

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**Таврійський Державний Агротехнологічний Університет**  
**імені Дмитра Моторного**  
**Навчально-науковий інститут загально університетської підготовки**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. каф. "Машиновикористання в землеробстві"

доц. \_\_\_\_\_ Володимир КУВАЧОВ

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 2021 року

**Пояснювальна записка**

до дипломної роботи здобувача СВО «Магістр»  
(ступінь вищої освіти)

на тему: «Розробка пристрою для дозування, змішування та вивантаження добрив з обґрунтуванням його конструктивно-режимних параметрів на базі сільськогосподарського виробничого кооперативу імені Фрунзе Веселівського району Запорізької області»

**32МЗД.078.000000ПЗ**

Виконав: здобувач ВО 2 курсу, групи 21МБ АІ 3  
спеціальності 208 Агроінженерія  
за ОПП Агроінженерія  
шифр і назва спеціальності та ОПП

\_\_\_\_\_ Є.В. БИСТРОВ  
(підпис)

Керівник проф. \_\_\_\_\_  
(підпис)

Консультант проф. \_\_\_\_\_ Ю.П. РОГАЧ  
(підпис)

Нормоконтроль доц. \_\_\_\_\_ Т.С. ЧОРНА  
(підпис)

Рецензент \_\_\_\_\_  
(підпис) (ініціали та прізвище)

**Мелітополь**  
**2021**

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО**

Інститут, факультет ННІ ЗУП  
землеробстві

Кафедра Машиновикористання в

Ступінь вищої освіти Магістр

Спеціальність 208 Агроінженерія

ОПП Агроінженерія  
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри МВЗ

доцент \_\_\_\_\_

**КУВАЧОВ**

Володимир

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

**БИСТРОВ Євген Віталійович**

1 Тема роботи: «Розробка пристрою для дозування, змішування та вивантаження добрив з обґрунтуванням його конструктивно-режимних параметрів на базі сільськогосподарського виробничого кооперативу імені Фрунзе Веселівського району Запорізької області»

керівник проекту

затверджена наказом ректора університету від “ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2020 р. № \_\_\_\_\_.

2 Строк подання студентом роботи 22.01.2021 р.

3 Вихідні дані до роботи Результати практики, Інформація з науково-практичних періодичних видань України, рекомендовані технологічні карти на вирощування сільськогосподарських культур на півдні України, нормативні документи тощо.

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Аналіз сучасного стану питання змішування, дозування та вивантаження мінеральних добрив

2. Теоретичні дослідження процесів дозування, змішування та вивантаження мінеральних добрив

3. Розробити програму та методика експериментальних досліджень

4. Проаналізувати, обґрунтувати та розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях

5. Економічна ефективність роботи дозатора змішувача мінеральних добрив

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Аналіз проблем навантаження мінеральних добрив

2. Аналіз проблем змішування мінеральних добрив

3. Конструктивно – технологічна схема змішувача мінеральних добрив

4. Теоретичні дослідження показників роботи змішувача мінеральних добрив

5. Ступінь небезпечності різних факторів зовнішнього середовища

6. Показники економічної ефективності змішувача мінеральних добрив

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	РОГАЧ Ю.П., професор		

7 Дата видачі завдання 21.12.2020 р.

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз сучасного стану питання змішування, дозування та вивантаження мінеральних добрив	21.12.2020 р.- 29.12.2020 р.	
2	Теоретичні дослідження процесів дозування, змішування та вивантаження мінеральних добрив	30.12.2020 р.- 06.01.2021 р.	
3	Розробити програму та методика експериментальних досліджень	07.01.2021р. - 14.01.2021 р.	
4	Проаналізувати, обґрунтувати та розробити заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях	15.01.2021р. - 18.01.2021 р.	
5	Оцінити ефективність роботи дозатора змішувача мінеральних добрив	19.01.2021 р.- 22.01.2021 р.	

Здобувач ВО \_\_\_\_\_

(підпис)

Є.В. БИСТРОВ \_\_\_\_\_

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи \_\_\_\_\_

(підпис)

(ініціали та прізвище)

№ рядка	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	№ аркуша	Примітка
	A4	32МЗД.078.000000ПЗ	Пояснювальна записка	85		
	A1	32МЗД.078.101000	Аналіз проблем навантаження мінеральних добрив сільському господарстві	1	1	
	A1	32МЗД.078.102000	Аналіз проблем змішування мінеральних добрив	1	2	
	A1	32МЗД.078.201000	Конструктивно - технологічна схема змішувача мінеральних добрив	1	3	
	A1	32МЗД.078.202000	Теоретичні дослідження показників роботи змішувача мінеральних добрив	1	4	
	A1	32МЗД.078.401000	Ступінь небезпечності різних факторів зовнішнього середовища	1	5	
	A1	32МЗД.078.501000	Показники економічної ефективності змішувача мінеральних добрив	1	6	
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px auto; width: 80%;"> <p style="text-align: center; margin: 0;"><b>32МЗД.078.000000ВДР</b></p> </div>						
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підп.	Дата	Дипломна робота  ТДАТУ, 2021	
Розроб.	Бистров					
Перев.	Мілько					
Н. контр.	Чорна					
Зав.	Кувачов					

## РЕФЕРАТ

**Дипломна робота:** складається з 85 сторінок машинопису, має 5 розділів, 28 рисунків, 4 таблиць, 39 посилань.

**Графічна частина:** роботи складається з 6 аркушів формату А1.

**Метою роботи** є збільшення ефективності процесу змішування мінеральних добрив під час підготовки їх до внесення.

**Об'єкт досліджень:** устаткування для змішування та дозування мінеральних добрив.

**Предмет досліджень:** закономірності впливу розробленого устаткування на техніко – економічні показники процесу приготування мінеральних добрив.

В дипломній роботі вирішені наступні завдання:

- проаналізовано існуючі засоби механізації дозування та змішування;
- обґрунтовано конструктивно – технологічну схему;
- визначено основні параметри та режими роботи змішувача – дозатору мінеральних добрив;
- отримана математична модель для розрахунку основних параметрів змішувача дозатора, яка враховує конструктивні особливості робочих органів змішувача, фізико-механічні властивості добрив і режими роботи змішувача;
- здійснено економічну оцінку розроблюваного устаткування для змішування та дозування мінеральних добрив.

**Ключові слова:** ЗМІШУВАЧ, ДОЗАТОР, СПРАЛЬ, ГВИНТ, МІНЕРАЛЬНІ ДОБРИВА, УСТАТКУВАННЯ ДЛЯ ЗМІШУВАННЯ ТА ДОЗУВАННЯ.

# ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b>	7
<b>1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ ЗМІШУВАННЯ, ДОЗУВАННЯ ТА ВИВАНТАЖЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ</b>	8
1.1 Загальні відомості про сільськогосподарський виробничий кооператив імені Фрунзе Веселівського району Запорізької області	8
1.2 Властивості мінеральних добрив призначених до змішування	9
1.3 Огляд існуючих засобів механізації	10
1.4 Способи змішування сипких матеріалів	29
1.5 Контроль якості суміші	34
<b>2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ДОЗУВАННЯ, ЗМІШУВАННЯ ТА ВИВАНТАЖЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ</b>	40
2.1 Конструктивно-технологічна схема пристрою для дозування, змішування та вивантаження мінеральних добрив	40
2.2 Визначення подачі спірального-гвинтового дозатору сипких матеріалів	42
2.3 Визначення залежності довжини завантажувального вікна від швидкості обертання спірального-гвинтового робочого органу	46
2.4 Розрахунок енергетичних параметрів пристрою для вивантаження сипких матеріалів	50
<b>3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕННЯ</b>	53
3.1 Програма досліджень	53
3.2 Прилади та засоби вимірювань для досліджень	53
3.3 Методика визначення фізико-механічних властивостей сипких матеріалів	54
3.4 Методика обробки даних та похибок вимірювань	58
<b>4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ</b>	63
4.1 Реалізація вимог нормативних документів з охорони праці при приготуванні мінеральних добрив	63
4.2 Постановка завдання щодо досліджень з питань охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на підприємстві	64
4.3 Аналітично - розрахункова частина з питань охорони праці на виробництві	70
4.4 Заходи безпеки на виробництві	72

4.5 Графічна частина до розділу	74
4.6 Безпека в надзвичайних ситуаціях	74
Висновки по розділу	75
<b>5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ДОЗАТОРА ЗМІШУВАЧА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ</b>	<b>76</b>
5.1 Економічна ефективність застосування пристрою	76
Висновки по розділу	79
<b>ВИСНОВКИ</b>	<b>80</b>
<b>СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ</b>	<b>81</b>
<b>ДОДАТКИ</b>	<b>84</b>

## ВСТУП

Сучасне сільськогосподарське виробництво неможливо уявити без використання мінеральних добрив. Застосування добрив дає можливість збільшити врожайність і поліпшити якість продукції рослинництва.

В результаті застосування добрив підвищується стійкість рослин проти хвороб, рослини швидше дозрівають, краще використовують вологу, тощо. Добрива за агрономічним призначенням поділяють на прямі, які вносять в ґрунт для поліпшення живлення рослин (наприклад, аміачна селітра, суперфосфат та ін.), і непрямі, які вносять для поліпшення властивостей ґрунту і нагромадження в ньому елементів живлення рослин (наприклад, органічні добрива). За походженням, способом і місцем добування виділяють: місцеві добрива, які виробляються безпосередньо в господарстві (наприклад, гній) і промислові добрива.

На практиці виділяють такі основні добрива: мінеральні (азотні, фосфорні, калійні) складні та змішані; органічні (гній, гноївка, пташиний послід, торф, зелене добриво, компости); бактеріальні.

Польові культури по-різному реагують на органічні, мінеральні добрива та їх комбінації. Нестача азоту призводить до зниження вмісту в рослині вказаних сполук, і в результаті – до порушення нормального перебігу життєвих процесів. Особливо сильно нестача азоту позначається на рості рослин. В результаті підсилення азотного живлення рослини розвивають міцну вегетативну масу: в них збільшується вміст білка, спостерігається загальне зростання врожайності. Азотне живлення рослин регулюють переважно застосуванням різних мінеральних азотних добрив: насамперед аміачної селітри, карбаміду та нітроамофосу. Ці добрива поряд з позитивними якостями (висока концентрація основних поживних елементів), мають також суттєвий недолік – їх значна розчинність у ґрунті, що може привести до створення умов пригнічення росту та розвитку рослин, а також сприяє вимиванню добрив з ґрунту. При цьому значно зменшується коефіцієнт використання добрив.



# 1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПИТАННЯ ЗМІШУВАННЯ, ДОЗУВАННЯ ТА ВИВАНТАЖЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

## 1.1 Загальні відомості про сільськогосподарський виробничий кооператив імені Фрунзе Веселівського району Запорізької області

Сільськогосподарський виробничий кооператив імені Фрунзе Веселівського району Запорізької області розташувалось у адміністративно-господарському центрі с.м.т. Веселе, та розміщено за адресою вул. Калинина 39. Сільськогосподарський виробничий кооператив імені Фрунзе розміщений на відстані 52,2 км від районного центру м. Мелітополь. З північного боку до найближчого районного центру смт. Михайлівка відстань складає 48,3 км, тоді як до обласного центру м. Запоріжжя відстань складає 125 км. На рисунку 1.1 наведений фрагмент карти з розташуванням с.м.т. Веселе [1].

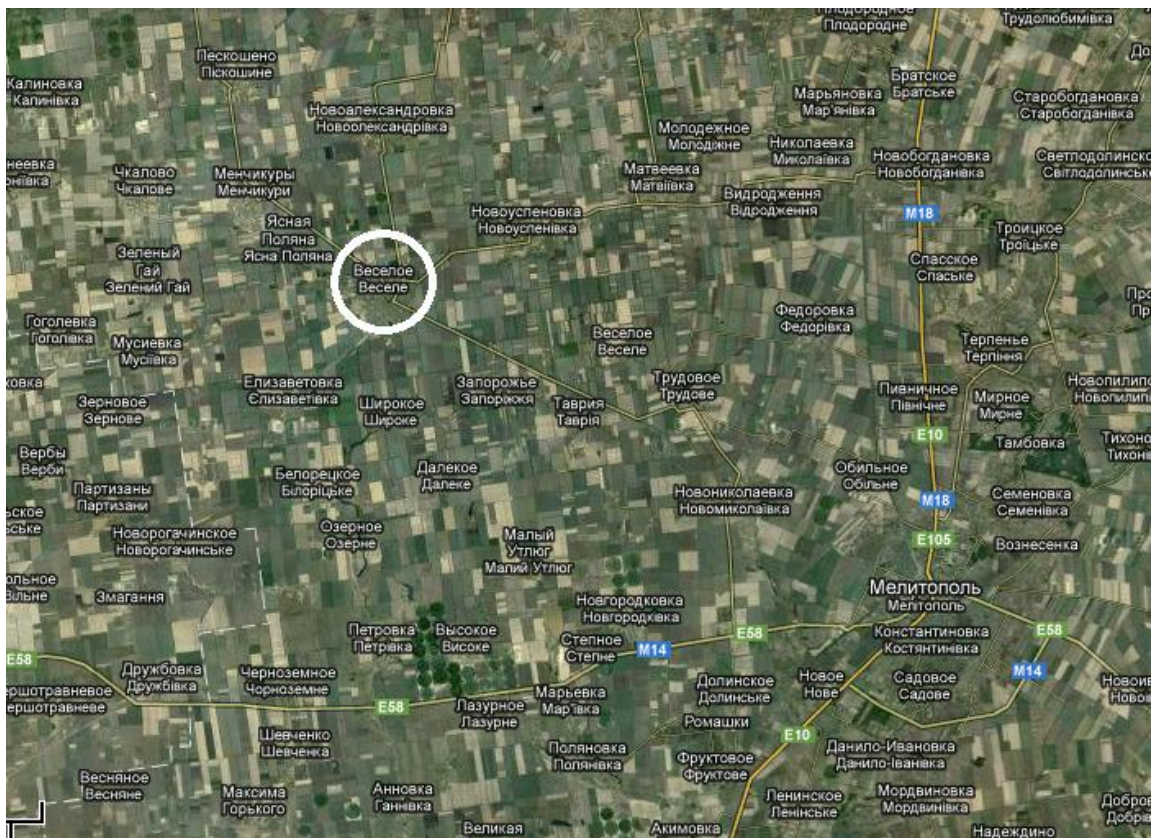


Рисунок 1.1 - Територіальне розміщення СВК імені Фрунзе

Місцезнаходження адміністративно-господарського центру - степна безводна зона, що впливає на організацію клімату. Клімат сухий, кількість опадів - не більше 400 мм, коливається в різні роки. Кожен третій рік - посушливий. Часто засуха трапляється два, а то и три роки поспіль. Влітку сильна спека та часто дмуть вітри, переважно східні та північно - східні. Середня температура самого теплого місяця - 25 градусів, самого холодного - -4 градуса. Зима малосніжна. Весна приходить швидко, але бувають заморозки, інколи в квітні та травні. Вітри, швидко висушують землю. Територія району відноситься до зони ризикованого землеробства.

На території СВК імені Фрунзе переважають звичайні мало гумусові чорноземи, кількість гумусу в орному шарі складає 25–35%. Підземні води залягають на глибині 8–10 см. Це зона дуже сильної вітряної і слабкої водної ерозії.

Таким чином, клімат району є сприятливим для вирощування районованих сортів сільськогосподарських культур: озимої пшениці, ячменю, кукурудзи; соняшнику; баштанних культур; льону–кудряву; плодових культур.

Одним з напрямків покращення прибутковості є дозоване внесення мінеральних добрив, тому впровадження нових енерго- та ресурсозберігаючих технологій і відповідних засобів механізації з низькою матеріаломісткістю, які дозволяють забезпечити необхідну якість готового продукту, а також знизити його собівартість, є актуальним завданням.

## **1.2 Властивості мінеральних добрив призначених до змішування**

Для якісного змішування мінеральних добрив потрібно знати їх основні фізико-хімічні і механічні властивості, далі приведений опис характеристик основних властивостей мінеральних добрив.

- Вологість;
- Гігроскопічність;
- Злежуваність;
- Гранулометричний склад;

- Міцність гранул;
- Кут природного ухилу;
- Густина.

### **1.3 Огляд існуючих засобів механізації**

Основні технологічні операції і робочі процеси в сільськогосподарському виробництві здійснюються шляхом транспортування і обробки матеріалів, для чого застосовуються сотні типів робочих органів машин, часом не універсальних, метало- та енергоємних. Спірально-гвинтові транспортери відомі досить давно і більшість світових брендів мають в лінійці таке обладнання, але вітчизняне машинобудування тільки розпочало розробляти і виробляти подібні машини [2, 3]. Спірально-гвинтові транспортери представляють собою трубу, усередині якої встановлена спіраль, один кінець якої з'єднаний з валом, і має різні приводи. Особливістю даної конструкції є повна відсутність деталей, що перешкоджають просуванню матеріалу в корпусі транспортера. Не маючи на своєму шляху додаткових перешкод в вигляді підшипникових опор, шестерень, ланцюгів та інших суміш транспортується практично в повному обсязі до виходу транспортера, що виключає появу застійних зон або переущільнених ділянок. Крім транспортування матеріалів дані транспортери, можливо, використовувати в якості змішувачів сипких матеріалів, так і сипкого матеріалу з рідинами. Також існує можливість їх використання у якості дозаторів [4]. Завдяки відсутності центрального валу ступінь заповнення спірально-гвинтового транспортера набагато вище ніж, у шнекових. Місце, яке раніше займав вал, тепер повністю заповнене транспортується матеріалом, а значить, його більший обсяг може бути переміщений за один оборот гвинта. Маючи більш просту конструкцію, спіральні транспортери містять меншу кількість деталей, що контактують з матеріалом-сумішшю, що збільшує надійність і безвідмовність транспортних механізмів цього типу.

### 1.3.1 Класифікація засобів навантаження сипких матеріалів

Пристрої для навантаження сипких сумішей, зокрема мінеральних добрив поділяються наступним чином:

За способом взаємодії переміщуваного матеріалу та зусилля пересування:

- переміщення механізмами;
- самопливне переміщення під дією власної маси;
- під дією стисненого повітря, в яких силою пересування є повітряні

потоки;

За принципом прикладання сили пересування і конструкції:

- з механічним приводом (шнеком, спіраллю);
- без механічного приводу;

За напрямками і шляхами переміщення сумішей:

- вертикальні (розташовуються в вертикальному напрямку і транспортують матеріали по шляху, що складається з декількох частин);
- горизонтальні (розташовуються в горизонтальному напрямку);
- об'ємні (розташовуються по всьому об'єму і переміщують матеріали по складній об'ємній доріжці);

За функціями і розташуванню на робочій ділянці:

- нерухомі;
- рухомі, розподільні з власним циклічно поворотним фіксованим переміщенням;
- пересувні;
- мобільні.

Навантажувач «Технолог-4000» (Рис. 1.1) призначений для завантаження різних сипучих матеріалів на висоту 3400 мм, під кутом нахилу шнека  $60^{\circ}$ , діаметр шнека складає 114 мм, встановлена потужність 2,7 кВт, обсяг прийомного бункера становить  $0,3 \text{ м}^3$ , продуктивність  $4 \text{ м}^3/\text{год}$ , маса даного навантажувача не більше 200 кг [13].

Навантажувач сипких матеріалів ПСМ-5 (Рис. 1.2) призначений для

навантаження сумішей або сипких компонентів з бурту до кузова автомобіля або причепа, підйому на висоту, горизонтального переміщення сипких матеріалів. Довжина корпусу становить 5 м, продуктивність до 8 т / год, висота підйому регулюється у межах 1 ... 2,5 м, діаметр корпусу шнека 152 мм, швидкість обертання гвинта  $500 \text{ хв}^{-1}$ , маса навантажувача 224 кг.

Слід зазначити, що у складі вітчизняних виробників також існують навантажувачі сипких компонентів, наприклад зернових.

Їх Характерною особливістю навантажувача є можливість завантаження складів з висотою складування зернового матеріалу до 7 м, а також формування високих буртів на майданчиках відкритих струмів з дальністю метання зерна до 27 м.

Такі навантажувачі можуть виконувати наступне:

1. Завантаження та розвантаження зерноскладів.



Рисунок 1.1 – Навантажувач Технолог-4000



Рисунок 1.2 – Навантажувач ПСМ-5

2. Навантаження зерна у транспортні засоби.
3. Механічне перелопачування (перебуртовування) зерна в зерноскладах на відкритих майданчиках під час підвезення зерна від комбайна.
4. Формування бортів з куп зерна, що залишаються транспортними засобами на майданчиках під час підвезення зерна від комбайна.
5. Сепарацію зерна з відділенням легких домішок.

Яскравим представником таких навантажувачів є навантажувач ПЗУ -110 (Рис. 1.3).





Рисунок 1.3 – Навантажувач ПЗУ-110

Навантажувач ПЗН - 200 (Рис. 1.4) призначений для навантаження зерна і інших легких сипких матеріалів з бурту в транспортні засоби. Навантажувач продуктивний та мобільний [5].



