

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
другого (магістерського) рівня вищої освіти

на тему
«Дослідження процесу фрикційного сепарування зерна»

Виконав: студент VI курсу, групи Маш-61

Спеціальності 133 Галузеве машинобудування
(шифр і назва)

Мар'ян САВІЦЬКИЙ

Керівник: к.т.н., доцент Петро КОРУНЯК
(Ім'я та прізвище)

Дубляни 2024

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

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри _____
(підпис)

д.т.н., професор ВЛАСОВЕЦЬ В.М.
(прізвище та ініціали)
“28” квітня 2023 р.

З А В Д А Н Н Я

на кваліфікаційну роботу студенту
Савіцькому Мар'яну Ігоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: **«Дослідження процесу вібраційного ущільнення ґрунту»**

Керівник роботи Коруняк Петро Степанович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом університету від 28.04. 2023 року №133/к-с

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 15.01. 2024 року

3. Вихідні дані до работ: довідкова література, технічні характеристики та креслення відомих конструкцій фрикційних сепараторів, конструктивні схеми стрічкових фрикційних сепараторів, каталоги обладнання машинного ущільнення, методики проведення робочого процесу розділення зернової суміші на рухомій і нерухомій площині, методики визначення економічної ефективності впровадження нового технічного рішення, інструкції з охорони праці.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

1. Технологічні основи сепарування зернової суміші;
 2. Теоретичні передумови процесу сепарування;
 3. Експериментальні дослідження процесу фрикційного сепарування;
 4. Охорона праці;
 5. Економічна ефективність прийнятих рішень;
- Висновки і пропозиції;
Бібліографічний список.

5. Перелік графічного матеріалу:

Графічні матеріали до роботи виконати у вигляді презентації у застосунку Microsoft PowerPoint: мета і завдання дослідження, огляд ознак, способів та засобів сепарування зернової суміші, типи і види фрикційних сепараторів, теоретичні основи руху частинок по похилій рухомій і нерухомій поверхні, результати експериментальних досліджень, економічні показники запропонованого технічного рішення.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		Завдання видав	завдання прийняв	
1, 2, 3, 5	Коруняк П. С., к.т.н., доц. каф. машинобудування			
4	Городецький І.М., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва			

7. Дата видачі завдання 28.04.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Відмітка про виконання
1	<i>Технологічні основи сепарування зернової суміші</i>	28.04.23-29.06.23	
2	<i>Теоретичні передумови процесу сепарування</i>	30.06.23-27.08.23	
3	<i>Експериментальні дослідження процесу фрикційного сепарування</i>	28.08.23-24.09.23	
4	<i>Охорона праці</i>	25.09.23-14.11.23	
5	<i>Економічна частина</i>	15.11.23-18.12.23	
6	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	19.12.23-03.01.23	
7	<i>Оформлення графічної частини</i>	04.01.24-15.01.24	

Студент _____ Мар'ян САВІЦЬКИЙ
(підпис) (Ім'я та прізвище)

Керівник роботи _____ Петро КОРУНЯК
(підпис) (прізвище та ініціали)

Дослідження процесу фрикційного сепарування зерна.

Савіцький М. І. Кваліфікаційна робота. – Дубляни, Львівський національний університет природокористування, 2024р.

52 с. текст. част., 12 рис., 10 табл., 15 джерел інформації.

Проведений аналіз фізико-механічні властивостей компонентів насінневих суміші та способи розділення на підставі їх вибраних параметрів. Розглянуті структурні схеми фрикційних сепараторів з рухомою і нерухомою робочою поверхнею. Проаналізовано конструкції і робота стрічкових фрикційних сепараторів з похилою рухомою поверхнею у поздовжньому і поперечному напрямку. Проведені експериментальні дослідження роботи фрикційного сепаратора, в результаті яких було встановлено оптимальні параметри роботи обладнання для якісного розділення суміші.

Розроблено заходи охорони праці з розрахунком заземлення рами сепаратора. Виконана економічна оцінка використання удосконаленої конструкції стрічкового сепаратора.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	.....
РОЗДІЛ 1. СЕПАРУВАННЯ НАЙПОШИРЕНІША	
ТЕХНОЛОГІЧНА ОПЕРАЦІЯ	
1.1 Загальні відомості про процес сепарації.....	.....
1.2 Фізико-механічні властивості зернової суміші.....	.....
1.3 Класифікація процесів сепарування та сепараторів .....	.....
1.4. Конструктивні схеми стрічкових фрикційних сепараторів.....	.....
1.5. Конструктивні схеми інерційних сепараторів.....	.....
1.6 Висновки по розділу.....	.....
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПРОЦЕСУ СЕПАРУВАННЯ	
2.1 Поведінка матеріалу на похилій не рухомій площині.....	.....
2.2 Поведінка матеріалу на похилій рухомій площині.....	.....
2.3 Дослідження переміщення частки матеріалу вздовж рівномірно рухомій горизонтальній поверхні з боковим нахилом .....	.....
2.4 Рекомендації до розрахунків фрикційного стрічкового сепаратора....	.....
2.5 Висновки по розділу .....	.....
РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФРИКЦІЙНОГО СЕПАРУВАННЯ	
3.1 Завдання експериментальних досліджень.....	.....
3.2 Устаткування для проведення експериментальних досліджень. ....	.....
3.3. Методологія експериментальних досліджень.....	.....
3.3.1 Методика визначення оптимального кута нахилу рухомої площини	
3.4 Оброблення експериментальних результатів.....	.....
3.4.1 Перевірка відтворюваності дослідів.....	.....
3.4.2 Вирівнювання емпіричних рядів способом найменших квадратів.	
Показова функція.....	.....
3.5. Висновки по розділу.....	.....
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	
4.1. Обґрунтування можливих чинників травмонебезпечних ситуацій	
4.2 Умови і обставини виникнення небезпечних ситуацій та їх	

наслідки.....	
4.3 Моделювання процесів формування і виникнення виробничих небезпек під час виконання робіт на стрічковому сепараторі.....	
4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях	
4.5. Висновки по розділу.....	
Розділ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗРОБЛЕНОЇ КОНСТРУКЦІЇ СЕПАРАТОРА	
5.1 Обґрунтування техніко-економічної ефективності удосконаленого стрічкового сепаратора.....	
5.2. Висновки по розділу.....	
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....	
БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	

ВСТУП

Одна з найважливіших технологічних операцій в процесах зберігання і переробки сільськогосподарської продукції є сепарація — процес розділення сипких продуктів на фракції, що розрізняються фізичними і геометричними розмірами; при цьому для розділення використовують наступні ознаки: щільність часток, лінійні розміри, аеродинамічні і феромагнітні властивості, стан поверхні та ін. Міра очищення основної культури і точність розділення посівного матеріалу багато в чому впливають на урожай, а також на стабільність якості зерна при зберіганні. Очищення зерна перед подрібненням на борошномельних заводах і перед лушенням на круп'яних заводах зумовлює якість готової продукції. Отож, ретельне очищення зернової суміші від домішок перед переробкою зерна — неодмінна умова здобуття високоякісної продукції. Зернову суміш очищають від домішок в машинах, робота яких заснована на використанні відмінності фізико-механічних властивостей зерна основної культури і домішок.

Цілі і способи сепарації продуктів на підприємствах харчової промисловості дуже різноманітні. Основні з них: очищення зернових сумішей від домішок; сортування зерна на фракції різної якості для переробки в продукти різного призначення; відділення готових продуктів в процесі переробки (відбір продуктів на борошномельних заводах) тощо.

Створення нової, досконалішої техніки та удосконалення технологічних прийомів її експлуатації при зберіганні і переробці зерна зустрічає ряд труднощів, обумовлених багатьма причинами, найважливіші з яких наступні: різноманіття матеріалів, що сепаруються і способів сепарування; складність та різноманітність механічних явищ взаємодії частинок суміші, що сепаруються, одна з одною і з робочим органом машини; недостатній розвиток теоретичних основ процесу сепарування і інженерних методів розрахунку параметрів сепаратора. Тому пошук нових робочих органів сепараторів та вдосконалення існуючих, а також дослідження технологічного процесу їх роботи має важливе значення для народного господарства.

РОЗДІЛ 1

СЕПАРУВАННЯ НАЙПОШИРЕНІША ТЕХНОЛОГІЧНА ОПЕРАЦІЯ

1.1 Загальні відомості про процес сепарації

Розділення зернової суміші на окремі групи (фракції) – це одна з основних технологічних операцій у сільському господарстві, переробній, харчовій промисловості, починаючи від вирощування зернових культур і закінчуючи випуском готової продукції. Цей процес можна розділити на кілька стадій. На початковій здійснюють очищення, розділення зерна на насіннєве і продовольче. У подальшому під час глибокого оброблення завдяки йому виділяють проміжні продукти для отримання борошна, круп та інших продуктів.

Під час розділення суміші застосовують різні характеристики зерна та їх домішок. До них відносяться різні фізико-механічні властивості елементів суміші, зокрема, електричні, феромагнітні і аеродинамічні властивості, питома маса, пружність, колір, розміри і форма насінини, стан її поверхні тощо.

Метою розділення зернової суміші є отримання фракцій з кількісно і якісно максимально однакових кінцевих і проміжних компонентів. Тому, розділення зернової суміші за фізико-механічними властивостями і геометричними параметрами називається сепаруванням, а засоби використовувані при цьому – сепараторами.

Під час роботи з сепараторами слід дотримуватись тих режимів, які прописані в інструкціях з експлуатації. Показниками використання сепараторів є продуктивність і ефективність. Під продуктивністю розуміється кількість зернової маси, яка пройшла через пристрій в одиницю часу, а ефективністю сепарування – якісна і кількісна оцінка процесу. В свою чергу, ознаки його ефективності залежать від біологічних, фізико-механічних та інших якісних та індивідуальних характеристик складових вихідної суміші.

Особливістю зернових культур є нестабільність фізико-механічних властивостей, зокрема, щільність, маса, розміри, швидкість витання тощо.

1.2 Фізико-механічні властивості зернової суміші.

Очищення і розділення зернової суміші (насіння) проводиться на підставі на відмінностей властивостей насіння основної культури та інших елементів, які знаходяться у суміші. В свою чергу слід зауважити, що властивості основної культури (насіння) можуть змінюватися в залежності від вологості, стиглості, сорту тощо.

Як правило, насіння правильної форми характеризується шириною, довжиною і товщиною. Крім того, домішки і розміри насіння інших культур різняться своїми розмірами, а отже і вагою. Отож, цю ознаку і використовують під час очищення та сортування зернової і насінневої суміші.

Крім розмірів візуально насіння відрізняється своєю формою. З огляду на неї насінина, зернятко чи якісь інші сторонні по різному поведуть у середовищі або площині. Так округлі тіла скочуються, плоскі зсуваються, а подовгасті займають своє певне положення на поверхні робочого органу. Тому ця ознака за певних умов широко використана для розділення робочої суміші.

Особливу увагу заслуговує поведінка насінневої суміші у повітряному потоці. У цьому випадку критерієм розділення є аеродинамічні властивості компонентів. Цим параметром виступає швидкість витання, яка характеризує стан рівноваги матеріальної частинки у повітряному потоці. За цією ознакою із зернової суміші можна виділити зерно, колоски, соломку, полови, домішки неорганічного походження тощо.

Аналізуючи стан поверхні компонентів (насіння бур'янів, домішок тощо) суміші, можна сказати, що вона може бути шорсткою і гладкою, пористою або щільною, зморщеною, плоскою округлою і т.д. Кожен із таких станів поверхні характеризується своїм, відмінним від інших, коефіцієнтом тертя під час руху матеріальних частинок по робочій поверхні пристрою. На підставі цього базується робота фрикційних сепараторів.

Відомо, що питома вага є важливою фізико-механічною властивістю у різних фізичних процесах. Неминула ця особливість і процес сепарування. Нічого в природі немає ідеального. Так насіннева чи зернова суміш може містити різного рівня вологості і стиглості, а разом з тим будову і хімічний склад її основного компоненту, а отже мати різну вагу. Отож, у цьому випадку можна відокремлювати по вазі насіння різної вологості і стиглості.

Властивість відновлювати свою попередню форму після деформації називається пружністю. На підставі таких параметрів як коефіцієнти відновлення та миттєвого тертя можна розділяти культури за стиглістю і вологістю, оскільки при різному стані вони є різними.

Крім згаданих, для розділення насінневої суміші використовують ще такі властивості як електропровідність та діелектрична проникність.

1.3 Класифікація процесів сепарування та сепараторів

Як було вище зазначено, розділення компонентів суміші базується на різниці прояву їх фізико-механічних властивостей. На цьому принципі проводиться і класифікація обладнання і пристроїв сепарування.

Класифікація процесів сепарування

Таблиця 1.1.

Ознаки відмінності частинок		Спосіб сепарації	Назва машин	Сфери застосування
Основні	Додаткові			
Довжина	Форма	Трієровання	Трієри	Очищення пшениці від насіння бур'янів.
Ширина	Щільність (довжина)форма	Просіювання на ситах з круглими і квадратними отворами	Зерноочисні сепаратори	Фракціонування зерна пшениці. Очищення зерна різних культур від великих домішок.
Товщина	Щільність, форма	Просіювання на ситах, що коливаються з прямокутними подовженими отворами	Зерноочисні сепаратори	Очищення зерна від дрібних важких домішок
Щільність частинок і, коефіцієнт тертя	Розміри, форма	Вібраційне переміщення, без просіювання	Вібропневматичні, каменевіділяючі машини, сортувальні столи	Очищення зерна від мінеральних домішок Розділення продуктів лущення круп'яних культур

Швидкість витання, розміри	Форма	Сито повітряний процес	Сито повітряні машини	Сепарація продуктів подрібнення зерна
Розміри	Щільність, форма	Просіювання на горизонтальних ситах з круговими коливаннями	Просіювачі млинарські і круп'яні.	Сепарація продуктів подрібнення зерна і сепарація продуктів лущення
Пружність і коефіцієнт ударного тертя	Щільність, форма	Віброударна сепарація	Падди-машини, круповіділювач	Витягання ядра з продуктів лущення рису і інших культур
Форма, щільність, коефіцієнт тертя	Розміри	Вібраційне переміщення по поверхнях	Сепараційні столи	Витягання ядра з продуктів лущення круп'яних культур
Щільність	Розміри, форма, стан поверхні	Самосортування при різних типах коливань	Камене-віділювачі	Очищення зерна від мінеральних домішок
Розміри, коеф. тертя, щільність	Форма	Просіювання па нерухомих похилих ситах	Сортувальні гірки Стрічкові сепаратори	Відбір ядра з продуктів лущення рису
Магнітна сприйнятливність	Розміри, коефіцієнт тертя	Магнітна сепарація	Магнітні сепаратори	Очищення зерна і продуктів його переробки від металевих домішок

Сепарування за питомою вагою. На гідравлічних пристроях можна реалізувати сепарування за питомою вагою. Робота їх базується на тому, що кінцева швидкість падіння тіла у воду залежить від ваги, поперечного перерізу, коефіцієнтів гідродинамічного опору і Рейнольдса. Під час процесу, під дією потоку води, різні за вагою частинки, а отже і питомою вагою, рухаючись по різних траєкторіях розподіляються на фракції.

Сепарування за аеродинамічними властивостями. Під час руху тіла в повітряному просторі на нього діє повітряний опір. В залежності від стану поверхні, його форми, маси тощо генеруються для різних тіл певні аеродинамічні властивості. Оскільки суміш складається з різних за своїми характеристиками компонентів то і їх аеродинамічні властивості будуть відмінними. В результаті цього частинки матимуть різні швидкості і траєкторії руху.

