

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи
ступеня вищої освіти «Магістр»
на тему:

**Обґрунтування енергозберігаючих процесів для
сепарації харчової сипкої сировини**

Виконала: студентка 2 курсу, групи МГХТ-1-19
за спеціальністю 181 «Харчові технології»

_____ Мовчан Марина Олегівна

Керівник: _____ Кошулько Віталій Сергійович

Рецензент: _____

Дніпро 2020

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції

Ступінь вищої освіти: «Магістр»

Спеціальність: 181 «Харчові технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції

доктор технічних наук, професор

Чурсінов Ю.О.

(підпис)

« ____ » _____ 2020 р.

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

Мовчан Марини Олегівни

1. Тема роботи «Обґрунтування енергозберігаючих процесів для сепарації харчової сипкої сировини».

Керівник роботи Кошулько Віталій Сергійович, кандидат технічних наук, доцент, затверджені наказом закладу вищої освіти від «29» вересня 2020 року № 2397.

2. Строк подання студентом роботи 27 листопада 2020 року

3. Вихідні дані до роботи 1. Літературні джерела та періодичні видання.

2. Наукова та науково-технічна документація, що стосується питань процесів сепарування сипких харчових продуктів. 3. Нормативно-технологічна документація. 4. Патентна документація.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). Вступ. 1 Аналіз сучасного стану проблеми сепарування харчової сипучої сировини. 2 Об'єкти і методики експериментальних досліджень. 3 Дослідна частина. 4 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5 Організаційно-економічна частина. Загальні висновки. Список джерел посилання. Додатки.

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1 Аналіз стану питання. 2. Мета та задачі досліджень. 3. Дослідна частина.
4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5 Кошторис витрат на проведення досліджень. Загальні висновки.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1 – 3	Кошулько В.С., доцент	29.09.2020	27.11.2020
4	Кравець В.В., доцент	29.09.2020	27.11.2020
5	Павленко О.С., доцент	29.09.2020	27.11.2020

7. Дата видачі завдання 29 вересня 2020 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ	29.09-30.09.20	виконано
2	Літературний огляд	01.10-11.10.20	виконано
3	Об'єкти, методики досліджень	12.10-25.10.20	виконано
4	Дослідна частина	26.10-15.11.20	виконано
6	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	16.11-20.11.20	виконано
7	Організаційно-економічна частина	21.11-24.11.20	виконано
8	Загальні висновки та список джерел посилання	25.11-26.11.20	виконано
9	Розробка та підготовка демонстраційного матеріалу	27.11.20	виконано

Студент

(підпис)

Мовчан М.О.

Керівник роботи

(підпис)

Кошулько В.С.

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка дипломної роботи містить 90 сторінок друкованого тексту, 22 рисунки та ілюстрацій, 21 таблицю та використано 76 літературних джерел посилань.

Метою роботи є обґрунтування енергозберігаючих процесів і обладнання для сепарування харчової сипкої сировини, ефективних параметрів процесів сепарування.

Об'єктом досліджень є процес сепарування важковідокремлюваних сипких сумішей, конструктивно-кінематичні параметри досліджуваного обладнання і фізико-механічні властивості сумішей.

Предметом досліджень є встановлення закономірностей процесу сепарування зерна гороху з врахуванням їх пружних властивостей з конструктивно-технологічними параметрами обладнання.

Очевидно, що для вирішення проблеми сепарації важковідокремлюваних зернових сумішей і зниження енергоємності процесів сепарації необхідний всебічний аналіз фізико-механічних властивостей компонентів сумішей, і на підставі цього – пошук нових енергозберігаючих методів і засобів очищення. В основу їх сепарації повинні бути покладені відмінності в менш вивчені властивості: фрикційних, пружних, формі і інших. Потрібно також пошук методів і засобів, в основу сепарації яких покладено принцип поділу, що враховує сукупність фізико-механічних властивостей.

Ключові слова: СЕПАРУВАННЯ, СУМІШІ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, ВОЛОГІСТЬ, ГОРОХ, ЕНЕРГОЄМНІСТЬ, ФРИКЦІЙНІ, ПРУЖНІ.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ СЕПАРУВАННЯ ХАРЧОВОЇ СИПУЧОЇ СИРОВИНИ	10
1.1 Принципи і способи поділу харчової сипучої сировини	12
1.2 Аналіз конструкцій сепараторів для поділу важковідокремлюваних зернових сумішей	17
1.3 Енергоємність процесів і обладнання для сепарації зернових сумішей	23
1.4 Обґрунтування напряму дослідження	26
Висновки по розділу. Мета і завдання досліджень	30
2 ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	32
2.1 Програма та загальні питання експериментальних досліджень	32
2.2 Методика визначення параметрів удару тіла сферичної форми про відбивну поверхню	32
2.2.1 Визначення кута відбиття тіла після удару об відбивну поверхню	32
2.2.2 Визначення швидкості руху тіла до і після удару	34
2.3 Методика визначення пошкодження зерна гороху	35
2.4 Програма і методика проведення лабораторних досліджень	35
2.4.1 Визначення якісних показників сортування зерна гороху за пружними властивостям	35
2.5 Програма та методика порівняльних досліджень	36
Висновки до розділу	37
3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА	38
3.1 Вплив кута між нормаллю до відбивної поверхні і вектором швидкості удару на коефіцієнт відновлення і втрату тангенціальної швидкості	38
3.2 Вплив матеріалу відбивної поверхні на коефіцієнти відновлення поділюваних компонентів	39
3.3 Вивчення коефіцієнта відновлення поділюваних компонентів вороху зерна гороху	40

3.4 Результати лабораторних досліджень сортування зерна гороху за пружними властивостями	42
3.4.1 Вплив стабілізуючої поверхні і її форми на якість сортування зерна гороху	44
3.4.2 Вплив кута нахилу відбивної поверхні на якісні показники процесу сортування	46
3.4.3 Вплив питомої продуктивності установки на якість сепарування	52
3.4.4 Вплив вологості зерна гороху на якість процесу сепарування	54
Висновки до розділу	57
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	58
4.1 Дослідження та оцінка стану з охорони праці в ТОВ «Побережне»	58
4.2 Рекомендації щодо поліпшення умов праці на підприємстві	62
4.3 Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшення умов праці в підприємстві	63
4.4 Вимоги безпеки праці оператора устаткування для сепарування сипкої харчової сировини	65
4.5 Безпека праці в надзвичайних ситуаціях	70
Висновки до розділу	72
5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	73
5.1 Організація проведення дослідження	78
5.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження	91
5.3 Розрахунок вартості дослідження	81
Висновки до розділу	82
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	83
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	85
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Найважливішою стратегічною проблемою, яка стоїть перед харчовими та переробними виробництвами, є забезпечення фізіологічних потреб населення у високоякісних безпечних продуктах харчування. Успішна реалізація цього завдання можлива тільки за умов докорінної реконструкції цих виробництв, заснованої на досягненнях сучасної науки і техніки, створенні принципово нових безвідходних і маловідходних, енергетично вигідних технологій, що забезпечують зниження втрат сировини під час зберігання і переробки.

Україна, завдяки природно-кліматичних умов, була і є потужним виробником практично всіх зернових, зернобобових та круп'яних культур. Насіння цих культур є найважливішим сировиною для харчової промисловості.

Отримання високоякісної крупи неможливо без етапу виділення важко відокремлюваних домішок до луцення, тому, що під час луцення змінюються, в бік зближення, і ті фізико-механічні властивості насіння основної культури і домішок за якими вони відрізнялися, в зокрема, форма, коефіцієнти тертя і ін. [32, 33]. Крім того, спроби виділення важковідокремлюваних домішок після луцення призводять до невиправданих енерговитрат і втрат крупи в відходи.

Очищення сипучих сумішей зернових, зернобобових, круп'яних та інших культурних рослин здійснюється по відмінності фізико-механічних властивостей насіння і домішок. Найбільш поширені методи очищення по розмірним і аеродинамічним властивостям. Ці властивості найбільш вивчені, і переважна більшість що випускаються промисловістю зерноочисних машин забезпечені повітряно-решітно-трієрними робочими органами.

Насіння бур'янів і домішки, близькі по розмірним і аеродинамічним властивостям з насінням культурних рослин, вважаються важковідокремлюваними [13].

Проблема сепарування сипких сумішей, особливо важковідокремлюваних, все гостріше постає в малих фермерських і орендних господарствах. Для малих підприємств обладнання для очищення сипучих сумішей випускається в

обмеженому асортименті, а для поділу важковідокремлюваних сипучих сумішей його практично немає.

Для сепарації важковідокремлюваних зернових сумішей застосовують спеціальні машини. Енергоємність процесів сепарації досить висока. Найбільш висока вона у машин спеціального призначення.

Очевидно, що для вирішення проблеми сепарації важковідокремлюваних зернових сумішей і зниження енергоємності процесів сепарації необхідний всебічний аналіз фізико-механічних властивостей компонентів сумішей, і на підставі цього – пошук нових енергозберігаючих методів і засобів очищення. В основу їх сепарації повинні бути покладені відмінності в менш вивчені властивості: фрикційних, пружних, формі і інших. Потрібно також пошук методів і засобів, в основу сепарації яких покладено принцип поділу, що враховує сукупність фізико-механічних властивостей.

Актуальність теми визначається необхідністю вирішення проблеми обґрунтування енергозберігаючих процесів і обладнання для сепарування харчової сипкої сировини в переробній і харчовій промисловостях, сільському господарстві, спрямованої на створення технологічних процесів і розробку обладнання, що забезпечує підвищення ефективності сепарування, скорочення втрат повноцінної продукції в відходи, зниження метало- і енергоємності обладнання.

Метою роботи є обґрунтування енергозберігаючих процесів і обладнання для сепарування харчової сипкої сировини, ефективних параметрів процесів сепарування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати пружні властивості зерна гороху;
- дослідити процес сортування зерна гороху за пружними властивостям, визначити оптимальні параметри пристрою для сепарування;
- створити експериментальний пристрій і провести лабораторні дослідження з метою уточнення оптимальних параметрів і визначення режимів роботи;
- дослідити стан охорони праці в ТОВ «Побережне»;

- розрахувати кошторис витрат на проведення досліджень.

Об'єктом досліджень є процес сепарування важковідокремлюваних сипких сумішей, конструктивно-кінематичні параметри досліджуваного обладнання і фізико-механічні властивості сумішей.

Предметом досліджень є встановлення закономірностей процесу сепарування зерна гороху з врахуванням їх пружних властивостей з конструктивно-технологічними параметрами обладнання.

1 АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ПРОБЛЕМИ СЕПАРУВАННЯ ХАРЧОВОЇ СИПУЧОЇ СИРОВИНИ

Зерно і насіння багатьох сільськогосподарських культур є найважливішою сировиною для харчової і переробної промисловості. Основними з них є зернові, зернобобові та круп'яні, а також соя, ріпак, соняшник, гірчиця, коноплі та ін. [47, 56].

Зерно і насіння після збирання і попереднього очищення містять певну кількість насіння бур'янів, зерен інших культур, органічних і мінеральних домішок, а також пошкоджених, дефектних і дрібних зерен основної культури. Наявність в зерні або насінні цих домішок погіршує їх якість, тому одне з основних умов забезпечення кількісно-якісного збереження зерна – це своєчасне його очищення. Метою очищення є: забезпечення необхідної якості зерна, а отже, якості борошна та крупи, так як в деяких випадках, через наявність в зерні насіння отруйних бур'янів, воно стає непридатним для використання [17, 21, 26]; поліпшення умов зберігання зерна; звільнення транспортних засобів від перевезення частини сміття і, отже, зниження вартості транспортування зерна; зменшення зараженості зерна: шкідниками хлібних запасів; створення більш сприятливих умов для сушіння зерна; підвищення якості насінневого матеріалу [10, 11, 26]. Підвищення якості насінневого матеріалу, в свою чергу, необхідно тому, що якісне насіння дають більший врожай з більш високими технологічними параметрами як сировину харчової промисловості [7, 8, 9].

Очищення насіння зернових, зернобобових та інших культурних рослин здійснюється, в основному, на зерноочисних машинах з повітряно-ситово-трієрними робочими органами, тобто які відрізняються розмірами і аеродинамічними властивостями насіння культурних, бур'янів і домішок. Насіння бур'янів і домішки, близькі за розмірами і аеродинамічними властивостями з насінням культурних рослин, вважаються важковідокремлюваними.

У пшениці, наприклад, важковідокремлюваними домішками вважають мішечки головні, а також насіння софори товстоплідної, синьоглазки польові,

гречки татарської, куколю п'яного, мар'яніка польового, дикої редьки та ін. До важковідокремлюваних зернових домішок в пшениці відносять ячмінь, в ячмені – пшеницю. У насінні проса важковідокремлюваними домішками вважають насіння курячого проса, щетинника сизого та ін. У насінні конопель – насіння гречишки в'юнкого і амброзії полинолистої, в насінні гречки – насіння дикої редьки, в насінні гороху – насіння гороху, уражені брухусом. Важковідокремлювані домішки зустрічаються також в насінні гречки, гірчиці, ріпаку та інших культур [14, 33].

В результаті досліджень [24] встановлено, що з часом відбувається пристосування насіння бур'янів за культурними ознаками подільності, за якими вони раніше відзначилися від насіння основної культури, і за якими відбувалося їх поділ на зерноочисних машинах. Це явище досить добре спостерігається для насіння плевела льняного, які з часом стали настільки близькими за розмірами і аеродинамічним властивостям з насінням льону, що розділити їх на повітряно-ситово-трієрних і пневматичних насінноочисних машинах стало практично неможливо [10]. Аналогічне явище спостерігається для насіння проса і його домішок – щетинника сизого і проса курячого та ін. культур [31].

У зв'язку з цим очевидно, що найближчим часом усунення причин збільшення кількості важковідокремлюваної домішок в зерні після його збирання і очищення на повітряно-ситово-трієрних робочих органах не представляється можливим, тому основним засобом зниження засміченості насіння зернових та інших культурних рослин є розробка нових методів і засобів очищення насіння від важковідокремлюваних бур'янів і домішок.

Ці методи повинні бути засновані на: використанні менш вивчених фізико-механічних характеристик сумішей, таких, як фрикційні, пружні, форма, питома вага, колір і інші; розробці засобів, в реалізації яких поділ суміші здійснюється за комплексом фізико-механічних властивостей, тобто, послідовному розподілі суміші за різними ознаками подільності в одному пристрої на різних робочих органах (найпростіше з них – повітряно-ситова машина), а також на розробці засобів сепарації сипучих матеріалів за сукупністю фізико-механічних

властивостей, тобто, поділі сипучої суміші за кількома ознаками подільності на одному робочому органі, наприклад, віброфрикційному сепараторі, де поділ здійснюється за відмінністю фрикційних, пружних властивостей і за формою частинок суміші.

Фізика гранульованих матеріалів і сипучих сумішей – предмет постійного інтересу зарубіжних дослідників протягом десятиліть [36]. Значну увагу зарубіжні дослідники приділяють також процесам подрібнення і сепарації сипких матеріалів [34].

Вченими приділяється велика увага процесам сепарації зернових сумішей, це пояснюється погіршенням культури землеробства (через що в свіжозібране зерно потрапляє значна кількість домішок і насіння бур'янів, в тому числі важковідокремлювана).

1.1 Принципи і способи поділу харчової сипучої сировини

Принципи розподілу зернових сумішей засновані на відмінності фізико-механічних властивостей частинок суміші [68]. Основні фізико-механічні властивості наступні: довжина, ширина, товщина, форма, аеродинамічні властивості, пружність, коефіцієнт тертя, шорсткість, питома вага, електрофізичні властивості, колір, вологість. При виборі способу розподілу суміші в першу чергу враховують ті ознаки, за якими забезпечується найбільш повне розділення вихідної суміші на фракції з заданими показниками якості.

Для дослідження фізико-механічних властивостей використовують статистичні методи, висловлюючи результати вимірювань у вигляді варіаційних рядів або варіаційних кривих.

Вчені [32], досліджували статистичні методи визначення подільності сумішей, показали, що для вирішення в кожному конкретному випадку питання про можливість поділу суміші, недостатньо вивчати варіації кожної ознаки окремо, а необхідно визначити кореляцію ознак, і на підставі цього, вибрати схему сепарування.

По суті, в більшості зерноочисних машин і технологічних ліній по очищенню зерна і насіння і використовується запропонований ним метод.

Поділ сумішей за розмірами здійснюється, в основному, на ситах і трієрах. Для поділу суміші по товщині застосовують сита з продовгуватими отворами (рис. 1.1 а). Через прямокутні отвори проходять зерна 1, 2, 3, товщина яких менше ширини отвору. Для поділу по ширині застосовують сита з круглими отворами (рис. 1.1 б), через які проходять зерна 1,2,3. Зерна 4, поперечні розміри яких більше розмірів сит і в тому, і в іншому випадку не проходять через отвори сит, а просуваючись по ситі, сходять з нього.

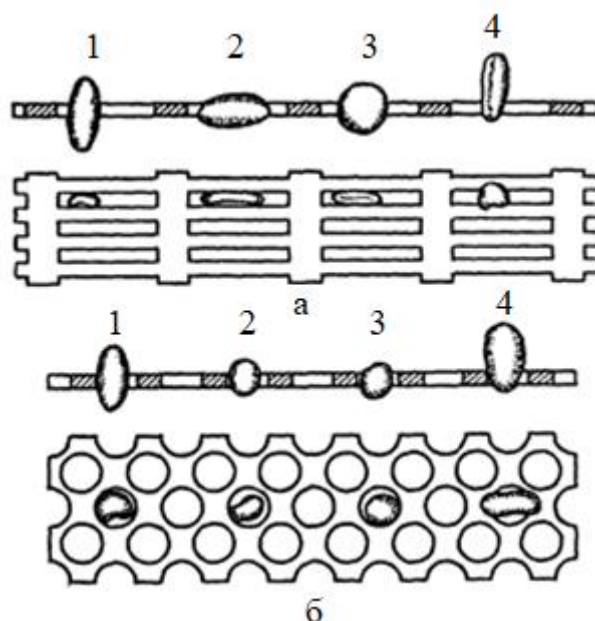


Рисунок 1.1 – Схема очищення зерна на ситах з отворами:
а – прямокутними; б – круглими

Сепарацію на плоских ситах здійснюють при круговому, поступальному або зворотно-поступальному русі сит.

Якщо застосовують циліндричні сита, то їх обертають навколо осі ситового циліндра.

Кінематичні параметри коливань плоских сит характеризуються частотою і амплітудою. Якщо частота коливань досить велика, а амплітуда мала, то сепарацію на таких ситах називають вібросепарацією.

Необхідно відзначити, що для приводу плоских сит не застосовується цілий клас коливань з еліптичною траєкторією коливань. На рис. 1.2 представлена [69], конструкція коливальника ситового кузова сепаратора для надання йому еліптичної траєкторії (вид знизу). При обертанні шківів 5 приводиться в обертання вісь кривошипа 6. Інша вісь кривошипа 6 здійснює зворотно-поступальний рух, вантаж 7 на кривошипі 6, здійснюючи рух по еліптичній траєкторії, надає ситовому кузову 1 рух по тій же траєкторії. Недоліками цієї конструкції є складність у виготовленні і наявність рухомих зворотно-поступальних деталей, що труться.

Запропонований вченими [57] віброзбудник, який дозволяє задавати ситовому кузову будь-яку еліптичну траєкторію з різним діапазоном зміни амплітуди коливань.

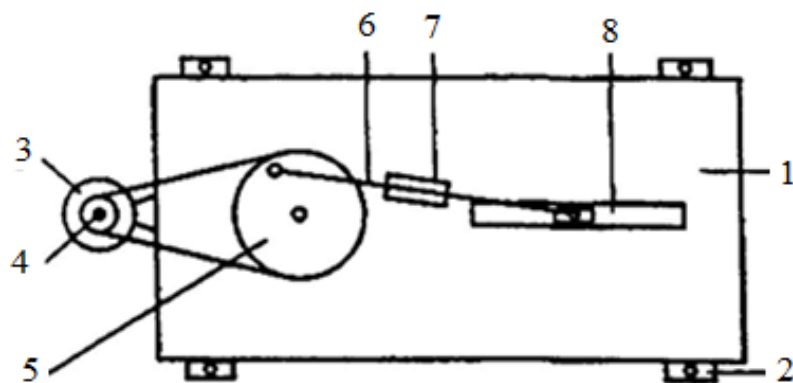


Рисунок 1.2. – Коливальник ситового кузова сепаратора

1 – решітний кузов; 2 – тросова підвіска; 3 – електродвигун; 4 – шків провідний;
5 – шків ведення; 6 – кривошип; 7 – вантаж; 8 – напрямна

Для поділу суміші по довжині застосовуються в основному циліндричні і дискові трієри.

Можливо також використання пристрою з гнучкими стрічками, встановленими одна над одною, з зазором між ними [31]. При цьому в нижній стрічці є отвори.

Робочим органом циліндричного трієра є сталевий циліндр, на внутрішній поверхні якого виштампувані осередки, а всередині по довжині циліндра на

деякій висоті розміщений жолоб (рис. 1.3). Очищуване зерно надходить всередину циліндра, що обертається. Частинки суміші потрапляють до чарунок трієра 1 і піднімаються вгору. При цьому довгі зерна випадають раніше, а короткі – пізніше. Кромку жолоба 2 встановлюють між зонами випадання довгих і коротких зерен, короткі потрапляють в жолоби і несуться до відповідного приймач шнеком 3.

Робочим органом дискового трієра є диски, на поверхні яких виконані чарунки, спрямовані в одну сторону (рис. 1.4). При подачі зерна і обертанні дисків чарунки захоплюють довгі і короткі частки. Як тільки чарунки почнуть нахилитися при повороті дисків, довгі частки випадають. Короткі частки випадають тоді, коли чарунки будуть спрямовані вниз і потрапляють у встановлені похилі жолоби.

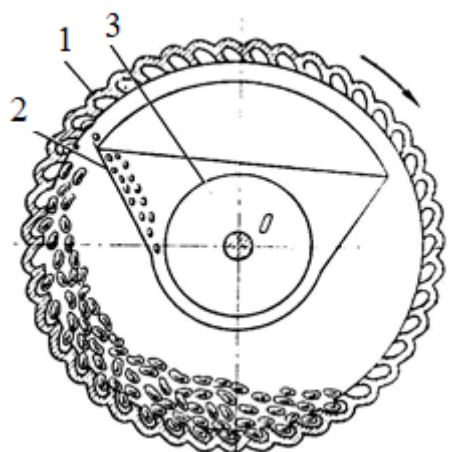


Рисунок 1.3 – Схема циліндричного трієра
1 – трієрний циліндр; 2 – жолоб; 3 – шнек

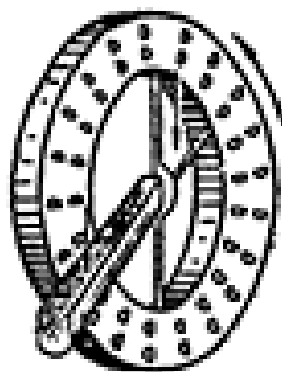


Рисунок 1.4 – Принцип роботи дискового трієра

Для поділу сумішей за аеродинамічними властивостями застосовують пневматичні сепаратори. Робочим органом цих сепараторів є повітря, а основним параметром поділу суміші – швидкість витання часток суміші в повітряному потоці. Швидкість витання залежить від щільності повітря, коефіцієнта аеродинамічного опору і миделевого перетину.

Миделевий перетин – це площа проекції зерна на площину, перпендикулярну напрямку повітряного потоку. Від величини миделевого перетину багато в чому залежить ефективність сепарації. Якщо форма частинок суміші відрізняється від кулястої, то площа миделевого перетину – величина змінна. Наприклад, для пшениці і жита найбільша площа перетину може відрізнятись від найменшої в 6 разів, а для вівсюга більш ніж в 10 разів. Це означає, що сила впливу повітряного потоку на одну і ту ж частку буде також коливатися в цих же межах. Через це, ефективність розділення сумішей в пневмосепараторі знижується.

Якщо створити умови, при яких частки суміші будуть орієнтуватися в повітряному потоці в певному положенні, тобто стабілізувати площу миделевого перетину, то ефективність пневмосепарації можна збільшити. Спроба реалізувати цю ідею зроблена в сепараторах, розроблених під керівництвом професора В.Л. Злочевського. Принцип роботи цього пневмосепаратора показана на рис. 1.5. Суміш надходить в пневмоканал 1 на живильний лоток 2 з штампованого сита. Основний потік повітря живить лоток з сумішшю і проходить через нього.