Рисунок 1.4 – Навантажувач ПЗН-200

Гвинтові навантажувачі складаються з ковшового елеватора, стрічкового транспортера з поворотно-підйомним механізмом і колісного візка. Сипкий матеріал подається у завантажувальний бункер, де гвинт, який обертається, надає рух потоку, переміщаючи його по трубі до вивантажувального отвору. Спеціальне гвинтовий пристрій дозволяє змінювати кут нахилу гвинта, за рахунок чого транспортування може здійснюватися як у похилому так і в горизонтальному режимі.

Навантажувач ПЗН - 200 має габаритні розміри 4x3,5x1,5 м, маса становить 700 кг, агрегується з тракторами ЮМЗ-6А, МТЗ-80 за допомогою зчипки СА-1, привод здійснюється від вала відбору потужності, продуктивність складає 200 т / год.



Гвинтовий транспортер з електроприводом Т 206/3 (Рис. 1.5) призначений для переміщення будь-якого виду зерна, насіння і сипких матеріалів на невелику відстань, для наповнення силосів, мішків і т. п. [6]

Застосовуються в фермерських господарствах та в невеликих складах. характеризується великою продуктивністю, не великим споживанням потужності, низькими експлуатаційними витратами з можливістю роботи під різними кутами нахилу.



Рисунок 1.5 – Гвинтовий транспортер з електроприводом Т 206/3

Маса транспортера 83 кг, потужність приводу 1,5 кВт, швидкість обертання гвинта  $451 \text{ хв}^{-1}$ , діаметр гвинта 90 мм, продуктивність 9 т/год. Недоліками даних транспортерів є висока енерго- та металоємність, високе травмування сипкого матеріалу, деяким навантажувачам потрібне агрегування з тракторами, в даному випадку навантажувача ПЗН-200.

### 1.3.2 Класифікація засобів для змішування сипких матеріалів

Пристрої, які застосовують для змішування сипких матеріалів, зазвичай називають змішувачами. За конструктивним виконанням вони мають різноманітні форми: для виконання одного і того ж робочого процесу змішування застосовуються безліч конструктивно різних змішувачів [7]. На даний час змішувачі можна розподілити наступним чином [8]:

1) по матеріальному стану відправних інгредієнтів - змішувачі для сипучих матеріалів (без зміни стану речовини), рідини з низькою і високою в'язкістю, і в'язкою еластичністю (зі зміною фізичного стану в режимі змішування суміші);

2) за типом процесу змішування - змішувачі циклічної і постійної дії;

3) за режимом змішування - змішувачі використовують режим конвекції, дифузії або конвективно-дифузний;

4) по режиму потоків змішання - змішувачі безладного і рівномірного змішування;

5) за способом впливу на суміш - гравітаційні змішувачі, відцентрові, зсуву, вібрації [9];

6) за конструктивними ознаками - змішувачі циліндричні [10], швидкохідні та тихохідні, пропелерні і рамні, в формі Z, плугоподібні, роторні, тарілчасті і т.п. [11].

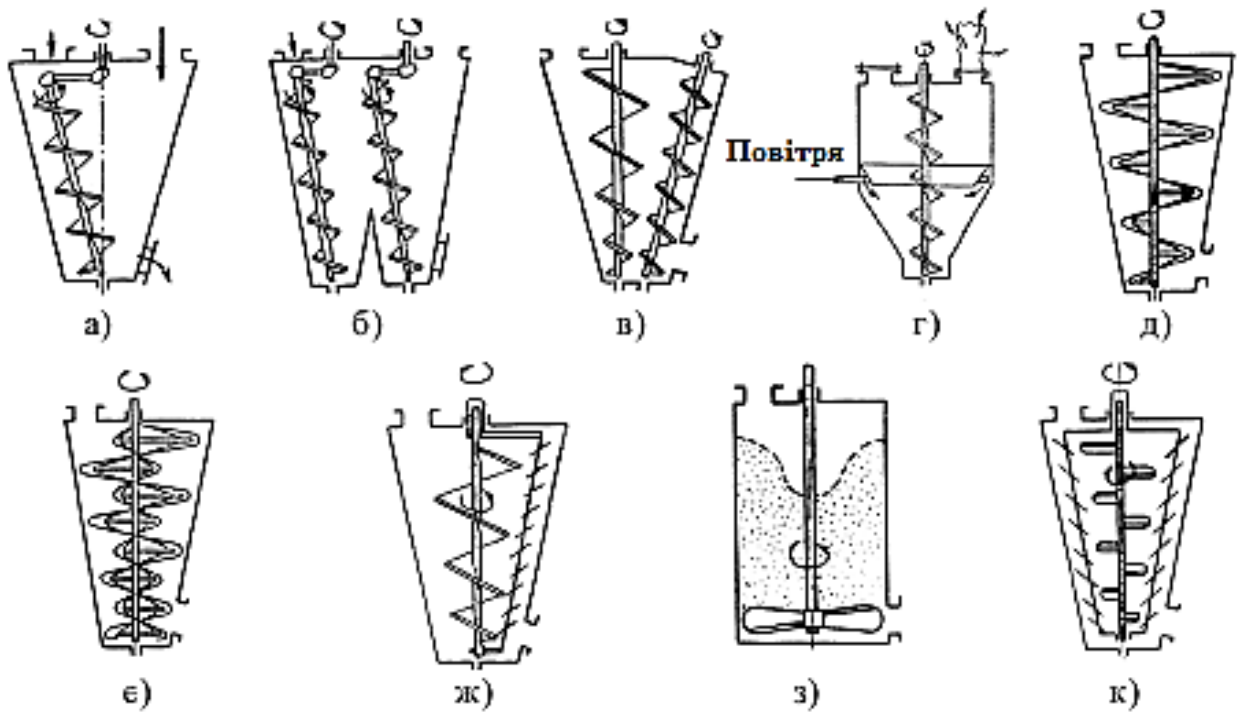
7) за розташуванням робочих механізмів змішувачі зустрічаються горизонтальні і вертикальні;

8) за кількістю змішувальних валів - одновальні і багатовальні;

9) по типу робочих органів - гвинтові, лопатеві, стрічкові [12].

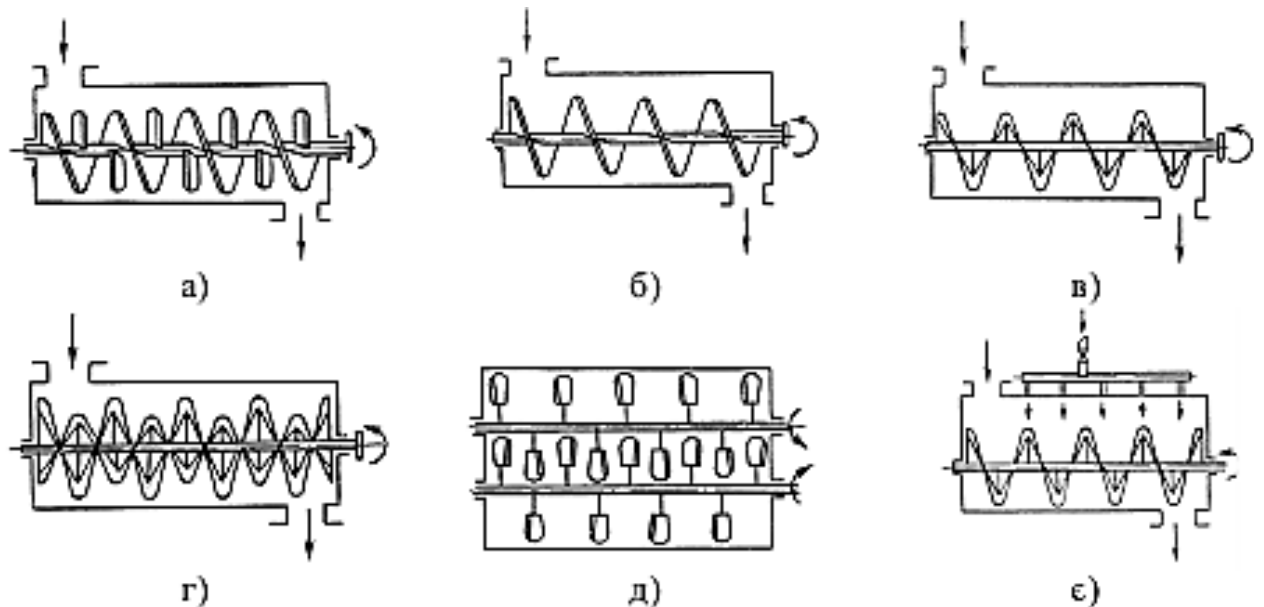
Вертикальні змішувачі з різними робочими органами, що застосовуються в сільськогосподарському виробництві, наведені на рисунку 1.6, а горизонтальні змішувачі - на рисунку 1.7. Як відомо, у всіх вертикальних змішувачах застосовується циклічний режим роботи. Залежно від конструкції і змішуються інгредієнтів змішування однієї порції бажано протягом 5 ... 30 хв.

Малі розміри вертикальних змішувачів пояснюється тим, що продуктивність змішувача майже не залежить від розмірів робочого об'єму ємності, тому що чим менше обсяг, тим швидше йде змішування.



а, б, в – гвинтові; г, д – стрічкові; ж, з – лопатеві; е, к - комбіновані

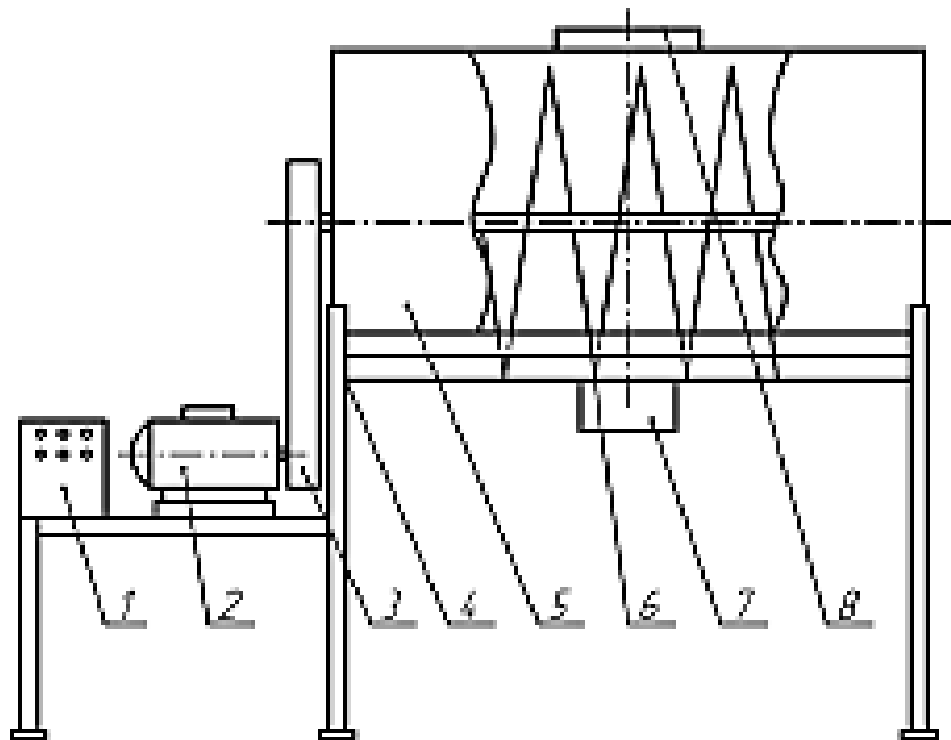
Рисунок 1.6 – Виконання вертикальних змішувачів



а, б – гвинтові; в, г – стрічкові; д – лопатеві; е – комбіновані.

Рисунок 1.7 – Виконання горизонтальних змішувачів

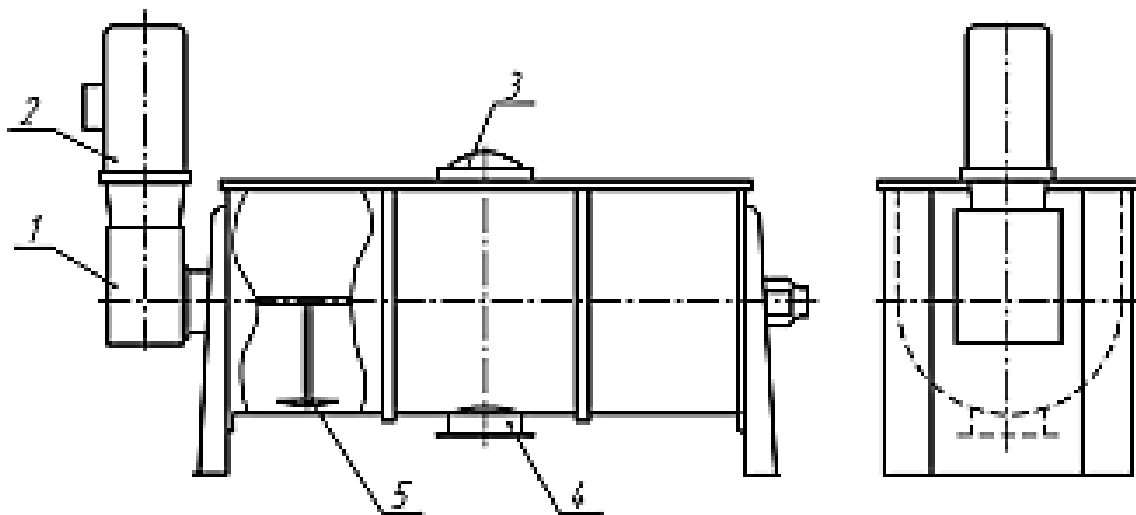
Розглянемо деякі змішувачі сипких матеріалів, змішувач «СПП- 1040» (рис. 1.8) з розташованою горизонтально стрічково-гвинтовою мішалкою, призначений для змішування пилоподібних матеріалів. Змішувач складається з пульта керування, на якому відображається загальний час змішування, час циклів. Обсяг змішувальної камери складає  $1,04 \text{ м}^3$ , маса одного завантаження 520 кг, продуктивність 2 т/год., встановлена потужність 11 кВт, габаритні розміри  $2,75 \times 1,2 \times 2,1 \text{ м}$  [13].



1 – пульт керування; 2 – електродвигун; 3 – кожух пасового приводу; 4 – рама; 5 – змішувальна камера; 6 – стрічково-гвинтова мішалка; 7 – вивантажувальний отвір; 8 – завантажувальне вікно.

Рисунок 1.8 – Змішувач СПП-1040

Змішувач сухих сипучих матеріалів "СМ ТУРБОМІКС 500" (Рис. 1.9) - це пристрій циклічної дії, який застосовується для особливо якісного насиченого змішування сухих сипучих матеріалів. Якість і продуктивність перемішування сипких матеріалів гарантуються формою і порядком положення робочих органів змішувального механізму [14].



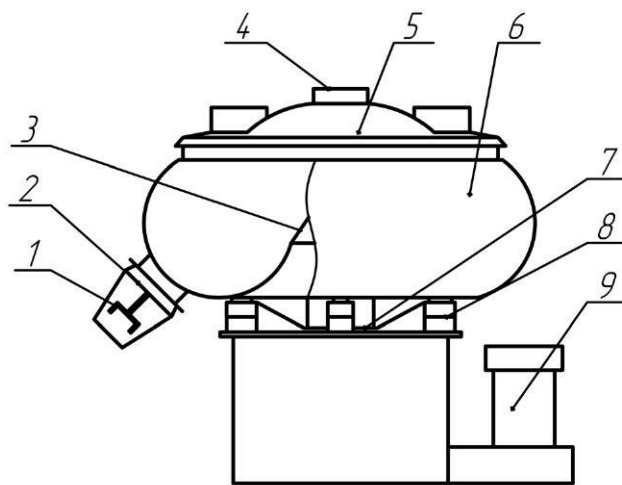
1 – редуктор; 2 – електродвигун; 3 – завантажувальний люк; 4 – вивантажувальний люк; 5 – лопать змішувального вузла.

Рисунок 1.9 - Схема змішувача сухих сумішей «СМ Турбомікс 500»

Дозовані компоненти суміші завантажуються з вагового дозатора через дискову заслінку в ємність змішувача, для цього у верхній частини ємності є технологічні отвори до яких приєднуються вагові дозатори і додаткові пристрої подачі. Далі, завантажені компоненти перемішуються змішувальним вузлом з лопатками лемішного типу, до отримання однорідної суміші по всьому об'єму. Змішувальний вузол приводиться в рух редуктором. Лопаті лемішного типу перемішують завантажені сухі компоненти, утворюючи однорідну суху суміш.

Готова суміш подається через люк шиберного затвору, в приймальний бункер змішувача. Номінальне завантаження змішувача становить 250 л, час циклу змішування суміші 2-3 хв., швидкість обертання валу  $90 \text{ хв}^{-1}$ , потужність приводу 18,5 кВт, габаритні розміри не більше 1993x1044x1729 мм, маса 2500кг. Недоліки даного змішувача полягають в тому, що він стаціонарний, вимагає застосування додаткових завантажувальних пристроїв, не виконує повне вивантаження змішаного матеріалу. Для змішування сухих сипких матеріалів використовуються вібраційні змішувачі, які представлені на прикладі вібраційного змішувача СМВ-1,0 (Рис. 1.10). Вібраційні змішувачі представленого типу розрізняються рухом сипкого матеріалу в трьох

напрямах, частки матеріалу пересуваються не в одному повільному циркуляційному русі всім обсягом матеріалу, а й виконують швидкі спіралеподібні рухи, які описують рух самої камери. Виходячи з цього пересування між частинками сипкого матеріалу проходить дуже насичено, що дозволяє прискорити змішування. Вібросмішувачі з просторовим рухом коливань дозволяють отримати суміші з необхідним розподілом компонентів з коефіцієнтом неоднорідності ( $V = 1,5 \dots 2,5\%$ ) через 5 ... 20 хв. після початку змішування.



1 – ручка відкриття клапана; 2 – клапан вивантаження; 3 – внутрішня кришка; 4 – завантажувальний люк; 5 – верхня кришка; 6 – змішувальна камера; 7 – інерційний вібробуджувач; 8 – вібропоглинач; 9 – електродвигун.

Рисунок 1.10 – Вібраційний змішувач СвМ - 1,0

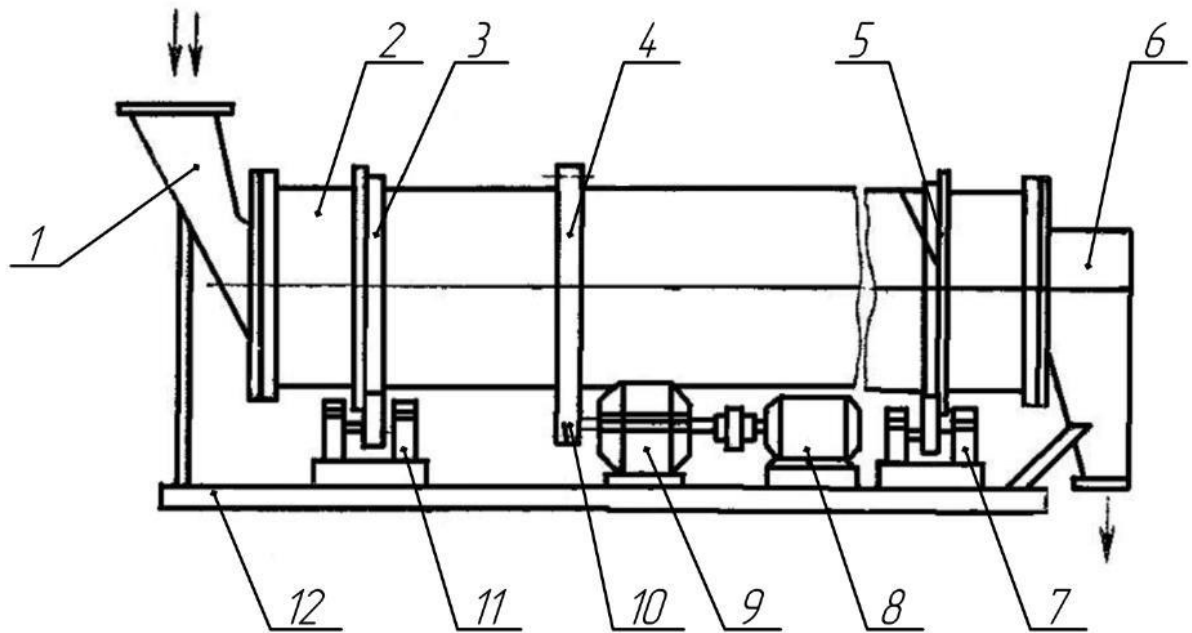
Змішувальна камера вібросмішувача виготовлена у вигляді спеціальної конструкції з тороїдальною камерою певного внутрішнього діаметра (Співвідношення зовнішнього і внутрішнього діаметрів тора  $D/d = 2,0 \dots 2,5$ ) забезпечує під впливом тривимірної вібрації швидке змішування частинок, незалежно від їх розмірів і ваги.