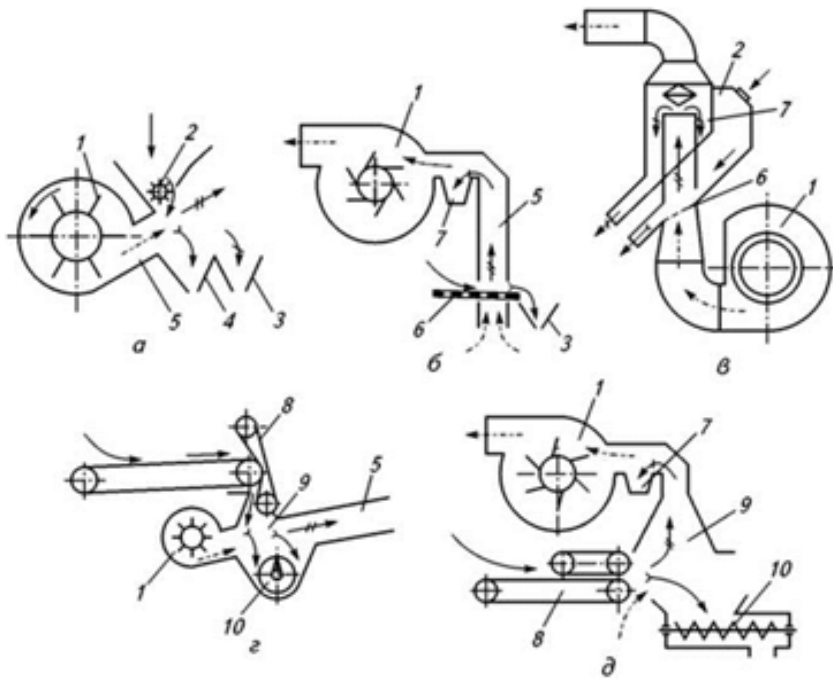


Рис.1.1 Схеми пневмосепараторов:

а, б, в - пневмогравітаційні; г, д- пневмоімпульсні; 1 - вентилятор; 2- завантажувальний пристрій; 3, 4- приймачів; 5-повітряний канал; би-решета; 7-осадова камера; 8- металника; 9- ділильні камери; 10- шнека

Використовуючи принцип повітряного розділення суміші, розроблено ряд технологічного обладнання для очищення і сепарування зернових культур. Але попри конструктивну простоту таких машин, якісний кінцевий продукт (до 60-70%.) одержати непросто.

Найпоширенішим і найбільш ефективним способом є сепарування у вертикальному повітряному потоці. На його основі розроблені пневмосепаруючі машини вітчизняного і зарубіжного виробництва.

Ситові сепаратори. У випадку сепарування суміші з компонентами відмінними по товщині і ширині використовують сита. Система вмонтованих сит у решета утворюють робочий орган машини, який урухомлюється приводом.

Обладнання цього типу використовують на переробних підприємствах виробництва круп. Їх застосовують під час фракційного розділення продукції

по величині для подальшої її переробки. Вони так само одержали застосування під час подрібнення (помелу) з метою проміжного сортування.

За конструктивним виконанням у цих пристроях сита бувають циліндричними і плоскими. У роботі сепараторів з плоскими ситами можуть генеруватися поступальні, поступально-кругові та вібраційні рухи решіт. Кожен з цих рухів робочого органу використовується при певних умовах і завданнях виробництва.

У циліндричних (а також призматичних) сепараторах використовують обертальний рух робочого органу. У відношенні до осі обертання він реалізується у трьох виконаннях: з горизонтальною віссю, з нахиленою віссю, горизонтальною віссю та обертаючими бичами всередині сита.

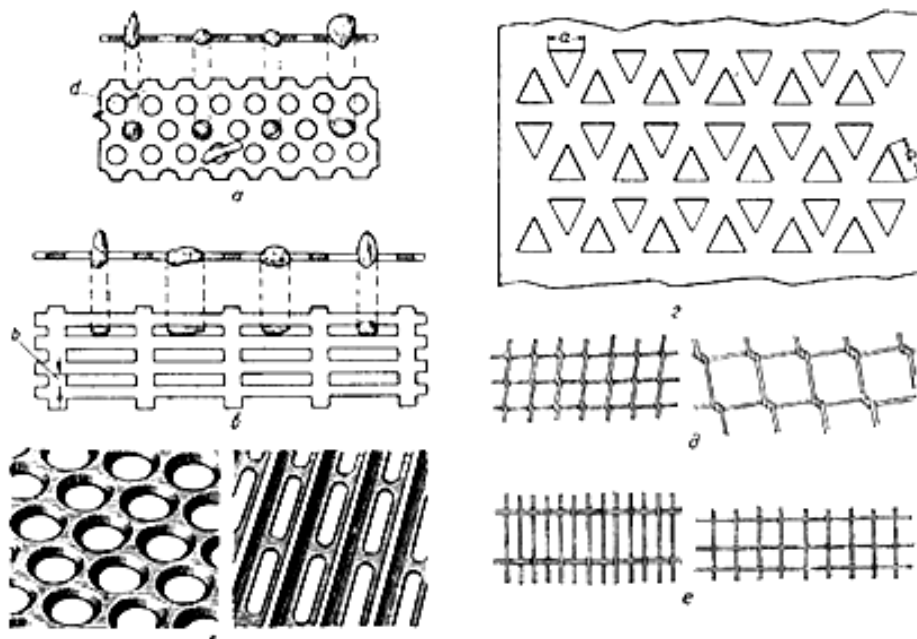


Рис. 1.2 Види решіт:

а — з круглими отворами; б — з подовгастими отворами; в — з лунко подібними і гофрованими отворами для калібрування насіння; г — з трикутними отворами; д — плетені; е — ткані.

Решета з подовгастими отворами використовують під час розділення по товщині, а з круглими отворами — по ширині застосовують решета з

круглими отворами. За цією ж ознакою використовують плетені і ткані решета з квадратними отворами.

Виділення засміченого насіння у гречці застосовують решета з отворами трикутної форми, а для льону - овальної. У цих випадках відбувається одночасне розділення насіння по ширині і товщині.

Ефективність роботи решітних сепараторів характеризується таким параметром як відносний живий переріз, тобто відношення площі всіх отворів решета до загальної його площі. Чим вищий цей показник тим інтенсивніше відбувається сепарування, тим менше забивається сито.

Розділення по довжині. Розділення по довжині здійснюється у циліндричних трієрах з внутрішньою робочою поверхнею (рис. 1.3). Під час обертання циліндра чим менші зерна тим глибше вони поринають у вічка. В результаті цього з вічок випадають спочатку довгі зерна, а потім - короткі. Залишаючись в циліндрі довгі прямують до його виходу, а короткі випадають в жолоб, звідки вивантажуються шнеком.

Ковзаючись всередині циліндра зерна великих розмірів переміщуються вздовж нього під тиском заново поступаючого завантаження або нахилу циліндра відносно горизонту. Режим роботи пристрою повинен бути таким аби всі зерна вивантажились з вічок. Практика засвічує, що частота обертання циліндра повинна бути в межах 35...50 об/хв.

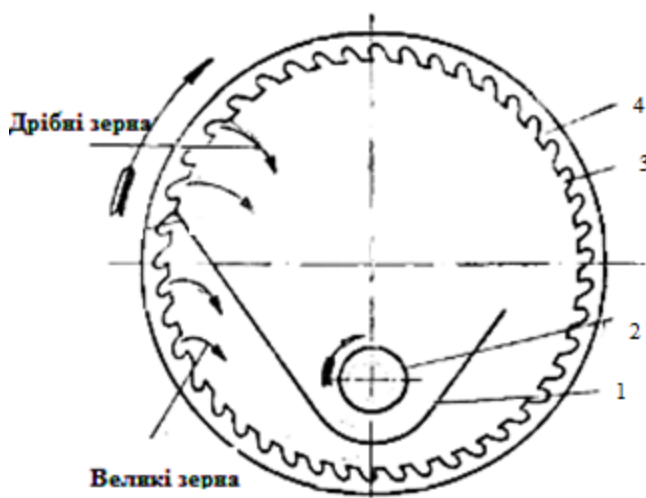


Рис. 1.3. Принципіальна схема трієрного циліндра:

1— жолоб; 2— шнековий транспортер; 3— вічка; 4— циліндр;

Розділення за формою і станом поверхні. Існує цілий ряд конструкцій фрикційних сепараторів. Як правило вони бувають двох типів. Перші - це пристрої з нерухомою робочою поверхнею. До них відносяться гвинтові поверхні, машини типу «Змійка», одноступінчаті і багатоступінчасті скатні гірки. Другі мають рухому робочу поверхню, подібно до рухомої стрічки транспортера. Конструктивно такі сепаратори бувають з подовжнім і поперечним рухом стрічки. Крім згаданих схем сепарування бувають циліндричні з зовнішньою і внутрішньою робочою поверхнею.

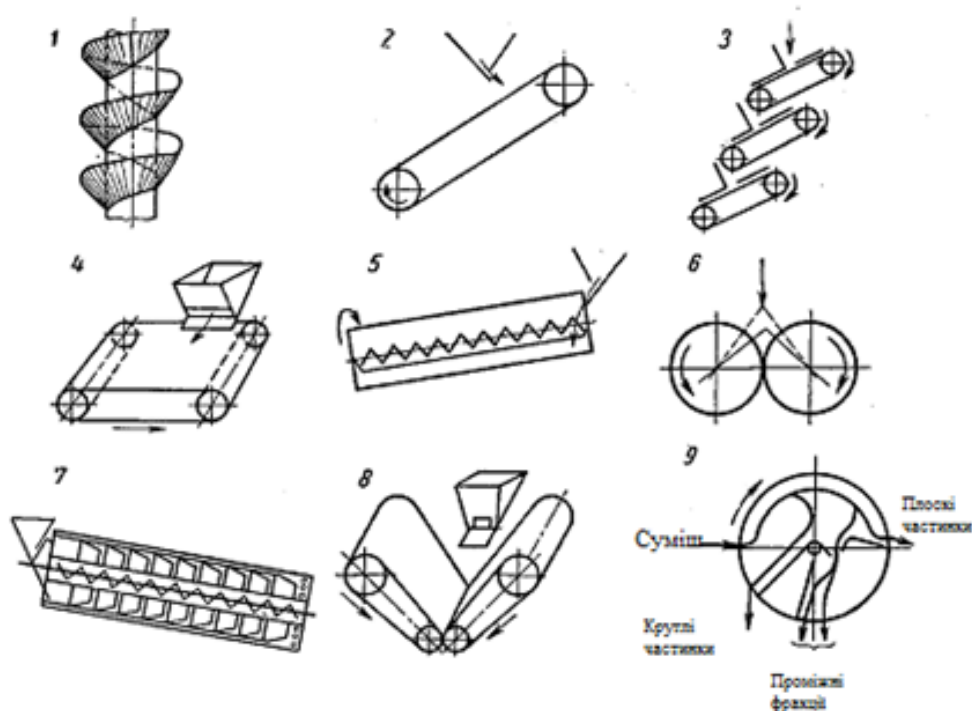


Рис 1.4 Типи і види фрикційних сепараторів

1— гвинтовий сепаратор «Змійка»; 2— з повздовжнім рухом стрічки (ОСГ-1,2М); 3— сепаратор «Доссор»; 4— з поперечним рухом стрічки; 5— циліндричний сепаратор із внутрішньою робочою поверхнею; 6— пальцевий сепаратор; 7— ступінчастий циліндрично-конічний сепаратор ЦФ-0,6; 8— з поперечним рухом стрічок і осьовим рухом насіння (ОСГ-0,2); 9— дисковий (карусельний сепаратор)

У фрикційних сепараторах застосовують похилу шорстку стрічку, яка рівномірно рухається вгору. Як зазначалось вище поверхня зернової

компоненти може бути різною і в залежності від коефіцієнта тертя кожна з них рухається своєю траєкторією, зокрема: гладкі будуть скочуватись вниз, дуже шорсткі рухатимуться догори, а інші, за умови нахилу поверхні у двох напрямках, будуть скупчуватися у певних зонах.

Для підвищення ефективності робочого процесу у деяких пристроях використовують вібрацію, тобто віброуючу поверхню. Вони бути як безперервної так і періодичної дії. Такі сепараторі працюють в режимі частоти коливань в межах 30 ...50 Гц. і при амплітуді 1...2мм. Для забезпечення переміщення матеріалу по віброуючій поверхні напрям вібрування скерований під кутом β відносно неї.

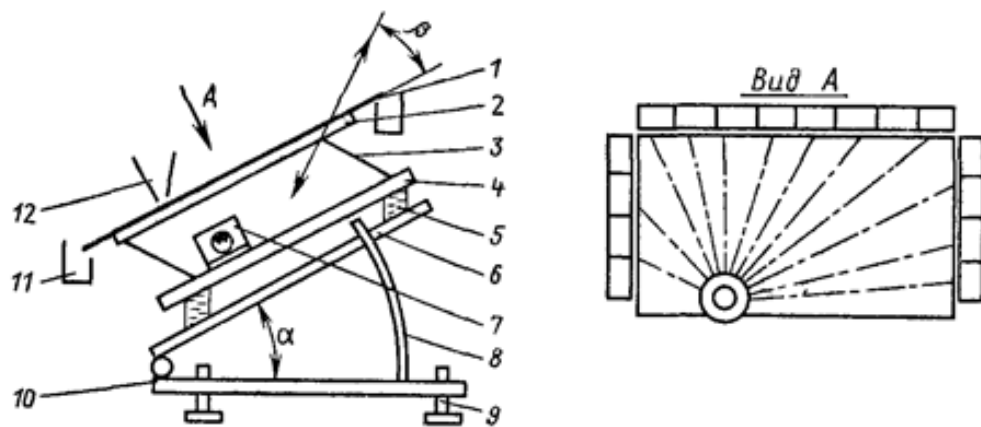


Рис.1.5 Вібраційний сепаратор

1-дека; 2- верхня рама; 3- пружні елементи; 4- реактивна рама; 5 – м'ягкі віброізолятори; 6- поворотна рама; 7- дебалансний або електромагнітний вібробудник; 8- механізм зміни кута; 9- гвинтові опори; 10- плита; 11- приймальний бункер 12- живильник.

Робоча суміш, що підлягає сепаруванню , рівномірно поступає на віброуючу деку з живильника 12 і завдяки подвійному її нахилу, розподіляється на ній. Різні частки потрапляють в різні і при цьому заздалегідь визначені приймальні бункери незалежно від місця деки, звідки починався рух

1.4. Конструктивні схеми стрічкових фрикційних сепараторів.

Найпоширенішими фрикційними сепараторами стали стрічкові фрикційні сепаратори. За робочу фрикційну поверхню (стрічку) в таких

сепараторах прийнято ворсисту тканину молескин-сукна, грубо шерстного сукна, корду.

На сепараторах з горизонтальними валиками можна реалізувати дві схеми технологічного процесу. У сепараторах побудованих за першою (рис.1.4. *a*), насіннева суміш подається з початковою швидкістю v_0 на рухому розташовану під кутом α до горизонту стрічку і рухається з низу догори з швидкістю v . Розділення відбуватиметься у тому випадку, коли кут тертя гладкого насіння φ_1 буде менший, за кут тертя шорсткого φ_2 і більше кута нахилу стрічки α .

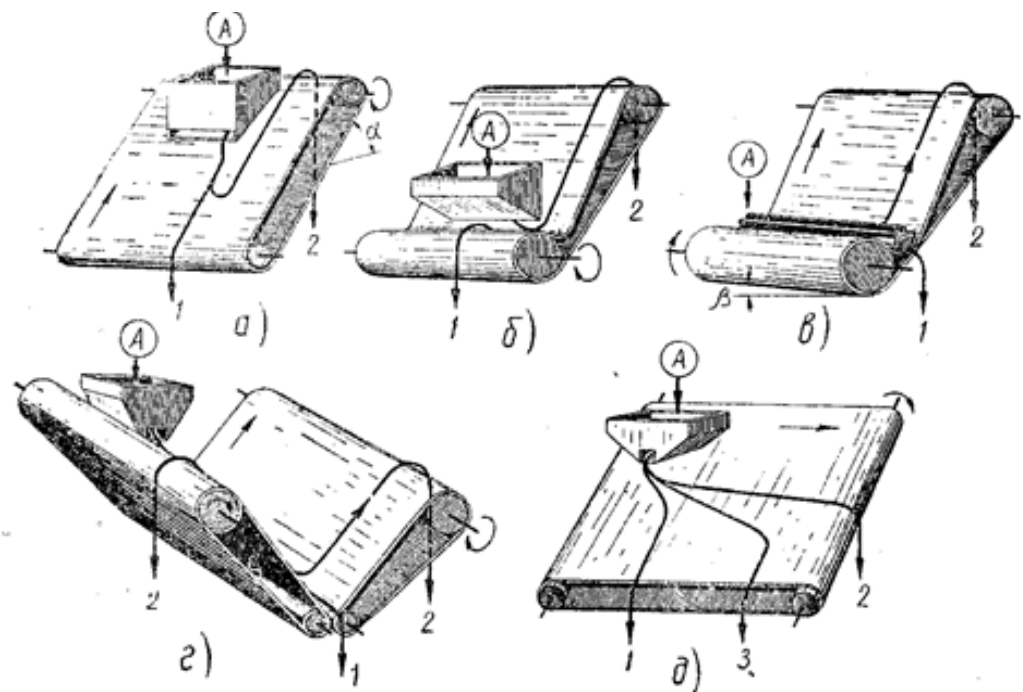


Рис. 1.4. Конструктивні схеми стрічкових сепараторів

a— сепаратор з горизонтальним розташування валиків; *б*— сепаратор періодичної дії із нижнім ведучим валиком; *в*— сепаратор неперервної дії із нижнім притискним валиком; *з*— сепаратор з двома стрічками; *д*— сепаратор з боковим рухом стрічки; *A*— вихідний матеріал; *1*— гладке насіння; *2*— шершаве насіння; *3*— проміжні фракції.