Одночасно через отвір 3 в пневмоканал 1 підсмоктується потік повітря 4. У зоні поділу суміші ці потоки створюють момент сил, що закручує частинки відносно їх довгої осі. Таким чином збільшується і стабілізується середня площа миделевого перетину довгих частинок суміші, які разом з легкими частинками несуться в осадову камеру. Важкі частинки суміші, долаючи силу впливу повітряного потоку, падають вниз і виводяться з пневмоканалу. Ця ідея заслуговує на увагу, проте, очевидно, що ефективність закручування суміші підсмоктується потоком повітря недостатньо.

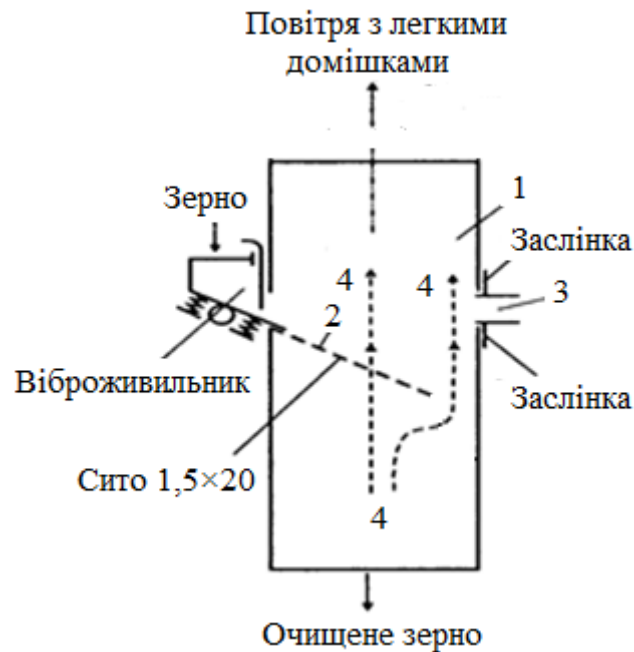


Рисунок 1.5 – Принцип роботи пневмосепаратора

1 – пневмоканал; 2 – живильний лоток; 3 – отвір; 4 – повітря.

Суміші, що містять насіння бур'янів, і домішки, що відрізняються іншими фізико-механічними властивостями і мають однакові з зерном розміри і аеродинамічні властивості, вважаються важковідокремлюваними. Для їх очищення застосовують спеціальні машини, аналіз яких наведено нижче.

1.2 Аналіз конструкцій сепараторів для поділу важковідокремлюваних зернових сумішей

Конструкції сепараторів для поділу сипучих матеріалів можна розділити на три групи.

Перша група – це сепаратори, в яких використовується одна ознака поділу, наприклад, сепаратори, робочим органом яких є сита з круглими отворами, трієри та ін.

Друга група – це сепаратори, в яких поділ здійснюється послідовно за двома і більше ознаками.

Сепарацію сумішей в сепараторах, що використовують ознаки поділу послідовно, будемо називати «сепарація за комплексом фізико-механічних

властивостей». Сепарація за комплексом фізико-механічних властивостей здійснюється, наприклад, в повітряно-ситово-трієрних машинах СМ-4, Петкус-гігант та ін.

Третя група – сепаратори, у яких при поділі використовується комбінація властивостей одночасно на одному робочому органі. Сепарацію в таких сепараторах називається «сепарація за сукупністю фізико-механічних властивостей». До таких сепараторів можна віднести, наприклад, вібраційні сепаратори з фрикційними неперфорованими поверхнями, падді-машини і ін.

Для очищення сипучих сумішей використовуються сепаратори всіх трьох груп. Але більшість що зерноочисних машин традиційно мають повітряно-ситово-трієрні робочі органи: один з них, або комбінацію в залежності від призначення машини.

Для сепарації важковідокремлюваних сумішей застосовують сепаратори, що розділяють суміші за іншими властивостями: фрикційними, пружними, по формі, питомій вазі, щільності, за кольором та ін., найчастіше використовують їх в сукупності. Лише при поділі по щільності, шорсткості і за кольором не використовується сукупність ознак.

Для поділу важковідокремлюваних сумішей за густиною (або питомою вагою) застосовують сепаратори з робочим органом у вигляді водно-сольових розчинів, або води. Цей метод рідко застосовується через громіздкість процесу, неодноразового промивання насіння після очищення в водно-сольових розчинах і підвищених витратах на сушіння насіння [3].

Для розділення сумішей за кольором застосовуються фотоелектронні сепаратори [19], які не отримали поширення через невелику продуктивність і складність застосування обладнання.

Найбільш виповнене насіння мають найменшу вологість, а отже, і найбільшу пружність. Таким чином, при сепарації, виділяють найбільш пружні зерна (при інших рівних фізико-механічних властивостях), можна відразу після збирання виділити найбільш виповнені зернівки, найбільш якісні, як для переробки, так і для подальшого відтворення.

Для поділу сумішей за пружними властивостями застосовуються відбивні поверхні [1]. При сепарації сумішей на відбивних поверхнях за пружністю відбувається їх поділ за вологістю (стиглістю), що встановлено багатьма дослідниками [10]. Цей спосіб особливо доцільно застосовувати для поділу зерна безпосередньо після обмолоту, так як свіжозібране зерно містить в своєму складі зерна різної вологості (від 10 до 50%) при середній близько 22 %. Однак цей спосіб не знайшов широкого застосування через низьку якість поділу, яке пояснюється тим, що сепарація відбувається при одноразовому ударі об відбивну поверхню. Оскільки насіння сільськогосподарських культур мають неоднорідну фізико-механічну структуру і різну форму, то величина їх відскоку від відбивної поверхні, а отже, і якість поділу, залежить від того, якою точкою вдариться насіння про відбивну поверхню [17]. Для подальшого розвитку цього способу сепарації зерна ще не знайдений метод орієнтації його при ударі і тому необхідно розробити сепаратори з багаторазовим ударом об відбивну поверхню.

Для поділу сумішей по шорсткості використовуються електромагнітні сепаратори ЕМС-1А, СМЩ-04. Вони застосовуються для сепарації насіння трав [18], льону-довгунця [24] та ін. Ефективність цих машин низька, і втрати насіння у відходах з магнітним порошком складають до 30 % [24]. При очищенні, наприклад, насіння льону-довгунця отримують тільки 50% насінневого матеріалу за один пропуск [31]. Використовувати ці машини для сепарації продовольчого зерна не можна.

За електрофізичними властивостями поділ насіння проводиться на діелектричних і електростатичних сепараторах, насіннеочисних машинах в полі коронного розряду і інших [11, 194, 196, 225, 317], які не отримали поширення через малу продуктивність, нестійкість роботи за нестабільної вологості насіння і інших причин .

Для розділення сумішей за формою і шорсткістю застосовують гвинтові сортування «Змійка», похилі гірки та інші фрикційні сепаратори. Ці сепаратори застосовуються для очищення насіння трав [29, 30], овочевих культур [34], зернобобових [24], льону-довгунця [6] та інших культур. Вони недостатньо

ефективні, наприклад, при очищенні насіння льону-довгунця від плевела та інших домішок не забезпечується необхідну якість сепарації. У відходи виділяється близько половини насіння плевела і мертвого сміття та 10% мари білої [31].

Для розділення сумішей за питомою вагою і аеродинамічними властивостями застосовуються пневматичні сортувальні столи ПСС-2,5, СПС-5,0 [21], концентратори А1-БЗК та інші машини [60].

Для розділення сумішей за сукупністю фізико-механічних властивостей – пружних, фрикційних і щільності – застосовують відбивні сортувальні столи (падді-машини) [13]. Падді-машини дуже чутливі до режимів роботи: найменші зміни параметрів або властивостей суміші призводять до порушення процесу. Відбивні столи є єдиною в своєму роді машиною, що розділяє суміші з цієї сукупності. Тому розробка нових, більш досконалих конструкцій відбивних столів є важливим завданням.

За сукупністю фізико-механічних властивостей, розмірів і щільності відбувається поділ в сепараторах з анізотропними сепарувальними поверхнями [128]. Ці сепаратори досить ефективні при сепарації продуктів лущення зерна, що свідчить на користь пошуку методів поділу важковідокремлюваних сипучих сумішей і розробки конструкцій сепараторів за сукупністю фізико-механічних властивостей.

У Харківському національному технічному університеті сільського господарства ім. П. Василенко, під керівництвом доктора технічних наук, професора, академіка УААН Заїки П. М., при безпосередній участі автора цієї роботи, було розроблено сімейство вібраційних сепараторів з фрикційними неперфорованими поверхнями, які поділяють суміші за сукупністю фізико-механічних властивостей: фрикційних, пружних і форми, які показали високу їх ефективність при очищенні важковідокремлюваних насінневих сумішей [21, 25, 37].

Робочим органом цих сепараторів (фрикційна неперфорована поверхня) повідомляють різного роду вібрації.

За типом коливань робочих органів віброфрикційні сепаратори можна розділити на два види:

- 1) сепаратори з поступальним рухом робочого органу;
- 2) сепаратори з поступальним рухом робочого органу.

Останні, через складність конструкції робочих органів (в деяких випадках і приводу) не отримали широкого поширення.

За типом фрикційної поверхні вібраційні сепаратори можна розділити на сепаратори з плоскими, ступінчастими і криволінійними робочими органами.

Сепаратори з робочими органами у вигляді ступінчастої і криволінійної поверхонь не знайшли широкого застосування в основному через складність їх конструкції.

Найбільш прості за конструкцією вібраційні сепаратори з поступальним рухом робочого органу у вигляді плоских неперфорованих поверхонь, що мають нахил в двох площинах. Такі машини мають більшу питому продуктивність і більш високу якість поділу в порівнянні з сепараторами, робочий орган яких має нахил тільки в поздовжньо-вертикальній площині.

Принципова конструктивна схема вібраційного сепаратора з поздовжньо-поперечним кутом нахилу робочого органу у вигляді плоских неперфорованих поверхонь показана на рис. 1.6.

Він складається з робочих поверхонь 1, закріплених за допомогою механізмів регулювання поздовжнього 2 і поперечного 3 кутів нахилу на вібростолі 4. Вібростіл встановлений на нерухомій рамі сепаратора 5, за допомогою пружної підвіски 6. До вібростолів жорстко кріпиться дебалансний віброзбудник спрямованої дії 7. Привід віброзбудника здійснюється за допомогою клинопасової передачі від електродвигуна 8 через варіатор 9, проміжну передачу 10, пружну муфту 11. Для завантаження матеріалу призначений бункер 12, жорстко закріплений на рамі сепаратора. Подача суміші на робочі поверхні здійснюється живильними пристроями 14, з'єднаними з бункером еластичними патрубками 13. Для збору продуктів поділу призначені приймачі 15.

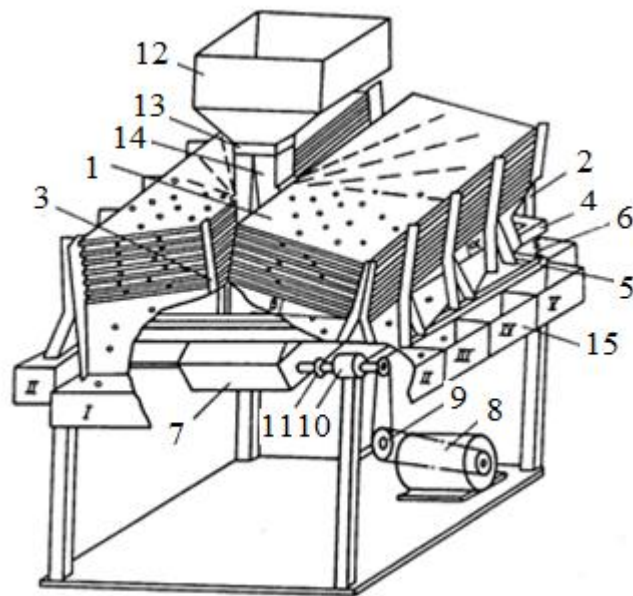


Рисунок 1.6 – Конструктивна схема вібраційного сепаратора з двома блоками сепаруючих поверхонь

Технологічний процес роботи сепаратора здійснюється наступним чином. Насіннева суміш за допомогою живильних пристроїв 14 подається на робочі поверхні 1. Під впливом спрямованих вібрацій, створюваних вібробуджувачем 7, суміш розділяється. Вгору транспортуються плоскі шорсткі і малопружні частки, круглі гладкі і пружні частинки скочуються вниз.

У бічні приймачі надходять частки з проміжними значеннями цих характеристик.

На вібростолі такого сепаратора для збільшення продуктивності розміщується до 20 сепарувальних поверхонь, скріплених в два блоки і встановлених симетрично до поздовжньої осі. Така компоновка призводить до непропорційного збільшення металоємності машини, ускладнення приводу, вимагає розробки малогабаритних живильних пристроїв. Крім того, при розробці таких вібраційних сепараторів не вирішуються питання підвищення їх продуктивності. Конструктивного вирішення цих питань потрібно приділити достатньої багато уваги.

У розглянутих конструкціях сепараторів, які поділяють суміші за сукупністю фізико-механічних властивостей, використовується далеко не повний

перелік варіантів (комбінацій) властивостей, тому пошук нових способів і засобів поділу сумішей повинен бути спрямований на розробку сепараторів, які використовують нові сукупності властивості, а також збільшення кількості властивостей, які використовуються в одному робочому органі.

1.3 Енергоємність процесів і обладнання для сепарації зернових сумішей

Питанням зниження енергоємності при переробці та зберіганні зерна присвячені роботи О. І. Шаповаленка, О. І. Гапонюк, Г. Н. Станкевича, О.Г. Бурдо, М. І. Погожих, Ю. Г. Сухенко, Ю. А. Чурсінова та ін. У більшості цих робіт розглядаються питання зниження енергоємності при сушінні, зберіганні і подрібненні зерна, а також при переміщенні повітряних потоків в зернопереробних виробництвах [4, 6, 12, 11, 14, 20].

Питання зниження енергоємності процесів і обладнання для сепарації зернових сумішей практично не вивчалися. Традиційно на перше місце ставилося питання продуктивності і якості сепарації зернової суміші незалежно від питомої витрати енергії. При цьому питання енергоємності власне процесу сепарації були поставлені лише в декількох роботах [2, 20].

В роботі [20] розглядалася доцільність коливань не ситового робочого органу сепаратора, а зерна на ситі. В цій роботі розглядаються питання підвищення ефективності сепарації за рахунок пульсуючого повітряного потоку, за допомогою якого зерно струшується на нерухомому ситі, ідея зниження енергоємності сепарації шляхом додання коливань тільки зерну. У роботі не наведено ККД пристрою для створення пульсуючого повітряного потоку і, можливо, що енергоємність цього пристрою не нижче ніж на похилому ситі. Ідея струшувати тільки зерно на ситі може дозволити знизити енергоємність процесу сепарації, але в роботі про це не згадується.

Для зниження енергоємності процесу сепарації можна використовувати резонанс. Динаміка вібраційних машин резонансного типу розглянута в, роботі [20], [22] питання зниження енергоємності тут також не розглядаються. Очевидно,

що цей метод зниження енергоємності процесу сепарації та обладнання для його здійснення є перспективним, однак не застосовується в розробці конструкцій зерноочисних машин в основному через розбіжності режимів, що забезпечують низьку енергоємність процесу і якісну очистку зерна. Більшістю дослідників питання енергоємності власне процесу сепарації не вивчались через незначну масу зерна, що знаходиться в робочому органі, в порівнянні з масою робочого органу, так як основна витрата енергії йде на привід руху робочого органу, без якого процес неможливий.

У таблиці 1.1, складеної з використанням системного підходу [28], наведені продуктивність, потужність і питома витрата енергії сучасних зерноочисних машин. З таблиці випливає, що найменшу енергоємність мають ситові віброцентробіжні сепаратори – 0,176 кВт год/т.

У спеціальних зерноочисних машин енергоємність становить 3,47 кВт год/т, тобто майже в 20 разів більше ніж у ситових.

Винятком є пневматичні сепаратори, у яких робочим органом є повітря, проте через низький ККД вентиляторів енергоємність пневматичних сепараторів вище, ніж у ситових.

За даними табл. 1.1 енергоємність процесів сепарації на існуючому обладнанні є досить високою. В середньому вона становить 1,06 кВт· год/т. При річному виробництві зерна в Україні (в середньому за останні роки 30 млн. т) витрата електроенергії тільки на попереднє і первинне очищення складе не менше 60 млн. кВт· год. Особливо висока енергоємність машин спеціального призначення для сепарації важковідокревлених сипучих сумішей. У багатьох випадках через відсутність засобів для сепарації важковідокревлених сипучих сумішей на виробництві використовують багаторазові пропуски сумішей через робочі органи існуючих машин, що призводить, крім збільшення енергоємності, до зниження якості зерна та збільшення втрат зерна у відходи.

Таблиця 1.1 – Технічні характеристики зерноочисних машин

Найменування	Продуктивність, т/год	Потужність, кВт	Питома витрата енергії кВт·год/т
Універсальні віброцентробіжні зерноочисні сепаратори «СУЗІР'Я»			
Р8-БЦСМ-50-01	50	10	0,2
Р8-БЦСМ-100	100	9	0,09
Середнє значення			0,176
Повітряні сепаратори			
АСХ-2,5	2,5	1,1	0,44
Р1-БДЗ-5	5	1,1	0,22
Р1-БДЗ-16	16	3	0,18
Середнє значення			0,265
Дискові трієри			
ЗТК-5І	5	2,8	0,56
А9-УТК-6	6	3	0,5
А9-УТО-6	6	2,2	0,36
Середнє значення			0,428
Циліндричні трієри			
БТС	5	3	0,6
ТЛГ-8,3	8,3	3	0,36
Р1-ББТ-700-16	16	6	0,37
АЛЕ 5002	5	2,2	0,44
ЛПК 2002	1,3	1,1	0,84
Середнє значення			0,522
Повітряно-ситові сепаратори			
ЗСМ-5	5	4,1	0,82
ЗСМ-10	10	9,1	0,91
А1-БЗГ	10	14,3	1,43
СВУ-5К	5	5,5	1,1
А1-БМС-6	6	4,2	0,7
Середнє значення			0,9
Спеціальні машини			
Падді-машина	1,7	2,2	1,29
Пневмосортувальні стіл БПС	2,5	5,3	2,12
Віброфрікційний сепаратор	0,4	1,5	3,75
Середнє значення			3,47

На початку розділу вже згадувалося, що при виборі способу поділу в першу чергу враховують ті ознаки, за якими здійснюється найбільш повне розділення

суміші. При цьому бажано враховувати кореляцію ознак. З використанням традиційних засобів сепарації застосування кореляційних ознак можливо при виборі першого решета, тобто поділу по товщині або ширині. Як правило, потім або одночасно використовується відмінність в аеродинамічних властивостях, потім по довжині (трієри) далі за аеродинамічними властивостями і питомою вагою (каменевідбірні машини і пневматичні сортувальні столи) або по шорсткості (скатні гірки). Сепарацію найбільш важковідокреюваних зернових сумішей слід здійснювати по пружним властивостям і формі на багатоярусних ударних сепараторах.

1.4 Обґрунтування напряму дослідження

Аналіз вимог, що висуваються до якості харчових продуктів, існуючих способів очищення і сортування зерна гороху, дозволяє зробити висновок про те, що розробка нових способів і робочих органів для очищення і сортування зерна гороху, що враховують її фізико-механічні особливості, представляють певний науковий інтерес і практичну цінність.

Вирішенню цього питання присвячена низка досліджень. Так, вчені [56] працювали над створенням ефективного технологічного процесу вібраційно-повітряної очистки. Вчені [45] присвятили свої дослідження сортуванню насіння сої при спільному впливі електричного поля і повітряного потоку. Н.Д. Сисоров розробив пристрій для очищення насіння від важковідокремлюваних бур'янів і домішок, принцип роботи якого заснований на різній відбивній спроможності компонентів вороху при ударі об перешкоду. В.А. Германов і А.М. Ярушін [8] запропонували грохот для очищення зерна гороху за комплексом фізико-механічних властивостей: пружності і формі поверхні.

Запропоновані способи очищення і сортування зерна гороху за пружними властивостям вирішують задачу виділення з купи травмованого насіння, які за розмірами, аеродинамічними властивостями і формою поверхні не відрізняються від цілого насіння сої та відокремлення яких з купи неможливо на зерноочисних

машинах загального призначення [44].

Автори [50], вивчаючи фізико-механічні властивості зерна гороху з метою визначення можливостей і шляхів їх сортування, зробили висновок про те, що найбільш відмінною ознакою повноцінного насіння сої, морозобійного і вражених шкідниками і хворобами є їх форма, що характеризується коефіцієнтом сферичності. За даними авторів коефіцієнт сферичності повноцінного насіння становить 0,7 – 1,0, морозобійних 0,4 – 1,0, вражених шкідниками і хворобами 0,5 – 1,0. Вивчаючи коефіцієнти відновлення тіл різної форми, визначив, що він залежить не тільки від матеріалу тіл, що співударяються, але і від їх форми. Отже, при сортуванні за пружними властивостям може бути реалізована ознака відмінності коефіцієнтів сферичності повноцінного зерна гороху, морозобійного, ураженого шкідниками і хворобами.

З метою визначення можливості сортування цілого зерна гороху та важковідокремлюваних ми вивчили їх пружні властивості, що характеризуються коефіцієнтом відновлення швидкості (K), який визначається як відношення швидкості після удару об відбивну поверхню до швидкості до удару.

На рис. 1.7 зображені варіаційні криві коефіцієнтів відновлення швидкості цілого і важковідокремлюваного зерна гороху. Аналіз цих кривих показує, що пружні властивості можуть виявитися надійною ознакою сортування повноцінного і важковідокремлюваного зерна гороху.

Питаннями очищення і сортування зернового вороху за пружними властивостями займалися багато дослідників. Роботи проводилася з різними сільськогосподарськими культурами.

С.Д. Птіцин [45] вивчав можливість сепарації гороху, віки, жита і пшениці по вологості методом удару. Дослідження показали, що за пружними властивостям можливо розділяти зерно на фракції різної вологості і сам процес не становить труднощів. Сепарацію можна здійснювати на спеціально сконструйованих установках і на пристроях, які можуть бути виготовлені в господарствах. Автор вказує, що при сортуванні за пружними властивостям виходять фракції насіння, вирівняні не тільки за вологістю, але і за питомою

вагою, що в свою чергу позитивно позначається на якості продукту.

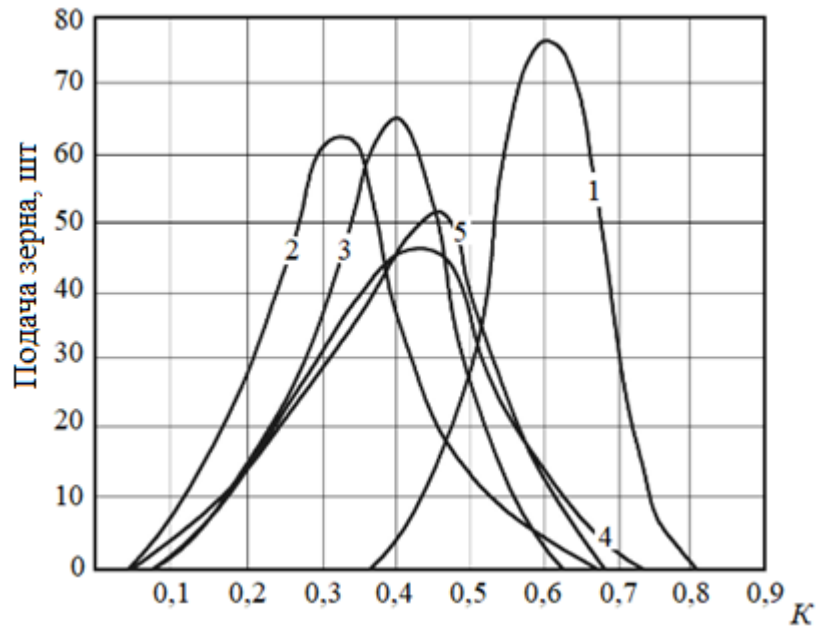


Рисунок 1.7 – Криві залежності коефіцієнтів відновлення швидкості зерна гороху від подачі насіння:

1 – цілого зерна гороху; 2 – зерно гороху з пошкодженнями; 3 – морозобійного; 4 – враженого хворобами; 5 – недорозвиненого.

