може мати; і більше однакових небезпечних ситуацій за змістом, але різних за природою і причинами виникнення.

В кожному конкретному випадку виробництва необхідно ретельно вести пошук і дослідження небезпечних ситуацій. Після визначення відповідних аварійних, травмонебезпечних або катастрофічних ситуацій та їх кількості, визначають інші події, що входять до кожної такої ситуації, логічним аналізом із застосуванням операторів «І», «АБО» та інших. Процес побудови моделі триває поки не будуть знайдені усі базові події, що визначають межу моделі.

Слід мати на увазі, що кожна випадкова подія, до якої входять базові події, може формуватися й виникати при входженні у неї двох, трьох і більше базових подій за допомогою відповідних операторів.

Повністю побудована і перевірена модель підлягає математичній обробці для визначення ймовірності кожної випадкової події, що увійшла до моделі, починаючи з базових і закінчуючи головною.

Ймовірності базових подій визначають за даними виробництва. Наприклад, базова подія «стан контролю з охорони праці». Для визначення ймовірності ми повинні встановити наскільки (%) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль на об'єкті. Якщо буде встановлено, що такий рівень контролю становить 50 або 30 %, то ймовірність відповідно дорівнює 0,5 і 0,3. При відсутності контролю ймовірність «не здійснення контролю» становитиме 1, якщо контроль ідеальний, то відповідна ймовірність дорівнює 0. Після обчислення ймовірності всіх подій, розміщених у ромбах, і базових подій, починаючи з лівої нижньої гілки «дерева», позначають номерами всі випадкові події, що увійшли до моделі.

На цьому можна вважати, що певна модель підготовлена до математичної обробки. Для виконання математичних обчислень ймовірностей випадкових подій логіко-імітаційної моделі застосовують формули.

1. Нехай дві базові події з ймовірностями  $P_1$  і  $P_2$  за допомогою оператора «І» входять у наступну третю подію. Тоді ймовірність виникнення цієї події  $P_3$  можна визначити так:

$$P_3 = P_1 P_2$$

2. За допомогою оператора «І» три події з ймовірностями  $P_1$ ,  $P_2$  і  $P_3$  формують четверту випадкову подію. Тоді ймовірність цієї події  $P_4$  обчислюють так:

$$P_4 = P_1 P_2 P_3$$

3. Оператор «І» об'єднує  $n$  подій з ймовірностями  $P_1, P_2, P_3, \dots, P_n$ . Тоді ймовірність вихідної події  $P$  буде

$$P = P_1 P_2 P_3 \dots P_n$$

4. Дві базові події з ймовірностями  $P_1$  і  $P_2$  за допомогою оператора «АБО» входять до третьої події. Тоді її ймовірність  $P_3$  буде

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 P_2$$

5. Оператор «АБО» об'єднує три базові події з ймовірностями  $P_1$ ,  $P_2$ ,  $P_3$  які за допомогою цього оператора входять у наступну подію з ймовірністю  $P_4$ . Тоді ймовірність цієї події можна визначити за формулою

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 P_2 - P_1 P_3 - P_2 P_3 + P_1 P_2 P_3.$$

6. Якщо в оператор «АБО» входять чотири і більше випадкових базових подій з відомими значеннями ймовірностей, то для спрощення обчислень їх згруповують по дві або по три події і застосовують наведені формули. Після визначення ймовірностей вихідних подій кожної з таких груп, їх знову необхідно згрупувати і провести аналогічні обчислення, аж поки не залишаться дві або три події, над якими необхідно провести ті ж операції.

Так, поступово обчислюючи ймовірність вихідних подій кожного окремого розгалуження, наближаємось до головної події і обчислюємо ймовірність її виникнення.

Значення ймовірності головних подій, що досліджуються, на жаль, не можна порівняти з нормативними значеннями певного ступеня ризику для певної людино-машинної системи, бо таких даних просто не існує. Але значення ймовірності тієї чи іншої події, обчислені при дослідженні конкретної моделі, дає уяву про високу, середню і незначну (малоймовірну) небезпеку.