За таких умов гладке насіння буде скочуватись зі стрічки вниз, а шорстке побите насіння і бур'яни урухомлюється стрічкою і переміщує його догори.

У сепараторах, що працюють за другою схемою (рис 1.4. б, в, з), розділення здійснюється за відсутності швидкості насіння і подачі його збоку у нижній частині стрічки. Це дає змогу гладкому насінню рухатись вздовж нижнього валика у поперечному напрямку стрічки, а шорсткі — стрічка захоплює і переміщує їх догори. Різниця між двома вказаними технологічними схемами та, що переміщення фракцій відбувається у двох взаємно перпендикулярних площинах.

Потік рухомої гладкої фракції вздовж нижнього валика фрикційного сепаратора утворюється

- за умови провисання робочої вітки стрічки і нижнього приводного валика (рис.1.4. б);
- завдяки спеціального притискного валика (рис.1.4. в)
- використанням двох стрічок (рис.1.4. з).

Розглянуті схеми сепарування мають невелику продуктивність. Як правило вони використовуються для розділення суміші на дві фракції — шорсткі домішки і гладке насіння.

На відміну від попередніх, у сепараторах (рис.1.4. д) з бічним рухом стрічки можна реалізувати сепарування робочої суміші на кілька фракцій з достатньо високою продуктивністю.

1.5. Конструктивні схеми інерційних сепараторів.

Характерним для інерційних (вібраційних) сепараторів є те, що робочий орган (короб) жорстко непов'язаний з джерелом його коливань, а також наявність лише двох підшипників. Режим роботи сепаратора може мінятись в залежності від частоти взаємодії рухомої сили, від ступеня завантаження сепаратора, від пружності підвісок. Джерелом коливань сит таких сепараторів можуть бути неврівноважені сили інерції обертаючих вантажів, електромагнітні системи, ударна взаємодія кулачкових і інших механізмів

На рис. 1.12 приведена принципова конструктивна схема такого сепаратора. На обертаючий вал, зв'язаний з коробом, посаджені два маховика з вантажами. При їх обертанні виникають відцентрові сили інерції, сумарна величина яких C

визначається масою m неврівноважених вантажів, коловою швидкістю V обертання їх центру тяжіння і радіусом обертання, тобто відстанню R_0 від центру тяжіння вантажів до осі обертання.

Із виразу $C = \frac{m \cdot V^2}{R}$ видно, що величину цієї сили можна регулювати при

постійному числі оборотів валу зміною маси m і відстані R_0 .

Схема рис. 1.12 відповідає інерційному сепаратору з простими дебалансами і з круговими коливаннями сит. Є також інші типи інерційних сепараторів, принципові схеми яких наводяться при розгляданні відповідних різновидів цих машин.

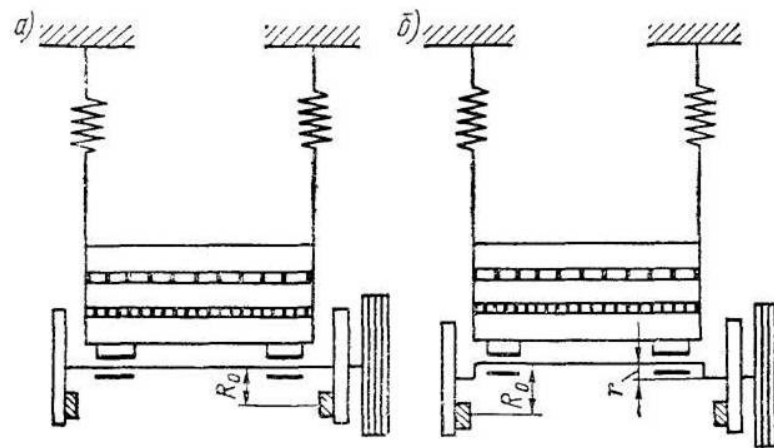


Рис.1.12. Принципові схеми вібраційних сепараторів:

a – з простим дебалансом; *б* - самоцентруючий

Конструкція цих сепараторів відповідає принциповій схемі, представленій на рис. 1.12,а. Сепаратори ГВР (вібраційні ресорні) призначені для попередньої класифікації вугілля, коксу, руди, дробленого каміння і інших матеріалів. Сепаратор складається із коробу із ситами, ресор, вібратора і приводу (рис. 1.13).

Короб зварної конструкції опирається на дві пластинчаті ресори, розміщені вздовж бортів і закріпленні на литих кронштейнах, встановлених на нерухомій основі. Кут нахилу короба регулюється відповідною установкою кронштейнів. [1]

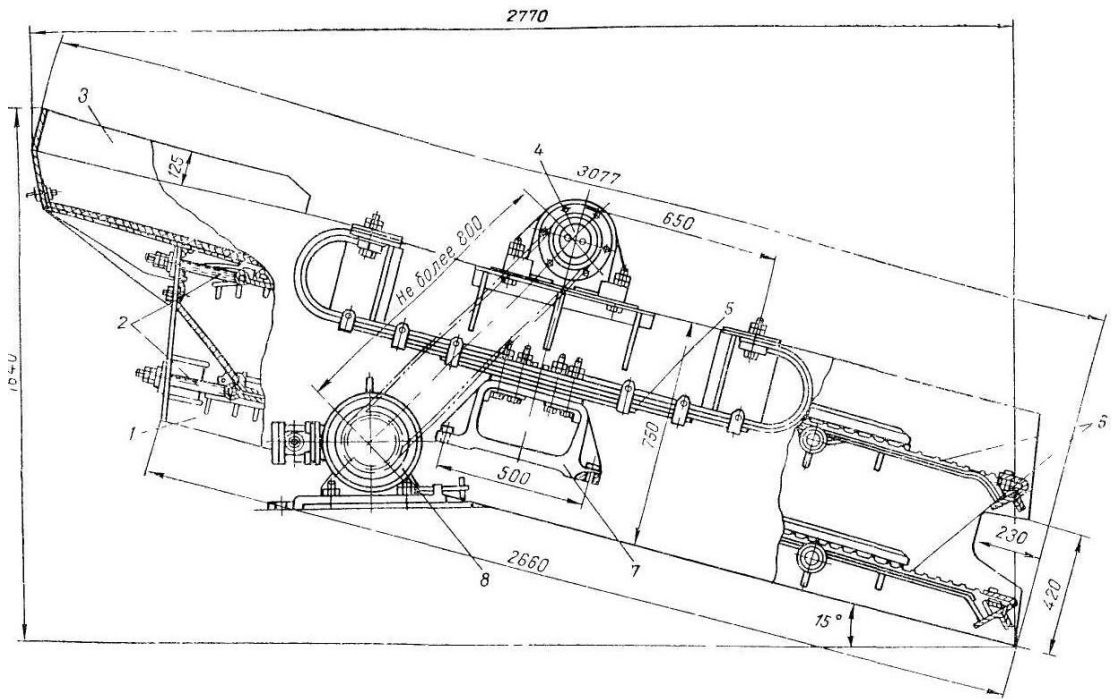


Рис.1.13. Ресорний вібросепаратор.

1.6 Висновки по розділу

На підставі зробленого літературного огляду слід відзначити, що фрикційне сепарування набуло широкого застосування не лише у сільському господарстві, але й у інших галузях виробництва. В межах даного способу особливого значення набувають як більш ефективні це стрічкові фрикційні сепаратори.

Проте і ці засоби, при творчому науко-технічному підході і зростаючих вимогах виробництва до їх конструкцій, ставляться завдання щодо вдосконалення реалізації технологічного процесу, підвищення техніко-економічних показників. Перспективним напрямком модернізації і створення нового такого обладнання є сумісне використання фізичних явищ і нових принципів проектування.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ПЕРЕДУМОВИ ПРОЦЕСУ СЕПАРУВАННЯ

2.1 Поведінка матеріалу на похилій не рухомій площині.

Нехтуючи тертям (рис. 2.1) диференціальне рівняння руху частинки матеріалу похилою нерухомою поверхнею можна записати як:

$$m \frac{d^2s}{dt^2} = m \frac{dv}{dt} = mg \sin a \quad (2.1)$$

де s — шлях;

m — маса частинки;

t — час;

g — прискорення сили тяжіння;

v — швидкість;

a - кут нахилу площини.

За умови

$$v = v_0; s = 0 \text{ при } t = 0 \quad (2.2)$$

інтегруючи рівняння (2.1) одержуємо

$$v = v_0 + gt \sin a \quad (2.3)$$

$$v = v_0 + \frac{1}{2}gt^2 \sin a \quad (2.4)$$

або

$$s = \frac{v^2 - v_0^2}{\sin a} \quad (2.5)$$

Оскільки тертя не дорівнює нулю, то ці рівняння служать лише для порівняльної якісної оцінки кінематичних елементів руху. Тому, врахувавши тертя рівняння руху (2.1) буде мати такий вигляд:

$$m \frac{d^2s}{dt^2} = m \frac{dv}{dt} = mg \sin a - fmg \cos a, \quad (2.6)$$

де f — коефіцієнт тертя.

Для отримання параметрів руху, інтегруємо це рівняння за початковими умовами двічі:

$$v = v_0 + \frac{\sin(a-\varphi)}{\cos \varphi} gt \quad (2.7)$$

$$s = v_0 t + \frac{\sin(a-\varphi)}{2\cos\varphi} g t^2 \quad (2.8)$$

i

$$s = v_0 t + \frac{\cos\varphi}{2g\sin(a-\varphi)} (v^2 - v_0^2) \quad (2.9)$$

де φ — кут тертя.

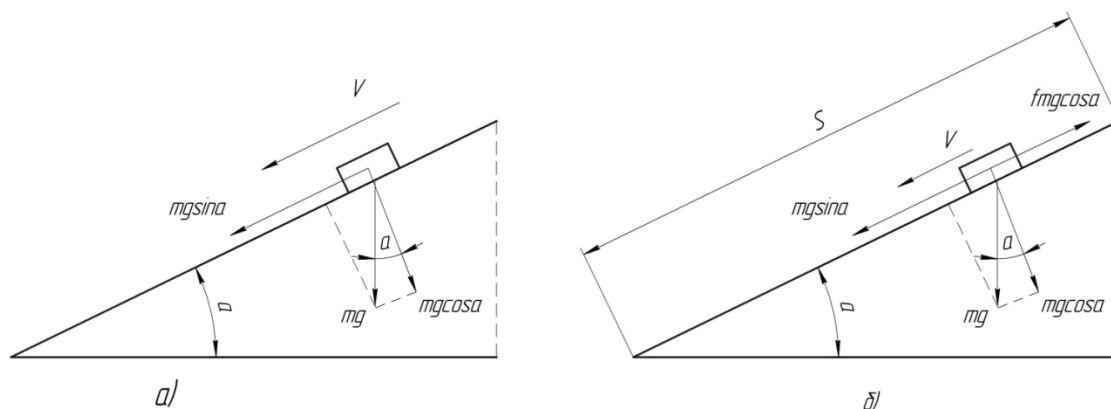


Рис. 2.1 Схема дії сил на частинку під час руху похилою площиною
a — без врахування тертя; *б* — з врахування тертя.

При $\varphi > a$, то частинка зупиниться через проміжок часу:

$$t = t_1 = -\frac{v_0 \cos\varphi}{g\sin(a-\varphi)} = \frac{v_0 \cos\varphi}{g\sin(a-\varphi)} \quad (2.10)$$

Пройдений шлях при цьому буде рівний:

$$s = s_{max} = -\frac{1}{2} \frac{v_0^2 \cos\varphi}{g\sin(a-\varphi)} = -\frac{1}{2} \frac{v_0^2 \cos\varphi}{g\sin(\varphi-a)} \quad (2.11)$$

Практичне використання цього рівняння під час розрахунків можливе при відомому коефіцієнті тертя і заданих параметрів початкової швидкості і переміщенні або пришвидшенні. Бо

$$S = \frac{h}{\sin a} \quad (2.12)$$

де S — переміщення частинки до зупинки її. Тоді рівняння (2.13) набуває наступного вигляду:

$$h = -\frac{1}{2} \frac{v_0^2 \sin a \cos\varphi}{g\sin(a-\varphi)} = -\frac{1}{2} \frac{v_0^2 \sin a \cos\varphi}{g\sin(\varphi-a)}. \quad (2.13)$$

2.2 Поведінка матеріалу на похилій рухомій площині

Стрічку похилого фрикційного сепаратора можна розглядати як таку, яка ще додатково рухається (рис.2.2).

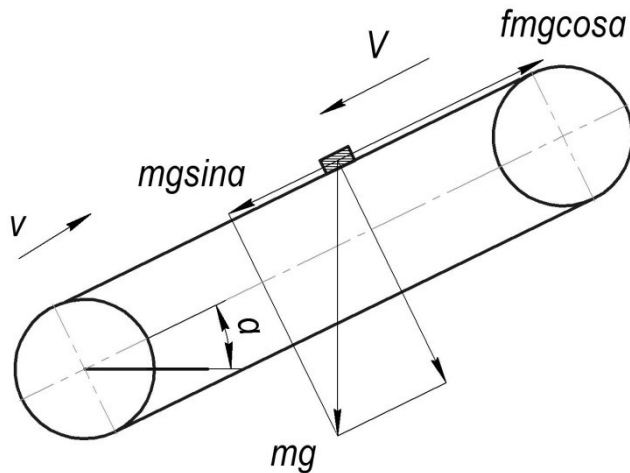


Рис. 2.2. Схема дії сил на частинку під час руху похилою рухомою площиною

Приймаємо, що напрям абсолютної швидкості частинки співпадає з додатній напрямком осі координат. Тоді диференціальне рівняння руху її по стрічці сепаратора матиме вигляд:

під час руху частки вниз

$$m \frac{dv}{dt} = mg \sin a - fmg \cos a \quad (2.14)$$

За умови $f(v) = 0$, то двічі інтегруючи це рівняння при $v = v_0$; $s = 0$ при $t = 0$, отримаємо:

$$v = v_0 + gt \sin a \quad (2.15)$$

$$v = v_0 + g \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos \varphi} t \quad (2.16)$$

$$t = v_0 t + g \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos \varphi} * \frac{t^2}{2} \quad (2.17)$$

Коли ж $a > \varphi$, то швидкість переміщення зростатиме, а при $a < \varphi$ - зменшуватиметься до $v = 0$, за час

$$t = t_0 = \frac{v_0 \cos \varphi}{g \sin(a - \varphi)} \quad (2.18)$$

До моменту зупинки частинка пройде шлях :

$$s_0 = \frac{1}{2} \frac{v_0^2 \cos \varphi}{g \sin(\varphi - a)} \quad (2.19)$$

Під час рівномірного руху стрічки переміщення, яке пройде кожний її елемент за той же проміжок часу, складає:

$$s_n = -v_e \frac{v_0^2 \cos \varphi}{2g \sin(\alpha - \varphi)} \quad (2.20)$$

Відносна швидкість (v_r) частинки визначається як алгебраїчна сума, оскільки абсолютна швидкість v_a і переносна швидкість v_e , мають прямо протилежний напрямок

$$v_r = v_e + v = v_0 + g \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos \varphi} t + v_e \quad (2.21)$$

Шлях частинки у відносному русі :

$$s_r = s_0 + s_n = -\frac{v_0 \cos \varphi}{2g \sin(\alpha - \varphi)} (v_0 + v_e) \quad (2.22)$$

Якщо змінити напрямок координатних осей рівняння руху набуває вигляді:

$$m \frac{dv}{dt} = fmg \cos a - mg \sin a \quad (2.23)$$

Враховуючи повітряний опір:

$$m \frac{dv}{dt} = fmg \cos a - mg \sin a - kv^2 \quad (2.24)$$

Двічі інтегруючи рівняння ($v = s = 0$ і при $t = 0$)

$$v = g \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos \varphi} t \quad (2.25)$$

$$s = g \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos \varphi} * \frac{t^2}{2} \quad (2.26)$$

Оскільки тут $a > \varphi$, то швидкість руху частки збільшуватиметься.