Горох – сорт Саламанка, матеріал відбивної поверхні – сталь.

Н.Ф. Попов зазначає, що пружність є надійною ознакою для сортування насіння по вологості, крім того, як вказує автор, пружність є доброю ознакою для поділу зерна за господарською придатністю. Сортування за пружними властивостям доцільно застосовувати в наступних випадках:

- при обробці зерна, що надходить на пункти післязбиральної обробки відразу після обмолоту, що дозволяє отримати значний ефект при сортуванні зерна більш стиглого і з меншим вмістом води від зерна ранніх фаз стиглості і більш вологого;

- при завантаженні зерна в сховища з метою підвищення стійкості до тривалого зберігання.

П.І. Рябов, вивчаючи очищення зерна вівса, пшениці, ячменю і рису від насіння вівсюга, а також сортування цих культур на фракції, встановив, що сортування по пружності дає позитивний результат: якість посівного матеріалу

покращується, а застосування очищення за пружними властивостям в поєднанні з повітряним потоком значно підвищує ефективність сепарації, так як поділ відбувається за двома ознакам: пружністю і аеродинамічним властивостям.

Сортуванню зерна методом удару були присвячені також роботи С.Ф. Боброва, В.К. Висоцкого, М.Г. Ігнат'єва, Н.І.Філінкова.

В.К. Висоцкий повідомляє, що сортування насіння за пружними властивостям покращує його якість за загальною чистотою, зменшує кількість облущеного насіння, підвищує масу 1000 зерен, підвищує схожість і господарську придатність, при цьому відбираються найбільш виповнене, фізично зріле, життєздатне, в основному кругле насіння, яке дає повноцінні рослини. Автор вказує також на зв'язок між дальністю польоту зерна після удару, висотою рослин, довжиною волоті і кількістю зерна в ній.

Аналізуючи результати досліджень по сепарації і очищенню зерна за пружними властивостям, можна відзначити високу ефективність цього методу при підготовці сировини високого класу. Процес сепарування і очищення здійснюється на пристроях, які не складні за конструкцією і надійні в роботі, так як в них відсутні коливаються вузли та деталі. При цьому з вороху виділяються найбільш повноцінні за механічним складом, біологічними ознаками і зрілості насіння. Крім того, за пружністю можливо виділити з вороху важковідокремлюване насіння.

Незначне використання машин, робота яких заснована на різниці пружних властивостей, пояснюється невисокою їх продуктивністю, що не дозволяє застосовувати ці машини при сортуванні великих партій насіння.

Аналіз робіт по теоретичному дослідженню процесу сортування за пружними властивостям показує, що питання це щільно контактує з теорією удару тіла об нерухому перешкоду. Сучасний стан досліджень в цьому напрямку не дозволяє правильно і повно проаналізувати процес сортування по пружним властивостям і визначити оптимальну схему сортування, параметри і режими роботи пристрою, що виконує цей процес. Отже, дослідження процесу сортування зерна гороху за пружними властивостям є необхідною умовою успішного

вирішення практичних завдань сортування.

Висновки по розділу. Мета і завдання досліджень

У зерні гороху, що надходить на очистку, міститься велика кількість зерна з пошкодженнями, морозобійних, недорозвинених, уражених шкідниками і хворобами. Залежно від строків збирання вміст зерна з пошкодженнями коливається від 10 до 25 %. Встановлено, що присутність цього зерна негативно позначається на зберіганні харчового гороху, знижує його якісні показники. Аналіз фізико-механічних властивостей зерна гороху та машин, які використовуються для її післязбиральної обробки, показав, що травмоване зерно на існуючих машинах виділити неможливо. У той же час літературні дані свідчать про те, що сортування зерна за пружними властивостям може забезпечити виділення з вороху зерна гороху з пошкодженнями, морозобійне, недорозвинене, уражене шкідниками і хворобами. Існуючі машини і пристрої для сортування зерна за пружними властивостям не знайшли до сих пір широкого застосування, так як мають невисоку продуктивність. Використання пружних властивостей компонентів зерна гороху в процесі сортування розширює можливості отримання насіння високої якості і як наслідок цього – отримання високоякісної сировини для переробки.

Метою роботи є обґрунтування енергозберігаючих процесів і обладнання для сепарування харчової сипкої сировини, ефективних параметрів процесів сепарування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- проаналізувати пружні властивості зерна гороху;
- дослідити процес сортування зерна гороху за пружними властивостям, визначити оптимальні параметри пристрою для сепарування;
- створити експериментальний пристрій і провести лабораторні дослідження з метою уточнення оптимальних параметрів і визначення режимів роботи;

- дослідити стан охорони праці в ТОВ «Побережне»;
- розрахувати кошторис витрат на проведення досліджень.

Об'єктом досліджень є процес сепарування важковідокремлюваних сипких сумішей, конструктивно-кінематичні параметри досліджуваного обладнання і фізико-механічні властивості сумішей.

Предметом досліджень є встановлення закономірностей процесу сепарування зерна гороху з врахуванням їх пружних властивостей з конструктивно-технологічними параметрами обладнання.

2 ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИКИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Програма та загальні питання експериментальних досліджень

Основним завданням експериментального дослідження є перевірка та уточнення теоретичних передумов закономірностей досліджуваного процесу. Програмою передбачалося рішення наступних питань:

- вивчення закономірностей удару тіла сферичної форми про нерухому масивну плиту;
- вивчення пружних властивостей компонентів вороху зерна гороху;
- вивчення процесу сортування зерна гороху за пружними властивостями на експериментальній установці з метою визначення оптимальних параметрів і режимів роботи;
- порівняльна оцінка робочих органів машин при сепаруванні зерна гороху;
- перевірка отриманих результатів досліджень сепарування зерна гороху за пружними властивостями.

2.2 Методика визначення параметрів удару тіла сферичної форми про відбивну поверхню

Визначення параметрів удару зводиться до визначення лінійної, кутової швидкості та кута відбиття тіла після удару при відомих початкових його параметрах.

2.2.1 Визначення кута відбиття тіла після удару об відбивну поверхню

Для визначення кута відбиття нами запропонований прилад, який дозволяє уникнути проміжних вимірювань і зручний в обігу. Схема приладу і його загальний вигляд зображені на рис. 2.1.

Принцип роботи приладу і методика визначення кутів відбиття в полягали в

наступному: при натисканні на педаль металника (1) останній спрацьовує і викидає кулю під кутом α до відбивної поверхні (2), що відкладається по візирі (3). Вдаряючись об поверхню, куля відбивається під кутом α і рухається до екрану (4), який встановлюється перпендикулярно траєкторії руху кулі. Точка удару фіксується на білому аркуші (5) через копіювальний папір (6).

У момент удару кулі об відбивну пластину його центр знаходиться над точкою 0 центру обертання металника і центру шкали градусів. Таке поєднання центрів дозволяє проводити встановлення кута α за шкалою α' і визначати кут β по шкалі β' .

Описаний прилад використовувався для визначення кутів падіння і відбиття при косому ударі і початковій кутовій швидкості $\omega_0 = 0$.

Для вимірювання кута відбиття при косому ударі і початковій кутовій швидкості $\omega_0 \neq 0$ був виготовлений прилад. На відміну від останнього в нашому приладі (рис. 2.2) куля (3) подається на відбивну площину (2) по увігнутій направляючій (1), наслідком чого він, падає на неї з початковою кутовою швидкістю.

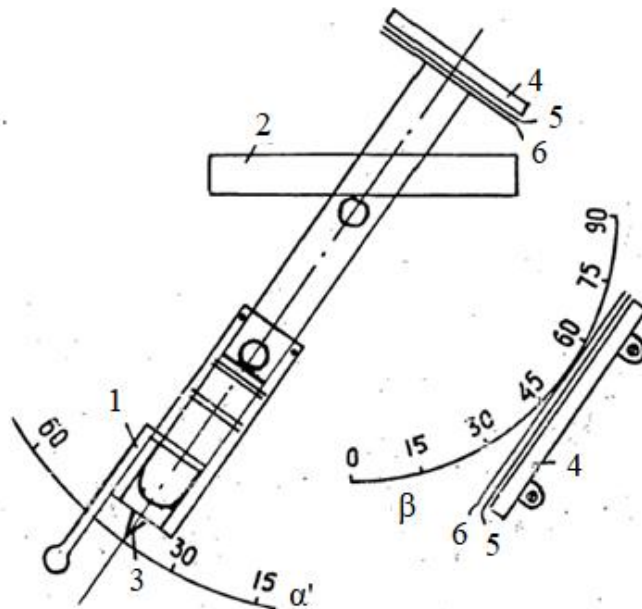


Рисунок 2.1 – Схема визначення кута відбиття поділюваних компонентів після удару об відбивну поверхню при $\omega_0 = 0$.

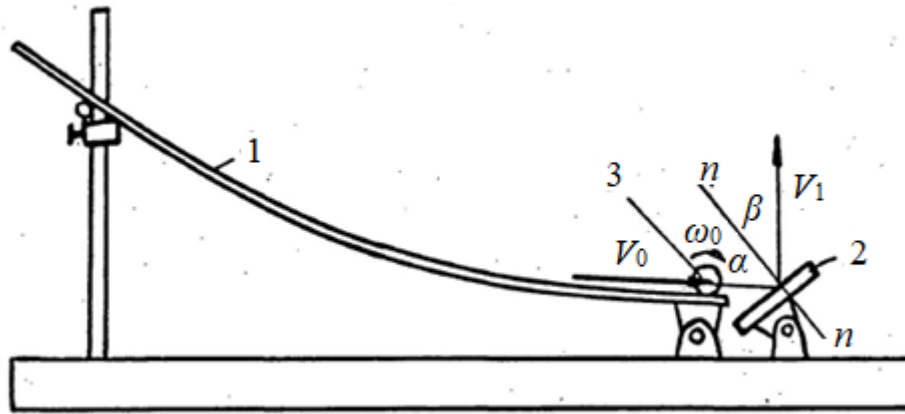


Рисунок 2.2 – Прилад для визначення кута відбиття поділюваних компонентів після удару об відбивну поверхню при $\omega_0 \neq 0$.

Даний прилад використовувався для визначення впливу початкової кутової швидкості на динаміку удару.

2.2.2 Визначення швидкості руху тіла до і після удару

Визначення лінійних швидкостей тіла проводилися методом стробоскопічної зйомки [33]. Установка для зйомки (рис. 2.3) являє собою підставу у вигляді ящика з прямокутним отвором 250×300 мм у верхній частині. По краях отвору встановлюють металник і відбивну поверхню. Для отримання контрастного зображення внутрішня порожнина ящика пофарбована в чорний колір. Над ящиком на вертикальній осі удару на висоті 800 мм встановлені фотоапарат і обтюратор у вигляді картонного диска діаметром 400 мм. По краях диска є 4 отвори діаметром 40 мм, що забезпечують частоту зйомки 400 с^{-1} . Істотним при зйомці є напрямок руху отвору в диску відносно руху кульки. Рух отвору в момент зйомки має бути направлений паралельно відбивної пластини. На рис. 2.4 приведена схема досліду, коли рух отвору в момент зйомки перпендикулярно відбивній поверхні. При русі кульки до відбивної поверхні нормальна складова швидкості V_0'' збігається з напрямком руху отвору обтюратора. В даному випадку слід кульки на плівці збільшується, так як збільшується час його експозиції. Після удару нормальна складова швидкості V_0'' змінює знак на протилежний, і отвір обтюратора рухається назустріч цій

швидкості. Час експозиції зменшується, і слід кульки на плівці стає коротшим. Таким чином, напрямок руху отвору обтюратора в момент зйомки має бути перпендикулярним вимірюваній швидкості в разі, якщо вектор швидкості змінює знак на протилежний. Кількість вимірювань в кожному досліді – 5.

2.3 Методика визначення пошкодження зерна гороху

Для визначення пошкодження зерна використаний органолептичний метод – за допомогою звичайної лупи з попереднім фарбуванням зерна гороху в однопроцентному розчині кислого фуксину (рубін С) при температурі 30 – 35 °С.

При визначенні пошкодження зерна гороху, що не супроводжувалось пошкодженням оболонки (пошкоджені тільки сім'ядолі), використовувався метод визначення пошкоджень по пружним властивостям [64].

2.4 Програма і методика проведення лабораторних досліджень

Програмою лабораторних досліджень передбачено виконання наступних робіт:

- визначення оптимальної технологічної схеми процесу сортування зерна гороху за пружним властивостям;
- розробка і виготовлення лабораторної установки, визначення оптимальних параметрів і режимів її роботи;
- визначення якісних показників процесу сортування зерна гороху за пружними властивостям.

2.4.1 Визначення якісних показників сортування зерна гороху за пружними властивостям

Основою більшості методів визначення ефективності поділу зернових сумішей є класичне визначення ефективності поділу, як відношення кількості зерен, що сходять або проходять через решето в дійсності, до кількості, яка

повинна пройти або зійти з решета [32]. На думку вчених [26], формули, запропоновані в роботах [16], [34], можна об'єднати в одну велику групу, в основі якої лежить принцип В.П. Горячкіна.

Ці формули в залежності від виду робочих органів і конкретних умов можуть бути з успіхом застосовані для порівняльної оцінки ефективності сепарації різними робочими органами. При оцінці досконалості робочих органів і технологічного процесу нами використана формула, запропонована М.Н. Летошневим, яка враховує закон розподілу ознаки сепарації поділюваних компонентів і вказує на практичне досягнення теоретичних меж поділу.

Якість сортування визначається коефіцієнтом η :

$$\eta = \frac{\varepsilon - E}{1 - E}, \quad (2.1)$$

при цьому

$$E = \frac{N_1\phi_1 + N_2\phi_2}{N_1 + N_2}, \quad (2.2)$$

де E – середня повнота гранично недосконалого поділу;

N_1, N_2 – кількість зерна відповідно в першій і другій фракціях;

ϕ_1, ϕ_2 – коефіцієнти відповідно для першої та другої фракцій.

2.5 Програма та методика порівняльних досліджень

У програму порівняльних досліджень входило визначення можливості виділення важковідокремлюваних домішок різними органами машин за різними ознаками.

В якості критерію оцінки ефективності сортування був узятий коефіцієнт повноти виділення по В.А. Кубишеву [56]:

$$E = Aa_1 + Bb_2, \quad (2.3)$$

де A – вихід першої фракції в частках одиниці;

a_1 – вміст першого компонента в першій фракції;

B – вихід другої фракції;

b_2 – вміст другого компонента в другій фракції.

Ця формула проста і дає надійні результати при порівняльній оцінці робочих органів і машин. Відбір проб і вимірювання проводилися по ГОСТу 12036-66.

Висновки до розділу

В даному розділі дипломної роботи розглянуто методики організації і планування експериментальних досліджень, приведено матеріальне забезпечення експериментальних досліджень.

3 ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

3.1 Вплив кута між нормаллю до відбивної поверхні і вектором швидкості удару на коефіцієнт відновлення і втрату тангенціальної швидкості

Дослід проводився з пластмасовою кулею діаметром 10 мм, що має коефіцієнт відновлення 0,93 і коефіцієнт тертя при русі – 0,19, і зерна гороху сорту Саламанка, вологістю 8 %, коефіцієнт відновлення – 0,65, коефіцієнт тертя при русі – 0,24. Матеріал відбивної поверхні – сталь шліфувана.

Аналіз експериментальних даних показує, що при зміні кута удару від нуля до 90° відносна втрата тангенціальної складової швидкості змінюється від максимальної величини до нуля. При куті удару, рівному критичному (для кулі – 52°, для зерна гороху – 54°), втрата тангенціальної швидкості знаходиться на рівні 0,287, що відповідає втраті від ковзання без відновлення тангенціального імпульсу.

На рис. 3.1 наведені теоретичні криві відносної втрати тангенціальної швидкості в залежності від кута удару і результати експерименту.

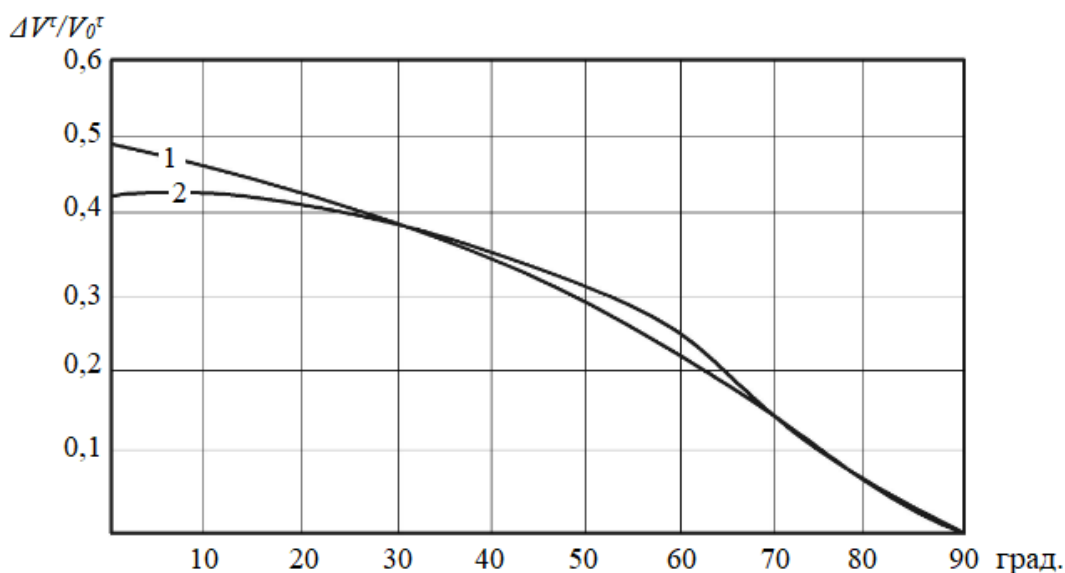


Рисунок 3.1 – Теоретичні криві і експериментальні дані залежності втрати тангенціальної швидкості від кута удару 1 – для пластмасової кулі, 2 – для зерна гороху

Як впливає з рисунка, більшу відповідність між теоретичним і експериментальними даними спостерігається для пластмасової кулі.

3.2 Вплив матеріалу відбивної поверхні на коефіцієнти відновлення поділюваних компонентів

Дослід проводився з використанням цілого доброякісного і пошкодженого зерна гороху сорту Саламанка, вологістю 8 %; $E = 2,4 - 3,9 \cdot 10^9 \text{ Н/м}^2 / 84 /$.

В якості досліджуваного матеріалу відбивної поверхні використовувалися гума, поліетилен, сосна, бук, сталь. Результати дослідження зведені в табл. 3.1. На рис. 3.2 зображені теоретична крива залежності різниці коефіцієнтів відновлення цілого і пошкодженого зерна гороху в залежності від модуля пружності відбивної поверхні і результати експерименту.

Результати дослідження підтверджують теоретичний висновок про те, що для більш ефективного сортування за пружними властивостям необхідно в якості матеріалу відбивної поверхні використовувати матеріал, який має модуль пружності на 1 – 2 порядки вище модуля пружності поділюваних компонентів.

Таблиця 3.1 – Вплив матеріалу відбивної поверхні на коефіцієнти відновлення зерна гороху

Матеріал відбивної поверхні	Модуль пружності, Н/м^2	Компоненти	Коефіцієнт відновлення, K_1, K_2	$K_1 - K_2$	t
Гума	$6 \cdot 10^7$	Горох цілий пошкоджений	0,41 0,34	0,07	3,5
Поліетилен	$7 \cdot 10^9$	Горох цілий пошкоджений	0,44 0,29	0,15	7,5
Сосна	$1 \cdot 10^{10}$	Горох цілий пошкоджений	0,52 0,38	0,24	8,0
Бук	$1,5 \cdot 10^{10}$	Горох цілий пошкоджений	0,61 0,29	0,32	10,6
Сталь	$2 \cdot 10^{11}$	Горох цілий пошкоджений	0,65 0,30	0,35	11,6

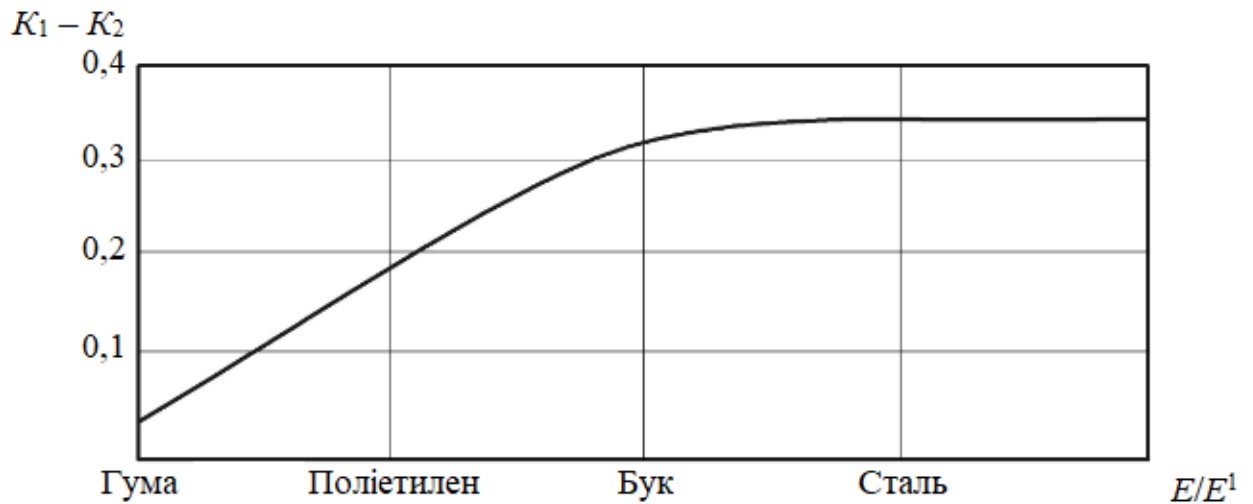


Рисунок 3.2 – Теоретична залежність різниці коефіцієнтів відновлення цілого і пошкодженого зерна гороху від модуля пружності відбивної поверхні і результати експерименту

3.3 Вивчення коефіцієнта відновлення поділюваних компонентів вороху зерна гороху

Коефіцієнт відновлення компонентів вороху зерна гороху вивчався для сорту Саламанка. Використовувалося зерно урожаю 2019 року вологістю 14 – 16 %. З огляду на результати, отримані в теоретичних дослідженнях про вплив коефіцієнта тертя при виділенні з вороху частинок, що мають форму, відмінну від кулі, на якість сортування, ми вивчали коефіцієнт відновлення для матеріалів сталь і скло. Коефіцієнт тертя зерна гороху по сталі – 0,24, сої по склу – 0,19. На рис. 3.3 зображені варіаційні криві коефіцієнтів відновлення компонентів вороху зерна гороху сорту Саламанка при матеріалі відбивної поверхні сталь, на рис. 3.4 і варіаційні криві того ж сорту зерна гороху при матеріалі відбивної поверхні скло силікатне товщиною 5 мм, наклеєне на металевій основі. Вивчення пружних властивостей поділюваних компонентів показало, що різниця коефіцієнтів відновлення цілого і пошкодженого зерна гороху незначно відрізняється при матеріалах відбивної поверхні сталь і скло і знаходиться в межах похибки дослідів. Аналіз кривих показують, що за пружними властивостями можна виділити до 60 % пошкодженого без виходу цілого зерна в другу фракцію.