Єдиний документ, який можна взяти для орієнтиру, це ГОСТ 12.1.010—76 «Система стандартів безпеки труда. Взрывобезопасность», в якому зазначено, що виробничі процеси повинні розроблятися так, щоб ймовірність виникнення вибуху на будь-якій вибухонебезпечній ділянці протягом року не перевищувала  $10^{-6}$  ( $P=0,000001$ ).

Для проведення обчислень ймовірності травми використаємо логіко-імітаційну модель процесу її формування.

Оскільки значення ймовірності виникнення аварії або травми (аварійної чи травмонезбезпечної ситуації) найбільш точно і об'єктивно характеризує рівень небезпеки на конкретному об'єкті, то цим створені умови для удосконалення системи управління безпекою праці в окремих підрозділах або господарствах. При цьому значення ймовірності можуть бути використані при розробці заходів впливу на працюючих, що часто допускають небезпечні дії, і заохочуючих (стимулюючих) заходів до тих працюючих, на робочих місцях яких існує дуже низька ймовірність виникнення травми або аварії.

Наведемо приклад визначення ймовірності аварії за допомогою логіко-імітаційної моделі (рис. 4.1).

Позначимо події моделі відповідними номерами від 1 до 13. Подія 9 характеризує саме аварію. Ймовірності базових подій покажемо умовно, але значення їх будуть близькими до реальних умов виробництва.