Проаналізуємо, які зміни внесе опір середовища в даний вигляд рівняння руху частки

При $f(v) = kv^2$ рівняння руху запишемо як:

$$m \frac{dv}{dt} = mg \frac{\sin(\alpha - \varphi)}{\cos \varphi} - kv^2 \quad (2.27)$$

або

$$bdt = \frac{dv}{a^2 - v^2} \quad (2.28)$$

де

$$b = \frac{k}{m}, a = \sqrt{\frac{gm \sin(\alpha - \varphi)}{k \cos \varphi}} \quad (2.29)$$

Тоді

$$bt = \int \frac{dv}{a^2 - v^2} + C_1 \quad (2.30)$$

Параметри переміщення

$$v = a \frac{e^{2(abt + \delta)} - 1}{e^{2(abt + \delta)} + 1} \quad (2.31)$$

$$s = \frac{1}{b} \ln \frac{2(abt + \delta)}{ch \delta} \quad (2.32)$$

При $a > 0$, швидкість збільшується до максимуму

$$v = a \quad (2.33)$$

при $a < 0$, то рівняння (2.43) набуває вигляду

$$dt = -\frac{dv}{a + bv^2} \quad (2.34)$$

$$a = \left| \frac{g \sin(\varphi - \alpha)}{\cos \varphi} \right|; (\varphi > \alpha) \quad (2.35)$$

$$b = \frac{k}{m} \quad (2.36)$$

Інтегруючи (2.44)

$$t = -\int \frac{dv}{a + bv^2} + C_1 \quad (2.37)$$

Розв'язок цього рівня буде мати вигляд

$$t = \frac{1}{\sqrt{ab}} \left[\operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{b}{a}} v_0 \right) - \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{b}{a}} v \right) \right] \quad (2.38)$$

де v_0 — початкова швидкість руху.

Швидкість

$$v = \sqrt{\frac{b}{a}} \operatorname{tg} \left[\operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{b}{a}} v_0 \right) - \sqrt{abt} \right] \quad (2.39)$$

Переміщення

$$s = \frac{1}{b} \ln \cos \left[\operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{b}{a}} v_0 \right) - \sqrt{abt} \right] + C_2 \quad (2.40)$$

При $t = 0, s = 0$,

$$C_2 = -\frac{1}{b} \ln \cos \left[\operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{b}{a}} v_0 \right) \right] \quad (2.41)$$

Тоді переміщення записується як

$$s = \frac{1}{b} \ln \frac{\left[\operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{b}{a}} v_0 \right) - \sqrt{abt} \right]}{\cos \left[\operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{b}{a}} v_0 \right) \right]} \quad (2.42)$$

Аналізуючи вираз швидкості видно, що із часом вона зменшується і при

$$t = \frac{1}{\sqrt{ab}} \operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{b}{a}} v_0 \right) \quad (2.43)$$

стає рівною нулю.

Підставляючи цей час у вираз переміщення, одержимо отримаємо формулу для визначення шляху частинки до її зупинки:

$$s = s_0 = \frac{1}{b} \ln \frac{1}{\cos \left[\operatorname{arctg} \left(\sqrt{\frac{b}{a}} v_0 \right) \right]} \quad (2.44)$$

На підставі одержаних аналітичних залежностей можна проаналізувати параметри руху компонентів суміші.

2.3 Дослідження переміщення частки матеріалу вздовж рівномірно рухомій горизонтальній поверхні з боковим нахилом у.

Розглянемо випадок коли площина (стрічка) рухається у напрямі v_e , а частинка матеріалу надходить на цю стрічку під деяким кутом a_0 до напрямку її швидкості (рис. 2.3). Ця частинка в абсолютному і відносному русі рухається і по деякій траєкторії. При цьому сила тертя має напрямок протилежний відносній швидкості.

Швидкість абсолютного руху визначиться з рівняння:

$$v_a = \bar{v}_e + \bar{v}_r \quad (2.45)$$

де v_e , - переносна швидкість;

v_r - відносна швидкість частки.

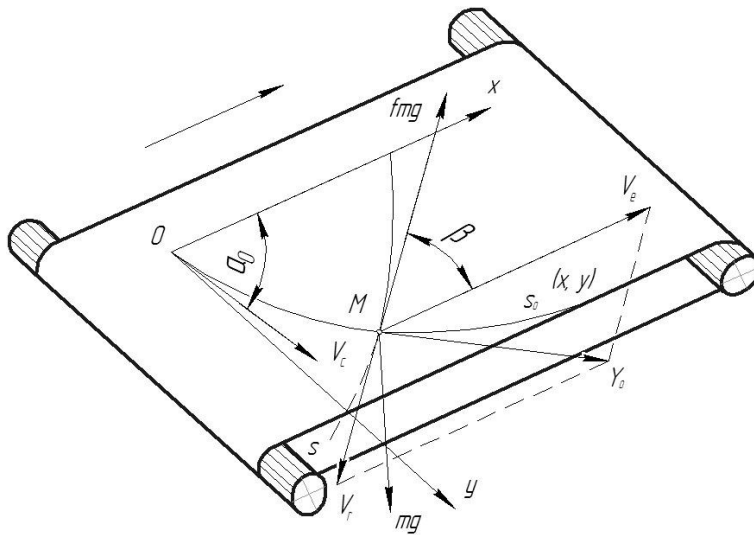


Рис.2.3 Розрахункова схема руху частинок на площині, яка нахилена в поперчному напрямку.

Направимо вісь x у напрямку переносної швидкості; а вісь y помістимо у площину поверхні (стрічки), тоді дифференціальне рівняння руху будуть такими:

$$mx'' = fmg \cos \beta \quad (2.46)$$

$$my'' = -fmg \sin \beta \quad (2.47)$$

або

$$x'' = fg \frac{v_e - x'}{v_r} \quad (2.48)$$

$$y'' = fg \frac{y'}{v_r} \quad (2.49)$$

де $v_e - x'$ — складова відносної швидкості у напрямі осі x . при рівномірному русі площини.

З іншої сторони, рівняння відносного руху напишемо так:

$$m \frac{dv_r}{dt} = -fmg \quad (2.50)$$

Після інтегрування отримаємо:

$$v_r = v_{r0} - fgt \quad (2.51)$$

де v_{r0} — відносна швидкість початкова.

Підставивши значення рівняння (2.50) в рівняння (2.48 і 2.49), матимемо:

$$x'' = fg \frac{v_e - x'}{v_{r0} - fgt} \quad (2.52)$$

$$y'' = -fg \frac{y'}{v_{r0} - fgt} \quad (2.53)$$

Після підстановки $x' = p, y' = q$

Рівняння проекції пришвидшення матимуть вигляд:

$$p' = fg \frac{v_e - p}{v_{r0} - fgt} \quad (2.54)$$

$$q' = -fg \frac{q}{v_{r0} - fgt} \quad (2.55)$$

або

$$\frac{dp}{v_e - p} = fg \frac{dt}{v_{r0} - fgt} \quad (2.56)$$

$$\frac{dq}{q} = -fg \frac{dt}{v_{r0} - fgt} \quad (2.57)$$

Після інтегрування:

$$-\ln(v_e - p) = -\ln(v_{r0} - fgt) + C'_1 \quad (2.58)$$

$$\ln q = \ln(v_{r0} - fgt) + C''_1 \quad (2.59)$$

де C'_1, C''_1 - сталі величини.

Виходячи з того, що при $t = 0; x' = x'_0 = p_0 = v_0 \cos a_0;$

$$y' = y'_0 = q_0 = v_0 \sin a_0 \quad (2.60)$$

то

$$C'_1 = \ln \frac{v_{r0}}{v_e - v_0 \cos a} \quad (2.61)$$

$$C''_1 = \ln \frac{v_0 \sin a_0}{v_{r0}} \quad (2.62)$$

і переписуючи маємо:

$$p = x' = v_e - \frac{v_e - v_0 \cos a_0}{v_{r0}} (v_{r0} - fgt) \quad (2.63)$$

$$q = q' = (v_{r0} - fgt) v_0 \frac{\sin a_0}{v_{r0}} \quad (2.64)$$

Після наступного інтегрування:

$$x = v_e t - \frac{v_e - v_0 \cos a_0}{v_{r0}} \left(v_{r0} - \frac{fgt^2}{2} \right) + C'_2 \quad (2.65)$$

$$y = \left(v_{r0} - fg \frac{t^2}{2} \right) v_0 \frac{\sin a_0}{v_{r0}} + C''_2 \quad (2.66)$$

За умови $t = 0; x = y = 0,$

$$C'_2 = 0, C''_2 = 0. \quad (2.67)$$

Рівняння руху частинки в параметричній формі по рівномірно рухомій площині з бічною подачою наберуть такого вигляду:

$$x = v_e t - \frac{v_e - v_0 \cos a_0}{v_{r0}} \left(v_{r0} - \frac{fgt}{2} \right) t \quad (2.68)$$

$$y = \left(v_{r0} - fg \frac{t^2}{2} \right) v_0 \frac{\sin a_0}{v_{r0}}. \quad (2.69)$$

Виключаючи t з цих рівнянь, отримаємо рівняння траєкторії руху в декартовій системі координат.

2.5 Рекомендації до розрахунків фрикційного стрічкового сепаратора

У стрічкового сепаратора осі барабанів розташовані горизонтально, а робочим органом виступає рухома стрічка. Під дією сили тяжіння і тертя стрічка рухається з швидкістю V м/сек і нахилена до горизонту під кутом a .

Гладке насіння з коефіцієнтом тертя

$$f_2 < \tan a \text{ або } \Delta_2 = \frac{f_2}{\tan a} < 1$$

рухаються вниз за такими параметрами

$$\text{пришвидшенням} - w = g \sin a (1 - \Delta_2) \text{ м/сек}^2$$

і швидкістю $v = gt \sin a (1 - \Delta_2)$ м/сек.

Шорстке насіння з $f_1 > \tan a$ або $\Delta_2 = \frac{f_1}{\tan a} > 1$ на початку абсолютного руху переміщуються догори з пришвидшенням $w = g \sin a (\Delta_1 - 1)$ м/сек² і швидкістю $v = gt \sin a (\Delta_1 - 1)$ м/сек.

Пройдений насінням шлях становить

$$x_1 = \frac{u^2}{2g \sin a (\Delta_1 - 1)} \quad (2.70)$$

При цьому швидкість переносного руху стрічки і відносний рух шорстких насінин припиняється. Довжину стрічки рекомендують брати

$$l = 2x_1 = \frac{v^2}{g \sin a (\Delta_1 - 1)} \quad (2.71)$$

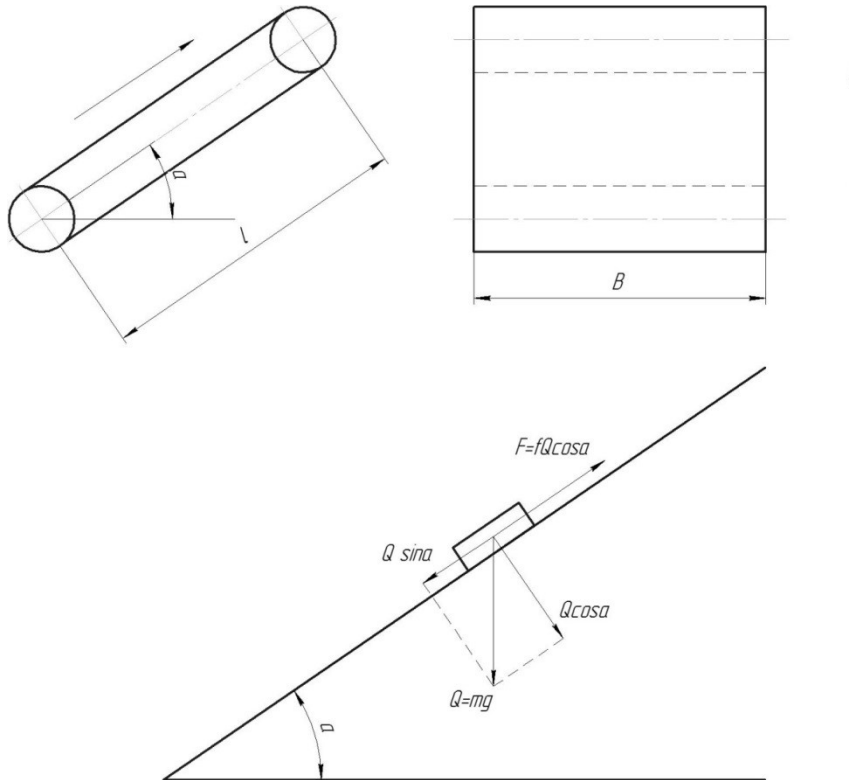


Рис. 2.5 Принципова схема фрикційного стрічкового сепаратора

З приведених формул виходить, що різні компоненти насінневої суміші рухається по стрічці з різними швидкостями, оскільки їх коефіцієнти тертя різний. В процесі сепарування внаслідок співударяння частинок між собою ефективність процесу порушується. Для усунення цього недоліку слід застосовувати періодичну подачу робочої суміші з інтервалом

$$t = \frac{2v}{\cos a(f_1 - f_2)} \quad (2.72)$$

При заданому нахилу стрічки a та її швидкості v (рис. 2.5) частинки суміші в абсолютному русі вздовж стрічки мають різні параметри руху в залежності від їх коефіцієнта тертя. Спочатку насіння, що надходить на стрічку з $v_0 = 0$ отримує пришвидшення у напрямі руху стрічки $Y_y = f_c g \cos a$ і у напрямі скочування, паралельному осі барабанів $Y_x = f_c g \sin a$. При цьому воно рухається по прямій згідно рівнянням $y = x \operatorname{tg} \beta$, де

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{f_c}{\tan a} = \Delta \quad (2.73)$$

2.6 Висновки по розділу

1. Проаналізовані теоретичні залежності, які описують траєкторії руху частинок насіння по робочій поверхні.
2. Встановлено, що відмінність коефіцієнта тертя компонентів суміші є основною ознакою процесу сепарування.
3. Наведені аналітичні залежності руху частинки відносно рухомої поверхні з поперечним і повздовжнім нахилом.
4. Одержані рівняння траєкторій сходу компонентів суміші з фрикційної робочої поверхні.
5. Запропоновані залежності для визначення деяких основних конструктивних параметрів фрикційного стрічкового сепаратора.

РОЗДІЛ 3

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФРИКЦІЙНОГО СЕПАРУВАННЯ

3.1 Завдання експериментальних досліджень

З метою підтвердження одержаних теоретичних залежностей поведінки (руху) насінини на площині робочого органу проведемо експериментальні дослідження відокремлення бур'янів від насіння на прикладі льону і проса. При цьому слід розв'язати наступні технічні питання. До них відноситься:

- підбір оптимальних режимів роботи та параметрів сепаратора на прикладі насіння льону і проса для проведення ефективного процесу сепарування;
- проаналізувати траєкторії руху компонентів суміші по поверхні робочого органу сепаратора;
- запропонувати шляхи вдосконалення роботи фрикційних сепараторів.

3.2 Устаткування для проведення експериментальних досліджень.

Для підтвердження і перевірки теоретичних результатів запропоноване лабораторне обладнання, яке представлено на рис 3.1.

Це обладнання виконано у вигляді стрічкового фрикційного сепаратора (транспортера), що містить бункер 1, з якого досліджувана суміш подається на стрічку 2 сепаратора. Для вимірювання сили струму і напруги використовуються мультиметри 3, 16. Урухомлення сепаратора здійснюється від електродвигуна постійного струму, який генерується джерелом 4 і регулюється ЛАТРа 5 на вході приводу.

Конструктивна схема запропонованого стрічкового фрикційного сепаратора представлена на рис. 3.2. Пристрій, тобто транспортер з рухомою стрічкою 8, складається з електродвигуна 4, який приводить в обертальний рух приводний і ведений вальці 4 і 5 відповідно, встановлених на підшипникових опорах.. Сепаратор монтується на рамі 1 у вигляді двох плит, шарнірно з'єднані між собою. Таке

конструктивне виконання уможливило завдяки спеціальних пристроїв 6 і 7 змінювати кут нахилу сепаратора, тобто його стрічки, у повздовжньому і поперечному напрямі.

Для подальших досліджень в обладнанні передбачено використання вібрації з метою інтенсифікації процесу сепарування.



Рис. 3.1 Загальний вигляд експериментальної обладнання

Під час роботи, після подачі електроживлення на привід сепаратора, робоча суміш із живильника 9 надходить на його стрічку 8. Далі компоненти суміші під дією сили тяжіння починають по ній рухатися донизу. Оскільки коефіцієнт тертя кожного із компонентів різний, то і траєкторія їх руху теж буде різнитися. Гладкі частинки по горизонталі будуть випадати на більшу відстань ніж шорсткі, зморщені або пошкоджені насінини, вже не говорячи про насіння бур'янів. Завдяки регулюванню остова (рама) сепаратора у горизонтальній і вертикальній площинах можна підібрати оптимальні його параметри для сепарування суміші різних культур.

