

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра агроінжинірингу

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри

Шуляк М.Л.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: Підвищення ефективності процесу сепарування зернових матеріалів з
розробкою SMART-барабанних сепараторів

Виконав:

(підпис)

Заплюсвічка А.В.

(Прізвище, ініціали)

Група:

СТЗ 2302-1м

(Науковий) керівник:

(підпис)

Харченко Ф.М.

(Прізвище, ініціали)

ЗМІСТ

Реферат.....	3
Вступ.....	4
1. Агротехнічна цінність культури чини.....	6
1.1. Інформація про культуру.....	6
1.2. Технологічні особливості вирощування.....	8
2. Обґрунтування схеми сепарувального обладнання та визначення властивостей насінневих матеріалів	16
2.1. Загальні положення.....	16
2.2. Технологічна схема сепарування насіння.....	16
2.3. Визначення сепарувальних властивостей насіння.....	18
3. Обґрунтування параметрів калібратора.....	28
3.1. Обґрунтування параметрів процесу сепарування насіння в калібраторі.....	28
3.2. Розрахунок параметрів робочого органу.....	37
4. Впровадження регулювання кінематичних режимів калібратора.....	51
4.1. Регулювання оборотами циліндричного решета та шнека.....	51
4.2. Регулювання завантаження калібратора.....	55
Загальні висновки.....	61
Список використаних джерел.....	63
Додатки.....	71

РЕФЕРАТ

Обсяг дипломної роботи складає 70 сторінок основного матеріалу та 3 сторінок додатків, кількість ілюстрацій – 16 шт., таблиць – 18 шт., бібліографічних найменувань за переліком посилань – 37 шт.

В дипломній роботі проведено дослідження підвищення ефективності післязбиральної обробки насіння чини посівної шляхом розробки схеми та обґрунтування параметрів сепаратору. В роботі проведено аналіз властивостей насінневого матеріалу чини посівної, під кутом можливого ефективного його калібрування. Проведено розрахунок технологічних, конструктивно-кінематичних параметрів сепарувального обладнання, а також виконано перевірні розрахунки на міцність та надійність вузлів. В результаті досліджень встановлена повнота виділення домішок за допустимого рівня втрат насіння при встановленні розподільника в решето, раціональну частоту його обертання. Запропоновано технічні рішення щодо автоматичного регулювання: швидкості обертання решета та шнека розподільника, бункеру завантажувального. Реалізація результатів дослідження дозволить формувати автоматизованої системи з єдиним приводом, що забезпечує компактність та ефективність процесу сепарування сипких насінневих матеріалів.

Ключові слова: сепарування, компонент, насіння, сепаратор, барабан, властивості, параметри, ефективність.

ВСТУП

Виробництво зерна в Україні є важливим та стратегічним напрямом, який забезпечує фінансові надходження та сприяє продовольчій безпеці держави.

Серед технологічного процесу виробництва зерна операції післязбиральної обробки займають вагомe місце з точки зору доведення до кондицій (норм), можливості тривалого зберігання. Проте наявна матеріально-технічна база з обробки зерна суттєво знижена та застаріла, зазнала пошкодження внаслідок війни, що в комплексі не задовольняє сьогоденні потреби виробництва.

Один з перспективних способів підвищення ефективності процесів післязбиральної обробки зерна є їх автоматизація. Автоматизовані процеси сприяють якісному поліпшенню сільськогосподарського виробництва, суворому виконанню технологічних вимог, скороченню втрат урожаю, зниженню витрат пального, ефективному використанню механізмів. Специфіка експлуатації зерноочисних машин полягає в тому, що вони, як правило, безперервно працюють в умовах, що змінюються. Ця обставина ускладнює роботу навіть найкваліфікованіших спеціалістів, оскільки унеможливорює точний облік навантажень на робочі органи машин і вибір їх оптимальних параметрів залежно від них. Однак такі завдання легко вирішуються завдяки впровадженню автоматичних пристроїв. Відповідно до поставлених завдань можна точно встановлювати параметри робочого органу або підтримувати їх постійними за умови мінливого навантаження або якості матеріалу, обирати режим роботи з найменшими витратами енергії, підтримувати потрібну кінцеву якість або продуктивність, запобігати перевантаженню та поломкам механізмів. Незважаючи на значні проблеми, в галузі автоматизації сільськогосподарського виробництва намітилася позитивна динаміка. Насамперед це стосується стаціонарних процесів у післязбиральній обробці зерна.