Вібраційний змішувач складається з камери, що спирається через гумові віброізолятори на раму. З камерою жорстко пов'язаний інерційний вібробудник. Камера забезпечена патрубком завантаження і розвантажувальним клапаном (з ручним або механізованим керуванням).

Умовна місткість камери змішувача  $1 \text{ м}^3$ , час змішування  $5 \dots 20 \text{ хв.}$ , потужність двигуна  $11 \text{ кВт}$ , частота коливань  $16 \text{ Гц}$ , габаритні розміри  $1856 \times 1812 \times 1986 \text{ мм}$ , маса  $990 \text{ кг}$  [15] Недоліками даного змішувача слід вважати те, що він стаціонарний, вимагає застосування додаткових пристроїв, для завантаження і дозування матеріалу, також має велике енергоспоживання.

Барабанні змішувачі циклічної дії являють собою просту конструкцію, вони багатофункціональні (з ними можливо в процесі змішування проводити сушіння, нагрівання, зволоження рідкими компонентами, хімічну обробку, гранулювання тощо).

У змішувачах барабанного типу змішування вихідних інгредієнтів проводиться за допомогою обертання ємності, виконаної у вигляді циліндра, вал навколо якого обертається циліндр, трохи нахилений по горизонталі. Барабанний змішувач (рисунок 1.11) включає в себе циліндричну ємність (барабан) 2, на ньому встановлені ободи 3, 5 і зубчасте кільце 4, несучі опори 7 і 11, на опорах є ролики і фіксатори для закріплення ємності в установленому місці; приводні механізми ємності, складаються з електродвигуна 8, ходозменшувача 9 і шестерні 10, похилого лотка 1, розрахованого для завантаження в ємність компонентів, вивантажувальної частини 6, рами 12. З краю приєднують підтримуючий обод, через який матеріал проникає у вивантажувальну частину 6.



1 – завантажувальний лоток; 2 – ємність; 3, 5 – ободи; 4 – зубчасте колесо; 6 – вивантажувальна частина; 7, 11 – опори; 8 – електродвигун; 9 – ходозменшувач; 10 – шестерня; 12 – рама.

Рисунок 1.11 – Схема барабанного змішувача

Сипкий матеріал можна подавати в змішувач постійно або порціями. Можливість подавати порціями існує завдяки тому, що барабанний змішувач має високу рівномірність. Недоліки даного змішувача в складності конструктивного виконання, технічному обслуговуванні несучих опор і підвенцових шестерень, застосуванні додаткових пристроїв, для завантаження та дозування компонентів суміші.

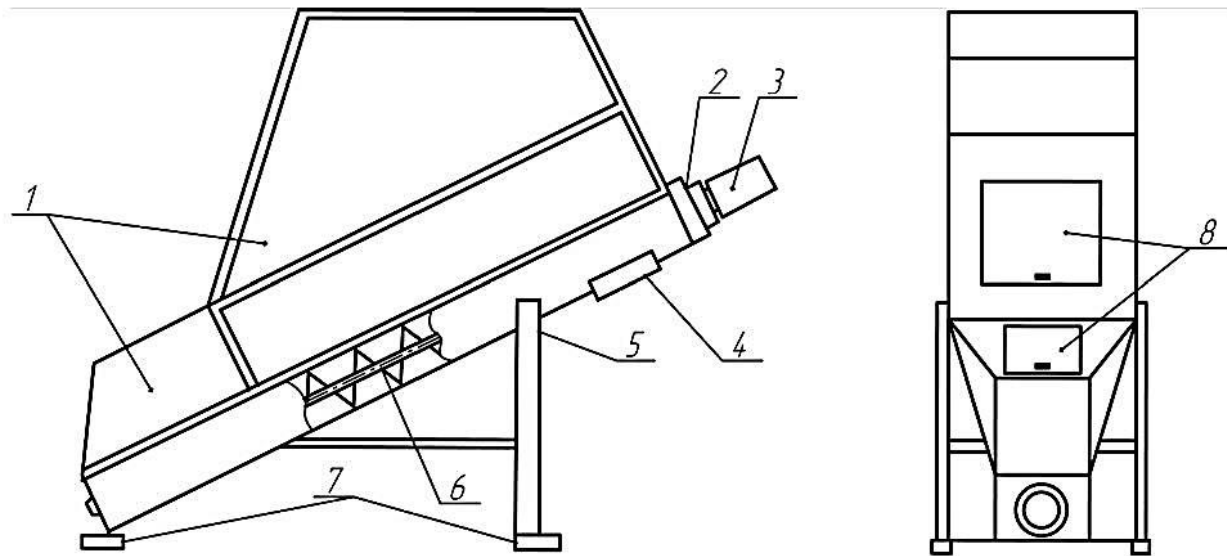
Діагональний змішувач NDM 1000 (Рис. 1.12) призначений для високоякісного змішування практично всіх видів борошняного або гранульованого матеріалу [16]. Принцип змішування полягає у гвинті, який обертається з частотою  $62 \text{ хв}^{-1}$  і безпосередньо приводиться в рух редуктором.

Маса завантаження становить 1500 кг, потужність приводу 5,5 кВт, час змішування 10 ... 15 хв, час вивантаження 5 ... 10 хв., маса змішувача 465 кг, габаритні розміри 4250x1040x2800 мм.

Недоліками даного змішувача, є застосування додаткових



завантажувальних пристроїв, для компонентів суміші, низька якість змішування, неповне вивантаження суміші.



1 - бункери для компонентів суміші; 2 - редуктор; 3 - електродвигун; 4 - вивантажувальне вікно; 5 - опорна рама; 6 - гвинт; 7 - вагові підставки, 8 - завантажувальні вікна.

Рисунок 1.12 – Діагональний змішувач NDM 1500

### 1.3.3 Класифікація засобів для дозування сипких матеріалів

Дозатори виконують роль механічних пристроїв, для створення рівномірного витоку матеріалу з бункера і випуску вимірної частини (дозы) сипкого матеріалу. Відмірювання може відбуватися за об'ємом або по масі. У сучасному світі масово застосовується чимало типів дозаторів з різними технічними виконаннями дозаторів, кожен з яких має свої переваги при встановлених умовах роботи і способом вивантаження, але все ж універсальне багатофункціональне рішення відсутнє. Пристрій дозування відбирають в кожному різному прикладі в залежності від властивостей сипкого матеріалу, подачі і виробничих умов. Особливі типи дозаторів застосовують не тільки, як незалежний пристрій, але і в спільній роботі з іншими пристроями для дозування, надає складну дозування декількох інгредієнтів. У них є високий потенціал по створенню потокових технологічних ліній [17]. В результаті

проведення огляду відомих конструкцій і режимів роботи, припускається систематизувати дозатори сипких матеріалів постійної дії за принципом роботи на основні типи:

- з тяговим робочим органом (як робочий орган спіральна стрічка, пластини, скребки тощо);
- з обертальним робочим органом (шнек, диск);
- з робочим органом, що хитається (вібраційні і т.п.);
- пневматичні, що працюють на принципі насичення сипкого матеріалу повітрям; при цьому сипкий матеріал закінчується з пологого лотка, встановленого під бункером, як рідина.

Необхідно відзначити, що бункер може і не мати дозатора. В цьому випадку дозування відбувається за рахунок вільного падіння матеріалу через що відкривається отвір в дні бункера за допомогою заслінки.

Розглянемо основні типи дозаторів які представлені на рисунку 1.13.

Стрічковий (Рис. 1.13 а) - для стабільного дозування сипких матеріалів і дозування відбувається за рахунок зміни товщини шару матеріалу за допомогою вертикальної заслінки або швидкості стрічки.

Пластинчастий (Рис. 1.13 б) - для стабільного дозування важких, великих, абразивних матеріалів. Дозування здійснюється так само, як і у дозаторів стрічкового типу.

Маятниковий (Рис. 1.13 в) - призначені для дозування з ємності сипких матеріалів з насипною щільністю до  $2,6 \text{ т/м}^3$ . Вони просто сконструйовані, маю високу надійність і продуктивність, дозування відбувається за рахунок зміни ходу лотка.

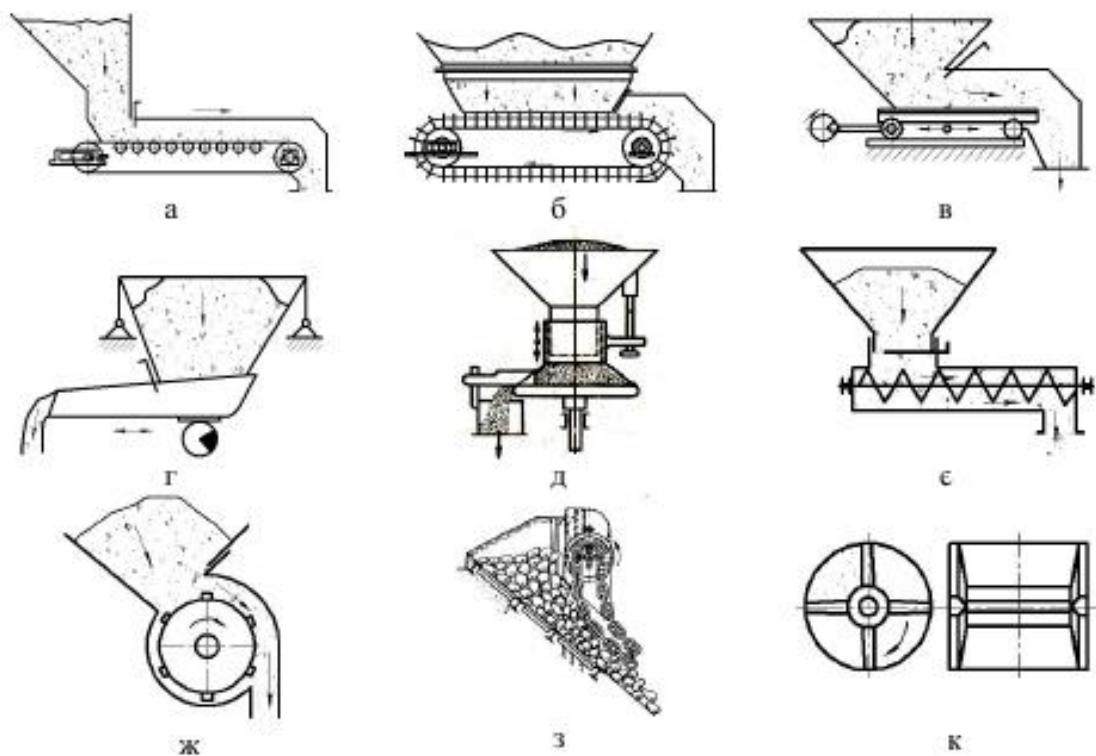
Вібраційний (Рис. 1.13 г) - для дозування твердих і зернистих сипких матеріалів, також застосовуються зі збуджувачем, призначеним для розвантаження важкосипких матеріалів, схильних до утворення сводів і налипання над випускним отвором. Зміна порції може забезпечуватися автоматично зміною діапазону амплітуди і частоти вібрації жолоба.

Тарільчастий (Рис. 1.13 д) для дозування твердотільних, сипких і

важкосипких матеріалів з насипною щільністю до  $2,5 \text{ т / м}^3$ , функціонує під напором матеріалу з бункера, подача змінюється за рахунок зміни позиції знімної заслінки і швидкості обертання робочого органу.

Гвинтовий (Рис. 1.14 е) - для дозування пилоподібних, зернистих, дрібнокускових вантажів. Регулювання за рахунок зміни швидкості обертання гвинта і переміщення заслінки.

Барабанний (Рис. 1.14 ж) - для дозування важкосипких зернистих і дрібних матеріалів і з хвилястою поверхнею циліндра для великих матеріалів. Подача пропорційна перетину висоти шару матеріалу і частоти обертання барабана.



а – стрічковий; б – пластинчастий; в – маятниковий; г – вібраційний; д – тарільчастий; е – гвинтовий; ж – барабанний; з – ланцюговий; к – лопатевий.

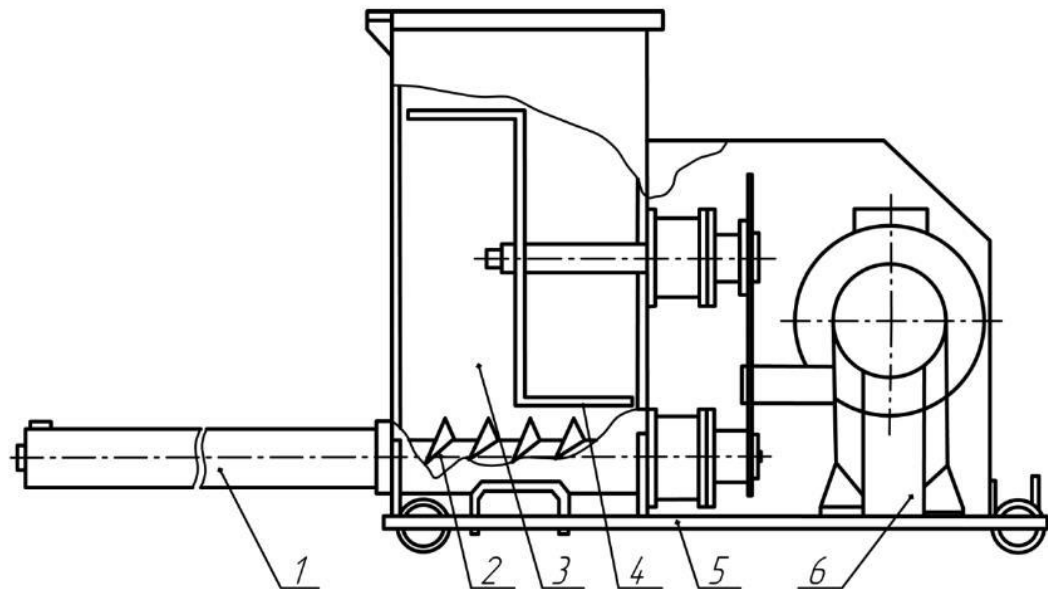
Рисунок 1.13 – Основні типи дозаторів

Ланцюговий (Рис. 1.14 з) - для дозування твердотільних однотипних матеріалів, подача залежить від частоти обертання зірочки.

Лопатевий (Рис. 1.14 к) - для дозування порошкоподібного матеріалу з

високою щільністю. Подача залежить від частоти обертання лопатей [18].

Гвинтовий дозатор (Рис. 1.15) сконструйований для дозування невологіх, гарносипких матеріалів. Зміна дозування відбувається за рахунок зміни частоти струму живлення електродвигуна. Електродвигун має загальний привод з валами ворушилки і гвинта. За допомогою обертання ворушарки відбувається обвалення сводів сипкого матеріалу [19].



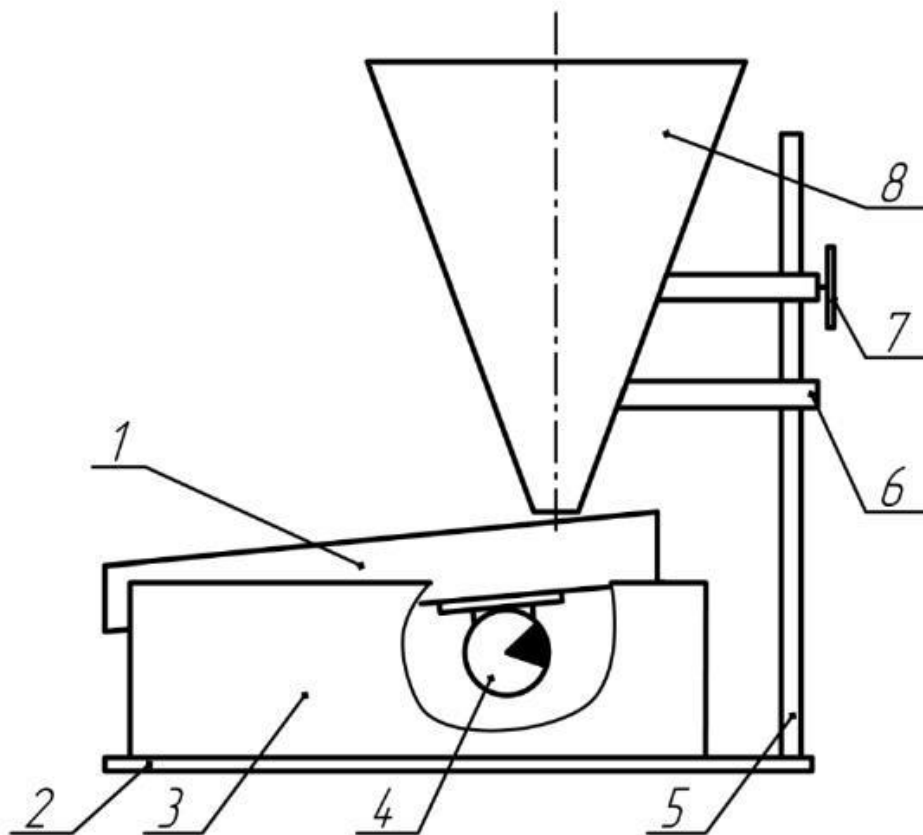
1 – корпус гвинта; 2 – гвинт; 3 – бункер; 4 – ворушарка; 5 – рама; 6 – привод.

Рисунок 1.15 – Дозатор гвинтовий

Потужність електродвигуна 1,1 кВт, довжина кожуху гвинта 1400 мм, діаметр дозуючого робочого органу 46 мм, крок гвинтової лінії 30 мм, швидкість обертання робочого органу  $6,5 \dots 65 \text{ хв}^{-1}$ , місткість бункера 48 л, габаритні розміри 2110x520x480 мм, маса 70 кг. Недоліком даного дозатора є, те, що при використанні важкосипких матеріалів відбувається зависання матеріалу над ворушаркою, сводоутворення над шнеком і налипання до стінок бункера сипкого матеріалу.

Електровібраційний дозатор DR 50/450 (Рис. 1.16) малої продуктивності, такий дозатор успішно використовується для дозування невеликих об'ємів

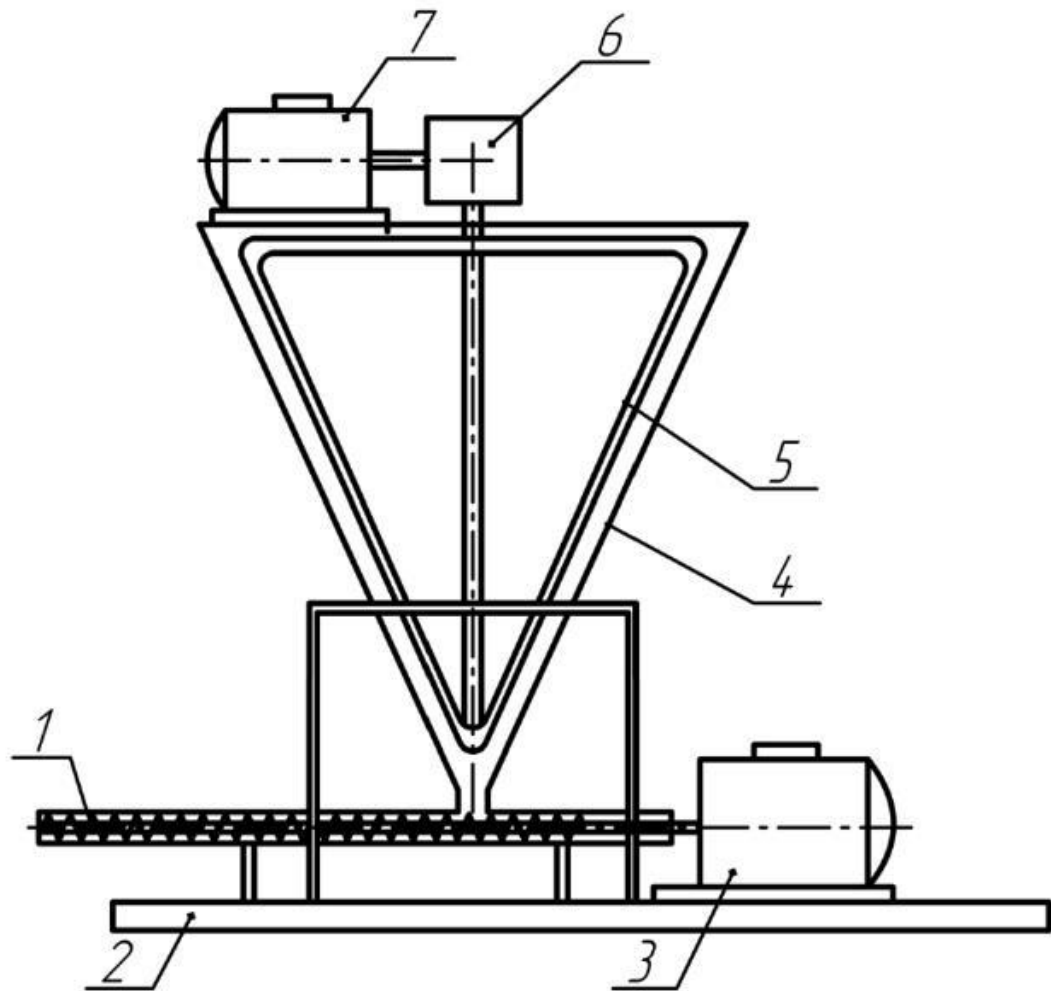
сипкого матеріалу. Дозування регулюється положенням бункера по висоті щодо лотку, змінюється пересуванням його напрямних задньої стійки з подальшим закріпленням встановлювальними гвинтами. Продуктивність даного дозатора становить до 0,75 м<sup>3</sup>/год, об'єм бункера 9 дм<sup>3</sup>, маса разом із бункером складає 18,5 кг, габарити 450x98x590 мм [20]. Недоліками електровібраційного дозатора є те, що при роботі відбувається висока похибка дозування, тому його не слід застосовувати для важкосипких матеріалів, при використанні порошкових і пилоподібних матеріалів відбувається запилювання.