Використання вібрації сприяє більшому урухомленню насінневої суміші, розподіленню її на площині, інтенсифікації робочого процесу, а отже і зростанню продуктивності.

Швидкість переміщення стрічки плавно регулюється зміною напруги постійного струму, якою живиться електродвигун.

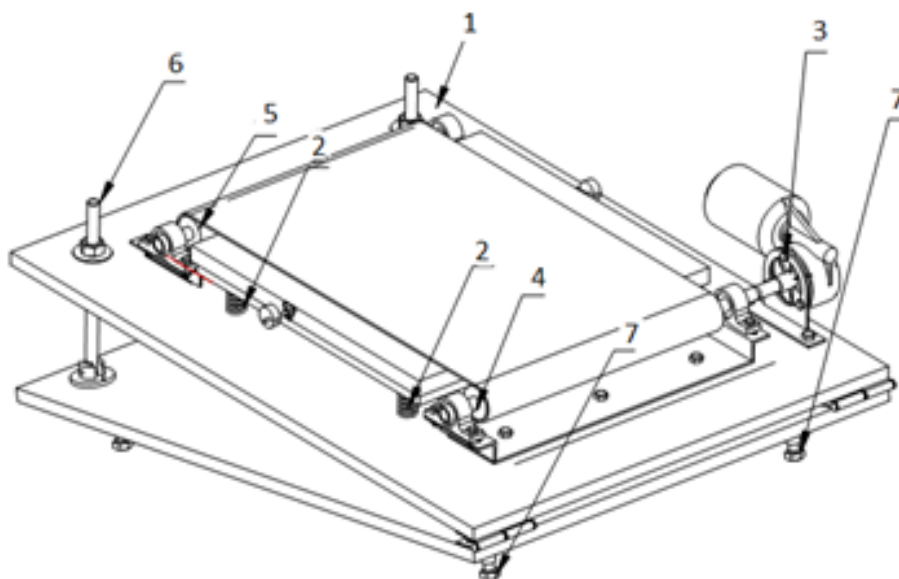


Рис. 3.2 Загальний вигляд удосконаленого сепаратора: 1— рама; 2— пружні опори; 3— електродвигун постійного струму; 4, 5 — ведучий і ведений барабани, 6— механізм зміни повздовжнього кута нахилу; 7— механізм зміни поперечного кута нахилу

3.3. Методологія експериментальних досліджень

Завданням робочого процесу сепарування насінневої суміші полягає у розділенні її на фракції. Кожна з них відмінні за заданими параметрами чи фізико-механічними характеристиками від основного елементу суміші. Чим більша кількість фракцій тим більша її однорідність за ознакою, на підставі якої проводилось розділення. Отож, чим однорідніші отримані фракції за даною ознакою часток, тим точніше здійснена сепарація, тобто вище ефект розділення. Якість розділення визначається виділенням у чистому виді кожного з компонентів суміші.

Як уже зазначалося раніше якість сепарації — показник, який оцінює з якісної і кількісної сторони процес розділення вихідного матеріалу на фракції. Під час проведення експериментів на фрикційних сепараторах ставилось завдання підвищення ефективності сепарування насінневих сумішей.

3.3.1 Методика визначення оптимального кута нахилу рухомої площини

Насіннева суміш складається із компонентів з різними коефіцієнтами тертя. З курсу Теоретичної механіки відомо, що рух матеріального тіла по похилій фрикційній поверхні почнеться тоді, коли порушиться умова рівноваги. Це відбудеться за умови коли нахил площини α є більший за кут тертя φ цього тіла. Як правило, для будь якої суміші можна підібрати такий кут нахилу площини, за якого гладкі тіла сходять з неї, а шорсткі – залишаться на робочій поверхні. Приймаючи цю ознаку за робочу і вибравши кут нахилу площини α в межах $\varphi_2 > \alpha > \varphi_1$ можна розділити суміш на фракції.

Під час проведення експериментів швидкість V_n , переміщення стрічки сепаратора (транспортера) приймалась рівною 0,03...0,15 м/с. Як зазначалося вище, регулювання її величини проводилась шляхом зміни напруги живлення електродвигуна постійного струму.

Досліди проводились наступним чином. Бралось 90 насінин льону і проса і 10 насінин бур'янів. На експериментальній установці вибирався необхідний режим руху стрічки сепаратора та мінімальний кут нахилу α сепарувальної площини α_{min} . Задана зернова суміш (з льону або проса з бур'янами) дозованим способом подавались на стрічку сепаратора. Після реалізації процесу розділення проводились підрахунки відокремлених бур'янів.

Таблиця 3.1

Результати експериментальних даних якості сепарування від швидкості руху стрічки

Швидкість руху стрічки, м/с	Просо					Льон				
	Y_{j1}	Y_{j2}	Y_{j3}	Y_{j4}	Y_{j5}	Y_{j1}	Y_{j2}	Y_{j3}	Y_{j4}	Y_{j5}
0,65	0,45	0,47	0,44	0,43	0,43	0,58	0,59	0,58	0,59	0,58
0,8	0,75	0,74	0,76	0,77	0,75	0,76	0,74	0,75	0,75	0,74
0,95	0,92	0,90	0,91	0,92	0,9	0,95	0,94	0,92	0,97	0,92
1,1	0,76	0,74	0,77	0,75	0,86	0,78	0,76	0,79	0,78	0,6

Таблиця 3.2

Результати експериментальних даних якості сепарування від ширини стрічки

Ширина стрічки, мм	Просо					Льон				
	Y_{j1}	Y_{j2}	Y_{j3}	Y_{j4}	Y_{j5}	Y_{j1}	Y_{j2}	Y_{j3}	Y_{j4}	Y_{j5}
20	0,075	0,082	0,079	0,083	0,078	0,04	0,035	0,042	0,043	0,04
40	0,38	0,41	0,43	0,4	0,41	0,42	0,48	0,45	0,46	0,44
60	0,56	0,59	0,58	0,6	0,59	0,61	0,67	0,65	0,64	0,63
80	0,67	0,68	0,68	0,69	0,7	0,7	0,71	0,74	0,73	0,74

Таблиця 3.3.

Результати експериментальних даних якості сепарування від кута нахилу робочої поверхні

Кут нахилу рухомої поверхні, град	Просо					Льон				
	Y_{j1}	Y_{j2}	Y_{j3}	Y_{j4}	Y_{j5}	Y_{j1}	Y_{j2}	Y_{j3}	Y_{j4}	Y_{j5}
10	0,87	0,88	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84	0,86	0,84	0,86
15	0,92	0,92	0,91	0,94	0,93	0,96	0,94	0,93	0,94	0,93
20	0,78	0,77	0,78	0,79	0,77	0,84	0,86	0,83	0,87	0,86
25	0,65	0,64	0,63	0,64	0,63	0,7	0,73	0,71	0,73	0,7

3.4 Оброблення експериментальних результатів

3.4.1 Перевірка відтворюваності дослідів

Таблиця 3.4

Залежність якості сепарації залежності від швидкості руху стрічки

Номер серії дослідів	Результати вимірювань реакції системи на зовнішню дію					\bar{y}_i	$\overline{S_j^2}$
	Y_{j1}	Y_{j2}	Y_{j3}	y_{j4}	y_{j5}		
1	35,72	35,81	35,92	35,8	35,7	35,	0,005
2	65,46	65,38	65,25	65,32	65,4	65,	0,007
3	80,11	80,25	80,18	80,05	80,1	80,	0,005
4	86,52	86,3	86,61	86,49	86,3	86,	0,014
5	90,65	90,81	90,68	90,75	90,5	90,	0,007

Для кожної серії дослідів визначаємо середнє арифметичне реакції системи з виразу:

$$\bar{y}_j = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k y_{ji}, \quad (j=1, 2, \dots, n) \quad (3.2)$$

де k - кількість проведених дослідів за однакових умов.

$$y = \frac{35.72 + 35.81 + 35.92 + 35.8 + 35.75}{5} = 35.83$$

Далі, для кожної серії дослідів визначаємо оцінку дисперсії

$$S_j^2 = \frac{1}{k-1} \sum_{j=1}^k (y_{ji} - \bar{y}_j)^2 \quad (3.3)$$

$$S_j^2 = \frac{(35.72 - 35.83)^2 + (35.81 - 35.83)^2 + (35.92 - 35.83)^2 + (35.8 - 35.83)^2 + (35.75 - 35.83)^2}{4} = 0,00585$$

Проводимо розрахунки для наступних значень y . Розрахунки зводимо в табл.3.4.

Знаходимо суму оцінки дисперсії

$$A = \sum_{j=1}^n S_j^2, \quad (3.4)$$

$$A = 0,00585 + 0,00717 + 0,00565 + 0,01475 + 0,00738 = 0,0408$$

З виразу

$$G_p = \frac{\max S_j^2}{A} \quad (3.5)$$

знаходимо розрахункове значення критерію Кохрена

$$G_p = \frac{0,01475}{0,0408} 0,3615$$

Число ступенів свободи

$$f = k - 1 \quad (3.6)$$

$$f = 5 - 1 = 4$$

Виходячи із загальної n кількості оцінок дисперсій і ступеня свободи по знаходимо табличне значення Кохрена G_m , (з таблиці 3.4) за рівня значущості $P = 0,95$. У нашому випадку $n = 5$, $f = 4$ $G_m = 0,544$. Якщо $G_p = G_m$ досліді будуть відтворними, а при $G_p > G_m$ - досліді невідтворні. Оскільки у наших дослідях $G_p < G_m$, їх можна вважати відтворними.

3.4.2 Вирівнювання емпіричних рядів способом найменших квадратів. Показова функція

Таблиця 3.5

Залежність швидкості руху стрічки виділення насіння бур'янів із суміші у відсотках

X	0,35	0,5	0,65	0,8	0,95
y	35,83	65,43	80,15	86,46	90,7

Між чинниками x і y має місце параболічна залежність як

$$y = ae^{bx} \quad (3.7)$$

Після перетворення даного рівняння отримуємо:

$$\lg y = \lg a + bx \cdot \lg e \quad (3.8)$$

Зробивши підстановку $\lg a = c$, рівняння набуває вигляду:

$$\lg y = c + \lg e \cdot bx \quad (3.9)$$

Попарно підставляючи емпіричні дані, маємо систему рівнянь, (табл. 3.5)

Таблиця 3.6

Рівнянь перетворень

$lgy = lge \cdot x \cdot b + c$	$lg(x \cdot y) = lge \cdot x^2 \cdot b + x \cdot c$
$1,723 = 0,152b + c$	$1,267 = 0,0532b + 0,35c$
$1,871 = 0,217b + c$	$1,57 = 0,108b + 0,5c$
$1,903 = 0,282b + c$	$1,716 = 0,183b + 0,65c$
$1,936 = 0,347b + c$	$1,839 = 0,277b + 0,8c$
$1,967 = 0,412b + c$	$1,944 = 0,391b + 0,95c$
$9,402 = 1,411b + 5c$	$8,339 = 1,015b + 3,25c$

Після перетворень одержуємо наступну систему рівнянь (див. табл. 3.6).

$$lgy \cdot lge \cdot x = (lge)^2 \cdot x^2 \cdot b + lge \cdot x \cdot c \quad (3.10)$$

Розділимо їх на рівняння на lge :

$$lgy \cdot x = lge \cdot x^2 \cdot b + x \cdot c \quad (3.11)$$

Сумуючи рівняння обох графі, отримуємо систему рівнянь:

$$5c + 1,411b = 9,402; \quad 3,25c + 1,015b = 8,339$$

Розв'язавши цю систему методом підстановки знаходимо значення b і c .

$$b = 3,782; \quad c = 1,823$$

Для знаходження коефіцієнт a , підставляємо c в рівняння і отримуємо:

$$lga = 1,23 \quad (3.12)$$

$$\text{Де } a = 10^{1,462} = 28,97.$$

Підставляючи замість x результати експерименту знаходимо значення $y = 28,97e^{1,823 \cdot x}$

Таблиця 3.7

Значення емпіричної і теоретичної залежностей

x	0,35	0,5	0,65	0,8	0,95
$y_{\text{емп}}$	35,83	65,36	80,15	86,46	91,7

<i>Утеор</i>	34,1	66,13	82,21	88,38	90,74
--------------	------	-------	-------	-------	-------

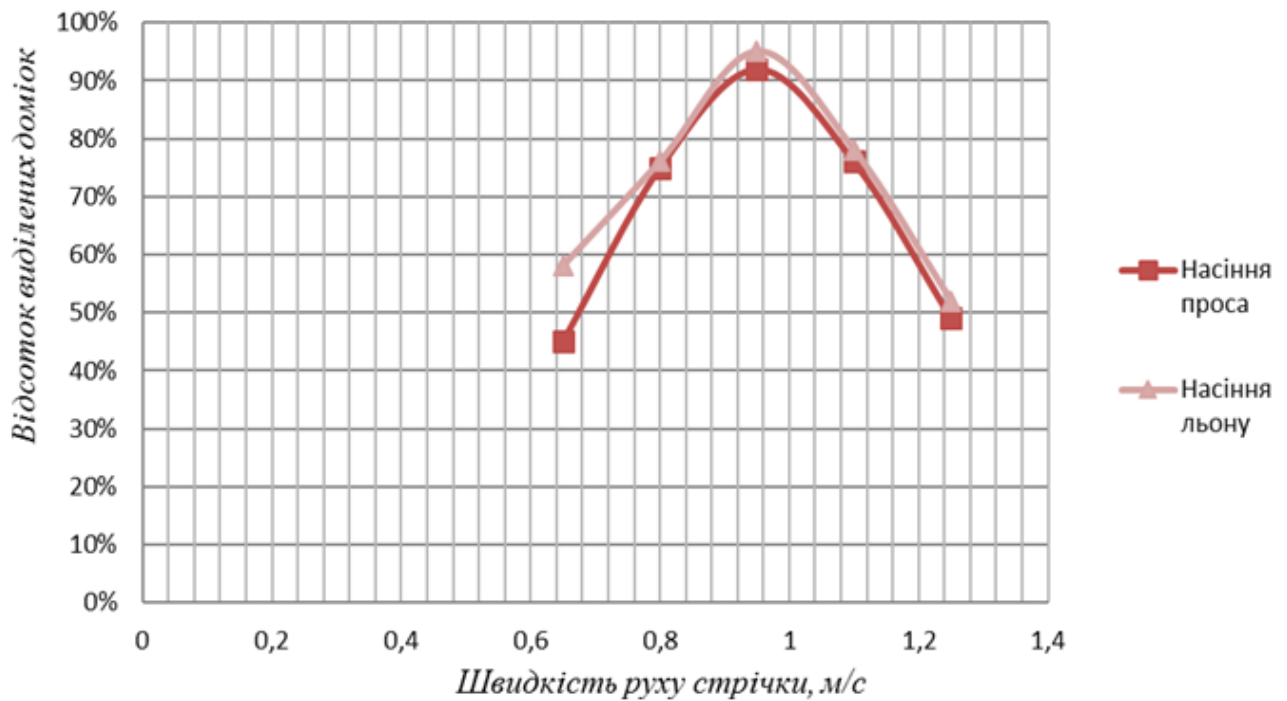


Рис. 3.4. Графік залежності якості сепарації від швидкості стрічки для насіння льону і проса ($\alpha=20, f=0,35, f=0,4, \beta=6$).