Сучасні технічні засоби дають змогу суттєво вдосконалити контроль параметрів очищення та сортування зернових матеріалів, а також забезпечити якісне управління цими технологічними процесами. Наприклад, втрати зерна

можна контролювати за допомогою індикатора, виконаного у вигляді п'єзоелектричного елемента та наклеєного на текстолітову мембрану. Під час удару зерна в мембрану п'єзоелемент виробляє електричний сигнал, що швидко згасає. Його амплітуда і тривалість залежать від сили удару, що дає йому змогу не реагувати на удари легких фракцій (полови, соломи). Індикатор має виходи на стрілочний прилад і світлозвукову сигналізацію. Його перетворювачі встановлюють у місцях виходу великих і легких відходів. Завантаження повітряно-решітної машини вторинного очищення також може бути стабілізовано роботою системи автоматичного регулювання (САР), що впливає на шиберний пристрій накопичувального бункера зерна.

Іншим важливим моментом є відсутність науково-технічних рекомендацій відносно ефективної обробки не поширених але перспективних культур, наприклад, таких як чина. Проведення досліджень щодо визначення параметрів сепарувальних машин для можливості автоматизації та максимальної реалізації технологічних показників продуктивності та якості є актуальним та перспективним напрямом.

Метою роботи є підвищення ефективності процесу сепарування зернових насінневих матеріалів чини з розробкою технічних заходів щодо регулювання параметрів барабанних сепараторів.

Поставлені наступні завдання:

- провести аналіз технологічних особливостей вирощування насіння чини, визначити можливості щодо підвищення ефективності та якості кінцевого продукту;
- розробити технологічну схему обробки насіння, скласти схему процесу її калібрування;
- провести обґрунтування параметрів калібратора насіння чини та визначити закономірності зміни продуктивності та повноти поділу компонентів, надійність шнеку гвинтового розподільника;
- обґрунтувати технічну реалізацію регулювання основних параметрів запропонованого калібратора.

1. Агротехнічна цінність культури чини

1.1. Інформація про культуру

Чина посівна (*Lathyrus sativus* L.) сільськогосподарська культура представник сімейства Fabaceae. Данний рід *Lathyrus* великий і включає понад 150 видів, з яких тільки *L. sativus* використовують як бобову культуру [1, 2]. Її вирощують у Ефіопії, Західній Азії, на Індійському субконтиненті та у Китаї.

Чина посівна невисока куциста однорічна рослина висотою від 20 до 90 см залежно від сорту. У неї складна форма листя, зазвичай з двома листочками, які завершуються вусиками. Спектр забарвлення квітки дуже широкий від білої до рожевої та яскраво-блакитної. Квітки поодинокі, пазушні, розташовані на квітконосах. Боби довгасті, плоскі і злегка вигнуті, містять 3-5 білого або сірувато-коричневого насіння, зазвичай крапчастого [3].

Це витривала культурна рослина, стійка до виключно посушливих умов і при цьому здатна переносити підтоплення та бідні ґрунти, що зазвичай росте на важких глинистих ґрунтах [4]. На кислих ґрунтах росте погано.

Чина посівна - факультативний самозапилювач, а перехресне запилення може досягати 30% [5]. У зв'язку із зазначеним відносно високим ступенем перехресного запилення, для збереження генетичної цілісності зразків в процесі розмноження рекомендується застосовувати просторову ізоляцію, забезпечуючи відстань 20 м (переважно 50 м) між посівами різних зразків (рис. 1.1).

Підготовка до розмноження даної культури потребує виконання наступних умов [6, 7]:

- навіска посівного матеріалу складає не менше 150 г або 1000 насінин;
- схожість насіння не нижче 90%, мінімальний прийнятний відсоток схожості 75%.

При розмноженні сортів у популяції має бути не менше 80 – 100 рослин. У сортів і зразків, що демонструють значну різноманітність за кольором і розміром насіння, очікується вищий рівень мінливості.

Задля підтримки генетичної мінливості зразка слід збільшувати обсяг популяції. Про наявність трансгенних форм чину посівної інформації ні.



Рисунок 1.1 – Квітка чини посівної

Вибір та підготовка поля проводиться відповідно до наступних рекомендацій. Рекомендується вибирати території, де не буває морозів, середня температура становить близько 13°C, а щорічні опади перевищують 300 мм [6].

За наявності можливості, бажано вибирати суглинні або глинисті ґрунти, особливо важкі глинисті ґрунти, та уникати кислих ґрунтів.