1 – вібраційний лоток; 2 – рама; 3 – опорний корпус лотка; 4 – вібратор; 5 – задня стійка; 6 – напрямна; 7 – встановлювальний гвинт; 8 – бункер.

Рисунок 1.16 – Схема електровібраційного дозатору DR 50/450

Шнековий дозатор MechaTron Coni-Steel (рисунок 1.17) широко застосовується для постійної подачі важкосипких матеріалів.



1 - гвинт; 2 - рама; 3 - електродвигун гвинта; 4 - конічний бункер;  
5 - ворушарка; 6 - редуктор; 7 - електродвигун ворушарки.

Рисунок 1.17 - Схема гвинтового дозатору MachaTron Coni-Steel

Сипкий матеріал витікає з конічного бункера в кожух, при цьому енергійно обертається ворушаркою. Зміна подачі здійснюється шляхом зміни швидкості обертання гвинта.

Подача даного дозатора становить  $0,16 \dots 30 \text{ дм}^3/\text{год}$ , діаметр робочого органу 13 мм, енергоспоживання 0,12 кВт, об'єм бункера  $14 \text{ дм}^3$ .

Недоліком даного дозатора є утворення своду над гвинтовим простором і налипання сипкого матеріалу між бункером і ворушаркою.

#### 1.4 Способи змішування сипких матеріалів

У багатьох сферах діяльності застосовують змішування різних матеріалів, в таких як створення комплексних добрив, засобів для чищення, барвників,

хімікатів, пластмас, гумотехнічних виробів і т.д. Головне завдання змішування полягає в створенні однорідної маси з роздільних інгредієнтів. Пропорції частин інгредієнтів, що складаються в суміші, варіюються в залежності від необхідного кінцевого продукту у великих межах (часом в пропорції 1: 106 і більше). Перед змішуванням положення процесу описується організованим порядком компонентів, а в фінальної частини - хаотичним, випадково розподілених станом інгредієнтів. Протилежний процес змішування називається - сегрегацією, цей процес призводить до розшарування на окремі частини або інгредієнти. Під час змішування може відбуватися паралельно і явище сегрегації, але вони матимуть різні швидкості процесу. Для якісної реалізації змішування апарат повинен проводити не менше двох дій, таких як: подрібнення (диспергування) однієї з частин суміші та зміна фізичного складу інгредієнтів (розчиняється, плавиться, поглинається); статистичний нехаотическій розподіл компонентів по всій масі суміші. До складу сумішей обов'язково має входити від двох і більше інгредієнтів. Складова частина суміші, яка володіє більшою часткою, ніж інші називають дисперсійним середовищем. Частини суміші, які розчиняються в дисперсійному середовищі, називають диспергованою фазою. У тому випадку, якщо інгредієнт додається вже в суміш, то дана раніше приготовлена суміш називається дисперсійним середовищем. Для змішування сипких матеріалів застосовуються пневматичний, гравітаційний та механічний спосіб, а також періодичний і безперервний процес змішування. Пневматичне змішування здійснюється при проходженні повітря або газу через шар змішуваних матеріалів в підвішеному, псевдозрідженому шарі, або в різному поєднанні псевдозрідженим шаром з віброколиваннями. Гравітаційний спосіб змішування проводиться за допомогою різних механічних агрегатів, з їх допомогою сипкий матеріал підіймається на певну висоту і падає під дією сили тяжіння, рухаючись при цьому по більш-менш різноманітним траєкторіям, під час цього змішуючись один з одним. Найбільш поширені в цьому випадку барабанні змішувачі, орієнтовані відповідним чином в просторі (горизонтальні з діагональною віссю

або біциклічні з похилими осями).

Механічний спосіб змішування найбільш поширений. Складний інтенсивний рух матеріалів здійснюється обертанням різних пристроїв змішування. До них відносяться одно- і двовальцеві лопатеві змішувачі, з поворотними робочими органами в площині обертання, гвинтові змішувачі, що забезпечують складний рух матеріалів, і т.п. [21].

Періодичний процес змішування відбувається, в замкнутому просторі змішувального пристрою. При цьому вирішальне значення має час змішування, яке є необхідним (мінімально достатнім) для забезпечення заданої однорідності суміші. У цьому випадку продуктивність змішувального пристрою залежить від часу змішування, завантаження, запуску, зупинки, та вивантаження. Час змішування визначається не тільки об'ємом пристрою, конструкцією робочих органів, швидкості обертання, властивостей змішуваних компонентів, але в значній мірі залежить від початкової орієнтації поверхонь розділу компонентів і порядку заповнення ними об'єму змішувача. Розміщення компонентів повинно забезпечувати максимальну швидкість, збільшення числа поверхонь розділу компонентів. Правильно сконструйований змішувач, можливо, забезпечить однаковий час змішування незалежно від вихідного розміщення компонентів. Періодична переорієнтація матеріалу в змішувачі в процесі змішування зменшить основний час змішування. Виходячи з вище приведенного, змішувачі періодичної дії недостатньо досконалі не тільки з точки зору тривалості циклу змішування і, отже, низької продуктивності, але і з точки зору можливості механізації і автоматизації технологічного процесу. Безперервний процес змішування, основною відмінністю від періодичного є безперервне введення компонентів в завантажувальну частину змішувача. При цьому має місце різке варіювання концентрацій цих компонентів на вході. Метою процесу є зниження варіацій до заданого мінімуму на виході зі змішувача. Так само як у випадку періодичного циклу, поверхні розділу компонентів повинні перетинатися з лініями потоку в змішувачі. Безперервний процес змішування має значні переваги, як процес усталений, стабільний. Це більш зручно з точки



зору проектування технологічних ліній, забезпечення високого рівня механізації і автоматизації. В цьому випадку поліпшується використання потужності приводу. У процесі змішування сипких матеріалів його частки відчують дію різноманітних спрямованих сил, а рух частинок складається з системи складання цих сил. Все-таки відбуваються дослідження з якісного представлення даного явища. Приводять п'ять основних дій, які проходять в пристрої з мішалкою:

- створення в об'ємі шарів, які рухаються перетинаючись один з іншим - зрізаюче змішування;
- групи частинок пересуваються з одного місця в інше - конвективне змішування;
- пересування положень одиничними гранулами матеріалу - дифузійне змішування;
- рознесення одиночних гранул матеріалу внаслідок зіткнень між собою або по внутрішній поверхні пристрою - ударне змішування;
- зминання і розмелювання частин шару - подрібнення.

Виходячи від необхідної якості кінцевого продукту, і способу змішування особливу важливість мають один або декілька з вищезазначених процесів [22].

Автори: Мельников С. В., Андреев П. В., Базенков В. Ф., Вагін Б. І., Жевлаков П. К. і Фарбман Г. Я. у своїх роботах вказують, що на якість змішування діє ряд чинників, які можна розбити на три групи: 1) методи змішування (розпилювання, пересипання, нашарування перелопачування компонентів, змішування в "киплячому шарі" та ін.); 2) конструктивних особливості змішувачів і їх режими роботи (міра заповнення, швидкість і характер циркуляції матеріалу в змішувачі, конструкція мішалок, швидкість їх обертання та ін.); 3) фізико-механічні характеристики суміші компонентів (співвідношення компонентів, їх гранулометричний склад, щільність, коефіцієнт внутрішнього тертя і тому подібне). У перемішуваній масі, в її мікрооб'ємах можлива нескінченна різноманітність взаємного розташування часток компонентів. Співвідношення компонентів в точках суміші - величина

випадкова. Тому методи оцінки якості суміші мають бути статистичними. Як вказують у своїх роботах Алешкин В. Р. і Роцин П. М. [23], щоб оцінювати якість змішування однією випадковою величиною (що математично значно простіше), суміш вважають двокомпонентною. Для цього виділяють з суміші якийсь один компонент, званий контрольний (ключовий), а усі інші об'єднують в другий умовний компонент. По мірі розподілу контрольного компонента в масі судять про якість суміші [Ошибка! Закладка не определена.]. Вивчення досвіду зарубіжних машинобудівних фірм показує, що при виробництві техніки враховуються усі існуючі типорозміри ферм, (дрібні і великі) і організаційно-технічні особливості ведення тваринництва [24].

### 1.5 Контроль якості суміші

Відбувається поділ на дві групи методів, за допомогою яких проводиться кількісний аналіз зразків суміші сипких матеріалів, в складі яких визначають пропорції ключового інгредієнта. Першу групу методів становлять гравіметричні методи, вони створені для невимушеного проведення аналізу кінцевого продукту без попереднього розчинення. Інші методи даної групи (кондуктометричні, фотографічні, радіометричні й ін.) Застосовують в окремих випадках, тому що мають велику похибку. Друга група, до неї відносять методи, в яких використовується попереднє розчинення змішаного продукту в певній рідині. В цю групу входять потенціометричні, оптичні, гравіметричні, кондуктометричні, хімічні та інші деякі методи аналізу проб. Першу групу методів застосовують досить рідко, так як вони застосовуються для специфічних сумішей.

Гравіметричні методи. Суть гравіметричних методів полягає у поділі відібраної проби суміші на початкові компоненти і вимірювання їх за об'ємом або масою. У тому випадку, якщо гранули мають великі розміри (понад 2 мм) і їхнє ставлення до одного з інгредієнтів можна визначити за зовнішніми параметрами (формою, кольором), тоді суміш розділяють вручну. Але поділ

суміші вручну набагато складніше, якщо суміш складається з дрібнодисперсних інгредієнтів. Розділити суміш сипких матеріалів можливо використовуючи розсіювання на ситах, магнітне поле, повітряні сепаратори. Просіювання на ситах використовують в тому випадку, якщо гранули основного інгредієнта складають фракцію і розрізняються за розмірами. при аналізі порції суміші невеликої маси даний спосіб розсіювання фактично не підходить. Інший спосіб поділу застосовується, якщо у одного з інгредієнтів суміші є магнітні властивості. Ще один спосіб поділу суміші застосовується, коли один з інгредієнтів складається з гранул, які суттєво розрізняються по масі від гранул інших інгредієнтів, в цьому випадку застосовують повітряні сепаратори, в основному підходить для зернових матеріалів. Таким чином, суть гравіметричних методів полягає в розчиненні проби суміші в певній рідині, і в подальшому визначенні кількості компонента, що залишився в розчині, або в залишку. Дані методи трудомісткі, так як пробу необхідно розчинити, фільтрувати, висушити, зважити і не володіють високою точністю.

Хімічні методи. Найбільш поширений серед хімічних методів - метод титрування. Суть даного методу полягає в тому, що спеціальний реагент (титрант) строго реагує з основним інгредієнтом в суміші, який знаходиться в розчині, за формулою:



де А - ключовий компонент;

В - реагент (титрант);

С і D - продукти реакції.

В такому порядку проходить аналіз проби суміші методом титрування. З усталеної частини суміші, відбирають навіски, в залежності від складу основного інгредієнту, його пропорції у суміші, похибки аналізу і т.д.

Далі відібрані навішування розчиняються в окремій ємності в певній кількості розчинника. У тому випадку, якщо в суміші присутні інгредієнти які не розчинилися, то даний розчин необхідно фільтрувати. З ємностей відбирають певну кількість відфільтрованого розчину, перекладають в

спеціальну ємність і проводять титрування. Потім в ємність потроху додають титрант або його розчин поки кількість компонентів А і В у суміші не стане дорівнювати співвідношенню зі стехіометричним рівнянням формули. Даний момент, іменується кінцевою точкою титрування, знаходиться за непрямыми ознаками, по зміні кольору введеного в розчин індикатора, висаджування осаду. Виходячи з кількості застосованої кількості титранту на аналіз, розраховуються пропорції складу основного інгредієнта в суміші.

Кондуктометричні методи. Метод заснований на властивості розчинів пропускати електричний струм і визначається розчинена у воді речовина (електроліт). Це пояснюється рівнем електропровідності яка залежить від концентрації і призначення розчиненої речовини. У тій частині розчину, що знаходиться між електродами, вимірюється електропровідність обернено опору  $R$  [25].

Також існують способи в яких визначається коефіцієнт неоднорідності суміші важкорозрізнених сипких матеріалів, він складається з визначення числа проб, мінімальна допустима маса навіски, вибір навісок суміші, встановлення концентрації основного компонента в навісці, вирахування коефіцієнту неоднорідності суміші. При встановленні концентрації основного компонента, склад навіски перш за все розсипають рівномірним шаром на прямій поверхні, потім проводять фотографування або сканування. Після відбувається комп'ютерна обробка зображення, зображують його у вигляді масиву чисел, кожна частка якого представлена пікселем, значення відповідає кольору компонента.

В роботах Межуєва Л.В. та Ісаєва Ю.М. представлені методи оцінки сумішей, у випадках різної вологості матеріалу. Використовується при цьому гранулометричний спосіб поділу суміші за розмірами гранул за допомогою сит з отворами різних розмірів. Але в результаті досліджень стало ясно, що при вологості більше 20% цей спосіб не ефективний, так як частинки суміші швидко прилипають до сит і гранули неможливо розділити за розмірами. В результаті аналізу досліджень, розроблений триприборний спосіб фотометрії,

який складається з наступних процесів, зразок проби встановлюють під вимірювальний блок, він складається з трьох фотометричних приладів, вони визначають оптичну щільність і далі перетворюють в електросигнали, які реєструються приладами. Дані сигнали характеризують однорідність суміші. У той же час розташування над одним пробовідбірником трьох фотометричних приладів викликають складнощі. Також, якщо вологість суміші становить понад 25%, то для вірного визначення однорідності суміші необхідно обчислити оптичну площину по всій площі пробовідбірника. Тоді для раціонального використання необхідно обертати пробовідбірники при фотометрії. Він полягає в тому, що під прилад фотометрії встановлюють пробовідбірник і при цьому його обертаючи, і далі реєструють електросигнали розсіювання і за значеннями різниці максимального і мінімального оцінюють однорідність суміші. В роботі Смоліна Д.О. [26] запропонований спосіб, що дозволяє визначити якість змішування сипких матеріалів, що розрізняються за кольором, безпосередньо в процесі виробництва після вивантаження зі змішувача. Визначення якості змішування сипких матеріалів здійснюється порівнянням гістограм яскравості цифрового зображення поверхні фактичної досліджуваної суміші і «еталонного» зображення. В якості критерію оцінки відмінності зображень використовується квазівідстань перетинів гістограм Свейна - Балларда:

$$S = \left[ 1 - \left( \sum_{i=1}^n \min(x_i, y_i) / \sum_{i=1}^n x_i \right) \right] \cdot 100\%, \quad (1.2)$$

де  $n$  – кількість рівнів яскравості;

$x_i, y_i$  – кількість пік селів  $i$ -го рівня яскравості для гістограм.

Отримують чорно-біле цифрове зображення поверхні шару «еталонної» суміші і за допомогою програмного забезпечення (ПО) розраховують гістограму і заносять її в базу даних (БД). При тих самих умовах (експозиція і т.п.) отримують чорно-біле цифрове зображення поверхні шару фактичної суміші в умовах виробництва і за допомогою того ж ПО проводять порівняння

його гістограми з «еталонною» гістограмою з БД по формулі. ПО дозволяє розділяти фактичне зображення на будь-яке однакове число частин (осередків)  $k$  з урахуванням умов і вимог виробництва. Якість змішування визначається коефіцієнтом неоднорідності  $V_c$ :

$$V_c = \frac{100}{S_{cp}} \sqrt{\sum_1^k (S_i - S_{cp})^2 / (k - 1)}, \quad (1.3)$$

де  $k$  - число частин (осередків);

$S_i$  - відміна  $i$ -ої гістограми фактичного зображення частини (осередка) від «еталонної» гістограми за критерієм квазівідстані перетинів гістограм Свейн-Балларда;

$S_{cp}$  – середнє арифметичне відхилення значень відмінностей.

Отриманий результат з використанням коефіцієнту неоднорідності  $V_c$  дозволяє визначити якість змішування сипких матеріалів у процесі виробництва безпосередньо після вивантаження суміші.

## 1.6 Витікання сипких матеріалів з бункерів

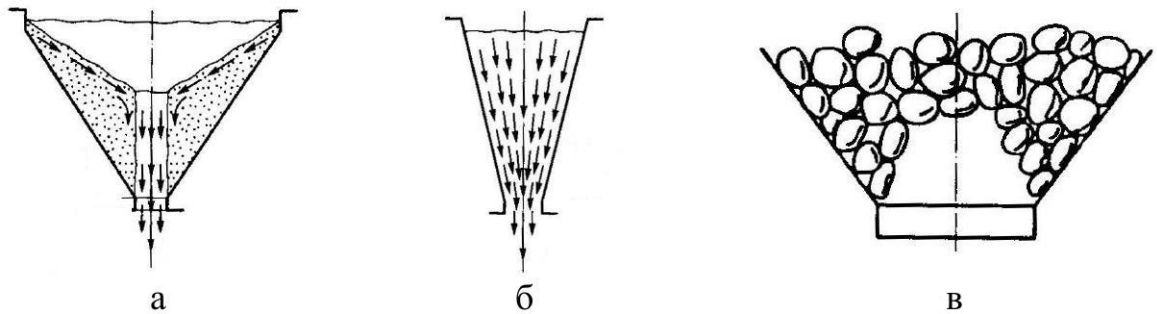
Форми закінчення різних матеріалів різноманітні і перебувають в залежності від безлічі факторів, які підтверджують численні дослідження.

Ряд дослідників - Покровський Г.І., Ареф'єв А.І., Платонов П.М., Лінчевський І.Т. розвивають гіпотезу саморозвантажувального своду. Сутність гіпотези полягає в тому, що при закінченні сипких матеріалів з ємностей над отвором, розташованим в дні посудини, утворюється своерідна структура - динамічний свод, який миттєво руйнується.

На малюнку 1.18 представлені схеми закінчення матеріалу, розрізняють суцільне, нормальне і гідравлічне. В результаті нормального витоку матеріалу його частинки рухаються тільки в зоні стовпа матеріалу, що знаходиться над випускним отвір бункера.

Нормальний виток відбувається в більшості бункерів, в яких кут нахилу стінок до горизонталі складає 45 ... 55°. У бункерах з нормальним витоком

матеріал, що знаходиться на дні бункера, впливає лише по спустошенню бункера.



а – нормальний; б – суцільний; в – сводоутворення.

Рисунок 1.18 – Схеми витоку матеріалів

Суцільне витікання має місце при вивантаженні гарносипких матеріалів, стінки бункерів яких нахилені до горизонталі під кутом  $70 \dots 80^\circ$ . При відкритті випускного отвору спочатку відбувається нормальний виток, потім зона руху розширюється, утворюється при цьому об'єм обрушення. Гідравлічне витікання відбувається при випуску з бункера сильно аерованого насипного вантажу, насиченні матеріалу вологою, що надає йому вид суспензії, або при інтенсивній його вібрації.

При витоку сипких матеріалів можливо сводоутворення. Запобігання сводоутворенню можливо за рахунок вибору конструкції бункера і застосуванні збуджувачів сипких матеріалів [27]. Правильне проектування розмірів, форми і розташування випускного отвору є найбільш доступним способом уникнення сводоутворення матеріалу. Тому розраховують мінімальні розміри випускного отвору за наступними формулами:

$$\text{Отвори у формі кола : } d = k'(80 + a')\text{tg}\varphi;$$

$$\text{Щілини: } b = 0,5(80 + a_{\text{max}})\text{tg}\varphi \geq (3\dots 6)a';$$

$$\text{Прямокутника: } b = \frac{1+n}{2n}k'(80 + a')\text{tg}\varphi,$$

де  $b$  - найменша величина отвору, мм;  $a_{\text{max}}$  і  $a'$  - найбільша типова величина частки матеріалу, мм;  $\varphi$  - кут внутрішнього тертя, град;  $n = l/b$  - відношення сторін отвору (найбільшої і найменшої);  $k'$ - коефіцієнт, що характеризує опір матеріалу.