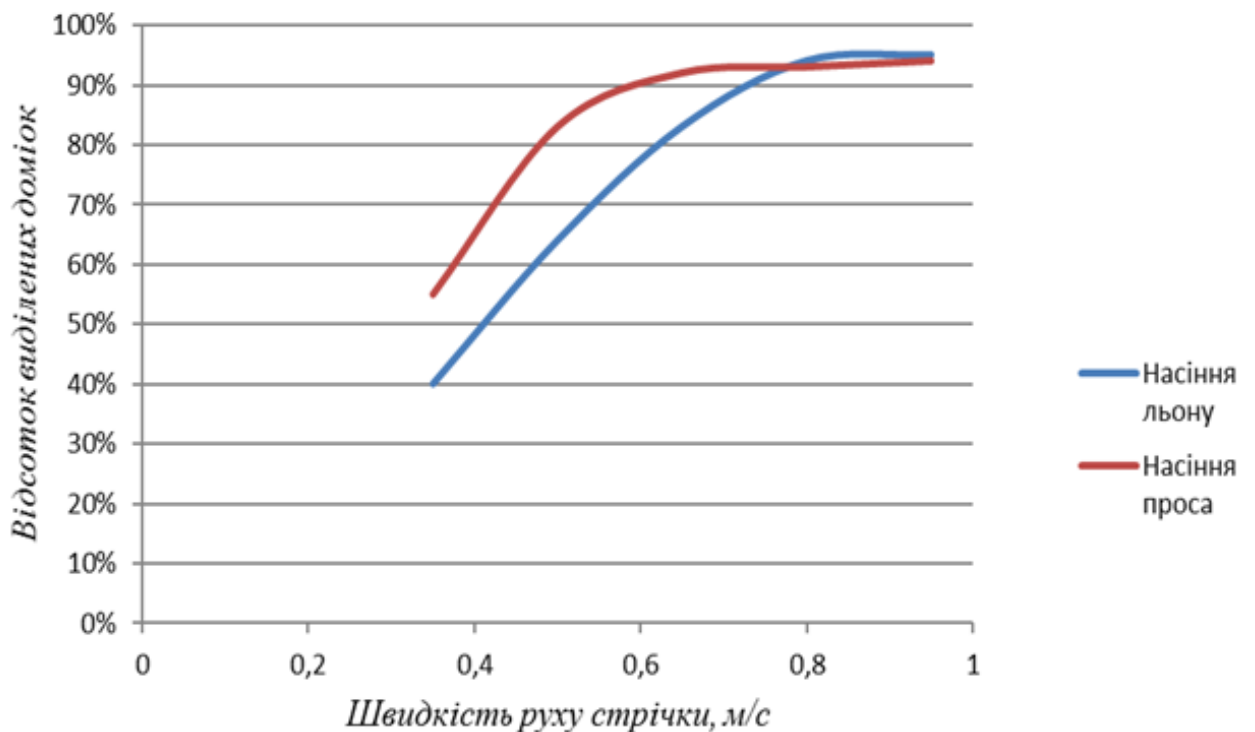


Рис. 3.5. Графік залежності якості сепарації від швидкості стрічки для насіння льону і проса ($\alpha=20, f=0,35, f=0,4, \beta=6$).

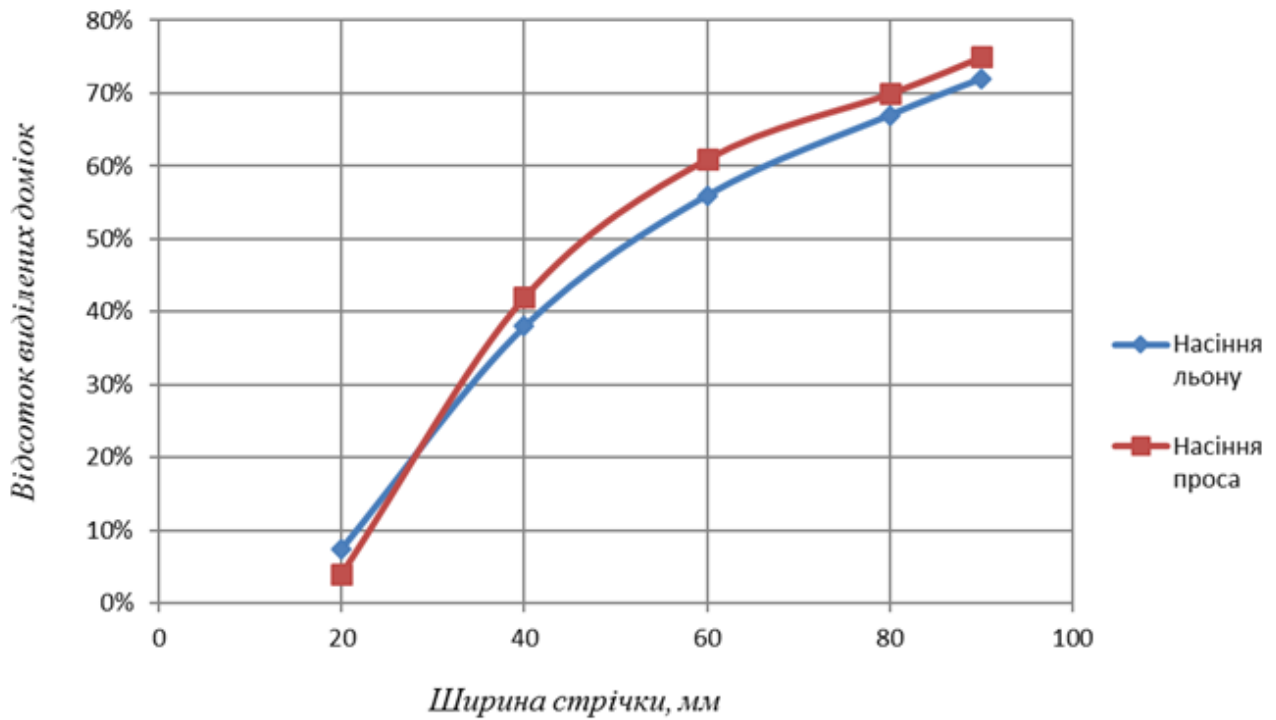


Рис. 3.6. Графік залежності якості сепарації від ширини стрічки для насіння льону і проса ($v=0.95$ м/с, $\alpha=20^\circ$, $f=0.35$, $f=0.44$).

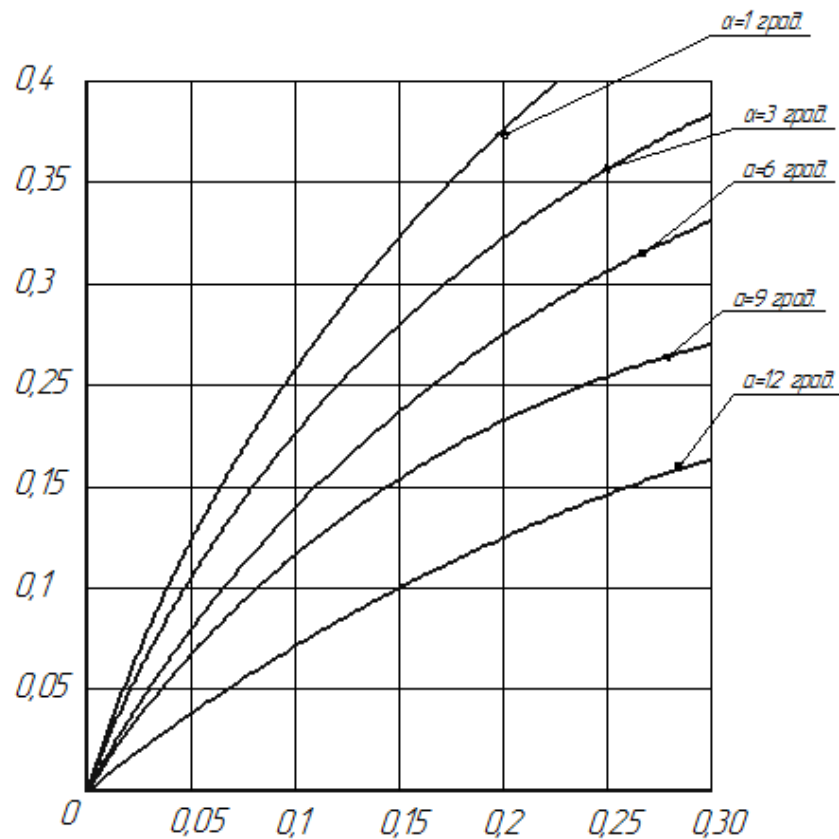


Рис. 3.7. Графік залежності траєкторії руху насінини проса по похилій і площині від кута її повздовжнього нахилу ($v=0.95$ м/с, $\beta=0^\circ$, $f=0.35$, $A=0$).

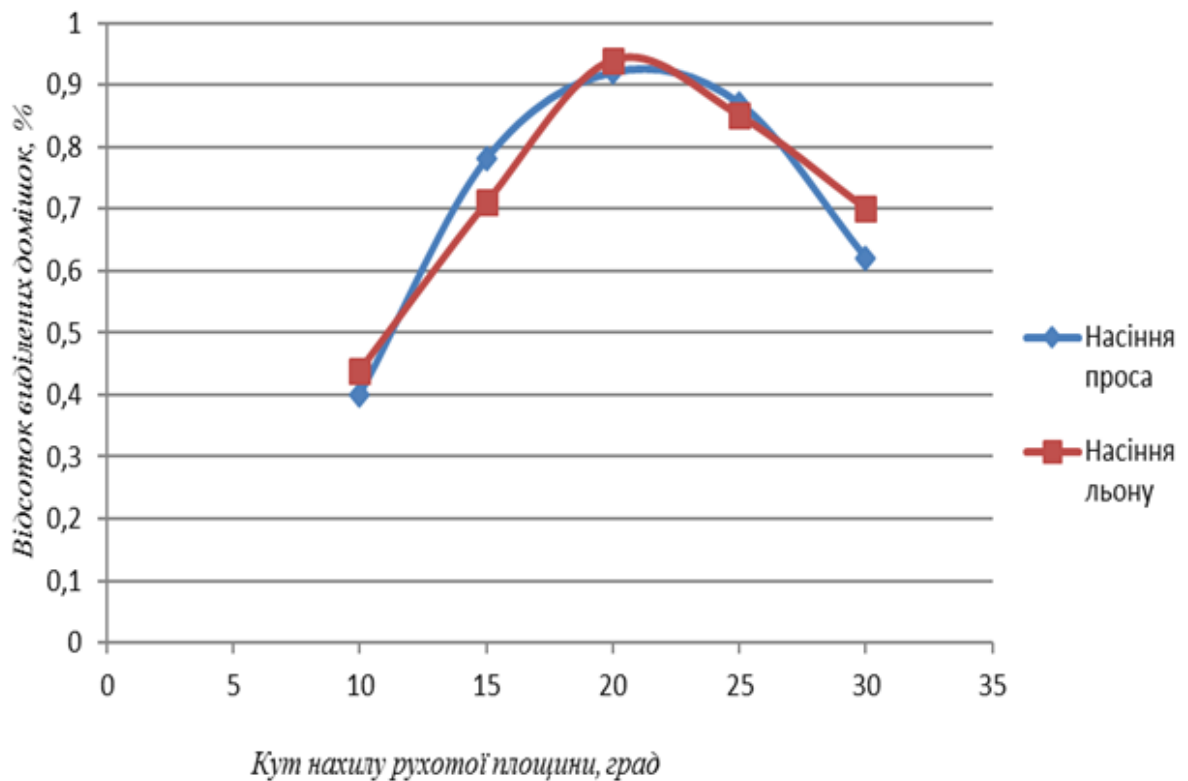


Рис. 3.8. Графік залежності якості сепарації від кута нахилу робочої поверхні для насіння льону і проса ($v = 0,95$ м/с, $\beta^{\circ} = 6$, $f = 0,35$, $f = 0,44$).

3.5. Висновки по розділу

За результатами експериментальних даних можна зробити наступні висновки:

1. Дослідження показали, що оптимальними параметрами стрічкового фрикційного сепаратора є: кут нахилу стрічки пристрою $\alpha = 20^{\circ}$, $\beta = 6^{\circ}$, а швидкість переміщення стрічки $V = 0.95$ м/с.
2. Змінюючи ширину стрічки встановлено, що задовільна ефективність процесу сепарування зберігається до $B_{min} = 90$ мм., забезпечуючи точкову подачу суміші.
3. Проаналізовані траєкторії руху насіння по стрічці при різних її нахилах у поздовжньому і поперечному перерізі. Встановлено, що при поперечному нахилі шлях переміщення компоненти збільшується, а отже і ефективність (якість розділення) робочого процесу зростає.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Обґрунтування можливих чинників травмонебезпечних ситуацій

Під час виконання робіт людина (як суб'єкт праці) за допомогою певних знарядь (машини, інструмент, пристрої тощо) діє на предмет праці в умовах різноманітних середовищ: механічні, хімічні, теплові, електричні, біологічні та інші. Організм людини здатний переносити без наслідків такі дії лише тоді, коли вони не перевищують певних рівнів і тривалості. За межами цих рівнів і тривалості виникає пошкодження організму, яке кваліфікується як нещасний випадок, травма тощо.

Поміж різних чинників виробництва, які можуть спричинити певні дії на людину, виділяють шкідливі і небезпечні виробничі чинники. Небезпечний виробничий чинник - це такий, дія якого на працюючих у певних умовах призводить до травми або іншого раптового погіршення здоров'я.

До фізичних небезпечних і шкідливих виробничих чинників належать: рухомі машини, механізми та окремі деталі; вироби, заготовки, матеріали; конструкції, що можуть руйнуватися; запиленість і загазованість повітря робочої зони; підвищена або понижена температура матеріалів та поверхонь обладнання, повітря робочої зони; високі рівні шуму та вібрації на робочому місці, наявність отрутохімікатів тощо.

Виробнича безпека - стан виробництва (умови праці, стан обладнання, робочого місця тощо), при якому існує можливість (ймовірність) дії на працівників небезпечного виробничого чинника з пошкодженням здоров'я. Факт пошкодження здоров'я людини від дії небезпечного чинника кваліфікується як нещасний випадок.

Основним завданням безпечної експлуатації стручкового сепаратора є дотримання вимог охорони праці під час виконання робіт щодо наладки та експлуатації. Виконання цих завдань повинно забезпечуватись за рахунок наявних на підприємстві кадрів. Їх ефективної співпраці та техніки, що пройшла технічний огляд і відповідає вимогам нормативів з охорони праці

Найважливішими умовами забезпечення безпечної експлуатації машин є суворе і неухильне виконання встановлених правил технічної експлуатації, підвищення трудової дисципліни і кваліфікації обслуговуючого персоналу і розширення його технічних знань.

Не можна включати в роботу несправну машину, бо це може привести до поломки інших вузлів сепаратора. Якщо в машині виявлені несправності, треба негайно їх усунути і лише після цього допускати машину до роботи.

Всі обертові і рухомі частини приводу машини (зубчасті і клиноремінні передачі, муфти та ін., а також підвісні вантажі натяжні пристрої), мають бути закриті знімними захисними пристроями. Обгороджування не повинні перешкоджати виконанню змащення і контролю роботи елементів машини.

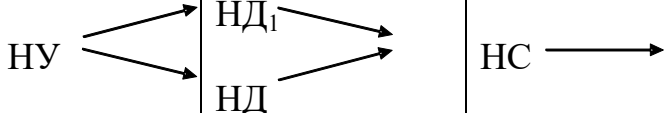
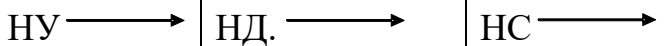
Металева рама машини повинна мати надійне захисне заземлення (або електричне занулення), тобто має бути сполучена металевими провідниками із землею. Інакше, при пошкодженні ізоляції електропроводки або електродвигуна, рама машини може виявитися під напругою, обумовлюючи можливість появи нещасних випадків.

4.2 Умови і обставини виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідки.

Кожний небезпечний чинник незалежно від його виду, рівня та інших властивостей має певну зону своєї дії. У деяких випадках (під час аварійних ситуацій) небезпечний виробничий чинник може значно виходити за межі визначеної (фіксованої) зони. При цьому небезпека травмування працюючого виникає уже за межами небезпечної зони, що була встановлена заздалегідь. Ось чому кожен працюючий на конкретній машині чи на певному робочому місці повинен добре знати про таку небезпеку.

Загалом, працюючий, допускаючи небезпечну дію (НД), потрапляє у небезпечні обставини (НО) за яких на нього може діяти небезпечний чинник (НФ) за небезпечних умов (НУ). Так створюється інша подія, що має назву небезпечної ситуації (НС).

Аналіз процесів формування травмонебезпечних ситуацій

Вид робіт, виробничий підрозділ.	Виробнича небезпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечним ситуаціям
	Небезпечна умова (НУ)	Небезпечна дія (НД)	Небезпечна ситуація (НС)		
<p>1. Виконання робіт на стрічковому сепараторі</p> <p>Блок-схема:</p> 	<p>НУ— виконання робіт на стрічковому сепараторі здійснюється без захисних кожухів обертових частин</p>	<p>НД₁— у небезпечній зоні знаходиться оператор сепаратора</p> <p>НД₂— можливе потрапляння одягу у сепаратор</p> <p>НД₂. НД₁ НД</p>	<p>НС— можливе затягування частин тіла в обертові частини</p> <p>НС —————></p>	Травма	Встановити навколо обертових частин сепараторі захисні кожухи.
<p>2. Виконання робіт на стрічковому сепараторі.</p> <p>Блок-схема:</p> 	<p>НУ— виконання робіт на стрічковому сепараторі здійснюється без заземлення рами</p>	<p>НД— можливе пошкодження ізоляції електропроводки</p> <p>НД. —————></p>	<p>НС— можливе ураження електричним струмом оператора сепаратора.</p> <p>НС —————></p>	Травма	Встановити заземлення рами сепаратора.
<p>3. Виконання робіт на стрічковому сепараторі.</p> 	<p>НУ— перевантаження сепаратора сумішшю, яка розділяється</p>	<p>НД— можливий розрив стрічки НД.</p> <p>НД. —————></p>	<p>НС— можливе посипання розділювальної суміші на оператора.</p> <p>НС —————></p>	Травма	Проводити нагляд завантаження сепаратора. Встановлення пристрою, який захищає його від перевантаження.