Щоб уникнути засмічення самосівними рослинами, що залишилися від попередніх посадок, посівну чину не рекомендується висівати на полі, де її культивували до цього протягом 3 років.

Для отримання добре підготовлених і вирівняних ділянок землю перед посівом слід зорати і обробити дисковою бороною, а також видалити всі бур'яни і траву.

Сіяти слід під час дощового сезону, щоб уникнути водного стресу та забезпечити гарний урожай насіння. Часто посів проводять не на початку сезону, а через деякий час, щоб дозрівання насіння припало на сухий сезон.

Розташування ділянок, густина посіву та відстань між рядками обирається так, щоб кількість рослин на ділянках площею близько 10 м² (5 x 2 м). Слід

засіяти 10-15 двометрових рядків з міжряддями по 30 - 50 див і відстанню між рослинами 10 - 20 см, щоб щільність посіву на ділянці становила 100 - 150 рослин.

Рекомендується застосовувати просторову ізоляцію, забезпечуючи між посівами зразків відстань не менше 20 м (а якщо можливо, то й більше) [6, 8]. Для забезпечення більш надійної ізоляції, між ділянками з посівами чини слід садити зразки інших видів, що не схрещуються з нею, або рослини інших пологів.

Якщо просторову ізоляцію організувати неможливо, для ізоляції зразків можна використовувати ізодоміки, що запобігають запиленню комахами.

1.2. Технологічні особливості вирощування

1.2.1. Операція посіву. Посів виконується прямий у землю, при цьому необхідно виконати наступні умови [6, 9, 10]:

1. Слід відрахувати та помістити в окремі ємності порції насіння для висіву в кожній рядку. Якщо насіння достатньо, можна садити по два насінини в лунку, оскільки не всі вони проростуть. Якщо насіння мало садити по одному насінню в лунку.

2. Кожну ділянку слід позначити номером зразка та номером ділянки.

3. Між ділянками мають бути міжряддя такої ж ширини, як і між рядками.

4. Слід намітити лунки для посіву: вони мають бути 2-5 см глибиною, 10-20 см один від одного.

5. Після перевірки відповідності номерів зразка та ділянки, ємності з насінням кладуть на початку відповідних рядків.

6. Пакети розкривають і проводять посів вручну, поміщаючи по два насінини в лунки, розташовані вздовж рядка з відривом 10-20 см друг від друга. На таких невеликих ділянках застосування механізованого посіву є нераціональним.

7. Лунки прикривають землею і злегка трамбуєть ґрунт рядка.

Пересадка розсади - для зразків з малою кількістю насіння виконується в наступній послідовності [6, 7, 10]:

1. Насіння пророщують у чашках Петрі в інкубаторі при 25°C та 12-годинному світловому дні (стандарт ISTA 2008)[11].
2. Як тільки з'являться маленькі коріння, проростки пересаджують в окремі горщики зі стерилізованим компостом, торфом або лісовим ґрунтом.
3. Ділянку позначають номером зразка та вказують дату посадки та номер ділянки.
4. Горщики не рекомендується виставляти на відкрите сонце, але паросткам необхідно забезпечити інтенсивне освітлення або помістити їх у теплицю.
5. Поливати слід ретельно, так, щоб ґрунт був вологим, але не мокрим.
6. При досягненні рослинами висоти 10 см, горщики слід винести на відкритий. Ґрунт при цьому повинен залишатися вологим.
7. Ділянки розмічають кілочками на рядки, залишаючи необхідні міжряддя, і роблять у рядках лунки з відривом 10-20 див друг від друга.
8. Розсаду пересаджують у полі, по одній рослині в лунку, намагаючись не пошкодити коріння. Пересаджені рослини слід полити.

1.2.2. Догляд за посівами. У разі прямого посіву в землю, проріджування слід проводити через 2-6 тижнів після укорінення рослин, коли вони досягнуть 10 см заввишки, залишаючи по одній рослині в лунці [12]. Усього на ділянці рекомендується залишити близько 100 – 150 рослин, щоб уникнути конкуренції, яка може призвести до послаблення рослин та зниження врожайності насіння. При проріджуванні не слід видаляти лише дрібні чи ослаблені рослини, оскільки це призведе до зниження рівня генетичної мінливості. Проріджування можна поєднати з першим прополюванням бур'янів.

На ранніх стадіях чину може рости повільно, тому прополювання бур'янів слід здійснювати вручну через 4 тижні після вкорінення рослин, коли вони досягнуть 10-20 см у висоту. Слід переконатися, що технічний персонал здатний

ідентифікувати молоді рослини чини і не переплутають їх із бур'янами. Нетипові рослини та ті, що ростуть за межами рядка, підлягають вибракуванню.