$$P_1=0,05; P_2=0,2; P_3=0,3; P_5=0,1; P_7=0,5; P_8=0,5.$$

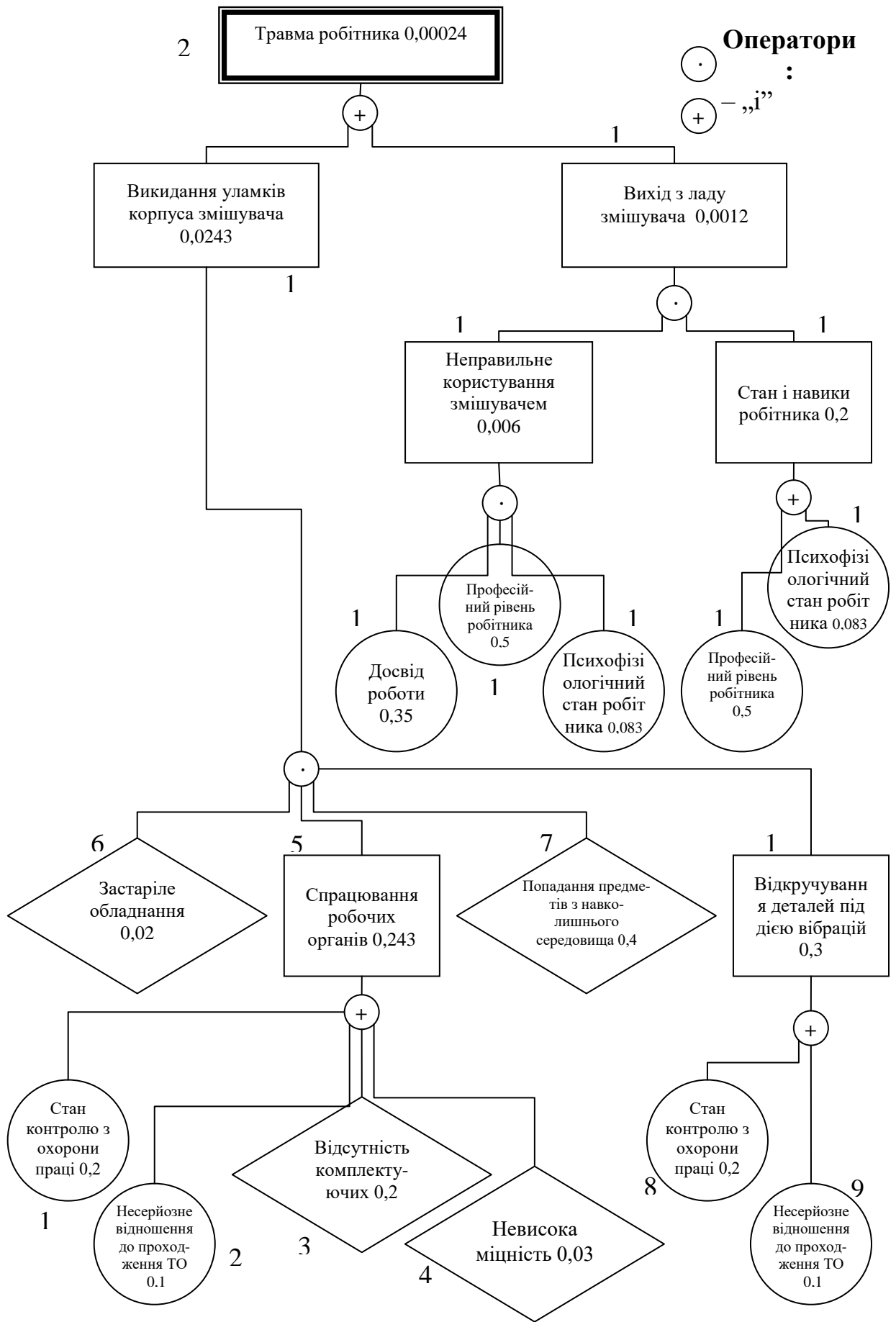


Рисунок 4.1 - Логіко-імітаційна модель процесу формування та виникнення аварії та травми під час роботи змішувача зернової сировини.

Використовуючи указану модель, визначимо послідовно ймовірність події 3:

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 P_2 - P_1 P_3 - P_2 P_3 + P_1 P_2 P_3 = 0,243;$$

$$P_6 = P_4 P_5 = 0,0243;$$

$$P_9 = P_6 P_7 P_8 = 0,006.$$

Одержане значення ймовірності виникнення аварії (викришення зубів)  $P_9 = 0,006$ , характеризує те, що при наявності таких подій, які відображені у моделі, на кожну 1000 одиниць аналогічного обладнання можна очікувати 6 аварій.

Якщо продовжити розрахунки далі, то можна розрахувати ймовірність травми:

$$P_{10} = 0,2; P_{12} = 0,2;$$

$$P_{11} = P_9 P_{10} = 0,0012;$$

$$P_{13} = P_{11} P_{12} = 0,00024.$$

Логіко-імітаційні моделі аварій і травм допомагають зменшити ймовірність виникнення аварійних та травмонебезпечних ситуацій.

## 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

### 5.1. Визначення обсягу та структури витрат на виробництво продукції

Розрахунок техніко-економічних показників базується на визначенні показників: строку окупності капіталовкладень, річного економічного ефекту, рівня рентабельності виробництва, прибутку, економії затрат праці, рівня механізації, собівартості продукції, експлуатаційних і виробничих затрат.

Одним із основних критеріїв економічної оцінки технологічного рішення є строк окупності, який визначається як відношення сумарних капітальних витрат  $K_{\text{кан}}$  (грн.) до річного прибутку  $\Pi$  (грн.):

$$T = \frac{K_{\text{кан}}}{\Pi} \quad (5.1)$$

Наступним показником, який може характеризувати економічну ефективність виробництва заданого виду продукції є рівень рентабельності. Він характеризує прибутковість підприємства. Рентабельність визначається відношенням прибутку  $\Pi$  до загальних затрат на виробництво продукції  $Z$ :

$$P_p = \frac{\Pi}{Z} \cdot 100 \quad (5.2)$$

Прибуток визначається як різниця грошових надходжень  $\Gamma_n$  і загальних затрат на виробництво продукції  $Z$ :

$$\Pi = \Gamma_n - Z \quad (6.3)$$

Грошові надходження від реалізації виробленої продукції визначаються як добуток кількості виробленої продукції  $Q_{\text{пр}}$  (т) на її