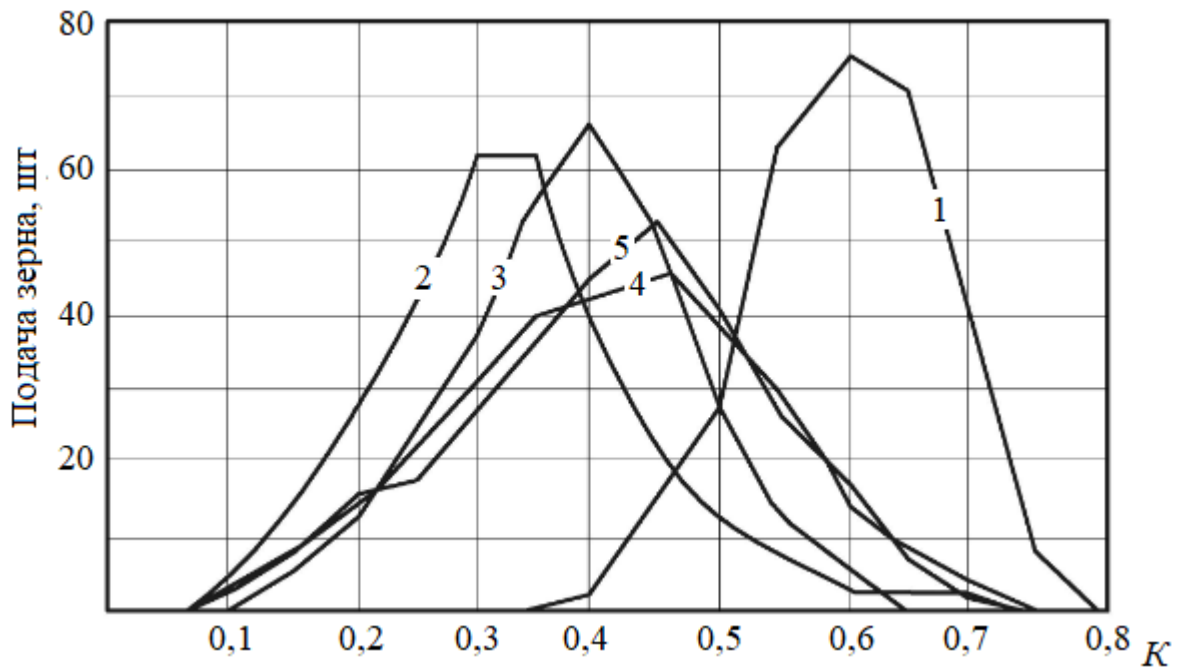


Рисунок 3.3 – Варіаційні криві коефіцієнтів відновлення швидкості поділюваних компонентів зерна гороху сорту Саламанка. Матеріал відбивної поверхні – сталь; 1 – ціле зерно гороху; 2 – пошкоджене; 3 – морозобійне; 4 – уражене хворобами; 5 – недорозвинуте.

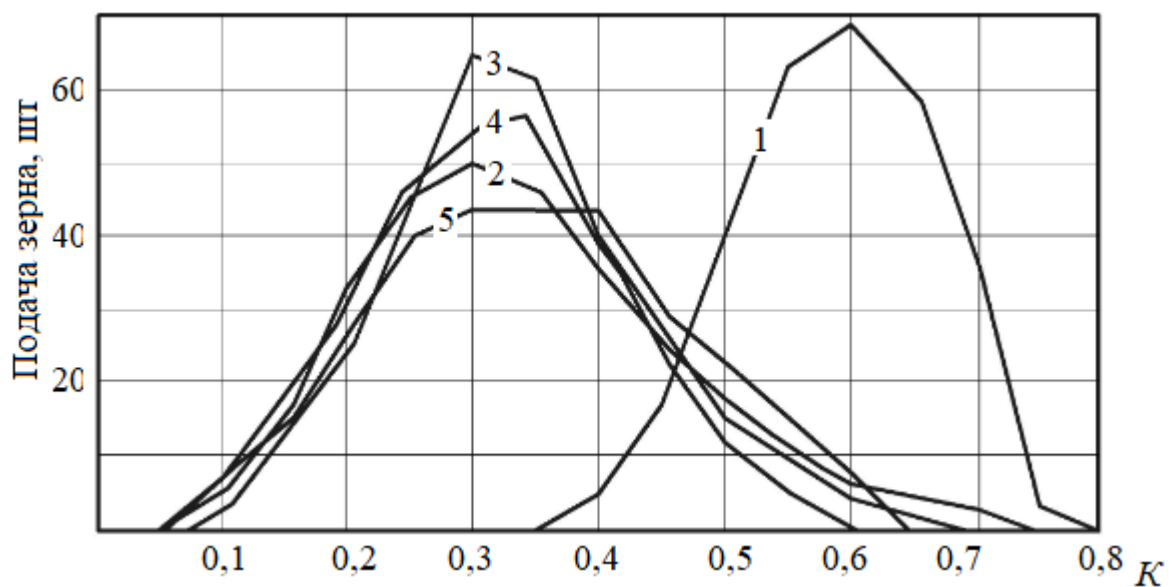


Рисунок 3.4 – Варіаційні криві коефіцієнтів відновлення швидкості поділюваних компонентів зерна гороху сорту Саламанка. Матеріал відбивної поверхні – скло силікатне; 1 – ціле зерно гороху; 2 – пошкоджене; 3 – морозобійне; 4 – уражене хворобами; 5 – недорозвинуте.

У морозобійного, недорозвинутого зерна і зерна пошкодженого хворобами, що мають форму, значно відмінну від форми кулі, коефіцієнт відновлення при матеріалі відбивної поверхні – скло менший, ніж при матеріалі відбивної поверхні сталь. Це підтверджує теоретичні передумови про доцільність застосування при сортуванні круглих і довгастих частинок матеріалу відбивної поверхні, що має менший коефіцієнт тертя. Якісний аналіз кривих показав, що за пружними властивостями можна виділити без виходу цілого насіння в другу фракцію до 45 % зерна морозобійного і недорозвинутого і до 50 % зерна, пошкоджених хворобами.

3.4 Результати лабораторних досліджень сортування зерна гороху за пружними властивостями

Метою лабораторних досліджень стало пошук оптимальної технологічної схеми сортування зерна гороху за пружними властивостями, визначення оптимальних режимів її роботи і якісних показників процесу. На рис. 3.5 зображена технологічна схема сортування зерна гороху за пружними властивостям.

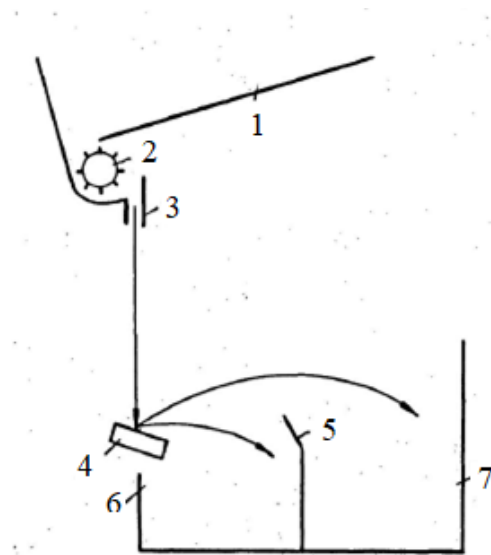


Рисунок 3.5 – Схема сортування за пружними властивостям без стабілізуючої поверхні. 1 – бункер; 2 – живильний валик; 3 – фартух; 4 – відбивна поверхня; 5 – дільник; 6 – приймач другої фракції; 7 – приймач першої фракції.

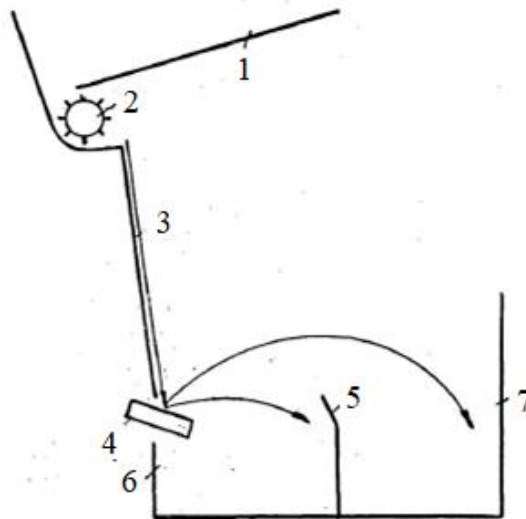


Рисунок 3.6 – Схема сортування за пружними властивостям зі стабілізуючою поверхнею, що має форму площини. 1 – бункер; 2 – живильний валик; 3 – стабілізуюча поверхня; 4 – відбивна поверхня; 5 – дільник; 6, 7 – приймачі фракцій.

Нами запропоновано технологічну схему і виготовили пристрій для сортування зерна гороху за пружними властивостям, в який був включений принципово новий елемент – стабілізуюча поверхня, розташована між живильним валиком і відбивної поверхнею (рис. 3.6). Пристрій складається з рами, на якій кріпляться: бункер (1) з живильним валиком (2), стабілізуюча поверхня (3), відбивна поверхня (4), дільник (5), приймач першої фракції (6), приймач другої фракції (7).

Кут установки стабілізуючою поверхні, її профіль, а також кут установки відбивної поверхні і положення двигуна регулюються. Принцип роботи установки наступний. Сортвана суміш засипається в бункер ємністю $0,03\text{м}^3$, звідки подається живильним валиком на похилу стабілізуючу поверхню. Привід живильного валика здійснюється мотором-редуктором потужністю $0,6\text{кВт}$ через клинопасову передачу і варіатор, що забезпечує частоту обертання живильного валика $5 - 30\text{ об/хв}$. Компоненти суміші, рухаючись по стабілізуючій поверхні, потрапляють під кутом α на відбивну поверхню, відбиваючись від якої більш

пружні частки (ціле зерно гороху) потрапляє до збірки першої фракції, а насіння пошкоджене, морозобійне, недорозвинене, уражене хворобами, має менший коефіцієнт відновлення – в збірник другої фракції. Висота установки бункера над відбивною поверхнею вибиралася з умови виключення травмування зерна гороху при ударі об відбивну поверхню і склала 1,2 м, що забезпечує швидкість при зіткненні менше 5 м/с.

3.4.1 Вплив стабілізуючої поверхні і її форми на якість сортування зерна гороху

Дослідження проводилися за трьома варіантами:

- варіант 1 – без стабілізуючої поверхні (рис. 3.5);
- варіант 2 – із стабілізуючою поверхнею, що має форму площини (рис. 3.6);
- варіант 3 – із стабілізуючою поверхнею, що має форму циліндра з твірною, перпендикулярною напрямленню руху потоку насіння (рис. 3.7).

Матеріал відбивної поверхні – сталь.

Досліди проводилися з зерном гороху сорту Саламанка, використовувалося зерно урожаю 2019 року, що має вологість 10 – 12 %. Результати дослідів зведені в табл. 3.2. З наведених даних видно, що наявність стабілізуючої поверхні дозволяє збільшити питому продуктивність процесу в 5 – 6 разів і підвищити повноту виділення морозобійного, недорозвиненого, пошкодженого хворобами зерна з 10,7 до 44,6 %.

Застосування стабілізуючої поверхні дозволило зменшити вихід цілого зерна в другу фракцію в 2,5 рази.

Візуальне спостереження за процесом сортування показало, що без стабілізуючої поверхні при питомій продуктивності більше 300 кг/год значно збільшується дисперсія потоку і порушується чіткість поділу траєкторії польоту компонентів. Застосування стабілізуючою поверхні у вигляді похилої площини трохи зменшує цю дисперсію, але не усуває її зовсім, так як частинки по формі відрізняються від кулі, котяться по поверхні стрибками, порушуючи

елементарність потоку, і потрапляють на відбивну поверхню не зорієнтованими.

Таблиця 3.2 – Результати досліджень

Показники	Дослід 1			Дослід 2			Дослід 3		
Кут нахилу стабілізуючої поверхні	Без поверхні			Оптимальний			Оптимальний		
Кут нахилу відбивної поверхні (оптимальний)	25			25			25		
Відношення першої і другої фракції	9:1			9:1			9:1		
Питома продуктивність, т/год·м	0,5	1,0	2,0	0,5	1,0	2,0	0,5	1,0	2,0
Чистота вихідного матеріалу, %	86,0	86,0	86,0	86,0	86,0	86,0	86,0	86,0	86,0
Повнота виділення зерна, %:									
- пошкодженого	47,2	42,1	22,6	52,9	49,4	38,9	54,2	52,0	49,1
- морозобійного, недорозвинутого та ураженого хворобами	19,4	14,3	10,6	26,8	28,6	30,3	53,6	48,2	44,6
Чистота відсортованого матеріалу, %	89,8	89,0	87,0	91,1	90,8	90,0	92,9	93,3	91,8
Вихід цілого насіння в другу фракцію, %	7,9	8,9	10,1	4,8	5,0	5,8	2,8	3,4	3,9

Стабілізуюча поверхня, що має форму циліндра в нижній своїй частині і майже вертикальна у верхній частині, дозволяє падаючій частинці в початковий момент часу придбати деяку енергію поступального руху. На вигнутій ділянці поверхні за рахунок відцентрових сил частка притискається до поверхні, але, маючи значну швидкість, не встигає закручуватися і потрапляє на відбивну поверхню зорієнтованою своєю поздовжньою віссю паралельно стабілізуючій

поверхні. Застосування стабілізуючої поверхні, що має таку форму, дозволило вдвічі збільшити повноту виділення часток, що мають довгасту форму, при питомій продуктивності 0,5 т/год і в 1,5 рази – при продуктивності 2 т/год м.

3.4.2 Вплив кута нахилу відбивної поверхні на якісні показники процесу сортування

Результати теоретичного дослідження свідчать, що якість поділу компонентів, що відрізняються за пружними властивостями і формі, залежить від кута падіння їх на відбивну поверхню. При поділі цілого і пошкодженого зерна гороху кут установки відбивної поверхні впливає на дальність їх польоту. Розрахунок оптимального кута при $f = 0,19$ і $K = 0,65$ показав, що цей кут дорівнює 23° .

При поділі цілого зерна і зерна морозобійного, недорозвинутого, ураженого хворобами хворобами, що відрізняються від цілого насіння коефіцієнтом сферичності, кут нахилу впливає на якість удару. Оптимальний кут залежить від коефіцієнта тертя поділюваних компонентів за матеріалом відбивної поверхні і коефіцієнта сферичності компонентів, що виділяються. Для зерна гороху сорту Саламанка при виділенні часток, що мають коефіцієнт сферичності 0,73 і коефіцієнт тертя 0,19, цей кут складає 25° .

З метою перевірки теоретичного розрахунку було проведено експеримент за визначенням оптимального кута нахилу відбивної поверхні.

Умови проведення експерименту: сорт зерна гороху – Саламанка; вологість – 10 – 13 %; матеріал відбивної поверхні – силікатне скло; коефіцієнт тертя зерна гороху по склу – 0,19; компоненти для поділу – ціле зерно гороху, зерно з пошкодженнями, морозобійне, недорозвинуте, уражене хворобами.

Установка для визначення оптимального кута нахилу відбивної поверхні (рис. 3.7) складається з стабілізуючої поверхні (1), відбивної поверхні (2), класифікатора (3). Зерно кожної з трьох груп по одному подаються на стабілізуючу поверхню вручну, в кожній групі – 450 насінин. Повторність дослідів – триразова. Завданням дослідів є визначення кута відбивної поверхні, що

забезпечує максимальну відмінність у дальності польоту поділюваних компонентів.

Результати дослідження зведені в табл. 3.3 і зображені на рис. 3.8 у вигляді кривих залежності різниці дальності польоту цілого зерна гороху та компонентів, що виділяються в залежності від кута падіння їх на відбивну поверхню.

Аналіз отриманих даних показав, що оптимальним кутом нахилу відбивної поверхні, при якому відбувається найбільш повне розділення траєкторій і дальності польоту компонентів, що поділяються, при виділенні пошкодженого зерна гороху є кут $23 - 25^\circ$, при виділенні морозобійного, недорозвинутого, ураженого хворобами зерна – кут $25 - 27$. На рис. 3.9 зображені варіаційні криві дальності польоту поділюваних компонентів при куті падіння 25° . Аналіз кривих показує, що при куті 25° можна відокремити 60 – 65 % пошкодженого зерна і 55 – 60 % зерна, що відрізняються за формою, при виході в другу фракцію до 10 % повноцінного зерна гороху.

Результати експериментальних даних підтверджують твердження про залежність якості сепарування від кута нахилу.

З метою виявлення кута нахилу відбивної поверхні при сортуванні безперервного потоку зерна і визначення положення дільника щодо відбивної поверхні експеримент був проведений на лабораторній установці для сепарування зерна гороху за пружними властивостям (рис. 3.7). З огляду на дані експерименту з визначення оптимального кута нахилу відбивної поверхні, діапазон досліджуваних кутів був обмежений і знаходився в межах $21 - 29^\circ$.

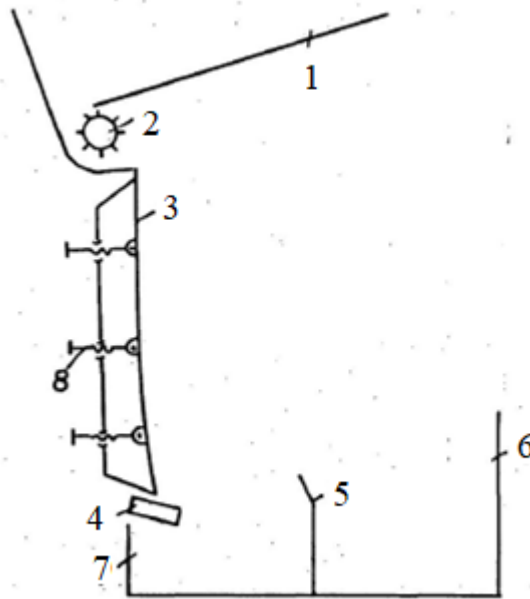


Рисунок 3.7 – Лабораторна установка:

1 – бункер; 2 – живильний валик; 3 – направляюча поверхня; 4 – відбивна поверхня; 5 – дільник; 6, 7 – збірники фракцій; 8 – гвинти регулювання форми напрямної поверхні.

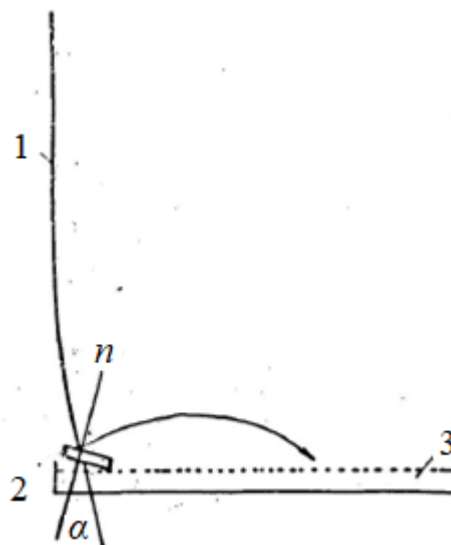


Рисунок 3.8 – Експериментальна установка для визначення оптимального кута установки відбивної поверхні.

1 – направляюча поверхня; 2 – відбивна поверхня; 3 – класифікатор.

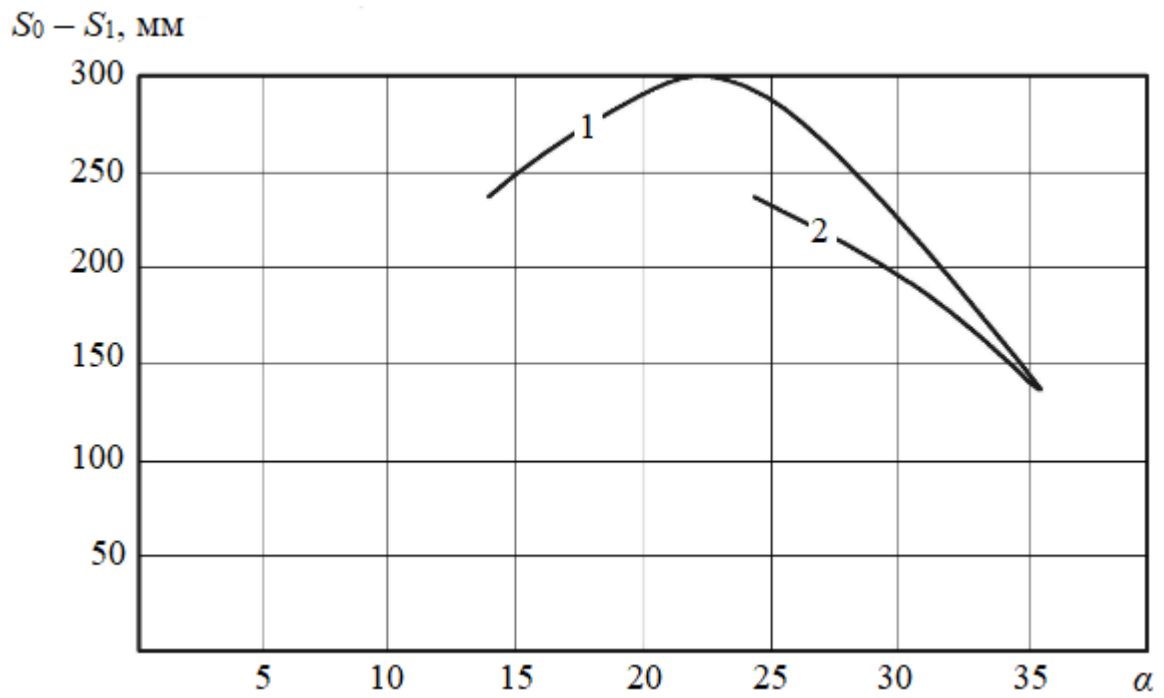


Рисунок 3.9 – Залежність різниці дальності польоту поділюваних компонентів від кута установки відбивної поверхні.

1 – ціле і пошкоджене зерно гороху; 2 – ціле зерно і зерно, що відрізняються за формою.

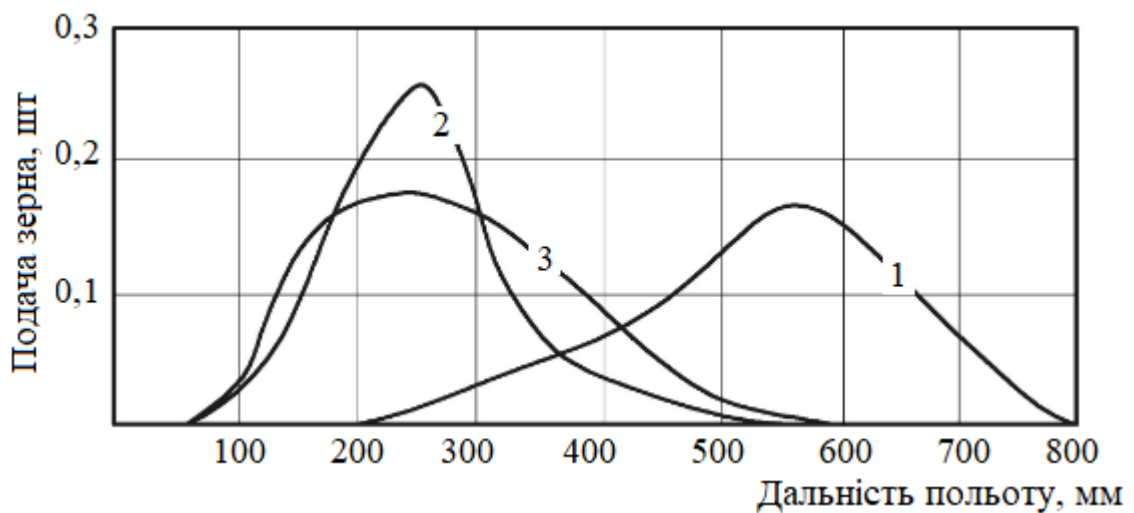


Рисунок 3.10 – Варіаційні криві дальності польоту поділюваних компонентів при куті установки відбивної площини 25° . 1 – ціле зерно; 2 – пошкоджене; 3 – відмінне за формою

Таблиця 3.3 – Вплив кута нахилу відбивної поверхні на різницю дальності польоту поділюваних компонентів

Компоненти поділу	Дальність польоту, мм	Кут нахилу відбивної поверхні, град. При $H = 800$ мм										
		15	17	19	21	23	25	27	29	31	33	35
Ціле зерно	S_1	470	510	550	560	580	540	500	440	380	300	260
Пошкоджене зерно	S_2	290	240	265	280	275	265	235	190	170	125	120
	$S_1 - S_2$	250	270	285	280	305	275	265	250	210	175	140
Морозобійне, недорозвинуте, уражене хворобами	S_3						305	280	230	195	135	120
	$S_1 - S_3$						235	220	210	185	165	140

Примітка. H – висота падіння насіння.