Рекомендується полив (зрошення) поля після посіву і потім у міру потреби. Не можна допустити в'янення листя під час вегетаційного циклу. Під час цвітіння ґрунт обов'язково має бути вологим.

Основними грибними хворобами, що вражають посівну чину, є сіра гнилизна (*Botrytis* sp.), іржа (*Uromyces fabae*), борошниста роса (*Erysiphe polygoni*) і хибна борошниста роса (*Peronospora lathi-palustris*) (Duke 199) [3]. Чина посівна має стійкість до аскохітозу, що викликається *Mycosphaerella pinodes* [13].

Чина посівна рідко зазнає впливу шкідників або хвороб при вирощуванні. Для боротьби з борошнистою росою посадки обприскують фунгіцидами під час дощового сезону або при використанні зрошення.

1.2.3. Внесення добрив. Використання добрив залежатиме від типу ґрунту та його родючості. Слід дотримуватись наступних рекомендацій. Чину можна вирощувати і без застосування добрив, проте перед посівом рекомендується безпосередньо в лунки внести фосфор (100 кг діамоній фосфату/га) [14, 15]. Застосування 50-60 кг га у вигляді поверхневого підживлення на початку цвітіння дозволить отримати насіння гарної якості.

1.2.4. Збирання врожаю. Коли потрібно зібрати однакову кількість насіння кожного зразка, рослини вручну збирають в бавовняні/матер'яні мішечки для підсушування перед обмолотом або вручну збирають боби, коли вони почнуть коричневіти і підсихати, але до того, як зовсім зрілі боби почнуть розтріскуватися і насіння стануть обсіпатися) (рисунок 1.2).

При збиранні врожаю на великих ділянках, коли насіння з усіх рослин зразка буде перемішане, стебла слід обрізати ближче до землі і згорнути рослини нещільними кільцями, щоб вони дозріли і підсохли на повітрі перед тим, як їх помістять обмолочування, щоб відокремити насіння від ступок боба.



Рисунок 1.2 – Зрілі боби чини посівної під час збирання врожаю

Коли потрібно зібрати однакову кількість насіння кожного зразка, боби з рослини збирають у матер'яні мішечки або паперові пакети з прикріпленою до них етикеткою, а ще одну етикетку кладуть усередину. Паперові пакети рекомендується використовувати лише у сухому кліматі.

Обмолот проводять на брезентовому полотнищі, постукуючи по бобах, а потім збирають насіння у відповідний мішечок з етикеткою.

Необхідно стежити, щоб зразки не перемішалися між собою під час обмолоту.

1.2.5. Післязбиральна обробка. Алгоритм обробка насіння чини після збирання проводиться за наступних умов [6, 10, 16]:

1. Насіння очищають від домішок, вибираючи їх за допомогою насіннеочисної машини (сепаратора).

2. За другим разом з насіння видаляють зморщене, знебарвлене, заражене або пошкоджене насіння, виконуючи при цьому операцію калібрування. Відбраковане насіння слід спалити, щоб уникнути поширення хвороб, що переносяться насінням.

3. Зібране насіння порівнюють з оригінальними за такими параметрами, як розмір, візерунок та основний колір, на предмет встановлення відповідності або відмінностей.

4. З кожної рослини відбирають рівні кількості насіння та змішують в одному паперовому пакеті з етикеткою зовні та всередині. Після відбору необхідної кількості насіння, решту утілізують.

5. Пакети з насінням поміщають на тимчасове зберігання для висушування насіння.

6. Для перевірки властивостей насіння відбирається зразок. Якщо свіжа репродукція насіння заражена хворобами, що переносяться насінням, а наявності є раніше оригінальне насіння для повторного розмноження, заражене насіння необхідно утілізувати. Якщо оригінального насіння немає, отримане насіння використовують для повторного розмноження в контрольованих умовах із застосуванням агрохімічних препаратів для того, щоб отримати здорове насіння.

7. Якщо насіння не заражене шкідниками або хворобами, його висушують в умовах низької відносної вологості при 15°C, поки вміст води в насінні не досягне 3 - 7%.

8. Насіння витягають із сушильної комори, зважують і пакують у контейнери, в яких вони зберігатимуться. Для середньострокового зберігання можна використовувати пластикові контейнери або герметичні судини за наявності контролю відносної вологості навколишнього середовища, або композитні пакети з алюмінієвої фольги за відсутності такого контролю. Композитні пакети з алюмінієвої фольги є більш придатними для довгострокового зберігання. Контейнери або пакети рекомендується негайно закривати герметично.