ціну  $C_{np}$  (грн./т):

$$\Gamma_n = \sum Q_{np} \cdot C_{np} \quad (5.4)$$

Грошові надходження від реалізації продукції різного гатунку (якості) визначатимуться як:

$$\Gamma_{нвг} = Q_{нвг} \cdot C_{нвг} \quad (5.5)$$

$$\Gamma_{нвг} = 12500 \cdot 6500 = 81250000 \text{ грн.}$$

$$\Gamma_{н1г} = Q_{н1г} \cdot C_{н1г} \quad (5.6)$$

Сумарні грошові надходження

$$\Gamma_H = 81250000 + 0 + 0 = 81250000 \text{ грн.}$$

Загальні затрати на виробництво продукції визначаються за формулою:

$$Z = Z_n + Z_n \quad (5.7)$$

де  $Z_n$  - прямі затрати на виробництво продукції, грн.;

$Z_n$  - непрямі затрати на виробництво продукції, грн.

Прямі затрати на виробництво продукції визначаються як

$$Z_n = Z_e + A_{\delta} + A_o + B_c + B_m \quad (5.8)$$

де  $Z_e$  - експлуатаційні затрати на виробництво продукції, грн. (вибирається з технологічної карти);

$A_{\delta}$  - амортизаційні відрахування на будівлі і споруди, грн.;

$A_o$  - амортизаційні відрахування на відновлення і ремонт обладнання, що не ввійшло в технологічну карту, грн.;

$B_c$  - вартість сировини, що необхідна для виробництва продукції, грн.;

Амортизаційні відрахування на будівлі визначаються за формулою:

$$A_{\delta} = \frac{B_{\delta}}{T_e} \quad (5.9)$$



де  $B_{\delta}$  - балансова вартість будівлі, грн.;

$T_e$  - строк експлуатації будівлі, років (приймається 50 років).

Балансова вартість будівлі вибирається з довідників, нормативних документів, або розраховується за формулою:

$$B_{\delta} = V_{\delta} \cdot Z_{\delta} \quad (5.10)$$

де  $V_{\delta}$  - будівельний об'єм, м<sup>3</sup>;

$Z_{\delta}$  - будівельні затрати на 1 м<sup>3</sup>.

$$B_{\delta} = 967,5 * 20000 = 19350000 \text{ грн.}$$

Тоді

$$A_{\delta} = \frac{19350000}{50} = 387000 \text{ грн.}$$

Вартість сировини, яка використовується для виробництва продукції визначається за формулою:

$$B_c = \sum W_c \cdot C_c \quad (5.11)$$

де  $W_c$  - кількість кожного компонента в загальній рецептурі, кг;

$C_c$  - вартість кожного компонента рецептури, грн/кг.

$$B_c = 12500 * 4800 = 60000000 \text{ грн.}$$

Вартість тари, необхідної для пакування виробленої продукції визначатиметься як

$$B_m = N_m \cdot C_m \quad (5.12)$$

де  $N_m$  - кількість одиниць тари, шт;

$C_m$  - ціна тари, грн./шт.

Тоді,

$$B_m = 100000 * 3 = 300000 \text{ грн.}$$

Тоді прямі затрати будуть становити

$$Z_n = 1143966 + 387000 + 26740 + 60000000 + 300000 = 61857706 \text{ грн.}$$

Непрямі затрати на виробництво продукції становлять 10 % від прямих, тому їх розмір визначатиметься за формулою:

$$Z_n = 0,1 \cdot Z_p \quad (5.13)$$

$$Z_n = 0,1 * 61857706 = 6185770,6 \text{ грн.}$$

Загальні затрати на виробництво продукції будуть становити

$$Z = 61857706 + 6185770,6 = 68043476,6 \text{ грн.}$$

Тоді прибуток від реалізації виробленої продукції буде рівним

$$\Pi = 81250000 - 68043476,6 = 13206523,4 \text{ грн.}$$

Собівартість одиниці продукції визначається за формулою:

$$C_{np} = \frac{Z}{Q_{np}} \quad (5.14)$$

$$C_{np} = \frac{68043476,60}{12500} = 5443,48 \text{ грн/т.}$$

## **5.2. Визначення рентабельності підприємства, цеху та строк окупності додаткових капіталовкладень**

За умови відомих значень прибутку і загальних затрат на виробництво продукції можна визначити рівень рентабельності виробництва.