Усі явища, що формують небезпечну ситуацію, мають певну достовірність

виникнення, тобто небезпечні умови (НУ), небезпечні дії (НД), небезпечні ситуації (НС), а також наслідки таких ситуацій: аварія (А), травма (Т) та сприятлива подія належать до випадкових явищ.

Аналіз процесів формування та виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій під час виконання робіт на стрічковому сепараторі здійснюється на основі таблиці, яка містить відомості про виробничі безпеки (небезпечні умови, дії, ситуації), можливі наслідки та заходи запобігання небезпечним ситуаціям за видами робіт, виробничих підрозділів, робочих місць, складу агрегату тощо (табл.1).

Найбільш поширеними заходами запобігання процесам формування та виникнення правмонебезпечних та аварійних ситуацій є перевірка безпеки техніки, оснащення машини засобами безпеки, проведення інструктажів з охорони праці.

4.3 Моделювання процесів формування і виникнення виробничих небезпек під час виконання робіт на стрічковому сепараторі.

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

Одним із методів моделювання процесів виникнення небезпечних Ситуацій є метод графічно окресленого логічного моделювання потенційних аварій, травм і катастроф, що базується на оперативному пошуку виробничих небезпек, їх глибокому логічному (при необхідності і математичному) аналізі й завчасному прийнятті заходів для уникання потенційних небезпек ще до виникнення травмонебезпечних та катастрофічних ситуацій. Це дає можливість шляхом побудови схеми відмов і помилок операторів різних систем вести математичну обробку моделі з метою одержання ймовірності виникнення небажаних випадкових подій.

Аналіз кожної логічної моделі процесів формування травмонебезпечних та аварійних ситуацій уможливорює передбачити і запобігти виникнення небезпечних наслідків.

Наприклад, дві базові події з ймовірностями P_{11} і P_{12} за допомогою оператора «І» (рис4.1.) входять і наступну третю подію. Тоді ймовірність виникнення цієї події P_{13} можна визначити за формулою:

$$P_{13} = P_{11} * P_{12}$$

За допомогою оператора «І» три події з ймовірностями P_7 , P_8 і P_9 формують четверту випадкову подію P_9 , ймовірність якої визначають за формулою:

$$P_9 = P_7 * P_8 * P_3$$

Дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора «або» входять до третьої події. Тоді ймовірність P_3 буде:

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

Оператор «або» об'єднує три базові події з ймовірностями P_4 , P_5 і P_6 які за допомогою цього оператора входять у наступну подію з ймовірністю P_7 . яку можна визначити за формулою:

$$P_7 = P_4 + P_5 + P_6 - P_4 * P_5 - P_4 * P_6 - P_5 * P_6 + P_4 * P_5 * P_6$$

Якщо в оператор «або» входять чотири і більше випадкових базових подій з відомими значеннями і ймовірностей, то для спрощення обчислень їх згруповують по дві або по три події і застосовують наведені формули.

Базові події за даними визначення даного виробничого травматизму становлять — $P_1=0.2$; $P_2=0.3$; $P_4=0.2$; $P_5=0.3$; $P_6 = 0,05$: розраховані за формулами становлять: $P_3=0.44$; $P_7=0.534$; $P_8=0.3$; $P_{11}=0.028$; $P_{13}=0.014$. Отже, за даними розрахунку моделі, головна подія (травма) на робочому місці під час виконання робіт на стрічковому сепараторі при наявності тих недоліків з охорони праці, які відображено у базових подіях на 100 таких місць, можна очікувати 1,4 травми.

Щоб дослідити вплив окремої базової події на формування та виникнення (можливість виникнення) головної події позначимо ймовірність досліджуваних базових подіті, як невідомі величини — «стан контролю з охорони праці» — X ; «агрегат не обладнано захисними пристроями» — Y ; «професійний рівень працівника» — Z .

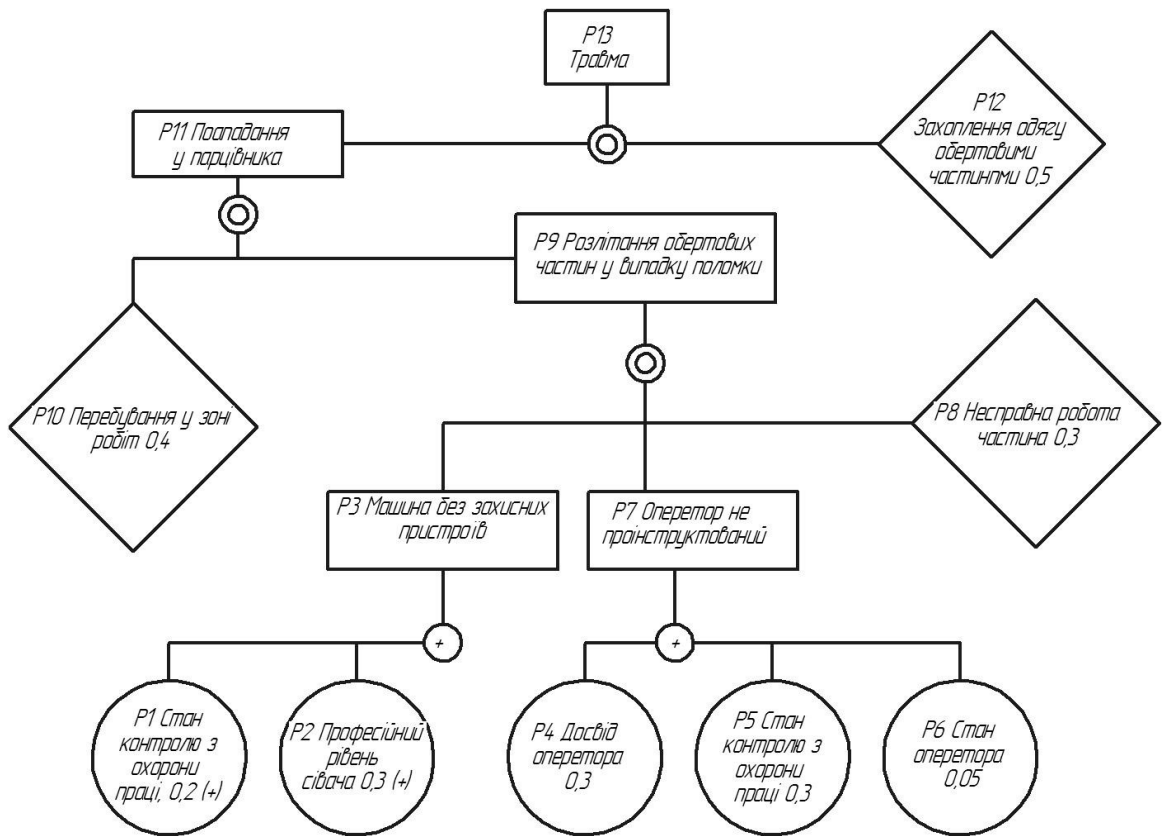


Рис.4.1 Логіко—імітаційна модель процесу формування та виникнення аварій і травм

Графік залежності ймовірності головної події «травма» $P_c(N)$ від ймовірностей різних базових подій ($P(X)$ — «стан контролю з охорони праці», $P(Y)$ — «обладнання захисними пристроями», $P(Z)$ — «професійний рівень працівників») показано на рис.1.

Для умов підприємства виконано обчислення на побудованій логіко-імітаційній моделі і одержимо рівняння, у яких наведено залежність ймовірності виникнення головної події — «травма» внаслідок різних обставин, від базових:

$$P_{13}(X) = 0.085x^2 + 0.008x + 0.0018$$

При $x=0$, $P_{13} = 0,0018$, а при $x=1$ і $P_{13}=0,0183$.

Із розрахунків видно, що при погіршенні стану контролю з охорони праці (порівняно з існуючим). можна очікувати підвищення ймовірності, виникнення головної події майже на порядок, а при поліпшенні стан) контролю працюючих, ймовірність виникнення головної події знизиться у 10 разів.

$$P_{13}(Y) = 0,032y$$

При $y=0 P_{13}=0$, $y=1 P_{13}=0,032$.

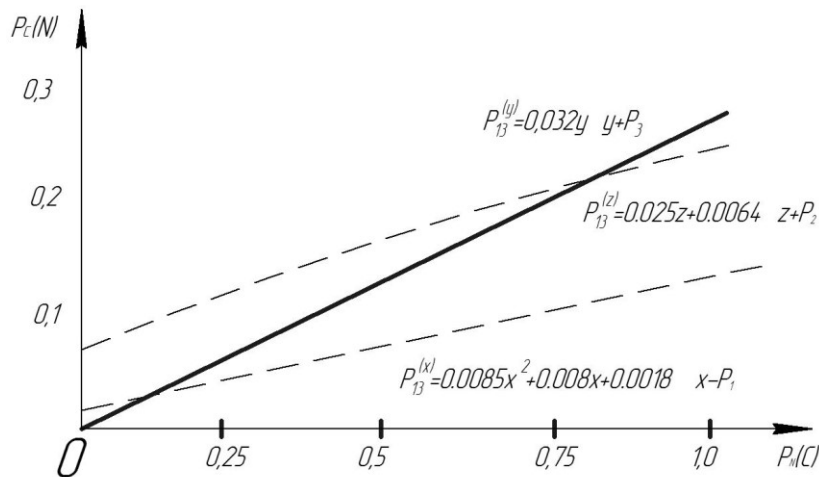


Рис. 2. Залежність ймовірності головної події від можливих базових подій

При мінімальних значеннях ймовірності P_3 (не обладнані захисними пристроями, сторожачи тощо) з цієї причини головна подія НЕ ВІДБУДЕТЬСЯ. а при $y=1 P_{13}=0.032$ небезпека травмування значно зросте.

$$P_{13}(Z) = 0.025z + 0.0064$$

При $Z=0 P_{13}=0.0064$, а при $Z=1, P_{13}=0.0313$

При при низькому професійному різні працівників ($Z=1$) ймовірність виникання головної події підвищується у 4.8 .

4.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Техногенні, антропогенні та природні надзвичайні явища останнім часом набули глобального характеру. За даними ООН зростання кількості населення збільшує масштаби наслідків стихійних лих у зв'язку з тим, що все більше людей вимушені жити в небезпечних місцях, які знаходяться в районах затоплення, зсувів, землетрусів.

Деякі надзвичайні ситуації за масштабами поширюються майже ті всі сфери життя, негативно впливають на соціально-психологічний стан і економіку нашої країни. У певних регіонах України з низькою густотою населення розташовані об'єкти з підвищеною небезпекою, а це різко посилює небезпеку можливих стихійних лих, і катастроф техногенного походження. Внаслідок надзвичайних ситуацій гинуть люди, завдаються матеріальні збитки населенню і державі.

Захист населення, об'єктів економіки і національного надбання держави від негативних наслідків надзвичайних ситуацій є невід'ємною частиною державної політики національної безпеки і державного будівництва, однією з найважливіших функцій центральних органів виконавчої влади, місцевих державних адміністрацій, виконавчих органів рад і керівників об'єктів. Щоб вирішити ці питання, Верховна Рада України, уряд і Президент тільки останнім часом прийняли низку документів для створення державної системи цивільного захисту населення і території, в яких визначені стратегічні напрями, способи і засоби.

Надзвичайна ситуація (далі НС) — це порушення нормальних умов життя і діяльності людей на об'єкті або території, спричинене аварією, катастрофою, стихійним лихом, епідемією, епізоотією, епіфітотією, великою пожежею, застосуванням засобів ураження, що призвели або можуть призвести до людських і матеріальних витрат, враховуючи необхідність проведення державних заходів захисту населення від надзвичайних ситуацій, Верховна Рада України прийняла Закон «Про цивільну оборону України» і Постановою Верховної Ради України до цього Закону внесено доповнення. Згідно

із Законом кожен громадянин має право на захист свого життя і здоров'я від наслідків аварій, катастроф, пожеж, стихійного лиха та має право на надання гарантій реалізації цього права від Кабінету Міністрів України, Міністерств та інших центральних органів місцевого самоврядування, керівництва підприємств, установ і організації незалежно від форм власності й підпорядкування. Як гарант

цього права держава створила систему цивільної оборони.

Цивільна оборона України — це державна система органів управління, сил і засобів, для організації і забезпечення захисту населення від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного, природного та воєнного характеру.

Основні принципи щодо захисту населення:

Захист населення планується і здійснюється диференційовано, залежно від економічного та природного характеру його розселення, виду і ступеня небезпеки можливих надзвичайних ситуацій;

Усі заходи щодо життєзабезпечення населення готуються заздалегідь і здійснюються на підставі законів держави.

При захисті населення використовуються усі наявні засоби захисту (захисні споруди, індивідуальні засоби захисту, евакуацію із небезпечних районів та інше).

Громадяни повинні знати основні свої обов'язки щодо безпеки життєдіяльності, дотримуватися установлених правил поведінки під час надзвичайних ситуацій.

Основні заходи щодо забезпечення захисту населення в надзвичайних ситуаціях:

1. Повідомлення населення про загрозу і виникнення надзвичайних ситуацій та постійне його інформування про наявну обстановку.

2. Навчання населення вмінню застосовувати засоби індивідуального захисту і діяти у надзвичайних ситуаціях.

3. Укриття людей у сховищах, медичний, радіаційний та хімічний захист, евакуація населення з небезпечних районів.

4. Спостереження та контроль за ураженістю навколишнього середовища, продуктів харчування та води радіоактивними, отруйними, сильнодіючими отруйними речовинами та біологічними препаратами.

5. Організація і проведення рятувальних та інших робіт у районах лиха й осередках ураження.

В разі виникнення виробничої аварії начальник цивільної оборони об'єкта терміново організовує оповіщення керівництва і всіх працівників підприємства про небезпеку. Якщо трапилося витікання СДОР, то оповідується також населення, яке мешкає поблизу об'єкта і в напрямі можливого поширення отруйних газів. Населення повинно слухати повідомлення штабу ЦО і діяти за його вказівкою. Організовується розвідка,

яка встановлює місце аварії, вид СДОР, ступінь зараження території та повітря, стан людей у зоні зараження, кордони зон забруднення, напрям і швидкість вітру в приземному шарі, напрям поширення зараженого повітря.

Уражених після надання їм допомоги доставляють у незаражений район, а в разі необхідності - до лікувального закладу.

4.5. Висновки по розділу.

1. Обґрунтовані можливі чинники травмонебезпечних ситуацій під час виконання робіт на стрічковому сепараторі.

2. Наведені умови і обставини виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідки під час роботи на стрічковому сепараторі

3. Розроблена модель процесу формування та виникнення виробничих небезпек під час виконання робіт на стрічковому сепараторі. Розроблена логіко-імітаційна модель процесу формування та виникнення аварій і травм. Побудована залежність ймовірності головної події від ймовірностей базових подій.

4. Описані організаційні засади системи захисту населення і території від надзвичайних ситуацій, описані обов'язки виконавчої влади у вирішенні питань профілактики, попередження, локалізації та наслідків техногенних аварій та катастроф.

РОЗДІЛ 5.

5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІД ВИКОРИСТАННЯ

СЕПАРАТОРА

5.1 Обґрунтування техніко-економічної ефективності удосконаленого стрічкового сепаратора

Порівнюючи техніко-економічні показники розрахованих на одиницю виконаної роботи визначаємо економічну доцільність використання фрикційного стрічкового сепаратора. у порівнянні з базовою моделлю.

Таблиця 5.1

Затрати на матеріали і деталі

Найменування, марка	Кількість	Ціна з ПДВ, грн..
Пускач, шт.	1	120
Стрічка, м	2	10
Лист оцинкований 2 мм, м ²	1,5	125
Привід, шт.	1	850
Пружна опора, шт.	4	200
Інші	—	80
Разом	—	1385

Одноразові затрати:

$$Z_{\text{одн}} = C_{\text{кв}} = C_{\text{виг}} + C_{\text{мон.дем.}} + C_{\text{пуск.н}} \quad (5.1)$$

де $C_{\text{виг}}$ — вартість демонтажних і монтажних, грн.;

$C_{\text{кв}}$ — вартість капіталовкладень;

$C_{\text{мон. дем.}}$ — вартість пусконаладжувальних робіт, грн.;

$C_{\text{пус. н.}}$ — вартість виготовлення сепаратора, грн.;

$$C_{\text{виг}} = Z_{\text{зп}} + C_{\text{м}} + C_{\text{н}} \quad (5.2)$$

де $C_{\text{м}}$ — вартість деталей і матеріалів;

$Z_{\text{зп}}$ — затрати на заробітну плату;

$C_{\text{н}}$ — накладні витрати % до заробітної плати.