9. Для перевірки життєздатності насіння відбирають зразок та проводять випробування, використовуючи стандартні методи визначення схожості (стандарт ISTA 2008) [11]. Отримані результати фіксуються у відповідному журналі. Якщо рівень життєздатності високий, насіння можна помістити на

зберігання. Якщо життєздатність низька, слід запланувати повторне розмноження зразка, використовуючи для цього оригінальне насіння.

10. У складі середньострокове зберігання насіння чини посівної забезпечується за нормальної температури 5-10°C, а довгострокове при -18°C.

1.2.6. Особливості виробництва насінневого матеріалу. У багатьох диких видів дуже тверде насіння, яким перед посівом для насичення вологою потрібна скарифікація. Тверде насіння рекомендується злегка потерти між двома листками наждакового паперу до появи подряпин на оболонці насіння, або використовувати пінцет із чітко окресленими прямокутними робочими губками. Розкривши їх приблизно на 2 мм, обережно, але твердо захоплюють шматочок оболонки насіння губками і стискають, щоб відщипнути цей шматочок. Для відокремлення шматочків оболонки насіння також можна використовувати скальпель.

Залежно від наявної кількості насіння, можна або сіяти прямо в ґрунт, або вирощувати розсаду для подальшої пересадки в полі (див. вище).

У більшості видів *Lathyrus* рослини за розміром приблизно схожі на культурний *L. sativus*, тому при розмноженні зразків диких видів можна використовувати таку ж густоту посадки і догляд за рослинами [17].

Деякі дикі види перехресно запилювані, і для їх просторової ізоляції буде потрібна більша відстань, ніж для культурного чину [1]. Для перехресно запилюваних видів рекомендуються або ізоляційна відстань 100 м, або застосування ізодомиків (таблиця 1.1).

Багато диких видів бобів розтріскуються, тому збирати їх слід раніше, ніж культурні види, точно визначаючи час збору, коли боби починають коричневіти і сохнути, але до того, як вони розтріскаються і насіння опаде.

Необхідно може бути порівняння з наявними паспортними даними або морфологічним описом зразків чини посівної, що допомагає розрізнити за ознаками квітки, бобу і насіння [18]. Деякі дані порівнюють за наступними

ознаками: забарвлення боба; візерунок на оболонці насіння; основне забарвлення насіння; пігментація стебла.

Таблиця 1.1 – Види запилювання

Вид	Тип	Система розмноження
<i>L. annuus</i>	Однорічний	Самозапилення
<i>L. aphaca</i>	Однорічний	Самозапилення
<i>L. articulatus</i>	Однорічний	Самозапилення
<i>L. cicera</i>	Однорічний	Самозапилення
<i>L. hirsutus</i>	Однорічний	Самозапилення
<i>L. latifolius</i>	Багаторічний	Перехресне запилення
<i>L. nissolia</i>	Однорічний	Самозапилення
<i>L. ochrus</i>	Однорічний	Самозапилення
<i>L. odoratus</i>	Однорічний	Переважно перехресне запилення
<i>L. sativus</i>	Однорічний	Самозапилення
<i>L. setifolius</i>	Однорічний	Самозапилення
<i>L. sylvestris</i>	Багаторічний	Перехресне запилення
<i>L. tingitanus</i>	Однорічний	Самозапилення
<i>L. tuberosus</i>	Багаторічний	Перехресне запилення

У процесі розмноження насіння слід зафіксувати наступну інформацію [6, 10, 16, 19, 20]:

- а) назву місця, де проводили розмноження, координати за картою;
- б) ім'я співробітника, який проводив збір даних;
- в) дані поля/ділянки/розплідника/теплиці;
- г) номер зразка та ідентифікаційні дані популяції;
- д) джерело надходження насіння;
- е) дані про попереднє розмноження або пересівання;
- ж) дані про підготовку посадкового матеріалу (передпосівну обробку);

- з) дата посіву;
- і) розташування посівів у полі;
- к) дані щодо догляду за посівами в полі (полив, внесення добрив, прополювання, боротьба зі шкідниками та хворобами, зареєстровані стрес-фактори тощо);
- л) умови навколишнього середовища (висота, опади, тип ґрунту тощо);
- м) поява сходів у полі або теплиці (кількість рослин, що зійшли) / кількість прийнятих і прибраних рослин;
- н) метод забезпечення ізоляції;
- о) дата збирання врожаю і метод;
- п) кількість зібраного насіння кожного зразка;
- р) порівняння зі стандартними матеріалами (запис ідентифікаційних номерів або посилань на номери зразків або гербарних зразків, з якими порівнювали матеріал з даної ділянки);
- с) післязбиральні процедури з насінням.