Положення дільника щодо точки зіткнення частинок, що сортуються об відбивну поверхню визначалося координатами X і Y , де X – віддалення дільника від точки удару, Y – перевищення дільником точки удару. Інтервал значень X і Y складав 50 мм (рис. 3.12).

На рис. 3.11 зображені дані залежності повноти виділення від виходу цілого насіння в другу фракцію. Кожній точці досліду відповідає положення дільника. З рис. 3.11 видно, що найбільша повнота виділення при рівному виході повноцінного зерна в другу фракцію отримана в дослідях 1, 2, 3, 4. Цим точкам досліду відповідає положення дільника, позначене точками 1, 2, 3, 4 (рис. 3.12), і кут нахилу відбивної поверхні дорівнює 25° .

Результати досліджень дозволили зробити наступні висновки:

Оптимальним кутом нахилу відбивної поверхні при сепаруванні зерна гороху по пружним властивостям є кут 25° .

Положення дільника щодо точки удару надає вплив на повноту виділення частинок і вихід повноцінного зерна в другу фракцію. Найкраще співвідношення цих показників досягається при переміщенні дільника відносно точки удару в горизонтальній площині при нульовому перевищенні у вертикальній площині.

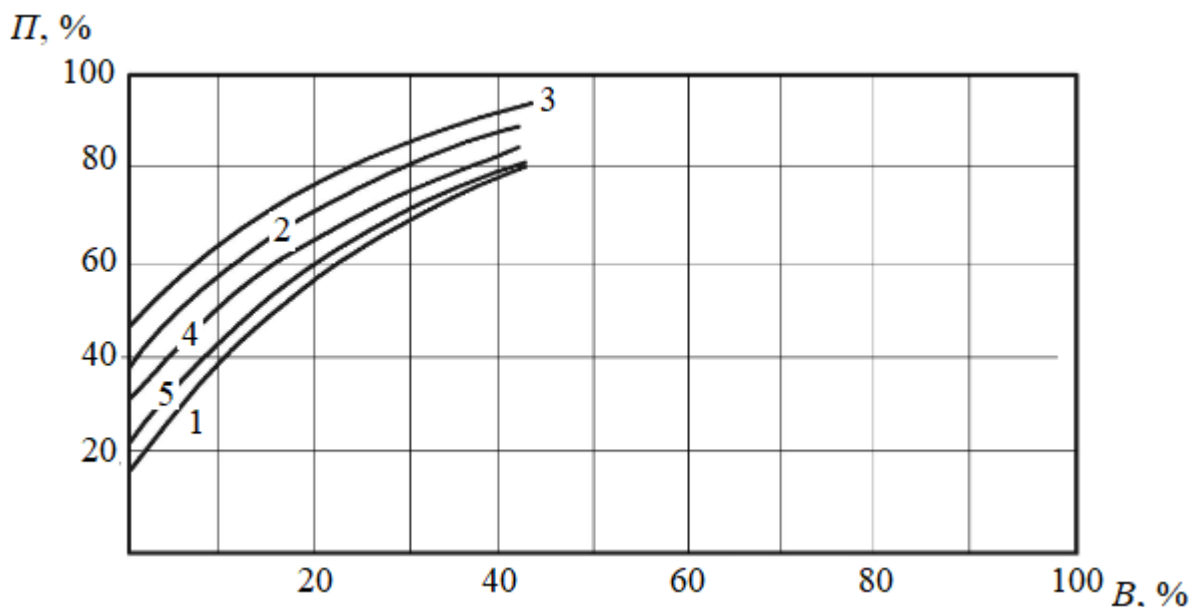


Рисунок 3.11 – Залежність повноти виділення (P) від виходу (B) повноцінного зерна в другу фракцію: 1 – 21° ; 2 – 23° ; 3 – 25° ; 4 – 27° ; 5 – 29° .

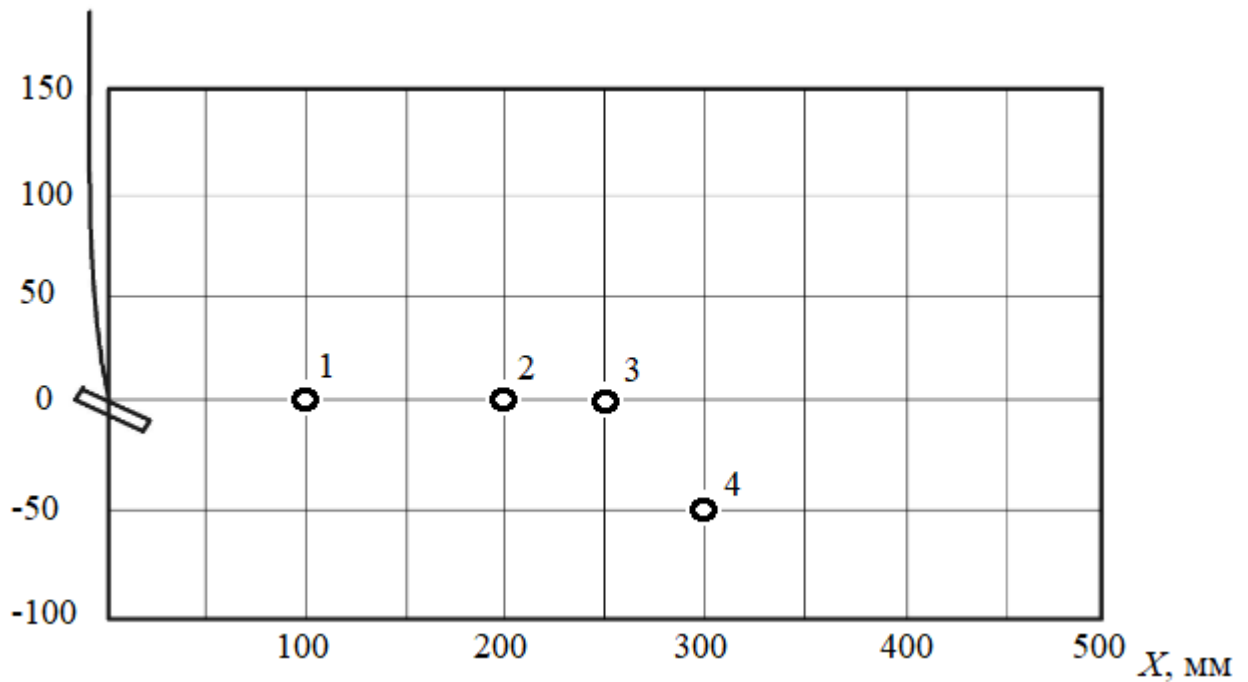


Рисунок 3.12 – Положення дільника щодо точки удару компонентів об відбивну поверхню.

3.4.3 Вплив питомої продуктивності установки на якість сепарування

При проведенні лабораторних досліджень ми встановили, що при збільшенні продуктивності установки до деякої величини спостерігається порушення стабільності польоту зерна гороху після відбиття і як наслідок цього – знижується якість сепарування. Це можна пояснити тим, що при збільшенні продуктивності установки щільність потоку зерна в поздовжньому напрямку зростає і при певній продуктивності досягає величини, при якій відбувається зіткнення зерна в момент взаємодії їх з відбивною поверхнею. В результаті такої взаємодії порушується траєкторія польоту після відбиття обох зерен гороху.

З метою визначення оптимальної продуктивності установки був проведений експеримент по визначенню впливу питомої продуктивності на якісні показники процесу сепарування. Продуктивність установки змінювалася від 1 до 2,5 т/год·м з інтервалами 0,5 т/год·м.

Таблиця 3.4 – Вплив питомої продуктивності на якісні показники процесу сепарування

Вихід 2-ї фракції, %	Питома продуктивність, т/год·м	Чистота вихідного матеріалу, %	Чистота відсортованого насіння, %	Вихід цілого насіння в другу фракцію, %	Повнота виділення, %	Коефіцієнт ефективності сепарування, E
15,6	1,0	87,6	95,2	9,0	67,4	0,88
16,5	1,5	87,6	94,8	10,6	65,2	0,86
17,8	2,0	87,6	94,4	12,4	64,1	0,85
26,8	2,5	87,6	92,5	23,8	56,3	0,72

Аналіз залежності агротехнічних показників від продуктивності (табл. 3.5) показує, що зі збільшенням продуктивності від 1 до 2 т/год·м якість сепарування знижується незначно. Вихід повноцінного зерна гороху в другу фракцію збільшується на 3,4 %, повнота виділення знижується на 3,3 %. Збільшення продуктивності до 2,5 т/год призводить до різкого збільшення виходу цілого зерна в другу фракцію (рис. 3.13), який становить 23,8 %. Повнота виділення знижується до 56,3 %. Коефіцієнт ефективності сепарування знижується з 0,85 до 0,72.

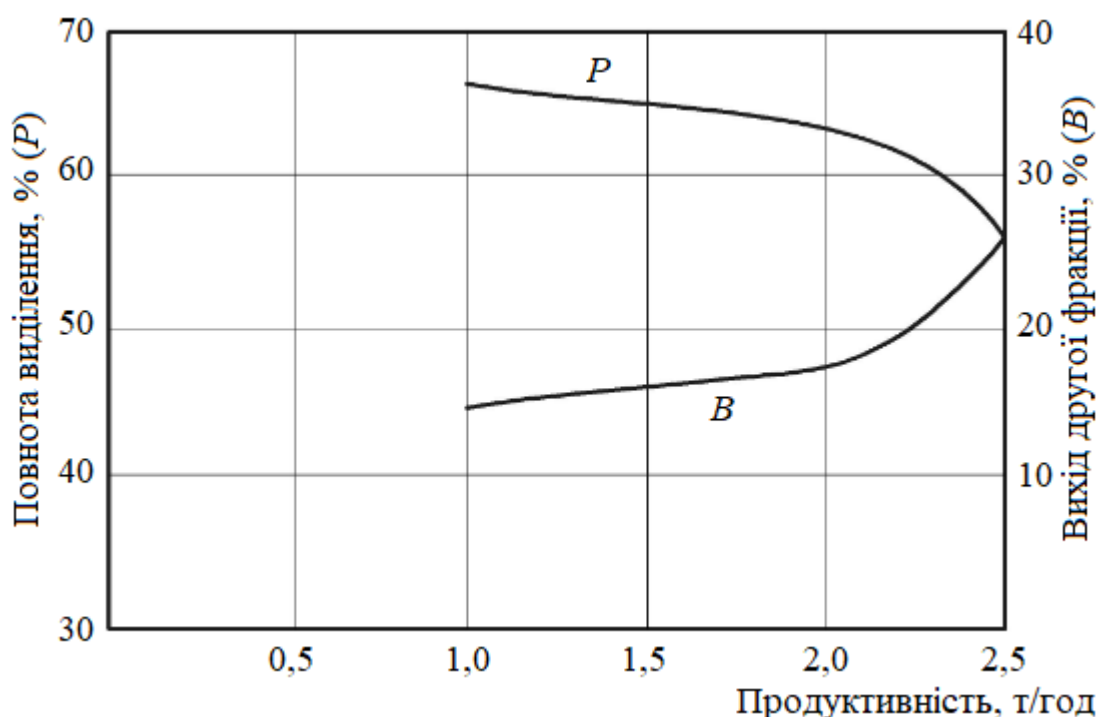


Рисунок 3.13 – Вплив питомої продуктивності на якість сепарування

Дослідження по визначенню впливу питомої продуктивності на якість сепарування дозволяє, зробити наступний висновок: при такій схемі сепарування насіння за пружними властивостями і типі живильного пристрою, оптимальною питомою продуктивністю установки є продуктивність 2,0 т/год·м.

3.4.4 Вплив вологості зерна гороху на якість процесу сепарування

Вологість має суттєвий вплив на коефіцієнт відновлення компонентів, що сепаруються і на коефіцієнт тертя їх за матеріалом відбивної поверхні і в

кінцевому рахунку – на якісні показники процесу сепарування за пружними властивостям. Нами були проведені лабораторні дослідження з метою визначення залежності якості сепарування від вологості зерна, що надходять на очистку. Експеримент проводився з горохом сорту Саламанка врожаю 2019 року. Вологість зерна змінювалася від 10 до 20 %.

Результати експерименту показали, що при зміні вологості зерна від 10 до 20 % коефіцієнт відновлення нормальної швидкості знижувався з 0,65 до 0,58, а коефіцієнт тертя збільшився від 0,19 до 0,22 (матеріал відбивної поверхні – скло силікатне).

У табл. 3.5 наведені дані про вплив вологості зерна гороху на якісні показники процесу сортування за пружними властивостям.

Аналіз результатів експерименту показує, що вологість впливає на стан дільника щодо точки зіткнення компонентів з відбивною поверхнею по осі X (рис. 3.12), тобто на віддалення дільника. Це пояснюється тим, що підвищення вологості веде до зменшення коефіцієнта відновлення нормальної швидкості і, як наслідок цього, до зменшення дальності польоту компонентів, що сепаруються. Для збільшення повноти виділення дільник необхідно наблизити до відбивної поверхні. При рівній повноті виділення 62 – 63 % віддалення дільника від точки удару зменшується з 280 до 240 мм, вихід цілого зерна гороху в другу фракцію збільшується з 10,2 до 12,2 %. Коефіцієнт ефективності сепарації зменшився з 0,86 до 0,84.

В таблиці 3.6 наведені оптимальні параметри і режими роботи пристрою для сепарування зерна гороху за пружними властивостям, визначені за результатами експериментальних досліджень.

Таблиця 3.5 – Вплив вологості зерна гороху на якісні показники процесу сепарування

Вологість зерна, %	Повнота виділення, %	Положення дільника по осі X , мм	Вихід цілого насіння в другу фракцію, %	Коефіцієнт ефективності сепарування, E
10	0,63	280	10,2	0,86
12	0,63	275	10,6	0,86
14	0,62	260	10,9	0,85
16	0,63	250	11,2	0,84
18	0,63	240	11,9	0,84
20	0,62	240	12,2	0,84

Таблиця 3.6 – Оптимальні параметри і режими роботи пристрою для сепарування зерна гороху по пружним властивостям

Оберти живильного валика, c^{-1}	Питома продуктивність, т/год·м	Висота подачі зерна, мм	Радіус кривизни стабілізуючої поверхні, мм	Кут удару, град.	Віддалення дільника, мм	Матеріал відбивної поверхні	
						E	f
20	2000	100 – 1200	1500	25	240 – 280	$2 \cdot 10^{11}$	0,19

Висновки до розділу

Результати експериментальних досліджень, викладені в цьому розділі, дозволяють зробити наступні висновки:

При косому ударі тіла сферичної форми об перешкоду спостерігається відновлення тангенціального імпульсу, що веде до додаткової втрати тангенціальної складової швидкості.

На різницю коефіцієнтів відновлення поділюваних компонентів впливають не тільки їх пружні властивості, а й пружні властивості матеріалу відбивної поверхні. Велика різниця коефіцієнта відновлення нормальної складової швидкості досягається при матеріалі відбивної поверхні, що має модуль пружності 1 – 2 порядки вище модуля пружності поділюваних компонентів.

Вивчення коефіцієнтів відновлення компонентів вороху зерна гороху показало, що пружність є надійною ознакою сортування цілого зерна гороху та гороху з пошкодженнями. За пружними властивостями можна виділити також недорозвинені, морозобійні і уражене хворобами зерно гороху.

Наявність стабілізуючої поверхні, що має увігнуту форму в нижній своїй частині, дозволило збільшити оптимальну продуктивність пристрою в порівнянні з відомими з 300 до 2000 кг/год·м при повноті виділення важковідокремлюваних домішок 64,1 % і виході цілого насіння в другу фракцію 12, 4 %.

Якість сепарування зерна гороху за пружними властивостям залежить від кута нахилу відбивної поверхні і положення дільника відносно точки удару зерна гороху об відбивну поверхню. Оптимальним кутом нахилу відбивної поверхні є кут 25°. Віддалення подільника від точки зіткнення коливається в межах 240 – 280 мм при зміні вологості зерна від 10 до 20 %.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Дослідження та оцінка стану з охорони праці в ТОВ «Побережне»

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності.

Небезпечним називають виробничий фактор, вплив якого на організм працюючого у відповідних умовах праці може призвести до травм або іншого раптового, різкого погіршення стану здоров'я [61]. В умовах ТОВ «Побережне» небезпечними виробничими факторами є робота з підвищеними напругами.

Шкідливим називають виробничий фактор, вплив якого на організм працюючого може призводити в певних умовах до захворювання або зниження рівня працездатності [61], а саме це запиленість виробничого приміщення та нерівномірне освітлення робочих місць.

Показники виробничого травматизму по ТОВ «Побережне» за останні три років приведені в таблиці 5.1.

Коефіцієнти частоти, тяжкості та втрати робочого часу визначено за статистичними методами аналізу виробничого травматизму [62].

Оскільки нещасні випадки траплялись на підприємстві тільки на протязі 2017 року, тому розрахунки приведемо тільки за цей рік.

- коефіцієнт частоти травматизму:

$$K_{ч2017} = \frac{2}{85} \cdot 1000 = 23,5, \quad (4.1)$$

- коефіцієнт важкості травматизму:

$$K_{\text{в}2017} = \frac{45}{2} = 22,5, \quad (4.2)$$

- коефіцієнт втрат робочого часу:

$$K_{\text{вт}2017} = \frac{45}{85} \cdot 1000 = 529,4. \quad (4.3)$$

Основні показники травматизму зводяться до таблиці 4.1 та робляться висновки про його рівень.

Таблиця 4.1 – Основні показники виробничого травматизму по ТОВ «Побережне» за 2017 – 2019 роки

Показники	Роки		
	2017	2018	2019
Кількість працюючих, чол.	85	85	85
Кількість нещасних випадків, од	2	-	-
Втрати днів непрацездатності від травматизму	45	-	-
Коефіцієнт частоти травматизму	23,5	-	-
Коефіцієнт важкості травматизму	22,5	-	-
Коефіцієнт втрат робочого часу	240	-	-

Аналіз виробничого травматизму за період 2017 – 2019 рр. показав, що тільки у 2015 році в господарстві сталося два нещасних випадки, що призвело до втрати потерпілими 45 днів працездатності. Причиною нещасних випадків стало недотримання працівниками вимог безпеки праці при роботі з обладнанням для сепарування сипких харчових продуктів.

Система управління охороною праці підприємства (СУОП) – це сукупність органів управління підприємством, які на підставі комплексу нормативної документації проводять цілеспрямовану, планомірну діяльність щодо здійснення завдань і функцій управління з метою забезпечення здорових, безпечних і

високопродуктивних умов праці, запобігання травматизму та профзахворюванням, а також додержання прав працівників, гарантованих законодавством з питань охорони праці.

Створення СУОП на ТОВ «Побережне» здійснюється шляхом послідовного визначення мети і об'єкта управління, завдань і заходів щодо охорони праці, функцій і методів управління, побудови організаційної структури управління, складання нормативно-методичної документації.

Систему управління (керування) ТОВ «Побережне» можна розподілити на дві підсистеми: таку, що управляє, і таку, якою управляють (рис. 4.1):

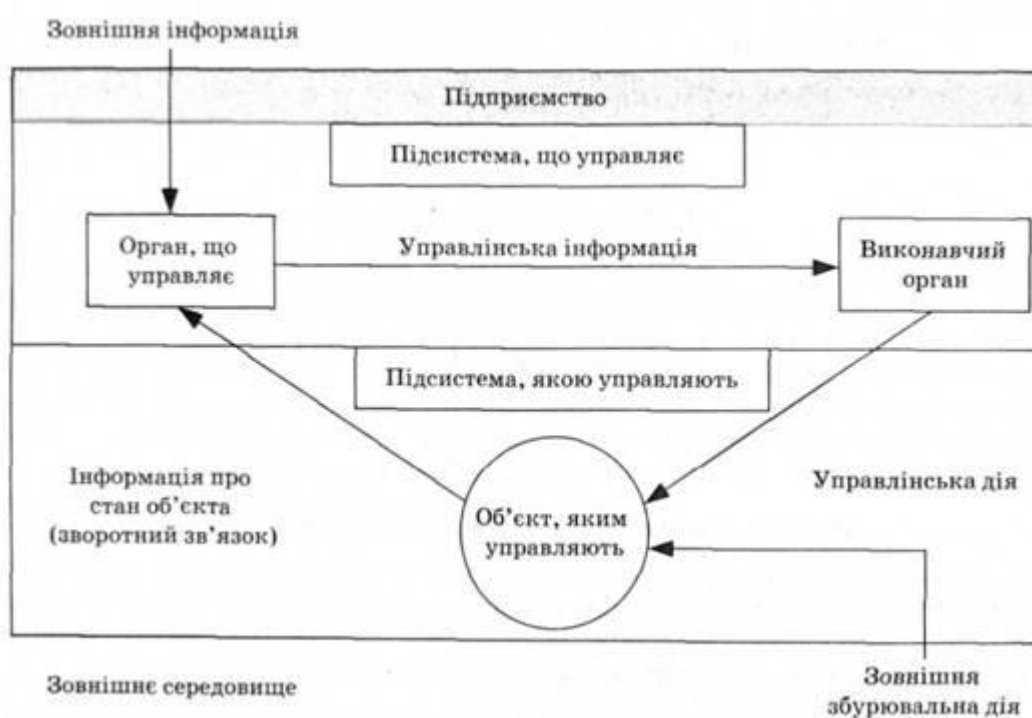


Рисунок 4.1 – Структурна схема СУОП підприємства ТОВ «Побережне»

У свою чергу, в системі управління виділяють об'єкт, яким управляють та орган, який здійснює таке управління. Останній на основі аналізу отриманої інформації - зовнішньої (наприклад, наказу міністерства) або внутрішньої - про стан об'єкта розробляє і видає управлінську інформацію (наприклад, наказ по підприємству). Як правило, на великих та середніх підприємствах на підставі управлінської інформації деякий виконавчий орган (наприклад, керівники структурних підрозділів) здійснюють управлінську дію на об'єкт. У багатьох

випадках орган, що здійснює управління, та виконавчий; орган об'єднують одним поняттям - суб'єкт управління.

Отже, СУОП підприємства ТОВ «Побережне» можна зобразити у вигляді структурної схеми (рис. 4.2).



Рисунок 4.2 – Структурна схема СУОП підприємства ТОВ «Побережне»

До основних функцій управління охороною праці належать:

- прогнозування і планування робіт, їх фінансування;
- організація та координація робіт;
- облік показників стану умов і безпеки праці;
- аналіз та оцінка стану умов і безпеки праці;
- контроль за функціонуванням СУОП;
- стимулювання діяльності з охорони праці.

Основні завдання управління охороною праці:

- навчання працівників з питань охорони праці та пропаганда безпечних методів праці;
- забезпечення безпеки технологічних процесів, виробничого устаткування, будівель і споруд, виробничих приміщень;
- нормалізація санітарно-гігієнічних умов праці;

- забезпечення працівників засобами колективного та індивідуального захисту;
- забезпечення оптимальних режимів праці та відпочинку;
- організація лікувально-профілактичного та санітарно-побутового обслуговування працівників;
- професійний відбір працівників певних професій;
- удосконалення нормативної бази підприємства з питань охорони праці.
- планування роботи з охорони праці.

Організація робіт з охорони праці на підприємстві знаходиться в задовільному стані. До її недоліків можна віднести:

1. Відсутній медичний контроль працівників перед роботою для зменшення захворюваності і нещасних випадків з вини працюючого.
2. Організація робочих місць не відповідає вимогам.
3. На робочих місцях відсутній необхідний інструмент.
4. Перелік та стан інструменту на протипожежних щитах не відповідає вимогам.
5. Відсутні місця для паління.

4.2 Рекомендації щодо поліпшення умов праці на підприємстві

В результаті аналізу стану охорони праці та виробничого травматизму, мною були виявлені певні недоліки. Пропонуємо провести заходи для їх усунення, що призведе до поліпшення умов та безпеки праці, а саме:

1. Ввести медичний контроль працівників перед роботою для зменшення захворюваності і нещасних випадків з вини працюючого.
2. Реорганізувати робочі місця з метою створення здорових і безпечних умов праці з метою поліпшення безпеки і умов праці.
3. Доукомплектувати робочі місця набором необхідного інструмента і пристосуваннями для зменшення травматизму і нещасливих випадків на підприємстві.

4. Доукомплектувати протипожежні щити для забезпечення своєчасної ліквідації пожежі, в разі її виникнення.