У той же час не завжди є ефективно збільшувати розміри випускного отвору, так як цьому перешкоджають розміри бункера. Важкосипкі матеріали можуть утворювати своди і великих розмірів, внаслідок чого ускладнюється їх випуск з отвору. В цьому випадку найпоширенішим методом сводообрушіння є використання збудників своду матеріалу. Існують різні способи, впливати на сипкий матеріал, такі як механічні, пневматичні і вібраційні. Використання механічних збудників засноване на механічному обваленні своду під дією спеціальних пристроїв таких як: ворущарок, шуровок, які розташовуються, горизонтально або вертикально. Пневматичні збудники реалізують у двох варіантах: шляхом установки насадок в бункері або мембран. Останнім часом в якості збудників все ширше використовують вібрацію. Під час вібрації зменшується тертя і зчеплення між частинками, в результаті матеріал набуває рухливості. Віброзбудником може бути коливальна стінка бункера або вібромайданчик всередині бункера. Приводами віброзбудників бувають механічні, електричні, гідравлічні і пневматичні вібратори [28].

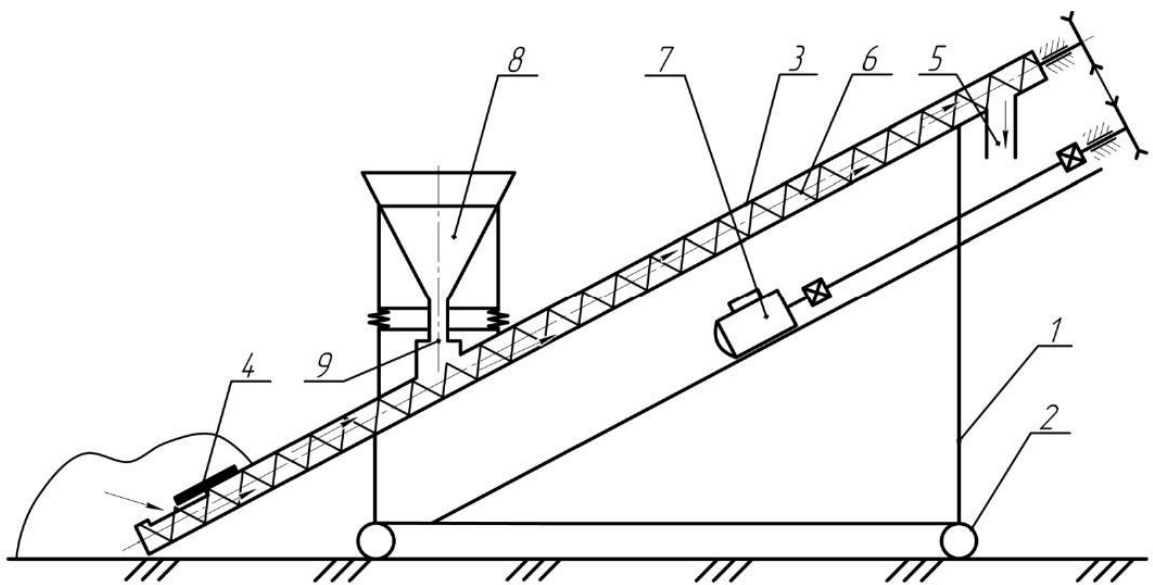
Виходячи з вище приведених фактів, слід вважати актуальним, а розробки конструкцій для одночасного дозування, змішування та вивантаження добрив вкрай перспективним.



## 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ДОЗУВАННЯ, ЗМІШУВАННЯ ТА ВИВАНТАЖЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ

### 2.1 Конструктивно-технологічна схема пристрою для дозування, змішування та вивантаження мінеральних добрив

Для навантаження і змішування мінеральних добрив нами пропонується розробити змішувач (Рис. 2.1). Змішувач являє собою раму 1 з опорними колесами 2. На рамі 1 розташований кожух 3 круглого перетину. На нижньому кінці кожуха 3 встановлена заслінка 4, а на протилежному кінці вивантажувальне вікно 5. У кожусі 3 розташований спірально - гвинтовий транспортер 6, який здійснює обертання від електродвигуна 7 через пасову передачу. На кожусі 3 встановлений бункер-дозатор 8, який забезпечений патрубком 9. Вихідний отвір патрубку встановлено в кожусі 3.

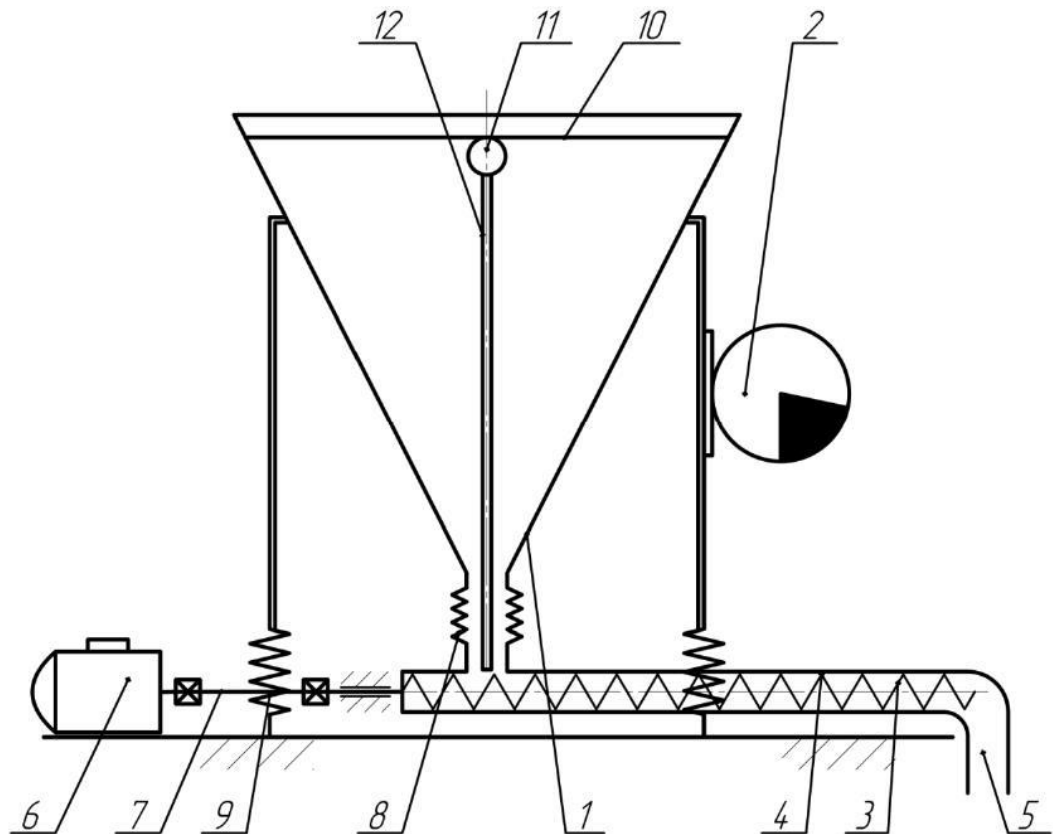


1 – рама; 2 - опорні колеса; 3 – кожух; 4 – заслінка; 5 - вивантажувальне вікно; 6 - спірально - гвинтовий транспортер; 7 – електродвигун; 8 - бункер-дозатор; 9 – патрубок.

Рисунок 2.1 – Конструктивно-технологічна схема змішувача мінеральних добрив

Бункер - дозатор (Рис. 2.2) складається з бункера 1, на якому встановлено

вібратор 2, а внизу розташований спірально - гвинтовий дозуючий орган 3. Дозуючий орган 3 розташований в кожусі 4, на одному кінці якого виконано вивантажний вікно 5. Привід дозуючого органу 3, здійснюється від електродвигуна 6 за допомогою гнучкої муфти 7. Бункер 1 з'єднаний з кожухом 4 еластичною муфтою 8. Бункер встановлений на пружинах 9. В верхній частині бункера 1 встановлена перемичка 10, на якій за допомогою шарніра 11 вертикально по центру випускного отвору бункера встановлений стрижень 12.



1 – бункер; 2 – вібратор; 3 - спірально - гвинтовий дозуючий орган; 4 – кожух; 5 - вивантажувальне вікно; 6 – електродвигун; 7 - гнучка муфта; 8 - еластична муфта; 9 – пружини; 10 – перемичка; 11 – шарнір; 12 – стрижень.

Рисунок 2.2 – Бункер - дозатор

Установка працює в такий спосіб, мінеральне добриво з насипу, захоплюється витками транспортера і рухається всередині кожуха. Водночас бактеріальне добриво в бункері вібує зі стрижнем за допомогою вібратора для запобігання сводоутворення і злежуваності добрив. Бактеріальне добриво також захоплюється витками дозуючого органу і рухається в кожусі у бік

вивантажувального вікна. Мінеральне добриво, пройшовши під вивантажувальним вікном дозатора, змішується з бактеріальними добривами, і далі змішане добриво рухається в сторону вивантажувального вікна змішувача.

## 2.2 Визначення подачі спірально-гвинтового дозатору сипких матеріалів

Дозатори є технічними пристроями для подачі стабільної регульованої маси (об'єму) різних матеріалів з бункера і видачі певної порції (дозы) матеріалу. Дозування може відбуватися за обсягом або по масі. В даний час масово використовуються різноманітні конструктивні виконання дозаторів, кожен з яких має переваги при призначених умовах експлуатації і організації завантаження, проте універсального функціонального рішення не існує. Тип дозатора обирають в кожному окремому випадку в залежності від характеристики матеріалу, продуктивності і виробничих ситуацій. Розглянемо в даному випадку спірально-гвинтові дозатори, які часто використовують в сільськогосподарському виробництві. У загальному випадку, при визначенні подачі спірально-гвинтового дозатора скористалися вихідної формулою, рекомендованою вченими Резніковим Є.І., Артем'євим А.Г. [29], яка залежить від багатьох факторів, таких як: фізико-механічні властивості матеріалу, кутів тертя, кутів нахилу, розмірів кожуху та робочого органу, швидкості обертання робочого органу і т.д. Зазвичай використовують наступну формулу для розрахунку подачі матеріалу

$$Q = K_f K_v F_p v_{zm} \rho , \quad (2.1)$$

де  $K_f$  - коефіцієнт заповнення кожуха сипким матеріалом;

$F_p$  - робоча площа поперечного перерізу кожуха, м<sup>2</sup>;

$K_v$  - коефіцієнт осьового відставання;

$v_{zm}$  - осьова швидкість руху сипкого матеріалу, м/с;

$\rho$  - щільність сипкого матеріалу, кг/м<sup>3</sup>.

Робоча площа поперечного перерізу кожуха

$$F_p = \frac{\pi}{4} \left( D^2 - \frac{\delta^2}{\sin \alpha} \right), \quad (2.2)$$

де  $D$  – внутрішній діаметр кожуху, м;

$\delta$  – діаметр проволочки спіралі, м;

$\alpha$  – кут підйому витків спіралі, град;

Кут підйому витків спіралі

$$\alpha = \operatorname{arctg} \left( \frac{S}{\pi d_{cp}} \right), \quad (2.3)$$

де  $S$  – крок навивки, м;

$d_{cp}$  – середній діаметр спіралі, м;

$$d_{cp} = d - \delta, \quad (2.4)$$

де  $d$  – зовнішній діаметр спіралі, м.

Після підстановки та перетворення отримаємо

$$F_p = \frac{\pi}{4} \left( D^2 - \frac{\delta^2 \pi (d - \delta) \sqrt{1 + \frac{S^2}{\pi^2 (d - \delta)^2}}}{S} \right). \quad (2.5)$$

Середню швидкість переміщення сипкого матеріалу знаходять, як при розрахунках тихохідної умови переміщення, при якому враховується, що осьова швидкість сипкого матеріалу відповідає осьовій швидкості спірального гвинта. Але при цьому не враховується, що при переміщенні сипких матеріалів частина його пересипається через витки спірального гвинта, в результаті відбувається відставання сипкого матеріалу від осьової швидкості спірального гвинта. При подальшому розрахунку слід приймати коефіцієнт осьового відставання сипкого матеріалу, він розраховується з експериментальних досліджень. Досліджуємо рух сипкого матеріалу при обертанні спірального гвинта. Аналіз транспортування сипких матеріалів спіральним-гвинтовим робочим органом показуючи, що обсяг сипкого

матеріалу, що знаходиться між витками в поздовжньому перетині, нахилений до горизонталі під кутом  $\beta$  природного ухилу (Рис. 2.3)

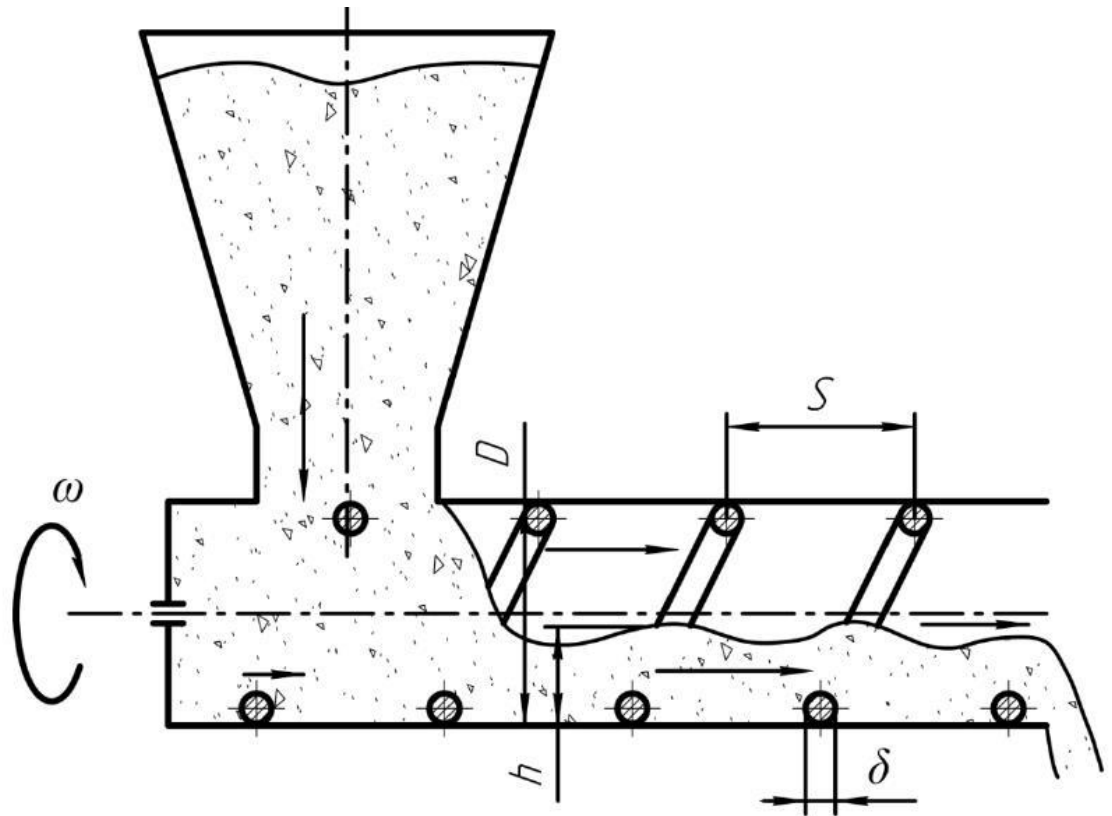


Рисунок 2.3 – Розміщення сипкого матеріалу в спіральній – гвинтовому дозаторі

Приймаємо рішення, що вільна поверхня сипкого матеріалу прямолінійна, тоді осьова швидкість руху сипкого матеріалу складе

$$v_{zm} = \frac{v_{zn} \delta + 0,5v_{zn} (h - \delta)}{h} = \frac{v_{zn}}{2h} (\delta + h), \quad (2.6)$$

де  $v_{zn}$  – осьова швидкість спіралі, м/с;

$h$  – максимальна висота сипкого матеріалу, м.

Осьова швидкість спіралі

$$v_{zn} = Sn, \quad (2.7)$$

де  $n$  – швидкість обертання спіралі, хв.<sup>-1</sup>

В процесі обертання спірального гвинта пересувається частина матеріалу, яка має у поперечному перетині форму кільця завтовшки  $h$ , площа якого складе

$$A_m = \frac{\pi D^2}{4} - \frac{\pi(D-2h)^2}{4} = \pi h(D-h). \quad (2.8)$$

Звідки

$$h^2 - Dh + \frac{A_m}{\pi} = 0. \quad (2.9)$$

У дослідженнях спірально-гвинтових робочих органів вказується, що у більшості дослідних даних, коефіцієнт заповнення кожуху  $K_f \leq 0,5$ . Відповідно,  $h \leq D/2$ . Тому визначимо  $h$  як

$$h = \left( D - \sqrt{D^2 - \frac{4A_m}{\pi}} \right) / 2. \quad (2.10)$$

Оскільки коефіцієнт  $K_f$  визначиться як відношення площі  $A_m$ , яку займає сипкий матеріал, до робочої площі поперекового перетину кожуху  $A_m = K_f F_p$ .

Таким чином, товщина кільця сипкого матеріалу складе

$$h = \left( D - \sqrt{D^2 - K_f \left( D^2 - \frac{\delta^2}{\sin \alpha} \right)} \right) / 2. \quad (2.11)$$

Можна зробити висновок, що висота шару сипкого матеріалу залежить від таких параметрів, як діаметр кожуху, вала, проволочки спіралі, кута підйому гвинтової лінії спірального гвинта та коефіцієнта заповнення кожуху сипким матеріалом.

Виходячи з приведених розрахунків подача спірально – гвинтового дозатора складе

$$Q = \frac{SnK_f K_v \rho (\delta + h)}{8h} \left( D^2 - \frac{\delta^2}{\sin \alpha} \right). \quad (2.12)$$

де  $K_f = K_v = 0,75 \dots 1$ .

Використовуючи приведену формулу для визначення подачі спірально-гвинтового дозатору можна отримати більш точні результати.

### **2.3 Визначення залежності довжини завантажувального вікна від швидкості обертання спірально-гвинтового робочого органу**

Для стійкої роботи спірально-гвинтового робочого органу необхідно виконати умову, щоб максимальна продуктивність робочого органу не перевищувала або була рівною пропускної здатності завантажувального вікна кожуха. Сипкий матеріал подається в кожух з приймального бункера. Ділянка спіралі на початку робочого органу, захоплює і переміщує матеріал в бік вивантажувального вікна, довжина якого дорівнює довжині вікна бункера [30].

Ширину вікна  $h$  приймемо рівною  $\varepsilon = 0,7 \dots 0,9$  від внутрішнього діаметра кожуха  $D$ , а довжину  $b = (1,5 \dots 2,5)S$ , де  $S$  - крок робочого органу, аналізуючи конструктивні характеристики. В результаті аналізу досліджень виявлено, що розбіжність довжини вікна для завантаження матеріалу від необхідної, тягне за собою збільшення потужності приводу, також габарити вікна для завантаження значно впливають на подачу  $Q$  навантажувача (Рис. 2.4).

Таким чином, визначимо оптимальний розмір  $x$ , що залежить від частоти обертання  $n$  робочого органу, внутрішнього діаметра кожуха  $D$  і кроку спіралі  $S$ . Стабільна робота навантажувача допустима при збереженні певного параметра:  $Q_0 \geq Q_{noz}$ . Пропускна здатність завантажувального вікна дорівнює:

$$Q_0 = k_p \rho g v F_0, \quad (2.13)$$

де  $F_0$  - площа завантажувального вікна,  $m^2$ ;

$\rho$  - щільність переміщуваного матеріалу,  $kg/m^3$ ;

$k_p$  - коефіцієнт розвантаження.

Коефіцієнт вивантаження  $k_p$  дорівнює:

$$k_p = \sqrt{2\lambda\lambda_1/3}, \quad (2.14)$$

де  $\lambda, \lambda_f$ - коефіцієнти, що визначають залежність від питомої ваги і щільності укладки, розміру гранул і радіуса вихідного вікна.