Таким чином, проведений аналіз агротехнологічних особливостей вирощування насіння чини посівної доводить про актуальність обраного напряму підвищення ефективності післязбиральної обробки. Наступним етапом стане вивчення властивостей насінневих матеріалів та розробка схеми сепарувального обладнання з можливістю подальшої автоматизації.

2. Обґрунтування схеми сепарувального обладнання та визначення властивостей насіннєвих матеріалів

2.1. Загальні положення

Матеріально-технічна база зерно та насіннеочисного / сепарувального обладнання є застарілою (близько 30-40%) [21, 22]. Крім того виробники надають рекомендації щодо налагодження сепарувального обладнання, в залежності від властивостей матеріалу, виключно для поширених с.г. культур. Це призводить до низької технологічної продуктивності та якості сепарування насіннєвих матеріалів так званих нішевих культур, наприклад, чини посівної; підвищення витрат на обробку та на вартість кінцевого продукту.

Проведення модернізації сепарувального обладнання веде до інтенсивності оброблення насіннєвого матеріалу, сприяє збільшенню функціоналу пкінцевих продуктів, зниженню енерговитратам по відношенню до кінцевого продукту.

Завданням проекту є розробка/удосконалення технологічної лінії та обґрунтування параметрів сепарувального обладнання для обробки насіння чини польової.

Для цього необхідно виконати наступні етапи [22, 23]:

- а) визначити властивості насіннєвого матеріалу;
- б) розрахувати технологічні параметри обладнання;
- в) розробити технологічну схему процесу обробки насіння чини посівної.

2.2. Технологічна схема сепарування насіння

Кожен насіннєвий матеріал має компоненти зі своїми відмінними властивостями: розміри, питома вага, стан поверхні, аеродинамічні властивості. Для поділу цих компонентів, підготовці якісного насіння використовують ознаки, що відповідають вище переліченим властивостям.

Насіннєвий матеріал чини не є винятком та потребує відповідного дослідження щодо властивостей компонентів. На підставі цього буде проведена подальше обґрунтування параметрів сепарувального обладнання.

Технологічна схема обробки насіння чини повинна забезпечувати отримання необхідної якості насіння та збирання відходів обробки.

Для досліджень приймаємо наступну технологічну схему обробки насіннєвого матеріалу чини посівної (рис.2.1).