$$P_p = \frac{13206523,4 * 100}{68043476,60} = 19,41 \%$$

Для визначення строку окупності капітальних вкладень необхідно визначити їх розмір за формулою

$$K_{kan} = B_o + B_{\sigma} \quad (5.15)$$

де  $B_o$  - вартість технологічного обладнання, грн.

$$K_{kan} = 134400 + 19350000 = 19484400 \text{ грн.}$$

Тоді строк окупності капітальних вкладень буде становити

$$T_{ок} = \frac{19484400,00}{13206523,40} = 1,48 \text{ років.}$$

Таблиця 5.1 - Економічна ефективність запропонованого технічного рішення

<b>Показник</b>	<b>Умовні позначення</b>	<b>Одиниці виміру</b>	<b>Параметр</b>
Експлуатаційні затрати	Зе	тис. грн.	1143,96
Вартість сировини	Вс	тис. грн.	60000,0
Собівартість 1 т продукції	Спр	тис. грн.	5,44
Середня реалізаційна ціна 1 т продукції	Цтв	тис. грн.	6,5
Прибуток	П	тис. грн.	13206,52
Рівень рентабельності	Рр	%	19,41
Термін окупності капіталовкладень	Ток	років	1,48

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

Процес змішування - це процес, при якому сипучі компоненти сировини пошарово проникають один в одного, що супроводжується падінням, зсувом і переміщенням. У першому розділі кваліфікаційної роботи описано процес змішування сировини. Подано загальний огляд будови та класифікації змішувачів і ліній виробництва кормів. Був проведений патентний пошук обладнання для змішування зернової сировини. З метою вдосконалення змішувача були проаналізовані всі відомі типи змішувачів.

Для змішувача були проведені технічні розрахунки, які включали визначення потужності приводу, а також важливих конструктивних та технологічних параметрів.

Найважливішим у роботі змішувача є вид і конструкція змішувального органу, робоче призначення якого - за рахунок опору тіла перетворювати механічну енергію машини в неупорядковану теплову енергію. Його величина залежить від конструкції робочого органу, характеристик приводу і конструкції самого змішувача.

У результаті роботи з ефективного змішування сировини в однорідну суміш детально проаналізовано машини та обладнання, що використовуються для змішування зернової сировини. Метою цього детального аналізу є визначення та оцінка наступних параметрів, які значною мірою залежать від: якості змішаних компонентів, часу роботи машини, споживання енергії тощо. Для виконання цих завдань розроблено практичну таблицю корисності, в якій порівнюються змішувачі з різними типами робочих механізмів.

При проведенні такого аналізу сировинних змішувачів за різними показниками виявилось, що найбільш ефективним у роботі є змішувач із шнековим робочим органом.

На основі цих результатів змішувач був вдосконалений і оснащений двома шнековими робочими органами в одній машині.

Моделювання технічних параметрів та аналіз залежностей, що описують робочий механізм змішувача показують, що при зміні частоти обертання шнека суттєво змінюється продуктивність машини. Зміни в діаметрі та довжині шнека відобразатимуть зміни у продуктивності та часі виробництва кінцевого продукту. Для цього необхідно знайти таке співвідношення конструктивно-технічних параметрів роботи машини, при якому продуктивність змішувача буде оптимальною.

В розділі охорона праці та захист населення змодельовано виробничо-аварійні ситуації під час роботи змішувача, проведено заходи забезпечення техніки безпеки та охорони довкілля.