5. Для запобігання виникнення пожежі обладнати місце для паління.

4.3 Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшення умов праці в підприємстві

Одним із недоліків у виробничих приміщеннях цеху з обробки сипких харчових продуктів ТОВ «Побережне» є відсутність механічної системи вентиляції виробничих приміщень, що значно впливає на показники запиленості приміщень і може призвести до нещасного випадку чи навіть вибуху. Взявши до уваги вищевикладене доцільно буде на нашу думку привести розрахунок механічної системи вентиляції виробничого приміщення елеватора.

Механічну вентиляцію виробничого приміщення цеху очистки зерна де повітрообмін розраховується на 10 чоловік працівників [63].

Першим етапом при розрахунку механічної системи вентиляції необхідно накреслити схему вентиляційної системи цеху.

Потім необхідно визначити повітрообмін W (м³/год). Оскільки у виробничому приміщенні цеху не міститься шкідливих речовин повітрообмін будемо визначати шляхом множення кількості робітників n_p в приміщенні на нормовану величину W_0 витрати повітря на одного працюючого.

Отже повітрообмін визначимо за формулою:

$$W = n_p \cdot W_0, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (4.4)$$

де n_p – кількість робітників, чол. $n_p = 85$ чол.

В нашому випадку, коли на одного працівника припадає 20 м³ і більше об'єму приміщення, то $W_0 = 20$ м³/год.

Отже, маємо,

$$W = 85 \cdot 20 = 1700 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Знаючи величину повітрообміну ми можемо тепер визначити продуктивність вентилятора за формулою:

$$W_B = \kappa_3 \cdot W, \text{ м}^3/\text{год.} \quad (4.5)$$

де, κ_3 – коефіцієнт кратності повітрообміну. Приймаємо в межах 1,3 – 2,0.

Отже,

$$W_B = 2,0 \cdot 1700 = 3400 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Тепер за каталогом вентиляційного обладнання, та за номограмою по підрахованій продуктивності вибираємо марку та тип вентилятора, а також потужність двигуна та діаметр вентиляційної труби. Отже тип вентилятора радіальний, марка ВЦП 3-40-5,0, технічна характеристика приведена в таблиці 4.2.

В результаті виникнення надзвичайної ситуації (несправності технологічного обладнання), концентрація пилу у повітрі робочої зони може перевищувати встановлені норми в 2 – 3 рази, тому необхідно провести у уточнювальний розрахунок системи вентиляції.

Таблиця 4.2 – Технічна характеристика вентилятора ВЦП 3-40-5,0

Марка	Двигун			Частота обертання робочого колеса, хв ⁻¹	Параметри в робочій зоні		Маса, кг
	Тип	Потужність, кВт	Частота обертання вала, хв ⁻¹		Продуктивність, тис.м ³ /год	Тиск, Па	
ВЦП 3-40-5,0	АИР160S2	9,0	1200	1800	1,3 – 8,0	1300	270

За результатами практичного дослідження встановлено, що технологічним обладнанням виділяється до 15 кг зернового пилу за годину. Дослідження

концентрації пилу проводилися розрахунково-ваговим методом і за допомогою приладу «аспіратора».

Продуктивність вентилятора призначеного для видалення пилу з робочої зони зерноочисного відділення визначається за формулою,

$$L = \frac{P}{P_1 - P_0}, \text{ мГ/м}^3 \quad (4.6)$$

За нормами СН 245-71 та ГОСТ 12.1.005-88 для зернового пилу $P_1 = 6 \text{ мГ/м}^3$, що стосується P то прийmemo його в три рази більшим від дослідного, так як в результаті надзвичайної ситуації показник збільшується до трьох разів.

Отже,

$$L = \frac{15000}{6 - 0} = 2500 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Розрахункова продуктивність вентилятора у разі виникнення надзвичайної ситуації рівна $2500 \text{ м}^3/\text{год}$, а отже, обраний вентилятор цілком впорається із видаленням пилу і у разі виникнення надзвичайної ситуації.

4.4 Вимоги безпеки праці оператора устаткування для сепарування сипкої харчової сировини

Проаналізувавши дані отримані в таблиці 5.1 з яких видно що причиною виробничого травматизму на підприємстві є недотримання вимог безпеки праці під час роботи се парувальних машин, тому на нашу думку буде доцільно привести вимоги безпеки праці при сепаруванні сипких харчових продуктів [64].

Загальні положення

До роботи допускаються особи віком не молодше 18 років, які мають посвідчення на право виконання робіт, пройшли медичний огляд, вступний інструктаж з охорони праці, інструктаж на робочому місці та інструктаж з питань пожежної безпеки.

Основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які діють на слюсаря:

- рухомі машини, механізми, незахищені рухомі частини виробничого устаткування;
- захаращеність робочих місць інструментом, пристосуванням, матеріалами, деталями;
- відсутність спеціальних пристроїв, інструменту та обладнання для виконання робіт відповідно прийнятої технології;
- незахищені струмоведучі частини електрообладнання (електроустановок);
- недостатня освітленість робочої зони;
- шкідливі компоненти в складі застосовуваних матеріалів, які діють на працюючого через шкірний покрив, дихальні шляхи, шлункову систему та слизові оболонки органів зору та нюху;
- падіння вивішених частин обладнання;
- несправність інструмента, обладнання, пристосувань;
- падіння деталей, вузлів, агрегатів, інструменту;
- падіння з висоти;
- осколки металу, що відлітають при рубці металу;
- наявність у повітрі робочої зони шкідливих речовин;
- знижена температура повітря у холодний період року.

Вимоги безпеки перед початком роботи

Одягнути спецодяг, застібнути рукави, волосся прибрати під щільно облягаючий головний убір. Працювати в легкому взутті (тапочках, сандалях, босоніжках) забороняється.

Підготувати робоче місце для безпечної роботи. Прибрати сторонні предмети, звільнити проходи, інструмент, пристрої та деталі розмістити в зручному для користування порядку.

Перевірити наявність та справність інструменту, пристроїв та засобів індивідуального захисту (ЗІЗ). Для роботи використовувати тільки справні інструменти та пристрої. Перевірити справність приставних і розсувних драбин.

Для перенесення робочого інструменту до місця роботи підготувати спеціальну сумку або ящик з декількома відділеннями.

Переконайтеся, що робоче місце добре освітлене. При необхідності використання переносної лампи перевірити наявність на лампі захисної сітки, справність шнура та ізоляційної трубки. Напруга місцевого освітлення має бути не більше 42 В, переносних електроламп – не більше 12 В.

При роботі з талями перевірити їх справність, справність стропів і гальм, піднявши вантаж на висоту 200 – 300 мм. Місце для підвішування талів має вказати керівник робіт. Закріплювати талі тільки після дозволу керівника робіт, особливу увагу звернути на міцність кріплення талів.

Якщо поруч виконуються електрозварювальні роботи, вимагати від адміністрації встановити щит (ширму) для захисту очей і обличчя від ультрафіолетових променів або одягнути спеціальні окуляри.

Вимоги безпеки під час виконання роботи

Перед оглядом, чищенням і ремонтом вентиляційних установок вимагати їх зупинки за допомогою кнопок «СТОП» і зняття плавких вставок (запобіжників).

Якщо робота виконується біля електричних проводів і діючих електроустановок, вимагати відключення струму на час виконання робіт; якщо це зробити неможливо, то під час ремонтних робіт обов'язково повинен бути присутній керівник робіт, а небезпечні місця мають бути загороджені.

Для роботи біля рухомих частин обладнання, механізмів, діючих шинопроводів та електроустановок вимагати загородження небезпечних зон.

Перед пуском відремонтованої вентиляційної системи перевірити:

справність приводного ременя та його натяг.

У разі виявлення стуку або шуму в вентиляторі негайно вимкнути електродвигун і приступити до огляду і ремонту вентилятора.

Закладати привідний ремінь, який зсунувся, тільки після повної зупинки електродвигуна і вентилятора. Забороняється закладати ремінь на ходу.

При обслуговуванні систем вентиляції необхідно контролювати:

- роботу підшипників; при їх нагріванні ліквідувати причину нагрівання.

При огляді і складанні підшипників слідкувати за тим, щоб вони не були сильно затягнуті і щоб в них не потрапляли ошурки, пісок, пил;

- роботу електромотора. Стежити, щоб під час роботи не перегрівався кожух електромотора. Огляд і ремонт електромоторів самому не робити; цю роботу виконує тільки електрик;

- стан підвісок повітропроводів. Не допускати їх провисання.

При роботі ременя з ударами, при ковзанні його зупинити вентиляційний агрегат для зшивання ременя.

При огляді пилоприймачів і пилоочищувальних споруд, а також при чищенні пилу з бункерів працювати в захисних окулярах, респіраторі і відповідному спецодязі.

При роботі з переносним електроінструментом:

- користуватися гумовими діелектричними рукавицями, калошами чи діелектричним килимом;

- необхідно слідкувати за справністю ізоляції кабелю, міцністю кріплення заземлюючого дроту та штепсельної вилки;

- обережати провід від пошкоджень;

- під час перерв відключати від електромережі.

Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

Негайно вимкнути вентиляційну систему у разі:

- появи незвичайних шумів та стуків у вентиляторі;

- виявлення нерівномірного ходу вентиляційного агрегату, провисання валу, згинання або розриву лопаток;
- перегрівання корпусу електродвигуна і підшипників;
- виникнення в приміщенні дільниці, або вентиляційній камері пожежі.

Якщо стався нещасний випадок, необхідно надавати потерпілому першу медичну допомогу; при необхідності, викликати швидку медичну допомогу.

У разі виникнення пожежі викликати пожежну команду та приступити до гасіння пожежі первинними засобами пожежогасіння.

Виконувати всі вказівки керівника робіт по ліквідації небезпеки.

Вимоги безпеки після закінчення роботи

Вимкнути обладнання з електромережі.

Зібрати інструмент і пристрої, привести їх в належний стан (почистити, протерти), скласти в інструментальний ящик (сумку), прибрати інструмент і пристрої у відведені місця.

Прибрати місце проведення робіт, відходи зібрати в ящики для сміття та винести з приміщення у відведені місця.

Прибрати попереджувальні написи та знаки безпеки.

Електро- і пневмоінструмент здати комірнику для перевірки справності та зберігання.

Повідомити керівника робіт про виконану роботу, про виявлені в процесі роботи несправності. Якщо ведеться спеціальний журнал обліку роботи, зробити відповідний запис.

Зняти спецодяг, сховати його в індивідуальну шафу. ЗІЗ покласти у відведене місце.

Вимити руки і обличчя теплою водою з милом, прийняти душ. Забороняється мити руки маслом, гасом, бензином, витирати руки ганчір'ям, забрудненими ошурками.

4.5 Безпека праці в надзвичайних ситуаціях

Дії у випадку загрози виникнення повені [72]:

1. Уважно слухайте інформацію про надзвичайну ситуацію та інструкції про порядок дій, не користуйтеся без потреби телефоном, щоб він був вільним для зв'язку з вами.

2. Зберігайте спокій, попередьте сусідів, надайте допомогу інвалідам, дітям та людям похилого віку.

3. Дізнайтеся у місцевих органах державної влади та місцевого самоврядування місце збору мешканців для евакуації та готуйтеся до неї.

4. Підготуйте документи, одяг, найбільш необхідні речі, запас продуктів харчування на декілька днів, медикаменти. Складіть все у валізу. Документи зберігайте у водонепроникному пакеті.

5. Від'єднайте всі споживачі електричного струму від електромережі, вимкніть газ.

6. Перенесіть більш цінні речі та продовольство на верхні поверхи або підніміть на верхні полиці.

Дії в зоні раптового затоплення під час повені:

1. Зберігайте спокій, уникайте паніки.

2. Швидко зберіть необхідні документи, цінності, ліки, продукти та інші необхідні речі.

3. Надайте допомогу дітям, інвалідам та людям похилого віку. Вони підлягають евакуації в першу чергу.

4. По можливості негайно залишіть зону затоплення.

5. Перед виходом з будинку вимкніть електро- та газопостачання, загасіть вогонь у грубах. Зачиніть вікна та двері, якщо є час – закрийте вікна та двері першого поверху дошками (щитами).

6. Підніміться на верхні поверхи або на горищні приміщення.

7. До прибуття допомоги залишайтеся на верхніх поверхах, дахах, деревах чи інших підвищеннях, сигналізуйте рятувникам, щоб вони мали змогу швидко вас знайти.

8. Перевірте, чи немає поблизу постраждалих, надайте їм, по можливості, допомогу.

9. Потрапивши у воду, зніміть з себе важкий одяг і взуття, відшукайте поблизу предмети, за допомогою яких можна утриматися до одержання допомоги.

10. Не переповнюйте рятувальні засоби (катери, човни, плоти).

Дії після повені:

1. Переконайтесь, що ваше житло не отримало внаслідок повені ніяких ушкоджень та не загрожує заваленням, відсутні провалини в будинку і навколо нього, не розбите скло і немає небезпечних уламків та сміття.

2. Не користуйтеся електромережею до повного осушення будинку.

3. Обов'язково кип'ятіть питну воду, особливо з джерел водопостачання, які були підтоплені.

4. Просушіть будинок, проведіть ретельне очищення та дезінфекцію забрудненого посуду і домашніх речей та прилеглої до будинку території.

5. Здійснюйте осушення затоплених підвальних приміщень поетапно, з розрахунку 1/3 об'єму води на добу.

6. Електроприладами можна користуватися тільки після їх ретельного просушування.

7. Заборонено вживати продукти, які були підтоплені водою під час повені. Позбавтеся від них та від консервації, що була затоплена водою і отримала ушкодження.

8. Все майно, що було затопленим, підлягає дезінфекції.

9. Дізнайтеся у місцевих органах державної влади та місцевого самоврядування адреси організацій, що відповідають за надання допомоги потерпілому населенню.

Висновки до розділу

У даному розділі приведено дослідження стану охорони праці та обов'язки відповідальних осіб з охорони праці в ТОВ «Побережне». У частині інженерних розрахунків для покращення умов праці та підвищення безпеки виробництва був проведений розрахунок системи вентиляції виробничого приміщення цеху. Також був розроблений план дій у разі повені.

5 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Організація проведення дослідження

Метою проведення економічних розрахунків по обґрунтуванню ефективності проведених досліджень є оцінка отриманих результатів і доцільності проекту по обґрунтуванню параметрів установки для сепарування зерна гороху за пружними властивостями.

Організація досліджень включає: складання переліку робіт, визначення їх взаємозв'язку і тривалості, побудову сітьового графіка, визначення критичного шляху, розрахунок кошторису витрат на проведення експерименту.

Перелік робіт, передбачений ходом дослідження з встановлення впливу техніко-технологічних параметрів установки для сепарування зерна гороху на ефективність її поділу на фракції, наведений у табл. 5.1.

Відповідно до плану проведення дослідження будується сітьовий графік – графічна модель, що відображає майбутню роботу або процес у вигляді окремих етапів і дозволяє шляхом розрахунків визначити оптимальний варіант її виконання. На стадії реалізації сітьовий графік забезпечує можливість оперативного управління ходом виконання роботи (рис. 5.1).

Таблиця 5.1 – План проведення дослідження

Шифр робіт $i-j$	Найменування робіт	Тривалість робіт t_{ij} , днів
1	2	3
1-2	Вибір теми науково-дослідної роботи	1
2-3	Літературний пошук та написання огляду	18
3-4	Складання плану науково-дослідної роботи	2
4-5	Розробка методики проведення досліджень	3
5-6	Підготовка дослідних зразків зерна гороху	3
6-7	Підготовка макетного зразка установки для сепарування	20
7-8	Визначення впливу кута нахилу відбивної поверхні на якісні показники процесу сортування	4

Продовження таблиці 5.1

1	2	3
7-9	Визначення впливу питомого навантаження на якість сортування	3
7-10	Визначення впливу вологості зерна гороху на якість сортування	5
7-11	Визначення впливу форми відбивної поверхні на якість процесу сепарування	6
8-12	Аналіз та обробка результатів дослідження	1
9-12		1
10-12		1
11-12		1
12-13	Обробка результатів експериментальних даних	4
13-14	Підготовка матеріалу до публікації	5
14-15	Формування демонстраційного матеріалу	4

Відповідно до плану проведення дослідження будується сітьовий графік – графічна модель, що відображає майбутню роботу або процес у вигляді окремих етапів і дозволяє шляхом розрахунків визначити оптимальний варіант її виконання. На стадії реалізації сітьовий графік забезпечує можливість оперативного управління ходом виконання роботи (рис. 5.1).

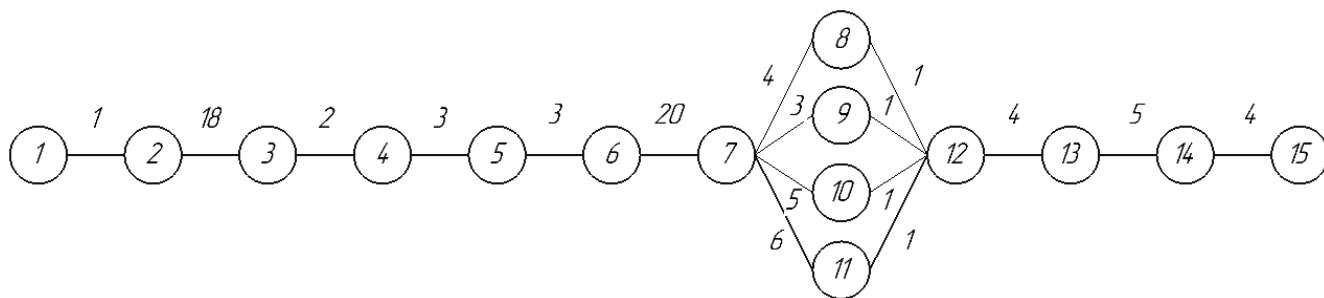


Рисунок 5.1 – Сітьовий графік проведення науково-дослідної роботи

Використовуючи сітьовий графік, знаходять повний шлях – тривалість послідовних робіт від початкової події до кінцевої.

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-8-12-13-14-15}^1 = 1 + 18 + 2 + 3 + 3 + 20 + 4 + 1 + 4 + 5 + 4 = 65;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-9-12-13-14-15}^2 = 1 + 18 + 2 + 3 + 3 + 20 + 3 + 1 + 4 + 5 + 4 = 62;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-10-12-13-14-15}^3 = 1 + 18 + 2 + 3 + 3 + 20 + 5 + 1 + 4 + 5 + 4 = 66;$$

$$L_{1-2-3-4-5-6-7-11-12-13-14-15}^4 = 1 + 18 + 2 + 3 + 3 + 20 + 6 + 1 + 4 + 5 + 4 = 67.$$

Шлях, який має максимальну тривалість називають критичним. У нашому випадку критичним є четвертий шлях з тривалістю в 67 днів.

Наступний етап – розрахунок параметрів часу:

- пізній термін здійснення події T_i^n – різниця між критичним шляхом та максимальним шляхом від даної події до кінцевої;

- ранній термін здійснення події T_i^p – найбільший шлях від початкової до i -тої події; ранній термін здійснення кінцевої події дорівнює тривалості критичного шляху $L_{KP} = 67$ днів.

Резерв шляху розраховують за формулою:

$$R_1 = T_1^n - T_1^p, \quad (5.1)$$

де R_1 – резерв шляху, днів;

T_1^n – пізній термін здійснення події, днів;

T_1^p – ранній термін здійснення події, днів.

Результати розрахунку представлені у табл. 5.2.

Повний резерв часу роботи – максимальна кількість часу, на який можна збільшити тривалість даної роботи, не змінюючи при цьому тривалість критичного шляху. Повний резерв часу роботи розраховують за формулою:

$$R_{ij}^n = T_j^n - T_i^n - t_{ij}, \quad (5.2)$$

де R_{ij}^n – повний резерв часу роботи, днів;

t_{ij} – загальна тривалість роботи, днів.

Таблиця 5.2 – Терміни здійснення подій (ранній та пізній) і резерв шляху

Номер події	Ранній термін здійснення події T_1^p , дні	Пізній термін здійснення події T_1^n , дні	Резерв шляху R_1 , дні
1	0	0	0
2	1	1	0
3	19	19	0
4	21	21	0
5	24	24	0
6	27	27	0
7	47	47	0
8	51	53	2
9	50	53	3
10	52	53	1
11	53	53	0
12	54	54	0
13	58	58	0
14	63	63	0
15	67	67	0

Вільний резерв часу – максимальна кількість часу, на який можна збільшити тривалість робіт чи відстрочити її початок, не змінюючи при цьому ранніх термінів початку наступних робіт. Показник визначають по формулі:

$$R_{ij}^e = T_j^p - T_i^p - t_{ij}, \quad (5.3)$$

де R_{ij}^e – вільний резерв часу роботи, днів;

T_1^n – пізній термін здійснення події, днів;

T_1^p – ранній термін здійснення події, днів.

Коефіцієнт напруженості робіт дозволяє судити про те, наскільки вільно можна мати у своєму розпорядженні наявні резерви.

Коефіцієнт напруженості робіт розраховують за формулою:

$$K_{ij}^H = \frac{L_{maxij} - t_{ij}}{L_{кр} - t_{ij}}, \quad (5.4)$$

де L_{maxij} – довжина максимального шляху, що проходить через роботу;

$L_{кр}$ – довжина критичного шляху ($L_{кр} = 67$ днів).

Результати розрахунків наведені у табл. 5.3.

Отже, використання мережевого планування допомагає правильно організувати дослідження, змодельовати, проаналізувати, а також, при необхідності, перебудувати його план з метою економії часу і коштів. При складанні сіткового графіка потрібно прагнути до рівнобіжного виконання окремих робіт, що дозволяє скоротити загальний термін проведення експерименту.

Таблиця 5.3 – Результати розрахунку вільного і повного резервів часу

Шифр робіт $i-j$	Вільний резерв часу R_{ij}^e , дні	Повний резерв часу R_{ij}^n , дні	Коефіцієнт напруженості
1-2	0	0	0,00
2-3	0	0	0,02
3-4	0	0	0,29
4-5	0	0	0,33
5-6	0	0	0,38
6-7	0	0	0,57
7-8	0	2	0,75
7-9	0	3	0,73
7-10	0	1	0,76
7-11	0	0	0,77
8-12	0	0	0,77
9-12	0	0	0,76
10-12	0	0	0,79
11-12	0	0	0,80
12-13	0	0	0,86
13-14	0	0	0,94
14-15	0	0	1,00

Проаналізувавши отримані розрахункові дані, можна зробити висновок, що на виконання повного комплексу робіт, передбаченого ходом дослідження, потрібно витратити 67 днів. Виконання робіт, які лежать на критичному шляху, необхідно закінчувати точно в термін, адже вони не мають резерву часу, а коефіцієнт їх напруженості дорівнює найбільшому значенню.

Однак дані табл. 5.3 свідчать про те, що календарні терміни окремих видів робіт можна зміщувати в часі в разі виникнення необхідності.

5.2 Витрати, пов'язані з проведенням дослідження

Витрати, пов'язані з проведенням дослідження, визначаються за допомогою кошторису витрат. До них належать: витрати на матеріали, електроенергію, нарахування на заробітну плату, амортизацію, накладні витрати.

Витрати на основні та побічні матеріали розраховують за формулою:

$$M = \sum m_i \cdot C_i, \quad (5.5)$$

де m_i – кількість витраченого i -го матеріалу;

C_i – – ціна одиниці i -го матеріалу, грн.

Результати розрахунку витрат на матеріали наведені в табл. 5.4.

Таблиця 5.4 – Необхідна кількість основних матеріалів та їх вартість

Найменування, одиниці	Кількість	Ціна, грн	Сума, грн
Зерно гороху, кг	80	7,2	576,0
Всього			576,0

Заробітна плата людей, що приймали участь у дослідженнях, визначається множенням середньочасового заробітку працівника на кількість витраченого часу. Результати розрахунку наведені в табл. 5.5.

Таблиця 5.5 – Розрахунок витрат на заробітну плату

Посада	Середньомісячний заробіток, грн	Середньочасовий заробіток, грн	Кількість людино-годин	Сума, грн
Дипломний керівник	8000	47,62	15	714,30
Всього				714,30

Нарахування на заробітну плату приймаються у розмірі 22 % єдиного податку. Від загальної суми заробітної платні вони складають:

$$H = \frac{714,30 \cdot 22}{100} = 157,15 \text{ грн.}$$

Затрати на витрачену електроенергію визначають за формулою:

$$E = M \cdot K \cdot T \cdot a, \quad (5.6)$$

де M – потужність встановленого електрообладнання, кВт;

K – коефіцієнт використання потужності ($K = 0,9$);

T – час роботи на установці, год;

a – тариф за електроенергію, грн/(кВт/год).