Витрати на оплату праці:

$$Z_{зп} = (T_{\phi} + D_{т}) * K_{р} + K_{отп} + K_{соц} \quad (5.3)$$

де T_{ϕ} — тарифний фонд, грн.;

$K_{р}$ — районний коефіцієнт, 1,15;

$D_{т}$ — доплати до тарифного фонду, 10% T_{ϕ} , грн.;

$K_{соц}$ — відрахування на соціальні потреби, 1,262.

$$K_{отп} — коефіцієнт, що враховує відрахування на відпустку, 1,067$$

$$Z_{зп} = (286,66 + 26) * 1,15 + 1,067 + 1,262 = 483,14 \text{ грн}$$

Накладні витрати складуть 241,57 грн. ($C_{н}=50\%$ від заробітної плати)

Вартість модернізації:

$$C_{виг} = 483,14 + 1385 + 241,57 = 2109,71 \text{ грн} \quad (5.4)$$

Таблиця 5.2

Розрахунок тарифного фонду на модернізацію сепаратора

Найменування робіт	Розряд робітника	Тарифний коефіцієнт	Коеф. складності	Оплата по тарифу грн./год	Затрати часу, год	Тарифний фонд, грн.
Слюсарні	3	1,09	1,3	20,26	5,7	115,4
Зварювальні	5	1,286	1,3	24,78	3,8	94,16
Електро-монтажні	6	1,407	1,3	28,81	2,7	77,5
Разом	—	—	—	—	—	286,66

Продуктивність сепараторів за годину змінного часу:

$$P_{з.ч} = W_{ч.р.} \cdot \tau_{зм} \quad (5.5)$$

$$P'_{з.ч} = 120 \cdot 0,9 = \frac{108 \text{ кг}}{\text{год}}$$

$$P''_{з.ч} = 150 \cdot 0,9 = 135 \text{ кг/год}$$

де $W'_{з.ч}, W''_{з.ч}$ — годинна продуктивність базового і удосконаленого сепаратора; $\tau_{зм}$ — коефіцієнт використання часу зміни.

Продуктивність сепараторів за годину експлуатаційного часу:

$$P_{\text{ек.ч}} = W_{\text{ч.р.}} \cdot \tau_{\text{ек}} \quad (5.6)$$

$$P'_{\text{ек.ч}} = 120 \cdot 0,8 = 96 \text{кг/год}$$

$$P''_{\text{ек.ч}} = 165 \cdot 0,8 = 132 \text{кг/год}$$

де $\tau_{\text{ек}}$ – коефіцієнт використання.

Таблиця 5.3 - Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності

Назва і позначення показників	Од. виміру	Еталонний сепараторів	Удосконалений сепаратор
Маса сепаратора	кг	270	320
Балансова ціна	грн.	8000	10210
Потужність електродвигуна	кВт	1,5	2,0
Кількість споживаної енергії	кВт·год	1,5	2,0
Ціна 1 кВт·год електроенергії	грн./кВт·го д	0,79	0,79
Кількість обслуговуючого персоналу	чол.	1	1
Норми відрхувань			
на амортизацію	%	16	16
на поточний ремонт	%	6,5	6,5
Нормативне річне навантаження	год	160	160
Коефіцієнти			
експлуатаційної надійності		0,95	0,95
використання часу зміни		0,7	0,7
ефективності капіталовкладень		0,15	0,15
використання потужності двигуна		0,64	0,71

Змінна продуктивність сепараторів за час зміни T , год:

$$P_{\text{зм}} = W_{\text{ч.р.}} \cdot T \quad (5.7)$$

$$P'_{\text{зм}} = 96 \cdot 8 = 768 \text{кг/год}$$

$$P''_{\text{зм}} = 132 \cdot 8 = 1056 \text{кг/год}$$

Експлуатаційна продуктивність сепараторів:

$$P_{\text{зм.ек}} = W_{\text{зм.ч}} \cdot T \quad (5.8)$$

$$P'_{\text{зм.ек}} = 96 \cdot 7,1 = 681,6 \text{кг}$$

$$P''_{\text{зм.ек}} = 132 \cdot 7,1 = 937 \text{кг}$$

Енергоємність операції переміщення матеріалу:

$$E_0 = \frac{N}{W_{\text{ч.р.}}} \quad (5.9)$$

$$E'_0 = \frac{1500}{120} = 12,5 \text{ Дж/кг}$$

$$E'_0 = \frac{2000}{150} = 13,3 \text{ Дж/кг}$$

Металоємність операції сепарування:

$$E_k = \frac{N}{M} \quad (5.10)$$

$$E'_k = \frac{1500}{270} = 5,55 \text{ Вт/кг}$$

$$E''_k = \frac{2000}{350} = 5,71 \text{ Вт/кг}$$

Продуктивність за зміну:

$$P_{зм} = P_{г} \cdot K_{е.н.} \cdot K_{зм} \quad (5.11)$$

де $K_{е.н.}$ – коефіцієнт експлуатаційної надійності; $P_{г}$ – продуктивність за годину змінного часу; $K_{зм}$ – коефіцієнт використання часу зміни.

$$P'_{зм} = 768 \cdot 0,95 \cdot 0,7 = 510,7 \text{ кг}$$

$$P''_{зм} = 937 \cdot 0,95 \cdot 0,7 = 623,1 \text{ кг}$$

Питомі експлуатаційні витрати :

$$B = Z_0 + A + P + Z_{пм} \quad (5.12)$$

де Z_0 – питома заробітна оператора, грн./т;

$$Z_0 = t_{год} / P_{зм} \quad (5.13)$$

де $t_{год}$ – тарифна ставка, грн/год.

$$Z'_0 = 10,89 / 510,7 = 0,02 \text{ грн/год}$$

$$Z''_0 = 10,89 / 623,1 = 0,014 \text{ грн/год}$$

$$\text{Питомі відрахування на реновацію } A = (Ц_б \cdot a) / (100 \cdot P_{зм} \cdot t_p) \quad (5.14)$$

де a – норма відрахувань на амортизацію; $Ц_б$ – балансова вартість сепараторів; t_p – нормативне річне навантаження машини.

$$A' = (8000 \cdot 16) / (100 \cdot 510,7 \cdot 160) = 0,016 \text{ грн}$$

$$A'' = (10210 \cdot 16) / (100 \cdot 623,1 \cdot 160) = 0,014 \text{ грн}$$

Питомі витрати на поточний ремонт

$$P = (Ц_б \cdot r) / (100 \cdot P_{зм} \cdot t_p) \quad (5.15)$$

де r – норма відрахувань на поточний ремонт.

$$P' = (8000 \cdot 6,5)/(100 \cdot 510,7 \cdot 160) = 0,006 \text{грн}$$

$$P'' = (10210 \cdot 6,5)/(100 \cdot 623,1 \cdot 160) = 0,005 \text{грн}$$

Питомі затрати на електроенергію мастильні матеріали:

$$Z_{\text{пн}} = (N \cdot \alpha_{\phi} \cdot D \cdot C_n) / (1000 \cdot \Pi_{\text{зм}}) \quad (5.16)$$

де α_{ϕ} – коефіцієнт використання двигуна; N – потужність електродвигуна;

C_n – ціна одного кіловата електроенергії.

$$Z'_{\text{пн}} = (1,5 \cdot 0,64 \cdot 1,5 \cdot 2,64)/510,7 = 0,003 \text{грн/кг}$$

$$Z''_{\text{пн}} = (2,0 \cdot 0,71 \cdot 2,0 \cdot 2,64)/623,1 = 0,006 \text{грн/кг}$$

Сумуючи експлуатаційні витрати кожного сепаратора отримаємо:

$$B' = 0,02 + 0,016 + 0,006 + 0,003 = 0,045 \text{грн/кг}$$

$$B'' = 0,014 + 0,013 + 0,005 + 0,006 = 0,041 \text{грн/кг}$$

Річна економія експлуатаційних затрат:

$$E_B = (B' - B'') \cdot \Pi'_{\text{зм}} \cdot t_p \quad (5.17)$$

$$E_B = (0,045 - 0,041) \cdot 623,1 \cdot 160 = 299,09 \text{грн}$$

Питомі капіталовкладення становлять:

$$K_{\text{п}} = C_6 / (\Pi'_{\text{зм}} \cdot t_p) \quad (5.18)$$

$$K'_{\text{п}} = 8000 / (510,7 \cdot 160) = 0,1 \text{грн/кг}$$

$$K''_{\text{п}} = 10210 / (623,1 \cdot 160) = 0,083 \text{грн/кг}$$

Зменшення питомих капіталовкладень:

$$K = [(K'_{\text{п}} - K''_{\text{п}}) / K'_{\text{п}}] \cdot 100 \quad (5.19)$$

$$K = [(0,1 - 0,083) / 0,1] \cdot 100 = 17 \%$$

Економічний ефект від впровадження модернізованого сепаратора

$$E_p = [(B' - B'') + E_B \cdot (K'_{\text{п}} - K''_{\text{п}})] \cdot \Pi'_{\text{зм}} \cdot t_p \quad (5.20)$$

$$E_p = [(0,045 - 0,041) + 0,15 \cdot (0,1 - 0,083)] \cdot 623,1 \cdot 160 = 553,31 \text{ грн}$$

Термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = (C'_6 - C''_6) / E_p \quad (5.21)$$

де E_p – річний економічний ефект.

C'_6, C''_6 – балансова вартість базового та модернізованого конвеєра;

$$T_{ок} = (10210 - 8000)/553,31 = 3,99 \text{ роки}$$

Питомі затрати праці:

$$Z_{п} = 1/P_{зм}$$

$$Z'_п = 1/510,7 = 0,0019 \text{ люд.} \cdot \text{ год/кг}$$

$$Z''_п = 1/623,1 = 0,0015 \text{ люд.} \cdot \text{ год/кг}$$

Таблиця 5.4

Зведені техніко-економічні економічні показники проекту

№ n/n	Найменування показника	Од. виміру	Значення варіанту	
			Базового	Модернізованого
1.	Експлуатаційні витрати на одиницю сепарованої суміші	грн./кг	0,02	0,014
2.	Капіталовкладення на одиницю сепарованої суміші	грн./кг	0,01	0,083
3.	Витрати на поточний ремонт на одиницю сепарованої суміші	грн./кг	0,006	0,005
4.	Питомі відрахування на реновацію на одиницю сепарованої суміші	грн./кг	0,63	0,5
5.	Питомі затрати праці на одиницю сепарованої суміші	люд.·год/кг	0,019	0,015
6.	Питомі затрати на електроенергію та мастильні матеріали	грн./кг	0,003	0,006
7.	Річний економічний ефект від впровадження удосконаленого сепаратора	грн.	553,31	
8.	Час окупності удосконаленого сепаратора	років		3,99

Висновки по розділу:

1. Проведені розрахунок затрат на покупку матеріалів і деталей
2. Розрахована вартість модернізованого сепаратора.
3. В результаті розрахунків встановлено, що очікуваний економічний ефект від впровадження удосконаленого стрічкового сепаратора 553,31 грн/рік на одну машину, а питомі капіталовкладення знизились на 17 %.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Проведені теоретичні і експериментальні дослідження дозволяють зробити наступні висновки :

1. Розглянуті основні фізико-механічні властивості насіння, проведений огляд і аналіз існуючих конструкцій фрикційних стрічкових сепараторів, наведена мета та завдання досліджень.

В результаті аналізу конструкцій фрикційних сепараторів можна зробити висновок, що найбільш перспективним для сепарації зернових сумішей є фрикційні сепаратори з рухомою робочою поверхнею.

2. Проведений аналіз процесу сепарації зернової суміші, отримані аналітичні залежності для обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів стрічкового сепаратора

Запропоновані математичні моделі руху матеріальної частинки по рухомій поверхні при нахилі робочої поверхні в повздовжньому та поперечно-повздовжнього напрямку, які відображують зв'язок швидкості і переміщення частинки від геометричних і кінематичних параметрів сепаратора та фізико механічних властивостей зерна.

3. Теоретично обґрунтовані і експериментально підтверджені наступні конструктивно-кінематичні і технологічні параметри фрикційного сепаратора, що дозволяють ефективно насінневі суміші з мінімальними втратами зерна і витрат енергії: кут нахилу робочої поверхні $\alpha=20^\circ$, $\beta=6^\circ$, швидкість руху стрічки $V=0.95$ м/с.

4. Вказані заходи техніки безпеки під час виконання робіт на стрічковому сепараторі, проведений аналіз небезпечних ситуацій, які можуть виникнути під час роботи обладнання та заходи для їх уникнення. Розглянуті питання щодо захисту населення від надзвичайних ситуацій.

5. Економічний ефект при використанні розробленого сепаратора досягається за рахунок підвищення його продуктивності та якості розділення. Річний прибуток при запланованій продуктивності удосконаленого сепаратора складає 553,31 грн., а термін окупності сепаратора 3,9 років .

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Білуха М.П. Основи наукових досліджень: Підручник / М.П Білуха.. – К.: Вища школа, 1997. – 271 с.
2. Бутко Д.А. Практикум з охорони праці. / Д. А.Бутко, В. Л. Луценков, С. Д. Лехман – К.: Урожай, 1995. – 144 с
3. Заика П.М. Динамика вибрационных зерноочистительных машин. / П.М. Заика, К.: Вища школа, 1997.-278с.
4. Єрмак В.П. Класифікація засобів сепарації та конструкцій машин для відбору насіння з високими посівними властивостями / В.П. Єрмак, Є.В. Богданов, А.А. Ільченко // Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. – № 35. – Серія (Технічні науки). – Луганськ: ЛНАУ. – 2012. – С. 127 – 132.
5. Лехман С.Д., Запобігання аварійності, травматизму у сільському господарстві. / С.Д. Лехман, В.І. Рубльов, Б.І. Рябцев — К.: Урожай, 1993. —270 с.
6. Коруняк П.С. Вібраційні машини у виробничих процесах і технологіях / П.С. Коруняк, І.С Керницький.: Навч. посібник – Львів: Видавництво «Сполом», 2019. – 436 с.
7. Смирнов В. О., Білецький В. С. Гравітаційні процеси збагачення корисних копалин. Навчальний посібник. — Донецьк: Східний видавничий дім, — 2005. — 300 с.
8. Сепарування зернових сумішей з використанням сил гравітації / Д. І. Стаценко, Ю. Ю. Куянов, В. С. Кошулько, В. О. Олексієнко // Збірник наукових праць магістрантів та студентів., Мелітополь: Таврійський державний агротехнологічний університет. -2019. - С. 68-70.
9. Основи охорони праці / М.П. Купчик, М.П. Гандзюк, І.Ф. Степанець та ін. К. : Основа, 2000. – 416 с
10. Мерко І. Т. Наукові основи і технологія переробки зерна / І. Т. Мерко, В. О. Моргун. – Одеса: Друк, 2001. – 348 с.
11. Швець О. П. Дослідження та вплив кута рівноваги насіння озимого ріпаку

- на траєкторію його руху по робочій поверхні електрофрикційного сепаратора: дис. кандата технічних наук: 05.05.14 / Швець Олексій Петрович. -Д., 2014.-146с.
- 12.Ярошенко Ф.С. Безпека праці в агропромисловому комплексі. / Ф.С Ярошенко – К.: Урожай, 1995. – 275 с.
- 13.. Дацишин О. В. Технологічне обладнання зернопереробних та олійних виробництв / О. В.Дацишин, А. І. Ткачук, О. В. Гвоздєв та ін. / За редакцією О.В. Дацишина. Навчальний посібник. – Вінниця: Нова Книга, 2008. – 488с.
- 14.Стоцько З. А., Ребот Д. П., Топільницький В. Г. Визначення впливу властивостей сипкого середовища на ефективність сепарації. Національний університет “Львівська політехніка”. № 891. 2018. С60-65.
- 15.Гусєв В.А. Огляд конструкцій сепараторів сипких матеріалі / В.А. Гусєв, І.М. Дударєв, Токарчук М.В. – Збірник наукових праць «Сільськогосподарські машини» Луцького національного технічного університету № 42. С. 20 – 26.