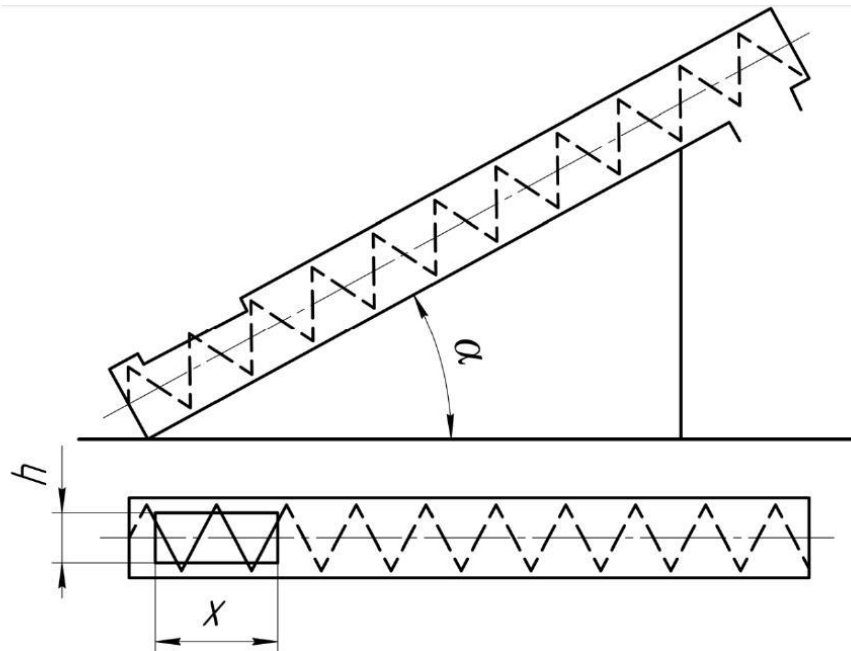


Рисунок 2.4 – Схема похилого транспортера

Сипкий матеріал закінчується зі швидкістю, яку визначимо за формулою

$$v = \sqrt{gR_z / f} \quad (2.15)$$

де  $R_z = F_0 / L$  - гідравлічний радіус прямокутного отвору, м;

$L$ - периметр цього отвору, м;

$f$ - коефіцієнт внутрішнього тертя.

Подачу похилого навантажувача визначимо за формулою

$$Q_{noz} = \pi D^2 S n \rho K_v K_F K_\alpha / 240, \quad (2.16)$$

де  $K_v, K_F, K_\alpha$  - коефіцієнти осьового відставання, наповнення і нахилу кожуха.

Таким чином, визначено, що ширина завантажувального вікна повинна становити  $\varepsilon D$ ,  $\varepsilon = h/D = 0,8$  - відношення ширини завантажувального вікна до діаметру кожуха.

$$R_z = 0,4Dx / (\varepsilon D + x). \quad (2.17)$$

Підставивши отриману формулу (2.17) в попередні формули і виразивши



крок спіралі через діаметр,  $c = S/D$ , запишемо рівняння, звести його в другий ступінь:

$$\frac{1,28x^2}{9} \cdot \frac{\varepsilon xg}{f(\varepsilon D + x)} = \frac{\pi D^2}{4} \cdot \frac{cDn}{60} K_v K_f K_a \quad (2.18)$$

Уявімо рівняння в залежності від  $x$  в підсумковому вигляді

$$gx^3 = 1,5 \cdot 10^{-3} (\varepsilon D + x) (cnK_v K_f K_a)^2 D^3 f. \quad (2.19)$$

Визначивши значення  $x$  в кубічному рівнянні, визначимо необхідну довжину завантажувального вікна для прийнятих параметрів похилого навантажувача. Ширину завантажувального вікна  $h$  приймали рівну  $\varepsilon D$  діаметра кожуху, довжину  $b = (0,2 \dots 1,8)S$

На рисунку 2.5 показаний графік залежності довжини завантажувального вікна до внутрішнього діаметру кожуху від швидкості обертання спіралі при різних значеннях крока.

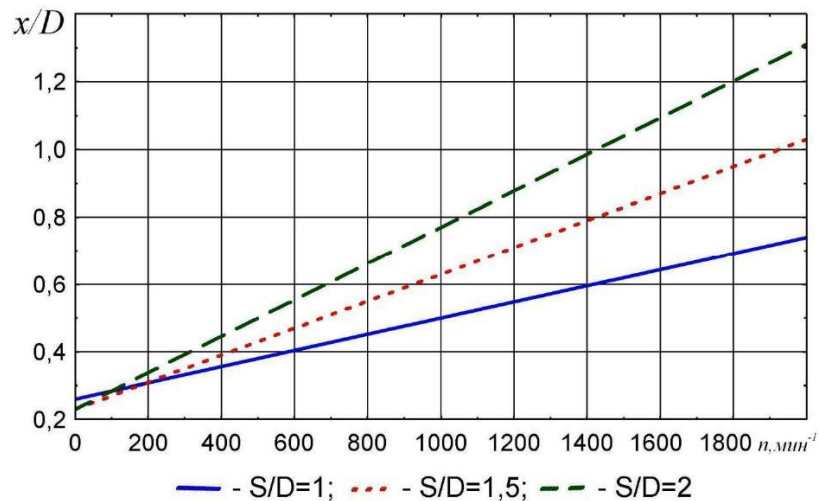


Рисунок 2.5 – Графік залежності відношення  $x/D$  від швидкості обертання спіралі  $n$  при різних значеннях кроку

На рисунку 2.6 показаний графік залежності довжини завантажувального вікна до кроку спіралі від швидкості обертів спіралі при різних значеннях крока

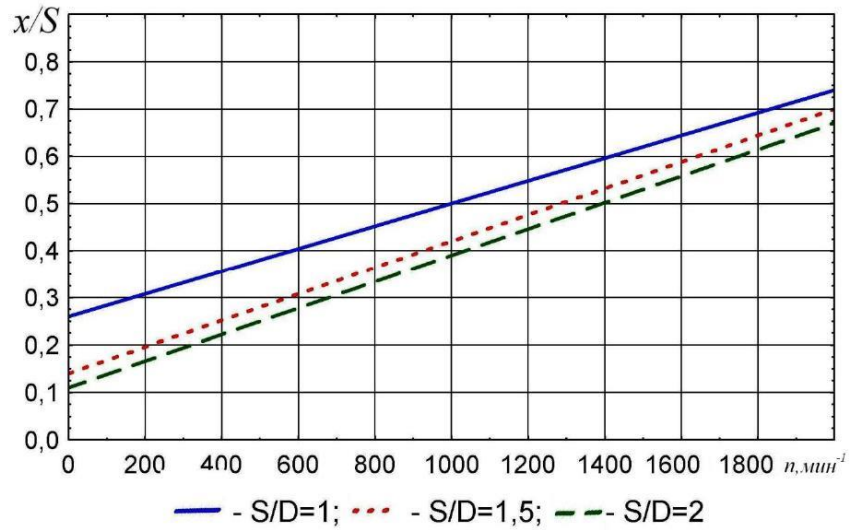


Рисунок 2.6 – Графік залежності відношення  $x/S$  від швидкості обертання спіралі  $n$  при різних значеннях кроку

Залежність можна представити у вигляді формули при  $S/D = 1$

$$x/S = 0,26 + 2 \cdot 10^{-5} n \quad (2.20)$$

Для похилого навантажувача визначена довжина завантажувального вікна в залежності від різноманітних параметрів навантажувача та виду сипкого матеріалу.

## 2.4 Розрахунок енергетичних параметрів пристрою для вивантаження сипких матеріалів

Потужність, необхідна на приведення в дію спірального-гвинтового робочого органу, залежить від багатьох чинників: продуктивності робочого органу, відстані переміщення матеріалу, форми кожуха, фізико-механічних властивостей матеріалу, технологічних процесів і т.п. [2]

Баланс потужності складається з наступних параметрів

$$N = N_1 + N_2 + N_3 + N_4 + N_5 + N_6, \quad (2.21)$$

де  $N_1$ - потужність, що витрачається на зіткнення обертового робочого органу про що надійшов матеріал в кожух, кВт;

$N_2$  - потужність на подолання сили тертя робочого органу про внутрішню поверхню кожуха, кВт;

$N_3$ - потужність на переміщення матеріалу, кВт;

$N_4$  - потужність на подолання сили тертя між переміщуваним матеріалом і внутрішньою поверхнею кожуха, кВт;

$N_5$ - потужність на тертя між матеріалом і поверхнею дроту робочого органу, кВт;

$N_6$  - потужність на перемішування матеріалу, кВт.

Потужність  $N_1$  визначимо застосовуючи теорему про кінетичну енергію

$$\frac{mv_{cp.m.}^2}{2} - \frac{mv_{cp.m.o.}^2}{2} = A, \quad (2.22)$$

де  $A$ - робота, витрачена на розгін переміщуваної маси матеріалу, Н · м;

$v_{cp.m.}^2$  - середня осьова швидкість матеріалу, м/с;

$v_{cp.m.o.}^2$  - швидкість надходження матеріалу в кожух, м/с.

З огляду на, що  $v_{cp.m.} \gg v_{cp.m.o.}$ , можна записати  $A = mv_{cp.m.}^2/2$ , звідки

$$N_1 = A/t, \quad (2.23)$$

де  $t$  – час на розгін матеріалу, с.

Після перетворення отримаємо

$$N_1 = 0,01 Q v_{zm} / g, \text{ кВт} \quad (2.24)$$

де  $Q$  - подача переміщуваного матеріалу, кг/с;

$v_{zm}$  - осьова швидкість матеріалу, м/с;

Потужність на подолання сили тертя робочого органу по внутрішній поверхні кожуха

$$N_2 = G_{np} \omega r_i C_{np} \cdot 10^{-2}, \quad (2.25)$$

де  $G_{np}$  - маса робочого органу, кг;

$\omega$  - кутова швидкість обертання робочого органу, с<sup>-1</sup>;

$r_i$  - радіус інерції робочого органу, м;

$C_{np}$  - коефіцієнт опору обертанню.

Потужність на переміщення визначимо за формулою

$$N_3 = 0,01 Q L (v_{ок.н.} - v_{ок.м.}) \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cos \gamma / v_{zm}, \quad (2.26)$$

де  $L$  - довжина кожуха, м;

$v_{ок.м.}, v_{ок.н.}$  - окружна швидкість матеріалу і спіралі, м/с;

$\varphi$  - кут тертя матеріалу про дріт.

Потужність на подолання сили тертя між матеріалом і кожухом

$$N_4 = 0,01 F_k v_{zm}, \quad (2.27)$$

де  $F_k$  - сила тертя переміщуваного матеріалу про кожух, Н/м<sup>2</sup>.

Потужність на тертя між матеріалом і поверхнею дроту

$$N_5 = 0,01 P_0 (v_{zn} - v_{zm}), \quad (2.28)$$

де  $P_0$  - окружна сила на зовнішньому радіусі робочого органу, Н;

$v_{zn}$  - осьова швидкість спіралі, м/с.

Потужність на перемішування матеріалу

$$N_6 = (N_1 + N_2 + N_4) C_{II}, \quad (2.29)$$

де  $C_{II}$  - коефіцієнт перемішування.

Розклавши формулу 2.29 отримаємо

$$N = \frac{Qv_{zm}}{g} + G_{np} \omega r_i C_{np} + \frac{QL(v_{ок.н.} - v_{ок.м.}) \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cos \gamma}{v_{zm}} + F_k v_{zm} + P_0(v_{zn} - v_{zm}) + \left( \frac{Qv_{cp.м.}}{g} + G_{np} \omega r_i C_{np} + \frac{QL(v_{ок.н.} - v_{ок.м.}) \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cos \gamma}{v_{zm}} \right) C_{II} \quad (2.30)$$

Таким чином, визначимо необхідну потужність приводу:

$$N = 0,0007 + 0,142 + 0,034 + 0,43 + 1,139 + 0,86 = 2,6 \text{ кВт},$$

звідти робимо висновок, що потужність приводу  $N_{np}$  повинна складати більше 2,6 кВт.

За результатами наведеними вище слід зазначити, що запропонована конструктивно-технологічна схема має право на існування, визначені основні впливові показники процесів дозування, змішування та вивантаження.

## **3 ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ**

### **3.1 Програма досліджень**

Програма експериментальних досліджень складається з наступних етапів:

- Визначення фізико-механічних властивостей сипких матеріалів;
- Визначення похибок вимірювань.

### **3.2 Прилади та засоби вимірювань для досліджень**

При дослідженнях плануються використовуватися наступні прилади для вимірювань:

- частотний перетворювач потужністю до 4,0 кВт;
- ваги електронні, з похибкою до +/- 1г;
- амперметр електронний;
- вольтметр електронний;
- ватметр електронний;
- секундомір цифровий;
- тахометр електронний;
- рулетка;
- ємність для сипких матеріалів 15 л, 40 л;
- гігрометр психрометричний;
- віброметр;

### 3.3 Методика визначення фізико-механічних властивостей сипких матеріалів

Насипною щільністю матеріалу, називається маса речовини, що міститься в одиниці об'єму, що займає цим матеріалом. насипну щільність визначимо за допомогою приладу (Рис. 3.1) [31]. Мірний посуд 1 зі штирем 2, навколо якого обертається рамка 3. Висота посудини дорівнює двом його внутрішніх діаметрів, а висота рамки - 1/3 висоти посудини. При визначенні насипної щільності діаметр посудини повинен бути не менше ніж в 10 разів більше розміру типових шматків матеріалу. Поворотну рамку встановлюють так, щоб її стінки були продовженням стінок посудини, після засипають у посудину матеріал до верху рамки, далі повертають рамку навколо штиря, яка зрізає надлишок насипного матеріалу. Що залишився в посудині матеріал зважують і визначають насипну щільність, середнє значення даних заносимо до формули

$$\rho_m = m/V_I, \text{ кг/м}^3 \quad (3.1)$$

де  $m$  – маса матеріалу в посудині, кг;

$V_I$  – об'єм посудини, м<sup>3</sup>.

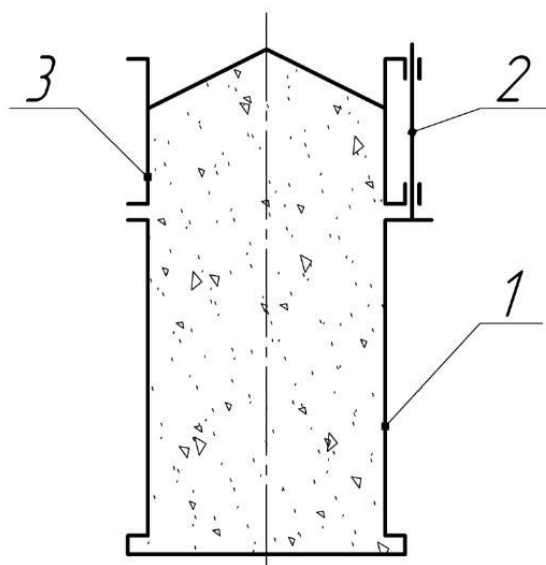


Рисунок 3.1 – Прилад для визначення насипної щільності сипкого матеріалу

Вологість сипкого матеріалу визначаємо шляхом сушіння при температурі

105°C, періодично зважуючи пробу матеріалу. Сушіння проводиться доти маса матеріалу не стане постійною.

Вологість визначають за формулою

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_2}, \% \quad (3.2)$$

де  $m_1, m_2$  - маса порцій до сушіння та після сушіння, г.

Початковий опір зсуву  $\tau_0$  знайдемо за допомогою приладу, що визначає максимальну висоту вільно стоїть стінки (Рис. 3.2). такий прилад складається з посудини 1 з відкидною стінкою 2. Спочатку встановлюємо стінку в вертикальне становище. Посудина наповнимо сипучим матеріалом так, щоб поверхня вантажу була горизонтальною.

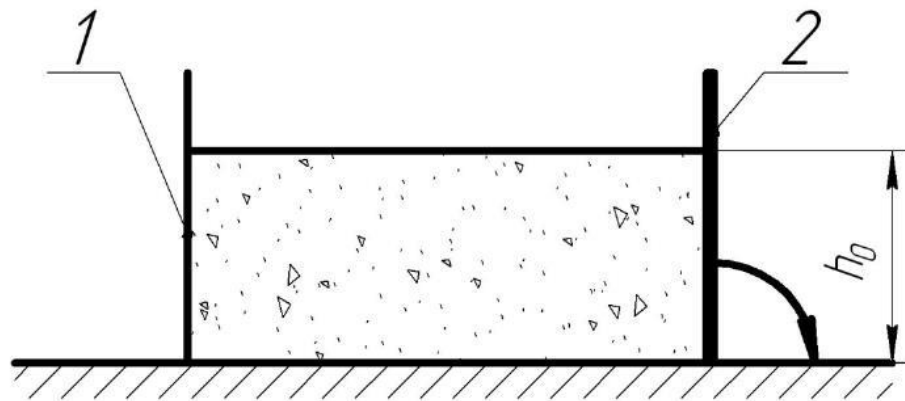


Рисунок 3.2 – Прилад для визначення максимальної висоти вільно встановленої стінки

Після цього відкидну стінку відхиляємо в напрямку стрілки. Якщо матеріал не обсипається і зберігає вертикальний укіс, то дослід повторюють при збільшеній висоті насипу до тих пір, поки не буде знайдено максимальна висота  $h_0$ , при перевищенні якої матеріал починає руйнуватися, середнє значення даних заноситься в формулу

$$\tau_0 = \rho_m h_0 / 4, \text{ Па}, \quad (3.3)$$

де  $h_0$  - висота стінки, м.

Сипкість матеріалу характеризується залежностями граничних дотичних



напружень від тиску в товщі сипкого матеріалу. Графік граничних дотичних напружень (Рис. 3.3) будують за результатами випробувань.

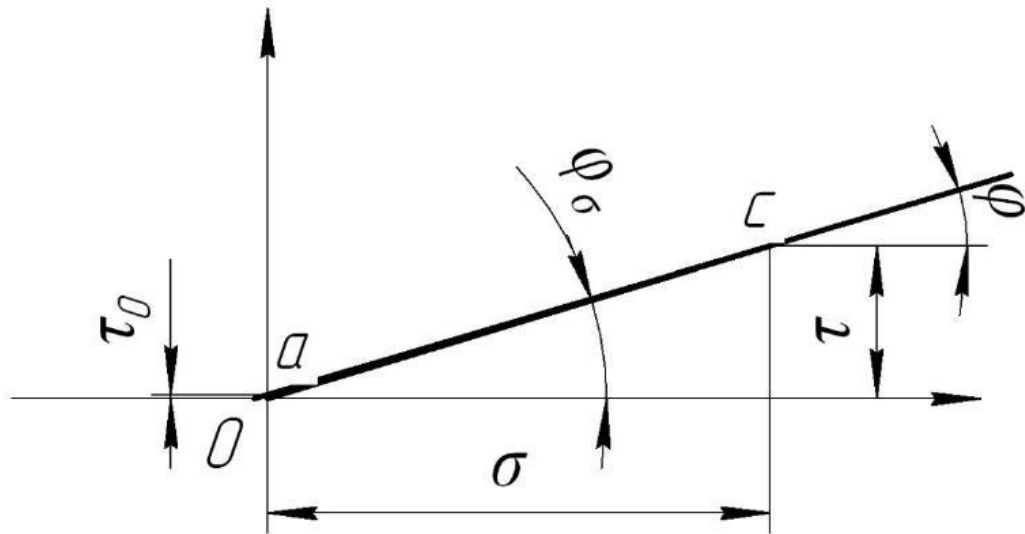


Рисунок 3.3 – Графік граничних дотичних напружень

Жолоб 1 і раму 2 (Рис. 3.4) заповнюють насипним матеріалом, порція матеріалу, що лежить в рамці 2, притискають до матеріалу в жолобі 1 притискними пластинами 3. Рамка має катки 5, які спираються на напрямні 6. Рамка 2 з'єднана із вантажною чашкою 4 мотузкою. На вантажну чашку встановлюють гири, під їх тиском рамка рухається, і відбувається зрізування матеріалу.

Напруження  $\sigma$  та  $\tau$ , для побудови графіку розраховують за виразами

$$\sigma = \frac{G}{F}, \text{ Н/м}^2, \quad (3.4)$$

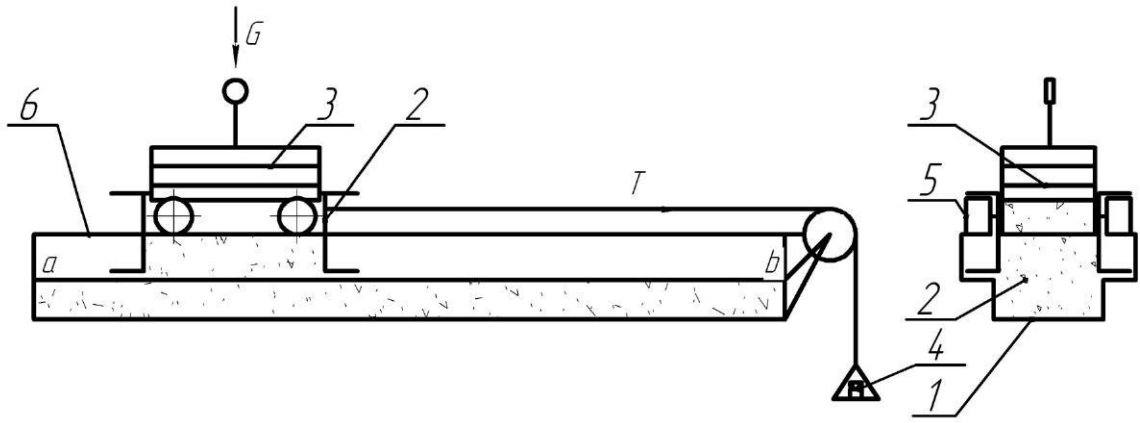
$$\tau = \frac{T - T_p}{F}, \text{ Н/м}^2, \quad (3.5)$$

де  $G$  – сумарна вага притискних пластин та матеріалу в рамці, Н;

$T$  – зусилля зсуву, Н;

$F$  – площа зрізу, м<sup>2</sup>;

$T_p$  – опір рухомої рамки, Н.