Затрати енергії на сушильну шафу складають:

$$E_1 = 2,2 \cdot 0,9 \cdot 8 \cdot 1,68 = 26,61 \text{ грн.}$$

Затрати енергії на персональний комп'ютер складають:

$$E_2 = 0,9 \cdot 0,9 \cdot 424 \cdot 1,68 = 576,98 \text{ грн.}$$

Загальні затрати електроенергії складають:

$$E = E_1 + E_2 = 26,61 + 576,98 = 603,59 \text{ грн.}$$

Витрати на амортизацію устаткування, що використовується в процесі проведення досліджень, розраховуємо за формулою:

$$A = \frac{\Phi \cdot H \cdot t}{100 \cdot 365}, \quad (5.7)$$

де A – амортизаційні відрахування, грн;

Φ – вартість устаткування, грн;

H – річна норма амортизації, %;

t – тривалість проведення дослідження на устаткуванні, днів;

365 – кількість днів у році.

Результати розрахунків витрат на амортизацію наведені в табл. 5.6.

Таблиця 5.6 – Результати розрахунків витрат на амортизацію

Устаткування	Вартість, грн	Річна норма амортизації, %	Тривалість роботи, днів	Витрати на амортизацію, грн
Сушильна шафа	6850,00	15	1	2,81
Персональний комп'ютер	15000,00	24	53	522,74
Всього				525,55

Накладні витрати пов'язані з обслуговуванням та управлінням виробництвом. До них відносять: витрати на оплату праці обслуговуючого та адміністративно-управлінського персоналу. Накладні витрати, що включають витрати пов'язані з обслуговуванням установки, приймаються рівними 80 % від розрахованої заробітної плати виконавців дослідження і становлять:

$$\frac{714,30 \cdot 80}{100} = 571,44 \text{ грн.}$$

Кошторис витрат на проведення дослідження наведений в табл. 5.7.

Таблиця 5.7 – Кошторис витрат на проведення дослідження

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	576,00
Заробітна плата	714,30
Нарахування на заробітну плату	157,15
Електроенергія	603,59
Амортизація	525,55
Накладні витрати	571,44
Всього	3256,03

Аналіз показав, що на першому місці стоять витрати на заробітну плату та витрати на електроенергію.

5.3 Розрахунок вартості дослідження

Науково-дослідна робота належить до фундаментальних досліджень, тому ціна визначалась на основі витрат на дослідження і рентабельності:

$$Ц = C + \frac{P \cdot C}{100}, \quad (5.8)$$

де $Ц$ – вартість дослідження, грн;

C – витрати на дослідження, грн;

P – нормативна рентабельність ($P = 30$), %.

$$Ц = 3256,03 + \frac{30 \cdot 3256,03}{100} = 4242,41 \text{ грн.}$$

Витрати на проведені дослідження становлять 4242,41 грн.

Висновки до розділу

Відповідно до плану проведення дослідження було побудовано сітьовий графік, тривалість критичного шляху якого складає 67 днів. Така тривалість критичного шляху не перевищує визначений термін для виконання роботи над дослідженням, а отже, складений сітьовий графік можна вважати оптимальним.

Найбільшими статтями витрат під час проведення дослідження є витрати на заробітну плату та витрати на електроенергію, які складають 714,30 грн та 603,59 грн. Загалом, з урахуванням 30 % нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 4242,41 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Встановлено, що енергоємність процесів сепарування зернових сумішей є досить високою, найбільш значна вона у машин спеціального призначення для сепарування важковідокремлюваних зернових сумішей. Показано, що відсутність методів вирішення цієї проблеми стримує створення нових технологічних процесів сепарування зернових сумішей. Для вирішення цієї проблеми необхідно виконати теоретичні та експериментальні дослідження, які б дозволили розраховувати і розробляти енергозберігаючі процеси, і створити нові сепаратори для сепарування зернових сумішей.

Проаналізовано фізико-механічні властивості зерна гороху та встановлено, що зерно з пошкодженнями, морозобійне, уражене хворобами, недорозвинене відрізняється від повноцінного зерна своїми пружними властивостями. Коефіцієнт відновлення повноцінного зерна гороху становить 0,59 – 0,65, з пошкодженнями 0,32 – 0,33, морозобійного 0,32 – 0,48, ураженого хворобами 0,34 – 0,46, недорозвиненого 0,34 – 0,41.

У ході досліджень встановлено, що характер відбиття морозобійного зерна, ураженого хворобами, недорозвиненого, залежить від їх зорієнтованості щодо відбивної поверхні в момент удару. Умовою орієнтації зерна такого типу може служити направляюча поверхню, що має увігнуту форму в своїй нижній частині і розташована між живильним валиком і відбивною поверхнею.

Доведено, що в якості матеріалу відбивної поверхні повинен бути матеріал, який має модуль пружності на 1 – 2 порядки вище модуля пружності частинок, що сепаруються, а коефіцієнт тертя мінімальний. Визначено оптимальний кут нахилу відбивної поверхні. При виділенні зерна гороху з пошкодженнями цей кут складає 23°.

Лабораторними дослідженнями підтверджено можливість сепарування зерна гороху за пружними властивостям і показано, що за цією ознакою можна виділити до 65 – 70 % зерна гороху з пошкодженнями, 55 % морозобійного, 60 % зерна ураженого хворобами, до 50 % недорозвиненого, при виході в другу

фракцію, до 10 – 12 % повноцінного зерна гороху. Оптимальна питома продуктивність пристрою становить 2 т/год·м. При збільшенні вологості зерна гороху з 10 до 20 % віддалення дільника від точки контакту зернятки з відбивною поверхнею зменшується з 280 до 240 мм. Коефіцієнт ефективності сепарування зменшується при цьому з 0,86 до 0,84.

Застосування стабілізуючої поверхні дозволило підвищити якість процесу сепарування і поліпшити робочі характеристики пристрою для сепарування за пружними властивостям в 6 разів. Радіус кривизни стабілізуючої поверхні в нижній її частині повинен бути рівним величині, що забезпечує величину прогину на 10 – 15 мм, і становить 4,5 м.

Досліджено стан охорони праці та обов'язки відповідальних осіб з охорони праці в ТОВ «Побережне». У частині інженерних розрахунків для покращення умов праці та підвищення безпеки виробництва був проведений розрахунок системи вентиляції виробничого приміщення цеху. Також був розроблений план дій у разі повені.

Найбільшими статтями витрат під час проведення дослідження є витрати на заробітну плату та витрати на електроенергію, які складають 714,30 грн та 603,59 грн. Загалом, з урахуванням 30 % нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 4242,41 грн.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Авдеев А. В. Современный технический уровень машин для послеуборочной обработки зерна / А. В. Авдеев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2002. – № 6. – С. 20–22.
2. Авдеев А. В. Анализ работы зерноочистительной техники на комбайновом ворохе голозерного материала / А. В. Авдеев, Е. Ц. Эрдынеева // Тракторы и сельхозмашины. – 2003. – № 9. – С. 25–27.
3. Алексеев Г. П. Справочник конструктора-машиностроителя / Г. П. Алексеев, Е. В. Мазарев. – М. : Судпромиздат, 1963. – 392 с.
4. Алексеев М. О. Метод автоматизованого проектування технологічних процесів на основі інтегрування конструкторської і технологічної інформації: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.11.14 / М.О.Алексеев. – К., 2004. – 20 с.
5. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя / В. И. Анурьев. – М. : Машиностроение, 1967. – 693 с.
6. Бабченко В. Д. О признаках разделения материала на отражательном столе / В. Д. Бабченко // Труды ВИМ: рефераты докладов УШ конференции молодых ученых. – М., 1970. – Т.48 (приложение). 42 с.
7. Барский Л. А. Критерии оптимизации разделительных процессов/ Л. А. Барский, Н. Н. Плаксин. – М. : Наука, 1967. – 119 с.
8. Блехман И. И. Вибрационное перемещение / Блехман И. И., Джанелидзе Г. Е. – М. : Наука, 1964. – 410 с.
9. Бурков А. И. Семейство унифицированных воздушно-решетных зерно- и семяочистительных машин / А. И. Бурков, Д. Ф. Ефремов, А. М. Кутюков // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2003. – № 1. – С. 5–7.
10. Бурков А. И. Применение диаметральных вентиляторов в зерно- и семяочистительных машинах / А. И. Бурков // Науч. тр. ВИМ. – 2000. – Т. 132. – С. 122–126.

11. Бурков А. И. Техническое обеспечение очистки семян трав / А. И. Бурков // Здоровье-питание – биол. ресурсы. – Киров, 2002. – Т. 2. – С. 131–140.
12. Бурков А. И. Технология очистки семян зерновых культур с фракционированием на решетках и отдельной обработкой воздушным потоком / А. И. Бурков, В. Л. Андреев // Науч. тр. ВИМ. – 2002. – Т. 141, ч. 2. – С. 103–111.
13. Бурков А. И. Машины для послеуборочной обработки семян трав / Бурков А. И., Конышев Н. Л., Роцин О. П. – Киров, 2003. – 204 с.
14. Бурков А. И. Зерноочистительные машины: конструкция, исследование, расчет и испытание / А. И. Бурков, Н. Л. Сычугов. – Киров: Изд-во НИИСХ Северо-Востока, 2000. – 258 с.
15. Бушуев Н. М. Семяочистительные машины. Теория, конструкция и расчет / Н. М. Бушуев. – М.–С. : Машгиз, 1962. – 238 с.
16. Вальковский Р. М. Монтаж и наладка оборудования новаторов, зерноперерабатывающих заводов. – [2-е изд., перераб. и доп.]. / Р. М. Вальковский, Л. П. Тартаковский. – М. : Стройиздат, 1983. – 351 с.
17. Василенко П. М. Основи аналітичних методів землеробської механіки / П. М. Василенко. – К. : Вид-во НАУ, 1998. – 29 с.
18. Василенко П. М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П. М. Василенко. – К. : Изд-во УАСХН, 1960. – 284 с.
19. Вайсман А. И. Вентиляторные и пневмотранспортные установки / А. И. Вайсман, И. С. Грублян. – М. : Колос, 1969. – 249 с.
20. Воронов И. Г. Очистка и доработка семян / [Воронов И. Г., Кожуховский И. Е., Колышев П. П., Павловский Г. Т.]. – М. : Сельхозгиз, 1953. – 432 с.
21. Гавриченко В. И. Организация и планирование производства на мукомольных, крупяных, комбикормовых и хлебоприемных предприятиях / В. И. Гавриленко. – М. : Колос, 1970. – 250 с.
22. Горячкин В. П. Собрание сочинений / В. П. Горячкин. – М. : Колос, 1965. –Т.III. – 384 с.

23. Гармаш Н. Т. Безрешетная сепарация мелкого зернового вороха / Н. Т. Гармаш. – К., 1955. – С. 96–104.
24. Гехтман А. А. Машина МПО-50 для предварительной очистки зерна / А. А. Гехтман, В. В. Антюхин // Тракторы и сельхозмашины. – 1983. – № 2 – С. 24–25.
25. Гольтяпин В. Я. Машины и оборудование для послеуборочной обработки зерна / В. Я. Гольтяпин; Рос. НИИ информ. и техн.-экон. исслед. по инж.-техн. обеспечению агропром. комплекса (ФГНУ «Информагротех»). – М., 2000. – 80 с.
26. Гольтяпин В. Я. Механизация послеуборочной обработки зерна / В. Я. Гольтяпин, Н. И. Стружкин; Рос. НИИ информ. и техн.-экон. исслед. по инж.-техн. обеспечению агропром. комплекса. – М., 2002. – 75 с.
27. Гордеенко И. В. Определение геометрических параметров семян зерновых культур / И. В. Гордеенко // Актуальн. пробл. механизации с.-х. пр-ва. – Горки, 2001. – Ч. 2. – С. 186–192.
28. Гортинский В. В. Процессы сепарации на зернообрабатывающих предприятиях. Гортинский В. В., Демский А. Б., Борискин М. А. [2-е изд. перераб. и доп.]. – М. : Колос, 1980. – 304 с.
29. Демский А. Б. Основные направления совершенствования зерноочистительного оборудования / А. Б. Демский, В. Ф. Веденеев. – М. : Узд-во ЦНИИТЭИлегнищемаш, 1978. – 73 с.
30. Дзядзио А. М. Пневмомеханический транспорт на зерноперерабатывающих предприятиях / А. М. Дзядзио, А. С. Кеммер. – М.: Колос, 1967. – 295 с.
31. Дондоков Ю. Ж. Проблемы создания универсальных зерноочистительных машин / Ю. Ж. Дондоков // Достижения науки и техники АПК. – 2002. – С. 17–18.
32. Дрынча В. М. Качество зернового материала и эффективность послеуборочной обработки / В. М. Дрынча, И. Г. Зубаилов // Тракторы и с.-х. машины. – 2002. – № 9. – С. 31–34.

33. Дрынча В. М. Проблемы повышения качества семян при машинной подготовке / В. М. Дрынча, С. А. Павлов, И. А. Пехальский [и др.] // Сб. науч. докл. междунар. науч.-практ. конф. «Земледельческая механика в растениеводстве». – М., 2001. – Т. 3, ч. 1. – С. 162–167.
34. Желков М. В. Интенсификация процесса сепарации зерна в отделении очистки зерноочистительного агрегата: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 05.05.11 / М. В. Желков. – Ростов-на-Дону, 2001. – 26 с.
35. Заика П. М. Вибрационное перемещение твердых и сыпучих тел в сельскохозяйственных машинах / П. М. Заика. – К. : Узд-во УСХА, 1998. – 625 с.
47. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Зернозбиральні машини / П. М. Заїка – Том 2, ч. 2, кн. 2. – Харків: Око, 2004. – 404 с.
48. Кирпа Н. Я. Послеуборочная обработка и хранение зерна в АПК Украины / Н. Я. Кирпа // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2002. – № 6. – С. 35–37.
49. Кіндрацький Б. І. Багатокритеріальний структурно-параметричний синтез машинобудівних конструкцій: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.02.02 / Ю. І. Кіндрацький. – Л., 2004. – 36 с.
50. Кленин Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н. И. Кленин, В. А. Саун. – М. : Колос, 1980. – 671 с.
51. Клєнин Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н. И. Клєнин, В. А. Саун. – К. : Колос, 1994. – 751 с.
52. Кожуховский И. Е. Зерноочистительные машины / И. Е. Кожуховский. – М. : Машиностроение, 1974. – 200 с.
53. Кузмич А. Я. Дослідження процесу сепарації дрібного зерносомомистого вороху та обґрунтування параметрів робочих органів очисток комбайнів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.11. А. Я. Кузмич. – Глеваха, 2003. – 18 с.
54. Листопад Г. Е. Вибросепарация зерновых смесей / Г. Е. Листопад. – Волгоград: Книжное изд-во, 1963. – 118 с.

55. Лубников С. И. Новая методика оценки качества семян и зерна / С. И. Лубников, В. И. Тарушкин, Р. В. Ткачев // *Зерновое хозяйство*. – 2002. – № 6. – С. 27–28.
56. Манчинський Ю. О. Математична модель руху компонентів насінневих сумішей по робочій площині / Ю. О. Манчинський, М. В. Бакум, О. М. Горбатовський, М. М. Кравцов // *Механізація та електрифікація сільського господарства*. – Глеваха, 2008. – Вип. 92. – С. 156–162.
57. Мякин В. Н. Новые технологические линии для обработки семян / В. Н. Мякин, С. Г. Урюпин // *Юбилейный сб. тр. ученых Оренбургского гос. аграр. университета*. – Оренбург, 2000. – С. 291–294.
58. Сычугов Н. П. Механизация послеуборочной обработки зерна и семян трав / Сычугов Н. П., Сычугов Ю. В., Исупов В. И. – Киров: Вятка, 2003. – 357 с.
59. Тищенко Л. Н. Гидродинамика сепарирования зерна / Тищенко Л. Н., Ольшанский В. П., Ольшанский С. В. – Харьков: Міськдрук, 2010. – 174 с.
60. Тищенко Л. Н. Модель однослойного движения зерновой смеси по наклонному рифленому решету / Л. Н. Тищенко, С. И. Кучеренко, В. П. Ольшанский, О. Б. Зайцев // *Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв: Вісник ХНТУСГ*. – Харків: Вид-во ХНТУСГ, 2008. – Вип. 74. – С. 28–39.
61. ДСТУ 2293-99. Охорона праці терміни та визначення основних понять (34095).
62. ДНАОП 0.00-4.15-98 Положення про розробку інструкцій з охорони праці.
63. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
64. ДНАОП 0.00-4.03-01. Положення про порядок розслідування та ведення обліку нещасних випадків, професійних захворювань і аварій на виробництв (43338).
65. <http://www.mykamelnitsy.ru>.
66. <http://mppnik.ru>.

67. <http://mirknig.com>.
68. <http://bibliofond.ru>.
69. <http://goraknig.org>.
70. <http://vselmash.ru>.
71. <http://agrosep mash.ua>.
72. <http://www.znaytovar.ru>.
73. <http://nz-sm.ru>
74. <http://inworld.prom.ua>.
75. <http://www.agroru.com>.
76. <http://www.buhlergroup.com>.

ДОДАТКИ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Кафедра технології зберігання і переробки сільськогосподарської продукції

Обґрунтування енергозберігаючих процесів для сепарації харчової сипкої сировини

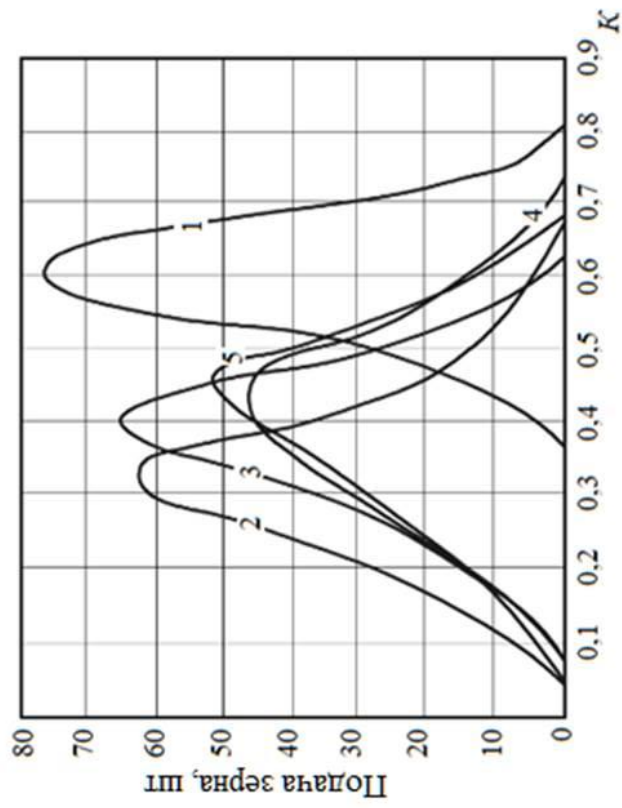
Виконавець: ст. гр. МгХТ-1-19 Мовчан М.О.

Керівник: доцент Кошулько В.С.

Дніпро – 2020

АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

2



Криві залежності коефіцієнтів відновлення

швидкості зерна гороху від подачі :

1 – цілого зерна гороху; 2 – зерна гороху з
пошкодженнями; 3 – морозобійного;

4 – враженого хворобами;

5 – недорозвиненого. Горох – сорт

Саламанка, матеріал відбивної поверхні –
сталь.

МЕТА ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3

Метою роботи є обґрунтування енергозберігаючих процесів і обладнання для сепарування харчової сипкої сировини, ефективних параметрів процесів сепарування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

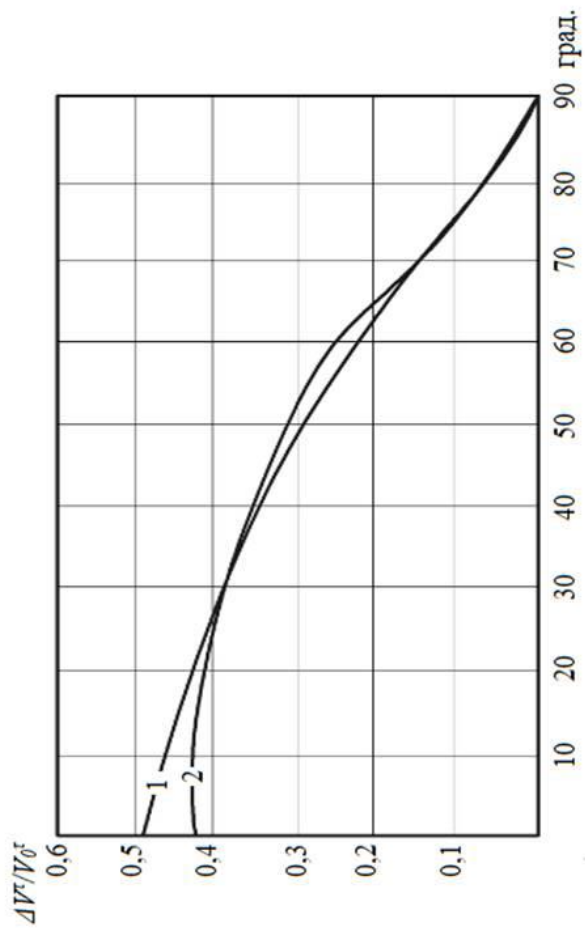
- проаналізувати пружні властивості зерна гороху;
- дослідити процес сортування зерна гороху за пружними властивостям, визначити оптимальні параметри пристрою для сепарування;
- створити експериментальний пристрій і провести лабораторні дослідження з метою уточнення оптимальних параметрів і визначення режимів роботи;
- дослідити стан охорони праці в ТОВ «Побережжя»;
- розрахувати кошторис витрат на проведення досліджень.

Об'єктом досліджень є процес сепарування важковідокремлюваних сипких сумішей, конструктивно-кінематичні параметри досліджуваного обладнання і фізико-механічні властивості сумішей.

Предметом досліджень є встановлення закономірностей процесу сепарування зерна гороху з врахуванням їх пружних властивостей з конструктивно-технологічними параметрами обладнання.

ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

4



Теоретичні криві і експериментальні дані
залежності втрати тангенціальної швидкості
від кута удару

1 – для пластмасової кулі, 2 – для зерна гороху

ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

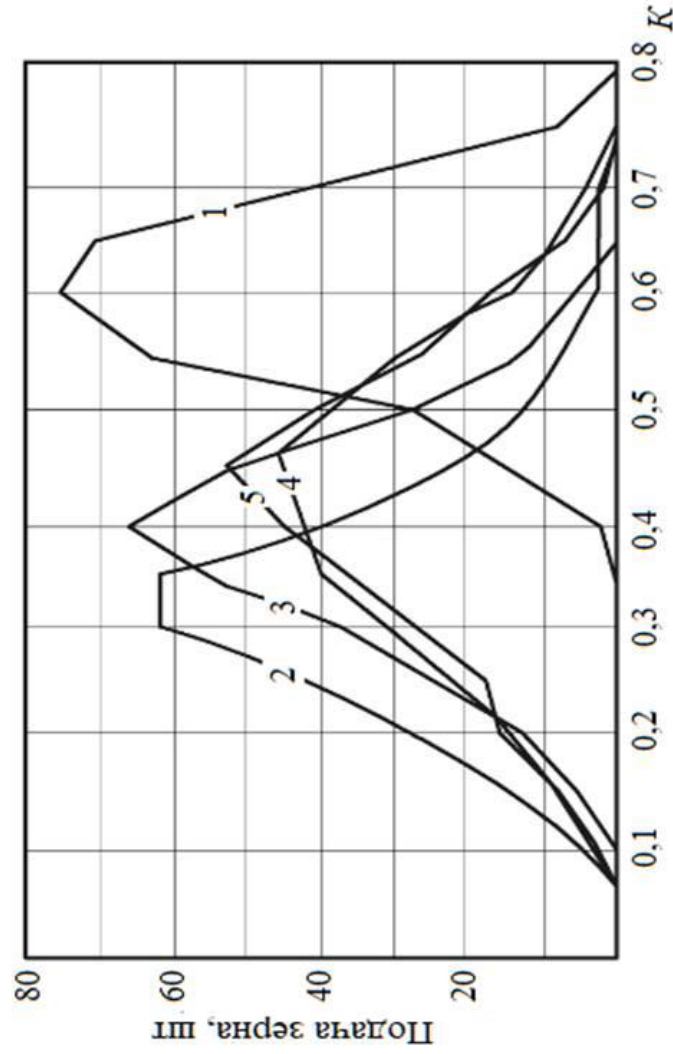
5

Вплив матеріалу відбивної поверхні на коефіцієнти відновлення зерна гороху

Матеріал відбивної поверхні	Модуль пружності, Н/м ²	Компоненти	Коефіцієнт відновлення, K_1, K_2	$K_1 - K_2$	t
Гума	$6 \cdot 10^7$	Горох цілий пошкоджений	0,41 0,34	0,07	3,5
Поліетилен	$7 \cdot 10^9$	Горох цілий пошкоджений	0,44 0,29	0,15	7,5
Сосна	$1 \cdot 10^{10}$	Горох цілий пошкоджений	0,52 0,38	0,24	8,0
Бук	$1,5 \cdot 10^{10}$	Горох цілий пошкоджений	0,61 0,29	0,32	10,6
Сталь	$2 \cdot 10^{11}$	Горох цілий пошкоджений	0,65 0,30	0,35	11,6

ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

6



Варіаційні криві коефіцієнтів відновлення швидкості подільованих компонентів зерна гороху соргу

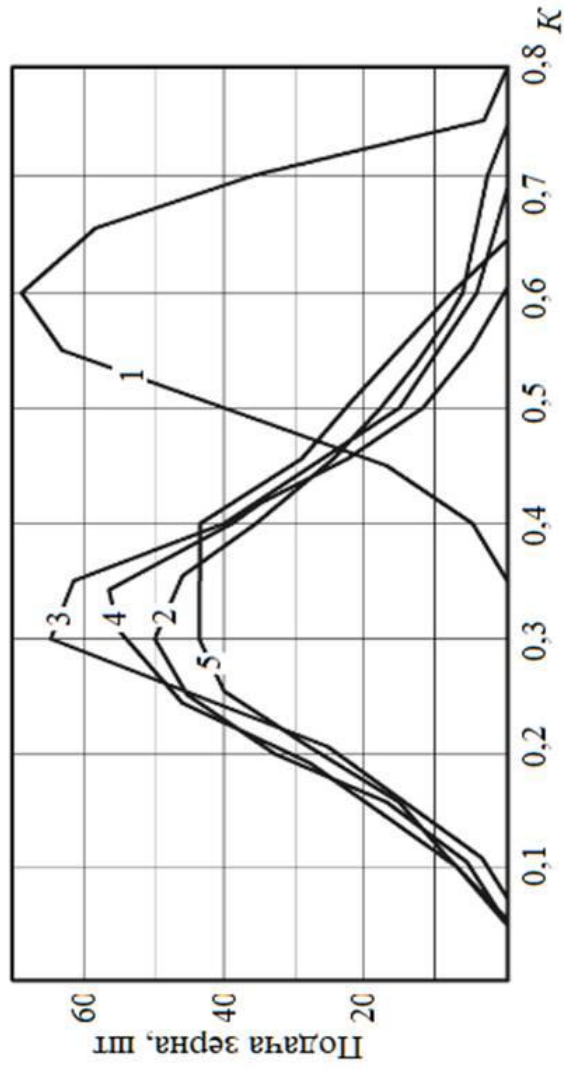
Саламанка. Матеріал відбивної поверхні – сталь; 1 – цїле зерно гороху; 2 – пошкоджене;

3 – морозобійне; 4 – уражене хворобами;

5 – недорозвинуте.

ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

7



Варіаційні криві коефіцієнтів відновлення швидкості подільованих компонентів зерна гороху сорту Саламанка.

Матеріал відбивної поверхні – скло силкатне; 1 – ціле зерно гороху; 2 – пошкоджене; 3 – морозобійне; 4 – уражене хворобами; 5 – недорозвинуте.

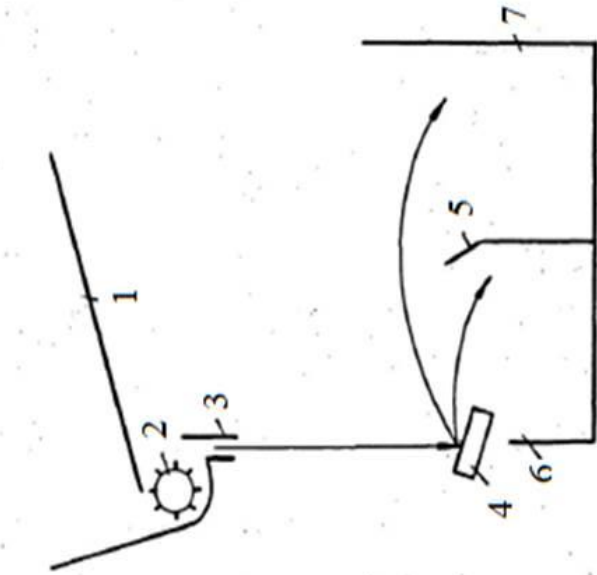


Схема сортування за пружними властивостям без стабілізуючої поверхні. 1 – бункер; 2 – живильний валик; 3 – фартух; 4 – відбивна поверхня; 5 – дільник; 6 – приймач другої фракції; 7 – приймач першої фракції.

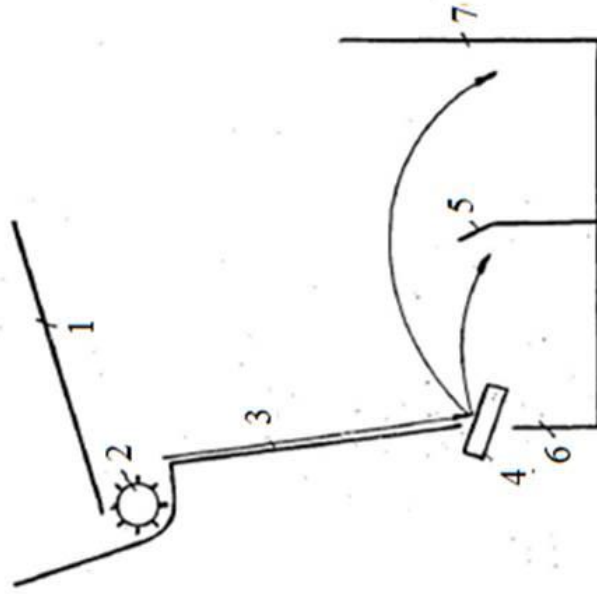


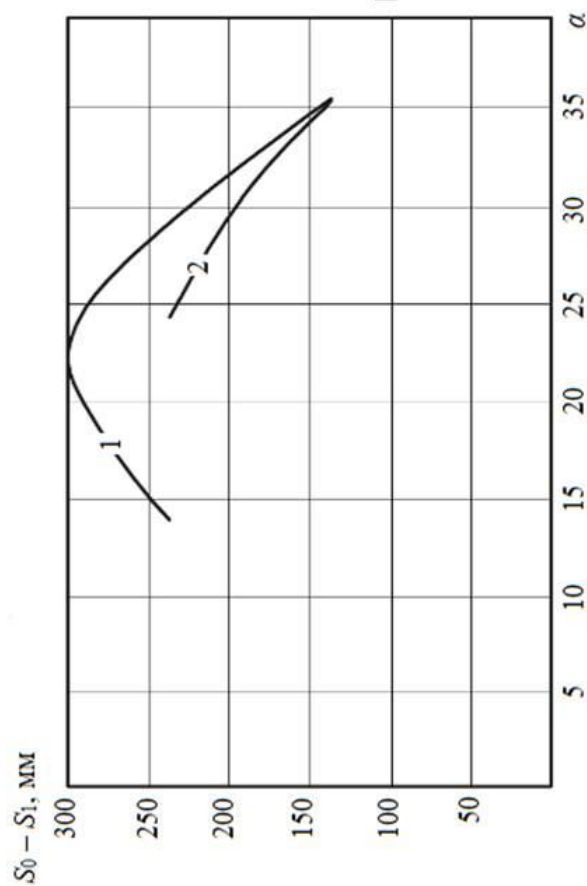
Схема сортування за пружними властивостям зі стабілізуючою поверхнею, що має форму площини. 1 – бункер; 2 – живильний валик; 3 – стабілізуюча поверхня; 4 – відбивна поверхня; 5 – дільник; 6, 7 – приймачі фракцій.

ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

9

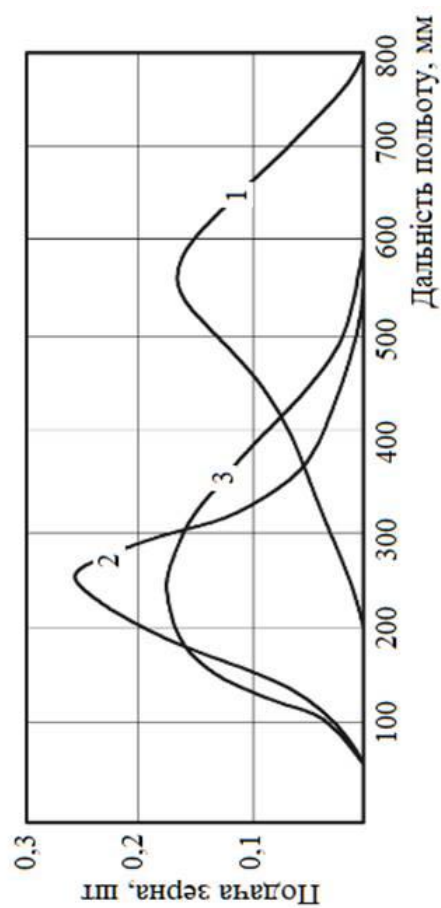
Результати досліджень

Показники	Дослід 1			Дослід 2			Дослід 3		
	Без поверхні			Оптимальний			Оптимальний		
Кут нахилу стабілізуючої поверхні	25			25			25		
Кут нахилу відбивної поверхні (оптимальний)	9:1			9:1			9:1		
Відношення першої і другої фракції	9:1			9:1			9:1		
Питома продуктивність, т/год.м	0,5	1,0	2,0	0,5	1,0	2,0	0,5	1,0	2,0
Чистота вихідного матеріалу, %	86,0	86,0	86,0	86,0	86,0	86,0	86,0	86,0	86,0
Повнота виділення зерна, %:									
- пошкодженого	47,2	42,1	22,6	52,9	49,4	38,9	54,2	52,0	49,1
- морозобійного, недорозвиненого та ураженого хворобами	19,4	14,3	10,6	26,8	28,6	30,3	53,6	48,2	44,6
Чистота відсортованого матеріалу, %	89,8	89,0	87,0	91,1	90,8	90,0	92,9	93,3	91,8
Вихід цілого насіння в другу фракцію, %	7,9	8,9	10,1	4,8	5,0	5,8	2,8	3,4	3,9

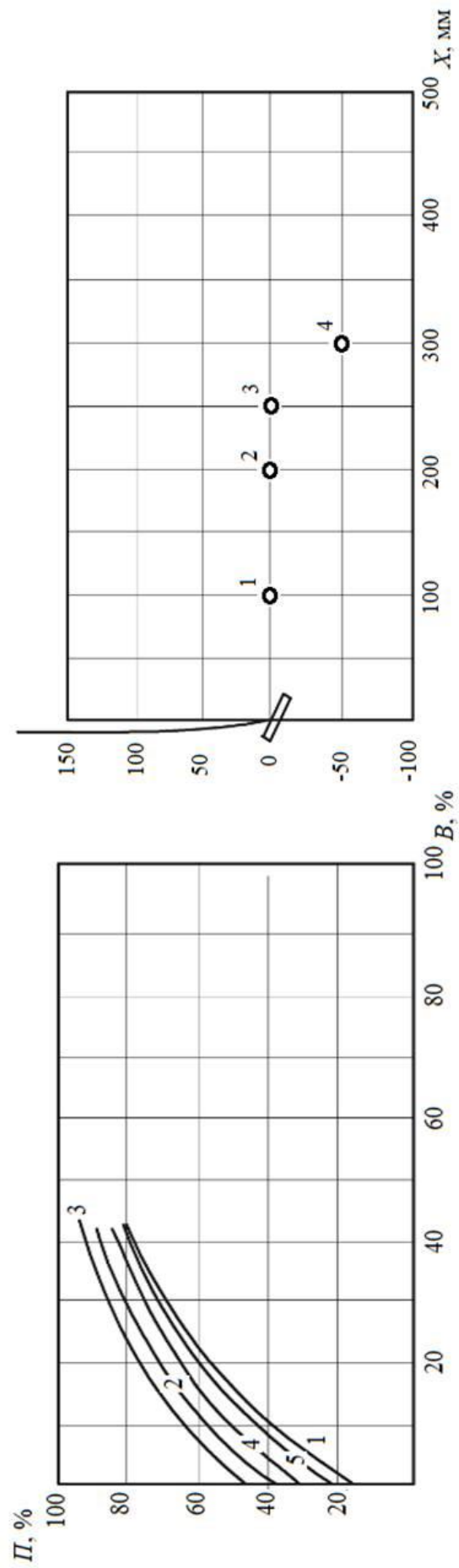


Залежність різниці дальності польоту поділених компонентів від кута установки відбивної поверхні.

1 – ціле і пошкоджене зерно гороху; 2 – ціле зерно і зерно, що відрізняються за формою.



Варіаційні криві дальності польоту поділених компонентів при куті установки відбивної площини 25° . 1 – ціле зерно; 2 – пошкоджене; 3 – відмінне за формою



Залежність повноти виділення (L) від виходу (B) повноцінного зерна в другу фракцію: 1 – 21°; 2 – 23°; 3 – 25°; 4 – 27°; 5 – 29°.

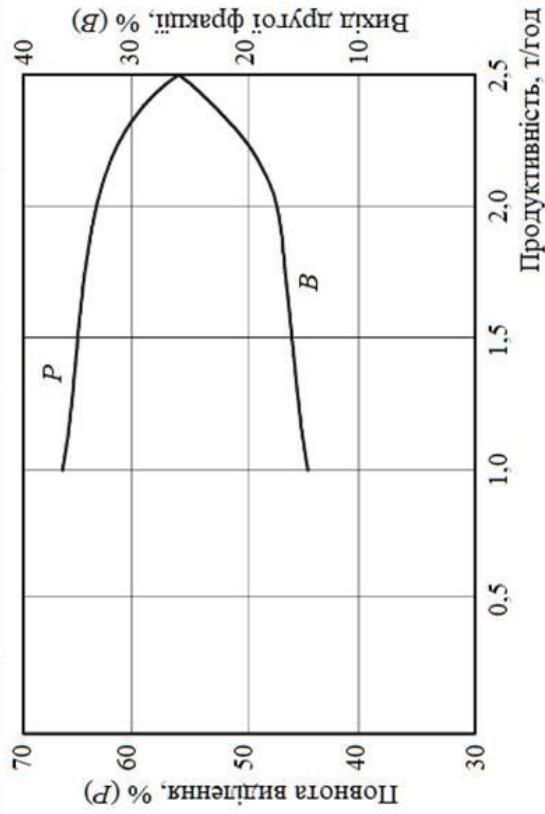
Положення ділянка щодо точки удару компонентів об відбивну поверхню.

12

ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Вплив питомої продуктивності на якісні показники процесу сепарування

Вихід 2-ї фракції, %	Питома продуктивність, т/год·м	Чистота вихідного матеріалу, %	Чистота відсортованого насіння, %	Вихід цілого насіння в другу фракцію, %	Повнога виділення, %	Коефіцієнт ефективності сепарування, E
15,6	1,0	87,6	95,2	9,0	67,4	0,88
16,5	1,5	87,6	94,8	10,6	65,2	0,86
17,8	2,0	87,6	94,4	12,4	64,1	0,85
26,8	2,5	87,6	92,5	23,8	56,3	0,72



Вплив питомої продуктивності на якість процесу сепарування

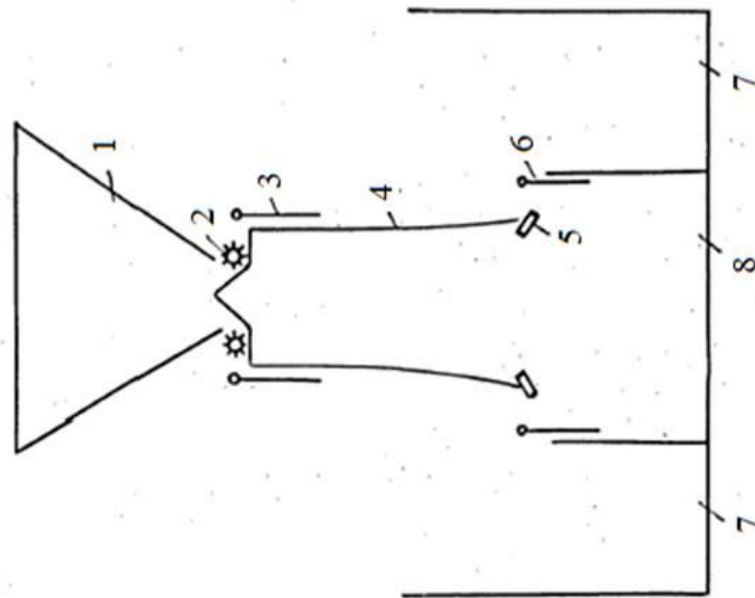
ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

Вплив вологості зерна гороху на якісні показники процесу сепарування

Вологість зерна, %	Повнота виділення, %	Положення дільника по осі X, мм	Вихід цілого насіння в другу фракцію, %	Коефіцієнт ефективності сепарування, E
10	0,63	280	10,2	0,86
12	0,63	275	10,6	0,86
14	0,62	260	10,9	0,85
16	0,63	250	11,2	0,84
18	0,63	240	11,9	0,84
20	0,62	240	12,2	0,84

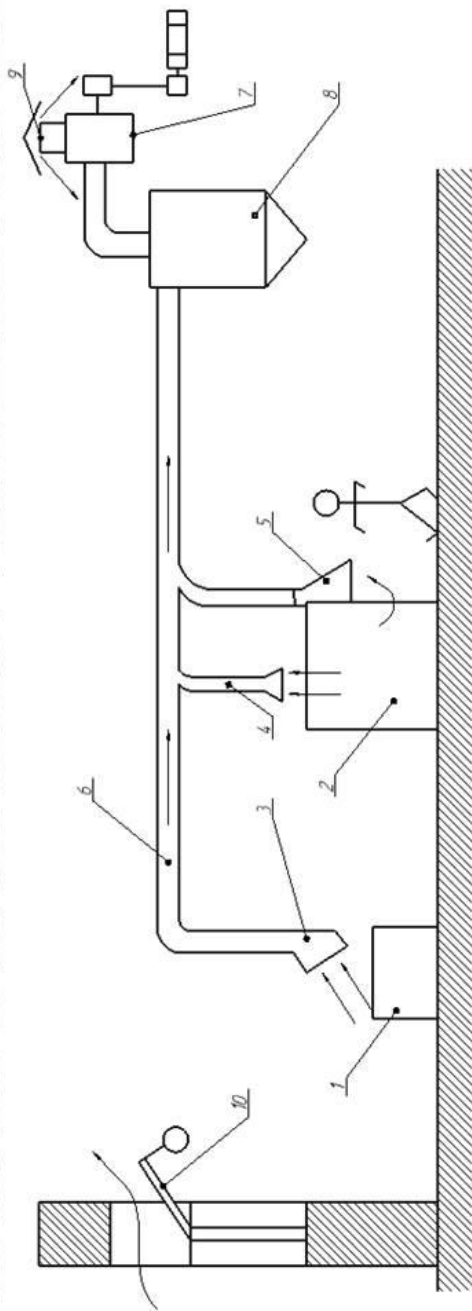
Оптимальні параметри і режими роботи пристрою для сепарування зерна гороху по пружним властивостям

Оберти живильного валика, с ⁻¹	Питома продуктивніс ть, т/год·м	Висота подачі зерна, мм	Радіус кривизни стабілізуючої поверхні, мм	Кут удару, град.	Віддалення дільника, мм	Матеріал відбивної поверхні	
						E	f
20	2000	100 – 1200	1500	25	240 – 280	2·10 ¹¹	0,19



Технологічна схема роботи пристрою для сортування зерна гороху за пружними властивостями.

- 1 – бункер;
- 2 – живильний валик;
- 3 – фартух;
- 4 – стабілізуюча поверхня;
- 5 – відбивна поверхня;
- 6 – дільник;
- 7 – бункер першої фракції;
- 8 – бункер другої фракції.



Система вентиляції виробничого приміщення цеху з первинної обробки зерна гориху

1, 2 – джерело шкідливих речовин; 3, 4, 5 – відсоси забруднень; 6 – повітропровід; 7 – вентилятор; 8 – циклон;
9 – пагубок викиду забруднень; 10 – подача чистого повітря.

Технічна характеристика вентилятора ВЦП 3-40-5,0

Марка	Двигун		Частота обертання робочого колеса, хв ⁻¹	Параметри в робочій зоні		
	Тип	Потужність, кВт		Продуктивність, тис.м ³ /год	Тиск, Па	Маса, кг
ВЦП 3-40-5,0	АІР160S2	9,0	1200	1,3 – 8,0	1300	270

КОШТОРИС ВИТРАТ НА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

16

Витрати	Сума, грн.
Основні матеріали	576,00
Заробітна плага	714,30
Нарахування на заробітну плагу	157,15
Електроенергія	603,59
Амортизація	525,55
Накладні витрати	571,44
Всього	3256,03

Найбільшими статтями витрат під час проведення дослідження є витрати на заробітну плагу та витрати на електроенергію, які складають 714,30 грн та 603,59 грн. Загалом, з урахуванням 30 % нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 4242,41 грн.

Проаналізовано фізико-механічні властивості зерна гороху та встановлено, що зерно з пошкодженнями, морозобійне, уражене хворобами, недорозвинене відрізняється від повноцінного зерна своїми пружними властивостями. Коефіцієнт відновлення повноцінного зерна гороху становить 0,59 – 0,65, з пошкодженнями 0,32 – 0,33, морозобійного 0,32 – 0,48, ураженого хворобами 0,34 – 0,46, недорозвиненого 0,34 – 0,41.

Доведено, що в якості матеріалу відбивної поверхні повинен бути матеріал, який має модуль пружності на 1 – 2 порядки вище модуля пружності частинки, що сепарується, а коефіцієнт тертя мінімальний. Визначено оптимальний кут нахилу відбивної поверхні. При виділенні зерна гороху з пошкодженнями цей кут складає 23°.

Лабораторними дослідженнями підтверджено можливість сепарування зерна гороху за пружними властивостям і показано, що за цією ознакою можна виділити до 65 – 70 % зерна гороху з пошкодженнями, 55 % морозобійного, 60 % зерна ураженого хворобами, до 50 % недорозвиненого, при виході в другу фракцію, до 10 – 12 % повноцінного зерна гороху. Оптимальна питома продуктивність пристрою становить 2 т/год·м. При збільшенні вологості зерна гороху з 10 до 20 % віддалення дільника від точки контакту зернятка з відбивною поверхнею зменшується з 280 до 240 мм. Коефіцієнт ефективності сепарування зменшується при цьому з 0,86 до 0,84.

Застосування стабілізуючою поверхні дозволило підвищити якість процесу сепарування і полішити робочі характеристики пристрою для сепарування за пружними властивостям в 6 разів. Радіус кривизни стабілізуючої поверхні в нижній її частині повинен бути рівним величині, що забезпечує величину прогину на 10 – 15 мм, і становить 4,5 м.

Досліджено стан охорони праці та обов'язки відповідальних осіб з охорони праці в ТОВ «Побережне». У частині інженерних розрахунків для покращення умов праці та підвищення безпеки виробництва був проведений розрахунок системи вентиляції виробничого приміщення цеху. Також був розроблений план дій у разі пожежі.

Найбільшими витратами витрат під час проведення дослідження є витрати на заробітну плату та витрати на електроенергію, які складають 714,30 грн та 603,59 грн. Загалом, з урахуванням 30 % нормативної рентабельності вартість проведеного дослідження становить 4242,41 грн.