Визначено економічну ефективність кваліфікаційної роботи, а зокрема обсягу та структури витрат на виробництво, рентабельності - 19,41%, та терміну окупності додаткових капіталовкладень – 1,48 р.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Богомолів О.В., Гурський П.В., Богомолів В.П. Курсове та дипломне проектування обладнання переробних і харчових підприємств: Навч. посібник. –Х.: Еспада, 2005. -432с.
2. Гулий І.С., Пушанко М.М., Орлов Л.О. та ін. Обладнання підприємств переробної і харчової промисловості За ред. Гулого І.С.. –Вінниця: Нова книга, 2001. –576с.
3. Кодра Ю.В., Стоцько З.А. Технологічні машини. Розрахунок і конструювання: Навч. посібник. –Львів: Бескид Біт, 2004. -466с.
4. Маньківський А.Я., Скалецька А.Ф. Технологія зберігання і переробки сільськогосподарської продукції : Навчальний посібник. – К.: Аспект, 1999 – 378с.
5. Машини та обладнання переробних виробництв: Навч. Посібник / О.В.Дацишин, А.І.Ткачук, Д.С.Чубов та ін.; За ред. О.В.Дацишина. –К.: Вища освіта, 2005. -159с.
6. Машини та обладнання для тваринництва. Підручник /Науменко О.А., Бойко І.Г., Нанка О.В ., Полупанов В.М . та ін.; за ред. І .Г. Бойко. – Том1. – Харків: Видавництво ЧП Червяк, 2006. – 225с.
7. Машини та обладнання для тваринництва. Підручник /Науменко О.А., Бойко І.Г., Грідасов В.І ., Дзюба А.І . та ін.; за ред. І.Г. Бойко. – Том 2. – Харків: Видавництво ЧП Червяк, 2006. – 279 с.
8. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва: Навч. посібник/ П.С. Берник, З.А.Стоцько, І.П.Паламарчук та ін. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2004. - 336с.
9. Плахотін В.Я., Тюрікова І.С., Хомич Г.П. Теоретичні основи технологій харчових виробництв: Навч. посібник. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 640 с.
10. Пуховський Є.С., Малафєєв Ю.М. Проектування гнучких виробничих систем машинобудування. Навчальний посібник для студентів ВНЗ

- машинобудівних спеціальностей / Частина I / Під ред. Коренькова В.М. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 286 с.
11. Проектування технологій і технічних засобів для тваринництва. / За ред. Скорика О.П., Полупанова В.М. (авт. Науменко О.А., Бойко І.Г., Грідасов В.І., Дзюба В.І. та інші) Харків ХНТУСГ, 2009. – 429с.
  12. Сиротюк В.М. Машини та обладнання для тваринництва. Навчальний посібник. – Львів: «Магнолія плюс», видавець В.М. Піча, 2004. – 200с.
  13. Сиротюк С.В. Механізація переробки та зберігання продукції рослинництва. Курс лекцій. – Львів, 1999. – 249 с.
  14. Теорія та розрахунок машин для тваринництва /І.Г. Бойко, В.Г. Грідасов, А.І. Дзюба та ін.; За ред. І.Г. Бойко. – Х.: НМЦ ХНТУСГ, 2002. – 216с.
  15. Шабельник Б.П., Троянов М.М., Бойко І.Г. та ін. Теорія та розрахунок машин для тваринництва /За ред. Бойка І.Г. – Харків, 2002. – 216 с.
  16. Флис І.М., Сиротюк С.В., Буртак В.В. Машини для змішування компонентів переробного виробництва. Метод. реком. – Львів: ЛДАУ, 2002. –20 с.
  17. Запарник-змішувач. Патент № 3492
  18. Стрічково-лопатовий змішувач. Патент № 46224
  19. Змішувач комбінованих. Патент № 33427
  20. Змішувач комбінованих. Патент № 122475.
  21. Змішувач. Патент № 110592
  22. Змішувач. Патент № 95530