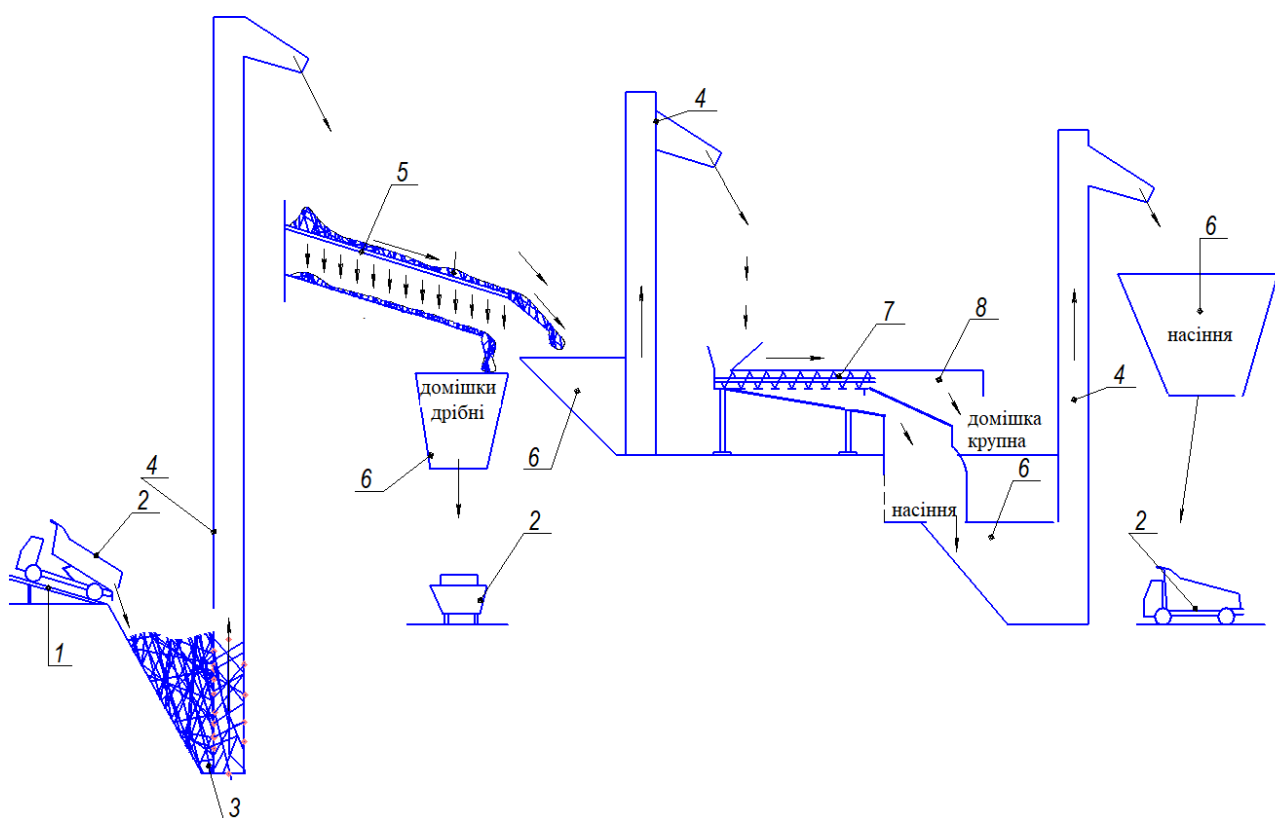


Рисунок 2.1 – Технологічна схема обробки насіння чини посівної: 1 – розвантажувально-завантажувальний пристрій; 2 – транспорт; 3 – яма завальна; 4 – норія; 5 – машина попереднього очищення насіння; 6 – бункер-накопичувач; 7- запропонований калібратор насіння; 8 – вихід фракції

Схема технологічного процесу починається з того етапу розміщення насіннєвого матеріалу на площадках після операції збирання. Процес розміщення супроводжується поділом матеріалу в залежності від сортових особливостей (див. розділ 1).

Наступний етап є перевантаження сировини за допомогою самоскида (поз.2, рис.2.1) або будь-якої іншої транспортної машини в завальну яму (поз.3), де матеріал зберігається до початку її обробки. Далі із завальної ями матеріал за допомогою норії надходить на машину попередньої обробки з вібраційним решетом, де і відбувається відділення домішкової фракцій. Після цього етапу маємо очищене насіння від домішок, але воно ще має так звану зернову доміку, тобто насіння яке щупле, травмоване або пошкоджене. Подібний компонент також має бути відділений від основного повноцінного насіння.

Насінневий матеріал очищений від домішок надходить на норію, і за допомогою її надходить на калібратор (поз.7). Калібратор виконує відділення некондеціного насіння від основного повноцінного.

Після цього повноцінне насіння надходить через норію на транспортний засіб до перевезення на склад.

Отримані домішки після просіювання через решета транспортуються до складу для подальшої обробки (на кормові цілі) або утилізації (мертві відходи).

З запропонованої технологічної схеми видно, що високі умови ставляться до калібратора, який повинен виконати поділ за близькими за значенням ознаками, що відносяться до насінневого матеріалу. Тому, важливим етапом є попереднє визначення властивостей насінневого матеріалу чини посівної.

2.3. Визначення сепарувальних властивостей насіння

Для поділу компонентів матеріалу використовуємо ознаку - геометричні розміри, які забезпечать найповніший поділ на фракції із заданими показниками їхньої якості.

Процес поділу називається сортуванням, класифікацією чи сепаруванням сипких матеріалів. Види класифікації [21, 22]: механічний, гідравлічний, повітряний, магнітний поділ.

Для вихідної суміші, що складається з зерен основної та домішок, закон розподілу яких за товщиною частинок заданий варіаційними рядами. Це

дозволяє визначити конструктивні параметри решет для поділу на фракції: домішка – основне насіння. Причому продукті, з технічних міркувань, допустимо залишення певного відсотку домішки. Для насіннєвого матеріалу такий відсоток регламентується стандартами ДСТУ [24, 25].

Можливі варіанти подільності двокомпонентної суміші розглянуті на рисунку 2.2.