1 – жолоб; 2 – рама; 3 - притискні пластини.4 – гиря; 5 – катки; 6 - напрямні.

Рисунок 3.4 - Трибометр

Кут  $\varphi$  називається кутом внутрішнього тертя, а тангенс цього кута - коефіцієнт внутрішнього тертя  $f$ , який визначається виразом

$$\operatorname{tg} \varphi = f \quad (3.6)$$

Коефіцієнт внутрішнього зсуву визначимо за формулою

$$f_{\sigma} = \operatorname{tg} \varphi_{\sigma} \quad (3.8)$$

Кут природного ухилу  $\alpha_0$ , який може бути визначений способом, що описаний нижче (Рис. 3.5). Циліндр встановлений на площину і наповнений насипним матеріалом доверху. Потім циліндр повільно піднімають, при цьому в ньому матеріал витікає і розташовується під кутом природного ухилу  $\alpha_0$ .

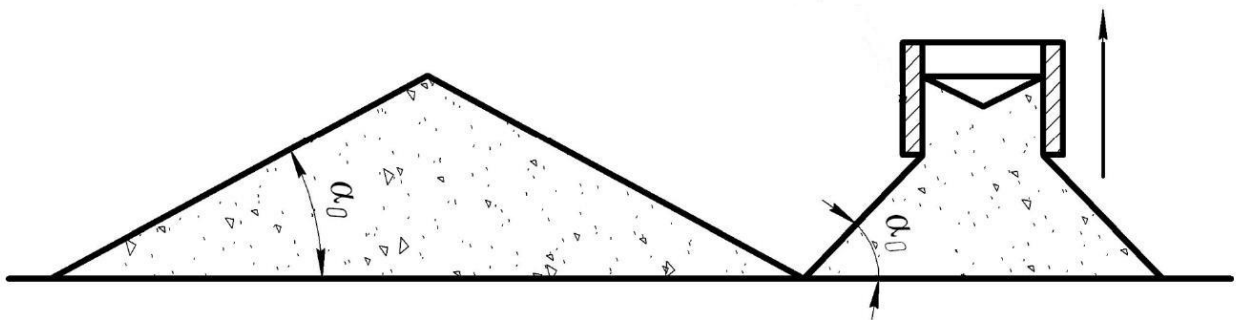


Рисунок 3.5 – Визначення кута природного ухилу

### 3.4 Методика обробки даних та похибок вимірювань

Для визначення експериментальних залежностей дозування і продуктивності від конструктивно-режимних параметрів використовують багатофакторне планування експериментів [32].

В результаті аналізу досліджень, було виділено фактори, що впливають на проведення дослідів.

Для досліджень спірально-гвинтових робочих органів і проведення експерименту, були встановлені контрольовані і керовані чинники, що впливають на продуктивність спірально-гвинтового робочого органу:

- частота обертання робочого органу, хв.<sup>-1</sup>;
- зовнішній діаметр робочого органу, м;
- внутрішній діаметр кожуха, м.

Для опису області оптимуму найчастіше використовуються плани другого порядку, що дає можливість одержати рівняння регресії у вигляді полінома другого порядку [33]

$$Y = b_0 + b_i x_i + b_{ij} x_i x_j + b_{ii} x_i^2,$$

(Ош  
ибка  
!  
Текс  
т  
указ  
анно  
го  
стил  
я в  
доку  
мент  
е  
отсу  
тств  
ует..  
9)

де  $b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii}$  - коефіцієнти рівняння регресії.

Коефіцієнти рівняння (Ошибка! Текст указанного стиля в документе отсутствует..9) розраховуються за допомогою ЕОМ. Перевірка їхньої значимості виконується за критерієм Ст'юдента. Не значимі коефіцієнти відкидаються і модель перераховується.

Отримані експериментальні значення обробляються з використанням стандартних і спеціально розроблених програм [3436]. Для перевірки придатності рівняння регресії визначається його адекватність за допомогою дисперсій відтворення досліду і виконується перевірка стандартним методом за критерієм Фішера. Рівняння регресії вважається адекватним, якщо воно представляє дослідні дані з похибкою, що не перевищує похибки досліду, тобто, якщо розрахункове значення менше або дорівнює табличному з прийнятим рівнем імовірності і числом ступенів свободи.

Для здійснення експерименту були використані плани Плакетта- Бермана. Використання цих планів при числі рівнів варіювання факторів дорівнює двом, допускає проводити невелику кількість дослідів і легко обробляються. Використання даних планок можливо для числа факторів  $4k - 1$  ( $k = 2, 3, 4 \dots 25$ , але  $k \neq 23$ ). У нашому випадку є три фактори для досліджень, і додамо до них фіктивний фактор, отримуємо планматрицю для чотирьох факторів (таблиця 3.1). Присутність фіктивного фактора дозволить оцінити дисперсію помилок спостереження, але ефект від фіктивних чинників буде дорівнювати нулю, якщо немає взаємодії між факторами і вимірами.

Таблиця 3.1 - Матриця відборного експерименту за планом Плакетта- Бермана

№	Фактори			
	x0	x1	x2	x3
1	+	-	-	+
2	+	-	-	-
3	+	+	+	-
4	-	+	+	+
5	+	+	+	+
6	-	-	-	+
7	-	+	+	-
8	-	-	-	-

В таблиці 3.2 представлено кодування факторів експерименту.

Таблиця 3.2 – Кодування факторів експерименту

Позначення	Найменування фактору	Значення		Одиниці вимірювання
		-1	1	
x0	Фіктивний фактор			
x1	Швидкість обертання	100	1000	хв. <sup>-1</sup>
x2	Діаметр робочого органу	15	35	м
x3	Внутрішній діаметр кожуху	28	36	м

Середні значення параметрів оптимізації визначають при обробці паралельних спостережень за виразом

$$\bar{Y}_v = \frac{\sum_{i=1}^{m_n} Y_{vj}}{m_n}, \quad (3.10)$$

де  $Y_{vj}$  – дійсне значення параметра оптимізації;

$v_n$  – строка плану матриці планування;

$m_n$  – кількість паралельних спостережень;

$j$  – номер паралельного дослідження у кожному місці плану матриці.

Для оцінки відхилень значень параметрів оптимізації від середнього значення розраховують дисперсію відтворюваності за виразом

$$S_v^2 = \frac{\sum_{v=1}^{m_n} (Y_{vj} - \bar{Y}_v)^2}{m_n - 1}, \quad (3.11)$$

де  $S_v^2$  – дисперсія у кожному місці плану матриці.

За  $G$ - критерієм Кохрена виконують перевірку однорідності дисперсії та відтворюваності результатів дослідження

$$G_p = \frac{S_{v \max}^2}{\sum_{v_n=1}^{N_n} S_v^2}, \quad (3.12)$$

де  $S_{v \max}^2$  – найбільша построкова дисперсія;

$\sum_{v_n=1}^{N_n} S_v^2$  – сума построкових дисперсій.

При розрахунковому значенні критерію  $G_p \leq G_{kp}$ , гіпотеза про однорідність дисперсії та відтворюваність результатів приймається.

Після прийняття гіпотези про однорідність дисперсії проводили за виразом

$$S^2 = \bar{S}^2(Y) = \frac{\sum_{v_n=1}^{N_n} S_v^2}{N_n}, \quad (3.13)$$

де  $\bar{S}^2(Y)$  – середня арифметична усіх строк плану;

$N_n$  – кількість дослідів.

Коефіцієнти рівняння регресії приведеної моделі процесу визначатимемо за виразом

$$b_i = \frac{\sum_{v_n=1}^{N_n} x_{iv} Y_v}{N_n}, \quad (3.14)$$

де  $b_i$  – коефіцієнт регресії;

$Y_v$  – середнє арифметичне значення критерію оптимізації у кожній строчці плану матриці.

Значущість коефіцієнтів регресії перевіряють за  $t_i$  – критерієм Стьюдента

$$t_i = \frac{|b_i|}{S_{(b_i)}}, \quad (3.15)$$

де  $|b_i|$  – розрахункові коефіцієнти регресії.

Критичне значення  $t_{кр}$  для числа ступенів свободи  $V_{зн} = N_n(m - 1)$  та на прийнятому рівні значущості  $q = 5\%$ . Коефіцієнти  $b_i$  є значущими, якщо розрахункове значення  $t_i \geq t_{кр}$ .

Оцінку дисперсії адекватності моделі визначали за формулою

$$S_{ab}^2 = \frac{m_n}{N_n - l} \sum (\bar{Y}_v - Y_v)^2, \quad (3.16)$$

де  $Y_v$  - математичне очікування параметра оптимізації;

$l$  - число значущих коефіцієнтів.

Далі адекватність отриманої моделі перевіряли по  $F$  - критерієм Фішера.

$$F_{розр} = \frac{S_{ab}^2}{S^2(Y)} < F_{таб}. \quad (3.17)$$

При  $F_{розр} < F_{кр}$  гіпотеза адекватності моделі приймається.



## **4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ**

### **4.1 Реалізація вимог нормативних документів з охорони праці при приготуванні мінеральних добрив**

1. Закон України «Про охорону праці»;
2. Закон України «Про внесення змін до Закону України «Про охорону праці». – Введ. 17.12.2002.
3. Законодательство Украины об охране труда. Сборник нормативных документов. Т.1-4. – К.: Основа, 1995.
4. Державний реєстр міжгалузевих і галузевих нормативних актів про охорону праці (Реєстр ДНАОП). – К.: Основа, 1995. - 234 с.
5. НПАОП 01.1-1.01-00 «Правила охорони праці у с.-г. виробництві»;
6. НПАОП 01.41-1.01-01 «Правила охорони праці під час технічного обслуговування та ремонту машин і обладнання сільськогосподарського виробництва»;
7. НАПБ А.01.001-04 «Правила пожежної безпеки в Україні»;
8. НПАОП 0.00-1.03-02 «Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів»;
9. ГОСТ 12.2.003-91 «Обладнання виробниче. Загальні вимоги безпеки»;
- 10.ГОСТ 12.2.061-81 «Устаткування виробниче. Загальні вимоги безпеки до робочих місць»;
- 11.ГОСТ 12.3.002-75 «Процеси виробничі. Загальні вимоги безпеки»;
- 12.НПАОП 0.03-1.07-73 «Санітарні правила організації технологічних процесів та гігієнічні вимоги до виробничого обладнання №1042-73» тощо;
- 13.НАОП 1.8.10-4.01-80 Єдина система організації робіт з охорони праці,  
[37, 38]

## **4.2 Постановка завдання щодо досліджень з питань охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на підприємстві**

Початком проведення весняно-польових робіт, значно зростають обсяги та інтенсивність виконання відповідних технологічних операцій, пов'язаних із посівною компанією. Зокрема, зростає кількість осіб, що беруть участь у виробництві, у тому числі за рахунок тимчасово залучених, збільшується кількість задіяної техніки, тривалість сільськогосподарських робіт протягом доби тощо. Цей травмонебезпечний період в сільськогосподарському виробництві зумовлений максимальним напруженням, перенасиченістю праці, що призводить до помилкових дій, нехтування безпекою та відсутністю належного контролю за безпечним виконанням робіт з боку інженерно-технічного персоналу.

Під час виконання цих робіт працівникам доводиться проводити цілий комплекс робіт із застосуванням мінеральних добрив, гербіцидів, протруювачів, які використовуються при виконанні підживлення посівів, протравлення та перевезення насінневого матеріалу, сівби, а це роботи з застосуванням отрутохімікатів.

Тож, керівникам і спеціалістам необхідно посилити профілактичну роботу по запобіганню виробничого травматизму, організувати роботу згідно Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві (НПАОП 01.0-1.02-18).

**Вимоги безпеки під час використання пестицидів та мінеральних добрив.**

Транспортування, зберігання та застосування пестицидів потрібно здійснювати з дотриманням вимог Закону України «Про пестициди і агрохімікати» та інших нормативно-правових актів.

Не дозволяється у темний час доби здійснювати роботи, пов'язані з транспортуванням аміаковмісних мінеральних добрив, приготуванням розчинів, змішуванням їх та внесенням у ґрунт.

Не дозволяється транспортувати разом різні види пестицидів, хімічна взаємодія яких у разі порушення герметичності упаковки може спричинити займання.

Не дозволяється перевозити пестициди та протруєне насіння разом із біологічними засобами захисту рослин, харчовими і кормовими продуктами та іншими вантажами, а також із людьми.

Не дозволяється використовувати для зберігання продуктів, фуражу, води тощо тару від мінеральних добрив, навіть після її знешкодження (зnezаражування).

### **Вимоги безпеки під час обробітку ґрунту, сівби, садіння і догляду за посівами**

Роботи, пов'язані з підготовкою мінеральних добрив до внесення у ґрунт, треба здійснювати за допомогою механізмів, оснащених пристроями для зниження пилоутворення. Працівники мають використовувати відповідний спецодяг, спецвзуття та засоби індивідуального захисту органів дихання та зору.

Не дозволяється готувати розчини пестицидів безпосередньо в полі без засобів механізації.

Під час руху агрегату не допускається одночасне обслуговування одним працівником двох або більше сівалок.

Завантаження сівалок і садильних машин насінням, садильним матеріалом та добривами має бути механізованим. Ручне завантаження дозволяється лише за умови зупинення посівного або садильного агрегату та вимкнення двигуна трактора.

Працівникам заборонено підніматися на або спускатися з машин під час їх руху.

Не дозволяється сівачам працювати на навісних сівалках.

Рекомендації щодо дотримання вимог техніки безпеки на весняно-польових роботах

Заправку тракторів та інших машин паливом і мастильними матеріалами в польових умовах проводити механізованим способом із дотримання Правил пожежної безпеки в Україні.

Розміщення машин, машинно-тракторних агрегатів, де проводяться сільськогосподарські роботи, повинно здійснюватися відповідно до технологічних карт і «Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві».

Не допускати до керування тракторами і складними сільськогосподарськими машинами осіб молодших 18 років, а також осіб, які не мають документів на право керування ними і не пройшли інструктажу з техніки безпеки.

Провести інструктажі з особами зайнятими на польових роботах.

Скласти технологічні маршрутні карти руху машин при виконанні сільськогосподарських.

**Вимоги до технічного стану машин:** забезпечити кожну машину справним інструментом; встановити захисне огородження на карданні, ланцюгові, пасові і зубчасті передачі; зробити попереджувальні написи; перевірити та ліквідувати підтікання палива, масла і води, забезпечити щільність з'єднання вихлопних колекторів; ліквідувати можливі несправності електрообладнання та електропроводки, забезпечити безвідмовну роботу гальм тракторів та тракторних причепів, справність сигналізації та освітлення.

Не допускати до роботи з отрутохімікатами і на транспортних засобах осіб, які не пройшли медогляду та інструктажу з охорони праці і техніки безпеки.

Забезпечити індивідуальними засобами захисту працівників, що працюють з отрутохімікатами та встановити контроль за використанням засобів захисту при виконанні робіт.

Сівалки та садильні машини повинні бути обладнані підніжками, перилами із сторони спини сівача, захисними огорожами на зубчатих та ланцюгових передачах.

Працюючих у польових умовах механізаторів необхідно забезпечити аптечками, питною водою, гарячим харчуванням.

Заміну, очищення та регулювання робочих органів навісних машин та знарядь, які знаходяться в піднятому стані, слід проводити після вжиття заходів, що запобігають їх самовільному опусканню.

Вчасне і якісне виконання зазначених рекомендацій, значно зменшить ризик настання нещасного випадку і захистить роботодавця, якщо лихо все ж таки сталось.

### Аналіз небезпечних факторів та ситуацій

Носіями небезпечних і шкідливих факторів на проєктованому підприємстві є об'єкти, що формують трудовий процес і входять у нього: предмет праці, засоби праці (машини, будинки, інструменти), задіяні в технологічному процесі.

До характерних небезпечних факторів при виробництві відносяться:

- рухливі частини устаткування;
- підвищена запиленість робочої зони;
- підвищений рівень шуму та вібрації;
- недостатня освітленість робочої зони;
- пожежонебезпечні фактори (вибух, іскри, підвищений рівень вибухонебезпечного пилу);
- фізичні перенавантаження;
- нервово-психічні перенавантаження

На підприємстві для забезпечення пожежної безпеки, насамперед повинні бути вжиті всі заходи для запобігання виникнення пожеж, у помешканнях повинні бути вогнегасники. На території повинні бути резервуари запасу води. Необхідно дотримувати пожежні розриви між спорудами. Розмір протипожежних розривів регламентується по СНиП 15-89-80 [39].

Необхідно створити передбачені технічним регламентом і паспортними даними режимів роботи устаткування, регламентів його експлуатації, припустимих навантажень. Необхідно оснастити устаткування, обладнання, у яких можуть виникнути пожежонебезпечні умови, контроль-вимірювальною апаратура, термореле, які усувають або сигналізують про небезпечну ситуацію.

Дотримання режимів змащення відповідними мастилами виключає можливість збільшення температури тертьових поверхонь.

Машини повинні мати запобіжні пристрої для їх зупинки при перевантаженні.

Перелік небезпечних і шкідливих факторів приведено у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – План заходів, спрямованих на нормалізацію умов праці при машинному дворі, на 2021 рік

Найменування заходів	Відповідальна особа	Термін виконання
<b>ОРГАНІЗАЦІЙНІ</b>		
1.1 Придбати необхідну нормативну й спеціальну літературу	Інженер з ОП	4 кв. 2021 р.
1.2 Контролювати проведення інструктажів з безпеки праці	Інженер з ОП	Регулярно
1.3 Провести навчання посадових осіб охороні праці	Інженер з ОП	2 кв. 2021 р.
1.4 Скласти комплект інструкцій по кожному робочому місцю	Завідуючий машинного двору	3 кв. 2021 р.
1.5 Контролювати виконання працівниками вимог нормативних документів по охороні праці	Головний інженер, завідуючий МТФ	Регулярно відповідно до встановленої системи контролю
<b>ТЕХНІЧНІ</b>		
2.1 Встановити та привести до ладу перехідні містки, огороження тощо	Завідуючий машинного двору	2 кв. 2021 р.
2.2 Встановити захисне заземлення, засоби блискавкозахисту та освітлення	Інженер-електрик	1 кв. 2021 р.
2.3 Забезпечення тваринницьких приміщень засобами пожежогашіння	Інженер з ОП	1 кв. 2021 р.
2.4. Спроекувати та обладнати систему вентиляції приміщення	Головний інженер	4 кв. 2021 р.
<b>САНІТАРНО-ГІГІЄНІЧНІ</b>		
3.1 Своєчасне складання заявок на придбання ЗІЗ	Завідуючий машинного двору	1 кв. 2021 р.
3.2 Забезпечити санітарно-побутове обслуговування працівників	Завідуючий машинного двору	3 кв. 2021 р.
3.3 Провести атестацію робочих місць по показникам безпеки	Комісія з проведення атестації	4 кв. 2021 р.
3.4 Слідкувати за станом спецодягу працівників	Керівники робіт	Постійно

### 4.3 Аналітично - розрахункова частина з питань охорони праці на виробництві

#### 4.3.1 Розрахунок витяжної вентиляції обладнання кормоцеху.

Розрахунок.

Визначаємо кількість видаляемого повітря (повітряобмін):

$$W = K \frac{Q \cdot n}{C \cdot \gamma \cdot (t_{\text{в}} - t_{\text{п}})}; \quad (4.1)$$

де  $W$  – необхідний повітряобмін, м<sup>3</sup>/год.

$Q$  – виділення в приміщенні тепла, ккал/год.  $Q = 2500$ .

$C$  – теплоємність повітря,  $C = 0,24$  ккал/кг;

$t_{\text{в}}$  та  $t_{\text{п}}$  – температура видаляемого та приточного повітря, °С;

$\gamma$  – густина повітря, кг/м<sup>3</sup>.  $\gamma = 1,149$ ;

$n$  – кількість обладнання, шт.;

$K$  – коефіцієнт, що враховує тепловидалення від технологічного обладнання.  $K = 0,8$ .

$$W = 0,8 \cdot \frac{3 \cdot 2500}{0,24 \cdot 1,149 \cdot (42 - 29)} = 1073 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Визначаємо швидкість повітря

$$v = \frac{W}{3600 \cdot F}; \quad (4.2)$$

де  $F$  – площа перерізу каналу, м<sup>2</sup>.  $F = 0,04$ .

$$v = \frac{1073}{3600 \cdot 0,04} = 7,45 \text{ м/год.}$$

Визначаємо продуктивність вентилятора

$$L_{\text{в}} = K_3 \cdot W; \quad (4.3)$$

де  $L_{\text{в}}$  – продуктивність вентилятора, м<sup>3</sup>/год;

$K_3$  – коефіцієнт запасу,  $K_3 = 1,3 \dots 2$ .

$$L_{\text{в}} = 1073 \cdot 1,3 = 1395 \text{ м}^3 / \text{год.}$$

Втрати повітря на прямолінійних ділянках



$$H_{вп} = \frac{\psi_m \cdot l_m \cdot \gamma_n \cdot v^2}{2d_{тр}}; \quad (4.4)$$

де  $H_{вп}$  – втрати на прямолінійних ділянках, Па;

$\psi_m$  – коефіцієнт опору трубопроводу,  $\psi_m = 0,02$ ;

$\gamma_n$  – густина повітря при 42 °С, кг/м<sup>3</sup>,  $\gamma_n = 1,12$ ;

$d_{тр}$  – еквівалентний діаметр трубопроводу, мм,  $d_{тр} = 225$ .

$$H_{вп} = \frac{0,02 \cdot 5 \cdot 1,12 \cdot 7,45^2}{2 \cdot 225} = 0,01 \text{ Па.}$$

Місцеві втрати

$$H_M = 0,5 \cdot \psi_M \cdot v^2 \cdot \gamma_n; \quad (4.5)$$

де  $H_M$  – місцеві втрати, Па;

$\psi_M$  – коефіцієнт місцевих втрат,  $\psi_M = 0,5 \dots 3$ .

$$H_M = 0,5 \cdot 0,5 \cdot 7,45^2 \cdot 1,12 = 16 \text{ Па.}$$

Сумарні витрати

$$H_{уч} = H_{пп} + H_M; \quad (4.6)$$

$$H_{уч} = 16 + 0,01 = 16,01 \text{ Па.}$$

Знаючи величину втрат, вибираємо вентилятор за номограмою.

Вентилятор № 4,  $n = 915$  об/хв.

Електродвигун 4А71А643,  $N = 0,37$  кВт,  $n = 915$  об/хв.

#### 4.3.2 Розрахунок загального штучного освітлення виробничого приміщення

Для забезпечення нормативного освітлення в приміщенні вибирається тип лампи ЛД 6Г-4.

Розраховуємо індекс приміщення:

$$i = S / H_p (L + B), \quad (4.7)$$

де  $S$  – площа приміщення, м<sup>2</sup>.

$H_p = 1$  м - висота підвісу ліхтарів;

L і В – відповідно довжина та ширина приміщення, м;

$$i = 12 \cdot 6 / 1 (7+5) = 5,9$$

Кількість ламп розраховується таким чином:

$$N = E \cdot K_3 \cdot S \cdot Z / \Phi_{\text{л}} \cdot n \cdot m, \quad (4.8)$$

де E – освітленість, E = 150 лк;

$K_3$  – коефіцієнт запасу,  $K_3 = 1,8$ ;

S – площа приміщення, S = 72 м<sup>2</sup>;

Z – коефіцієнт нерівномірності, Z = 1,2;

$\Phi_{\text{л}}$  – світловий потік,  $\Phi_{\text{л}} = 3390$  лм;

n – коефіцієнт, що враховує індекс приміщення, n = 0,6;

m – коефіцієнт, що враховує затемнення іншими спорудами, m = 4.

$$N = 150 \cdot 1,8 \cdot 35 \cdot 1,2 / 3390 \cdot 0,6 \cdot 4 = 0,16$$

Приймаємо 1 лампу типу ЛД 6Г-4.

#### **4.4 Заходи безпеки на виробництві**

Підвищення ефективності робіт технологічних ліній на машинному дворі багато в чому залежить від правильної організації праці обслуговуючого персоналу. Робота персоналу має бути організована з урахуванням розпорядку дня, прийнятого в господарстві. Всі ланки машинного двору мають бути закріплені за обслуговуючою ланкою, яка зобов'язана якісно і в строк виконувати усі виробничі операції.

До робіт з машинами допускаються особи, що вивчили керівництво по експлуатації, що знають техніку безпеки, правила пожежної безпеки і що здали відповідний техмінімум.

До роботи на машинах і устаткуванні, вживаних для механізації трудомістких процесів, особи молодше 16 років не допускаються.

У місцях розміщення машин, механізмів і устаткування обов'язково мають бути встановлені інструкції по їх безпечному обслуговуванню.

Експлуатація машин на оборотах вище вказаних в паспорті забороняється. При монтажі машин і устаткування слід застосовувати

необхідні заходи і пристрої, що забезпечують максимальне зниження виробничих шумів і вібрації. Карданні, ланцюгові, зубчасті і ремінні передачі, сполучні муфти машин і устаткування мають бути надійно захищені відкидними і легкознімними кришками-обгороджуваннями.

При огляді, ремонті і інших роботах, пов'язаних з технічним обслуговуванням, машину необхідно зупинити, а приводний пас зняти.

Робітник повинен виконувати тільки ту роботу, яку йому доручають. При роботі треба бути уважним, не відволікатися за сторонніми справами і розмовами і не відволікати інших.

При проведенні робіт по технічному обслуговуванню сумішепроводів слід користуватися справним інструментом, пристосуваннями і засобами індивідуального захисту. При заміні ділянок сумішепроводів, що зносилися, забороняється проводити зварювальні роботи, якщо сумішепровід знаходиться під тиском. При згинанні труб з нагрівом необхідно обслуговуючому персоналу мати захисні окуляри і рукавиці. При охолодженні нагрітих труб водою треба користуватися ковшами з подовженою ручкою. Забороняється використання сумішепроводів для кріплення тросів, тяги та ін.

Транспортери. Забороняється допускати до роботи сторонніх осіб. Забороняється пуск транспортера за відсутності заземлення електродвигуна і пускової апаратури. Забороняється робота транспортера зі зношеними і поламаними деталями. При огляді внутрішньої порожнини гвинта транспортера слід користуватися переносною електричною лампою з напругою не більш 36В. Гвинти в кожусі транспортера повинен встановлюватися проміжок не менше 10 мм від стінок, щоб він не зачіпав за дно і стінки і працював без невластивих йому шуму і стуку. Ремонт дозволяється проводити тільки при вимкненому рубильнику і знятих запобіжниках ввідного щита.

Для покращення умов праці, приведення у відповідність технічного стану робочих місць та нормалізації параметрів виробничого середовища складається план заходів. Він повинен бути комплексним, всебічним та реальним, а хід його виконання повинен постійно підлягати контролю з боку

посадових осіб підприємства.

Розробка заходів ведеться за трьома напрямками: організаційним, технічним, санітарно-гігієнічним, для кожного з яких визначаються відповідальні за це особи та прогнозується очікувана соціальна ефективність від їх запровадження. За результатами виявлених у підрозділі недоліків складемо перелік заходів, спрямованих на їх усунення чи мінімізацію їх наслідків та впливу на працівників.

#### **4.5 Графічна частина до розділу**

У графічній частині наведено таблицю «Ступінь небезпечності різних факторів зовнішнього середовища». Таблиця містить найменування небезпечних факторів, ймовірну дію цих факторів на організм людини, математичне очікування тривалості недієздатності та вагомість кожного фактору.

#### **4.6 Безпека в надзвичайних ситуаціях**

- У зв'язку з законом “Про пожежну безпеку в Україні”, ССБГ. ГОСТ 12.1.053-81 необхідно передбачити на території підприємства декілька пожежних постів з усіма необхідними засобами пожежотушіння та зберігати їх в постійній готовності.
- Забороняється розпалювати вогнище на території підприємства.
- Забороняється палити в приміщеннях виробничого корпусу, у тому числі в компресорній та в складських приміщеннях. Палити дозволяється у спеціально відведених місцях.
- Забороняється залишати без нагляду діюче устаткування, обладнання, прибори та апарати. Перед пуском машини необхідно перевірити справність заземлення.

- Необхідно дотримуватися правил пожежної безпеки при зберіганні аміаку в балонах. Температура повітря в приміщеннях для зберігання заповнених балонів не повинна перевищувати +35 °С.
- У випадку виникнення пожежі необхідно терміново сповістити в пожежну охорону та приступити до гасіння пожежі.
- При збільшеній ГДК пилу можливий вибух від відкритого джерела тепла. Слід регулярно перевіряти повітроводи та інше технологічне обладнання від надмірного забруднення пилом.
- При виникненні вибуху необхідно у короткочасний термін сповістити пожежну службу, а також приступити до тушіння вимкненої пожежі користуючись правилами тушіння пожежі. Працівник зобов'язаний надати першу медичну допомогу постраждалим робітникам, використовуючи аптечку першої медичної допомоги, а також усі підручні матеріали.

### **Висновки до розділу**

У результаті аналізу виконання робіт в сільськогосподарському кооперативі імені Фрунзе Веселівського району Запорізької області були виявлені потенційні небезпеки та шкідливості при роботі з устаткуванням.

На підставі виявлених небезпечних та шкідливих факторів запропоновано заходи, які мають на меті зменшити ймовірність виникнення травмонебезпечних ситуацій при виконанні основних операцій заготівлі зелених кормів, які можуть спричинити матеріальні втрати та травмувати працівників.

Присвячено увагу питанням безпеки у надзвичайних ситуаціях.

## 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ ДОЗАТОРА ЗМІШУВАЧА МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

### 5.1 Економічна ефективність застосування пристрою

Розрахуємо економічну ефективність застосування пристрою  
Енергоємність процесу (кВт·год/кг)

$$E_e = H_e / W \quad (5.1)$$

де  $H_e$  - споживана потужність, кВт;

$W$  - продуктивність, т/год.

Матеріаломісткість процесу (кг/т)

$$M_e = G / W_2 \quad (5.2)$$

де  $G$  - маса пристрою, кг;

$W_2$  - годинна продуктивність пристрою, т.

Питомі капітальні вкладення на одиницю продукції

$$S_y = K / \Pi, \text{ грн. год./т} \quad (5.3)$$

де  $K$  - розрахунково-балансова вартість машини, грн.;

$\Pi$  - річна продуктивність, т/рік.

Річна економія розраховується за виразом

$$E_p = (S_0 - S_1) W_r T_p, \text{ грн.} \quad (5.4)$$

де  $S_0, S_1$  - відповідно, собівартість роботи, що виконується за допомогою базової і проекрованої конструкції, грн.

Річний економічний ефект

$$\epsilon_p = (C_{np0} - C_{np1}) W_r T_p, \text{ грн.} \quad (5.5)$$

де  $C_{np0}$  - приведені витрати на роботу базової машини, грн.;

$C_{np1}$  - витрати на роботу проекрованої машини, грн..

Визначені техніко-економічні показники порівнюваних конструкцій представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Ефективність застосування пропонованого пристрою

Показники	Варіант	
	Базовий СПП – 1040 з навантажувачем Технолог -4000	Пропонований
Продуктивність, т/год	2	5
Встановлена потужність, кВт	11	3,43
Кількість обслуговуючого персоналу, люд.	1	1
Маса, кг	800	120
Капітальні витрати, грн..	280000	36800
Матеріалоємність, кг·год./т	400	24
Енергоємність кВт·год./т	5,5	0,69
Питомі капітальні вкладення, грн../т	140000	7860
Річна економія, грн../рік	-	16875
Строк окупності, років	-	2,18

З результатів розрахунків видно, що впровадження розробленого пристрою для навантаження і змішування мінеральних добрив дозволяє знизити енергоємність процесу в 3,2 рази, капітальні витрати в 7,6 разів і отримати річний економічний ефект 16875 грн, з терміном окупності 2,18 років на одну машину.

#### Висновки по розділу

Проведені економічні розрахунки показали ефективність запропонованої

конструкції змішувача дозатора мінеральних домішок. Порівняння із базовим варіантом обладнання виявив, що річна економія складе 16875 грн., та зможе окупитися за 2,18 років. На нашу думку господарства мають усі необхідні можливості для виготовлення та застосування запропонованого обладнання.



## **ВИСНОВКИ**

1. На основі проведеного аналізу сучасного стану господарства та країни в цілому було виявлено ряд недоліків існуючого обладнання для приготування мінеральних домішок, а саме було визначено за актуальний напрямок поєднання конструкцій для одночасного дозування, змішування, та вивантаження добрив.

2. Розроблено конструктивно – технологічну схему дозатору змішувача, з виключенням негативних факторів попередніх пристроїв, таких як утворення своду сипкого матеріалу (в нашому випадку мінеральних добрив).

3. Отримано математичну залежність щодо розрахунку оптимального кута висипання з бункеру, що уникає ефект сводоутворення.

4. Розроблені програма та методика експериментальних досліджень запропонованого зразку, в які увійшли такі основні моменти як методика визначення фізико-механічних властивостей мінеральних добрив (сипких компонентів) та представлені методики визначення похибок вимірювань.

5. Проведений ретельний аналіз ситуації по питаннях охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях на підприємстві. Представлені небезпечні та шкідливі фактори та план заходів з їх реалізації. Розроблено таблицю «Ступінь небезпечності різних факторів зовнішнього середовища».

6. Представлено економічні розрахунки показали ефективність запропонованої конструкції змішувача дозатора мінеральних домішок. Порівняння із базовим варіантом обладнання виявив, що річна економія складе 16875 грн., та зможе окупитися за 2,18 років. На нашу думку господарства мають усі необхідні можливості для виготовлення та застосування запропонованого обладнання.

19.01.21

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Річні звіти СВК імені «Фрунзе» Веселівського району Запорізької області.
- 2 Воронина, М.В. Средства механизации погрузки-разгрузки, хранения, обработки, перевозки зерна и семян на базе вращающихся пружин. — Ульяновск: ИЦ ПРЕССА, 2007. – 496 с.
- 3 Григорьев, А.М. Винтовые конвейеры. / А.М. Григорьев. - М.: Машиностроение, 1972. - 184 с.
- 4 Семашкин Н.М. Разработка устройства для механизации зерноскладов и обоснование его параметров: автореф. дис. канд. техн. наук: 05.20.01. – Уфа, 2010. – 20 с.
- 5 Офіційний сайт АСТАРТА Т. URL: <https://astartat.com.ua/ua/pogruzchik-zerna-pzu-110>
- 6 Офіційний сайт ГОРСЕЛЬСАШ. URL: <http://www.gorselmash.kz/catalog/detail.php?ID=27> (дата звернення 17.01.2021).
- 7 Борщев, В.Я. Оборудование для переработки сыпучих материалов : учебное пособие / В.Я. Борщев, Ю.И. Гусев, М.А. Промтов, А.С. Тимонин. – М. : Машиностроение-1, 2006. – 208 с.
- 8 Торнер, Р.В., Акутин М.С. Оборудование заводов по переработке пластмасс. / Р.В. Торнер, М.С. Акутин. – М.: Химия, 1986. – 400 с., ил.
- 9 Сабиев, У. Вибрационный смеситель сыпучих кормов / У. Сабиев, А. Яцунов // Сельский механизатор. - 2007. - № 1. - С. 21
- 10 Першин, В.Ф. Переработка сыпучих материалов в машинах барабанного типа. / В.Ф. Першин, В.Г. Однолько, С.В. Першина – М.: Машиностроение, 2009. – 220 с.
- 11 Шамов, Н.Г., Уткин А.А. Механизация приготовления и раздачи комбикормов. / Н.Г. Шамов, А.А. Уткин. - М.: Россельхозиздат, 1973. – 176 с.

12 Винтовой распределитель сыпучих материалов. Патент SU № 1541157, В 65 G 33/24, А 01 С 15/08. / В.К. Харин № 4309934/27-03; Оpubл. 15.06.87.

13 Офіційний сайт Технолог. URL: <https://tehnolog.com.ua>

14 Офіційний сайт TURBOMIX URL: <https://www.italtech.biz/products/smesitelnoe-oborudovanie-serii-turbomix-italtech> (дата звернення 17.01.2021).

15 Борщев В.Я. Оборудование для переработки сыпучих материалов : учебное пособие / В.Я. Борщев, Ю.И. Гусев, М.А. Промтов, А.С. Тимонин. – М. : Машиностроение-1, 2006. – 208 с.

16 Офіційний сайт NEUERO URL: [https://neuero-farm.de/?lang=ru/uploads/tx\\_products4neuero/Комбикормовое\\_производство\\_05.pdf](https://neuero-farm.de/?lang=ru/uploads/tx_products4neuero/Комбикормовое_производство_05.pdf)

17 Мельников, С.В. Механизация и автоматизация животноводческих ферм. / С.В. Мельников. – Л.: Колос. Ленингр. отд-ние. 1978. - 560 с., ил.

18 Видинеев Ю.Д. Автоматическое непрерывное дозирование сыпучих материалов. / Ю.Д. Видинеев. – М.: Энергия, 1974. – 120 с

19 Офіційний сайт Продсельмаш URL: [https://prodselmash.ru/index.php?option=com\\_content&task=view&id=81&Itemid=14%20/](https://prodselmash.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=81&Itemid=14%20/)

20 Безпалов Р.І. Критеріальна модель нерівномірності подачі дрібнодисперсних матеріалів / Р.І. Безпалов, Д.О. Мілько // Праці таврійського державного агротехнологічного університету / ТДАТУ. – Випуск 14. Том 3. – Мелітополь, 2014. – С. 210-216 (здобувач прийняв участь у отриманні результатів та статистичній обробці результатів дослідження).

21 Дёмин, О.В. Способ смешивания сыпучих материалов и установка для его осуществления / О.В. Дёмин, В.Ф. Першин // Патент РФ № 2398623, В 01 F 7/04. № 2009115216/15; Оpubл. 10.09.2010.

22 Мілько Д.О. Методика оцінки фізико-механічних властивостей рослинної сировини / Д.О. Мілько // Збірник наукових праць Кіровоградського

національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація / КНТУ. – Випуск 28. – Кіровоград, 2015. – С. 196 – 202.

23 Алешкин В. Р. Механизация животноводства. / В.Р. Алешкин, П. М. Рошин. Под ред. С.В.Мельникова. - Агропромиздат, 1985.- 336 с, ил.

24 Мілько Д.О. Методика експериментальних досліджень барабанного дозатору із комірковою поверхнею / Д. О. Мілько // Праці таврійського державного агротехнологічного університету / ТДАТУ. – Вип. 15. Т. 4. – Мелітополь, 2015. – С. 96-103.

25 Штербачек З. Перемешивание в химической промышленности / З. Штербачек, П. Тауск. – Л.: Ленинградское отделение Госхимиздата, 1963. – 416 с.

26 Смолин Д.О. Разработка экспресс-метода определения качества смеси компонентов различающихся по цвету / Д.О. Смолин, О.В. Дёмин, В.Ф. Першин // Вестник ТГТУ. – 2012. – Том 18 № 4. – С. 849-855

27 Зенков, Р. Л. Машины непрерывного транспорта : учеб. для вузов / Р. Л. Зенков, И. И. Ивашков, Л. Н. Колобов, – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1987. – 432 с.:ил.

28 Гячев, Л.В. Основы теории бункеров и силосов: Учебное пособие / Л.В. Гячев // Алт. политехн. ин-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: Б.и., 1986. – 84 с.

29 Исаев Ю.М., Механика жидких и сыпучих материалов спирально-винтовых устройствах / Ю.М. Исаев, Х.Х. Губейдуллин, В.Г. Артемьев. - ФГОУ ВПО «УГСХА». – Ульяновск, 2009. – 350 с.

30 Исаев, Ю.М. Длинномерные спирально-винтовые и транспортирующие устройства. / Ю.М. Исаев. // Монография. ФГОУ ВПО "УГСХА" Ульяновск :2006 - 433 с.

31 Першина, С.В. Весовое дозирование зернистых материалов / С.В. Першина, А.В. Каталымов, В.Г. Однолько, В.Ф. Першин. – М.: Машиностроение, 2009. – 260 с.

32 Налимов, В.В. Теория эксперимента. / В.В. Налимов. – М.: Наука, 1971. – 208 с.

33 Мельников, С.В. Планирование экспериментов в исследованиях сельскохозяйственных процессов. / С.В. Мельников, В.Р. Алешкин, П.М. Рошин. - Л.: Колос, 1972. - 200 с.

34 Використання Microsoft Excel 97 : Пер. з англ. / Брюс Холберг, Шеррі Кінкоф, Біл Рей та ін. –К.: М.: СПб. : Видавн. дім "Вільямс", 1998. – 736 с.

35 Дьяконов, В. С. MathCAD 2000: ученый курс / В.С. Дьяконов. - СПб.: Питер, 2001. – 592 с.

36 Киселев, А. В. Изучение поверхности отклика с помощью двумерных сечений/ А.В. Киселев // Научно-технический бюллетень ЦНИПТИМЭЖ. - Вып. 24. - Запорожье: ЦНИПТИМЭЖ, 1985.-С. 89... 91.

37 Житецький, В. Ц. Основи охорони праці. / В.Ц. Житецький, В.С. Джигирей, О.В. Мельников - Львів: Афіша, 2000. – 347 с.

38 Охорона праці / Г. М. Грядник, С. Д. Лехман, Д. А. Бутко та ін. - К.: Урожай, 1994. – 271 с.

39 Рогач Ю. П. Пожежна безпека: Навчальний посібник / Ю. П. Рогач. – Сімферополь: Таврія Плюс, 2001. – 124с.