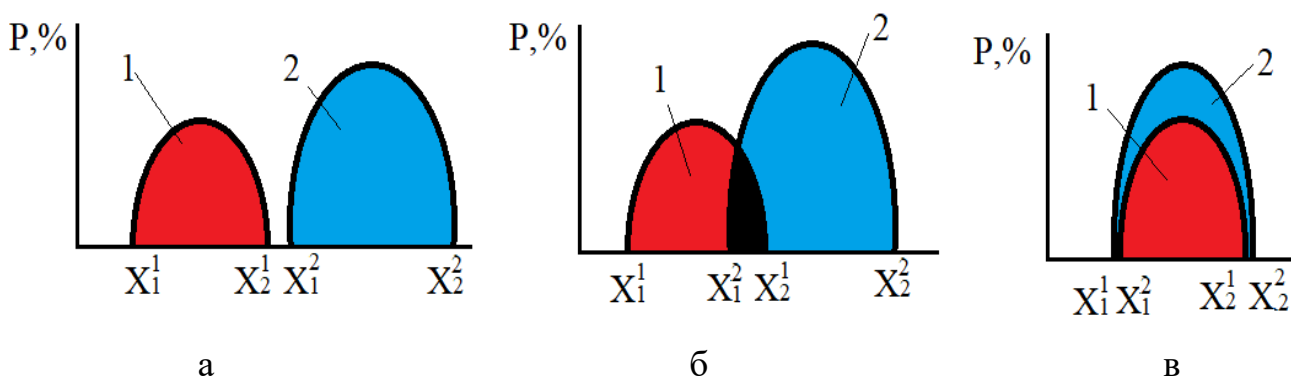


Рисунок 2.2 – Варіанти подільності двокомпонентної суміші за ознакою x : а – суміші, що розділяються; б – важкороздільні суміші; в – нероздільні суміші

За данною методикою проведено визначення властивостей та отримано розподіл компонентів за діаметром або, у нашому випадку для округлих частинок, за шириною.

Прийmemo умову, що це частинки мають круглу форму і масу $m = 7 \cdot 10^{-5} \text{ кг}$, незалежно від своїх розмірів.

1. На підставі статистичних даних розмірів частинок побудуємо ряд розподілу геометричних параметрів домішки та насіння (табл. 2.2, 2.3).

Таблиця 2.1 – Розподіл домішки та продукту по діаметру частинок (ширині)

для домішки															
Границя розряду	2-2,5	2,5-3	3-3,5	3,5-4	4-4,5	4,5-5	5-5,5	5,5-6	6-6,5	6,5-7	7-7,5	7,5-8	8-8,5	8,5-9	9-9,5
Кількість частинок в інтервалі	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
для насіння															
Границя розряду	5-5,5	5,5-6	6-6,5	6,5-7	7-7,5	7,5-8	8-8,5	8,5-9	9-9,5	9,5-10	10-10,5	10,5-11	11-11,5	11,5-12	12-12,5
Кількість частинок в інтервалі	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Таблиця 2.2 – Ряди розподілу розмірів частинок для домішки

Для домішки															
Границі розряду, мм	2-2,5	2,5-3	3-3,5	3,5-4	4-4,5	4,5-5	5-5,5	5,5-6	6-6,5	6,5-7	7-7,5	7,5-8	8-8,5	8,5-9	9-9,5
Кількість частинок в інтервалі, шт	1	2	5	10	20	30	40	50	40	30	20	10	5	2	1
Середнє значення частинок інтервалу	2-2,5	2,5-3	3-3,5	3,5-4	4-4,5	4,5-5	5-5,5	5,5-6	6-6,5	6,5-7	7-7,5	7,5-8	8-8,5	8,5-9	9-9,5

Таблиця 2.3 – Ряди розподілу розмірів частинок насіння

Границі розряду, мм	5-5,5	5,5-6	6-6,5	6,5-7	7-7,5	7,5-8	8-8,5	8,5-9	9-9,5	9,5-10	10-10,5	10,5-11	11-11,5	11,5-12	12-12,5
Кількість частинок в інтерв., шт	1	2	5	10	20	30	40	50	40	30	20	10	5	2	1
Середнє значення частинок інтервалу	5,25	5,75	6,25	6,75	7,25	7,75	8,25	8,75	9,25	9,75	10,25	10,75	11,25	11,75	12,25

2. Використовуючи дані таблиць 2.2 та 2.3, будуємо гістограму розподілу (рис.2.3):

- по осі абсцис відкладаємо середнє значення розряду, по осі ординат – чисельність;

- з'єднуємо верхні частини відрізків та отримуємо криву розподілу домішок та насіння.

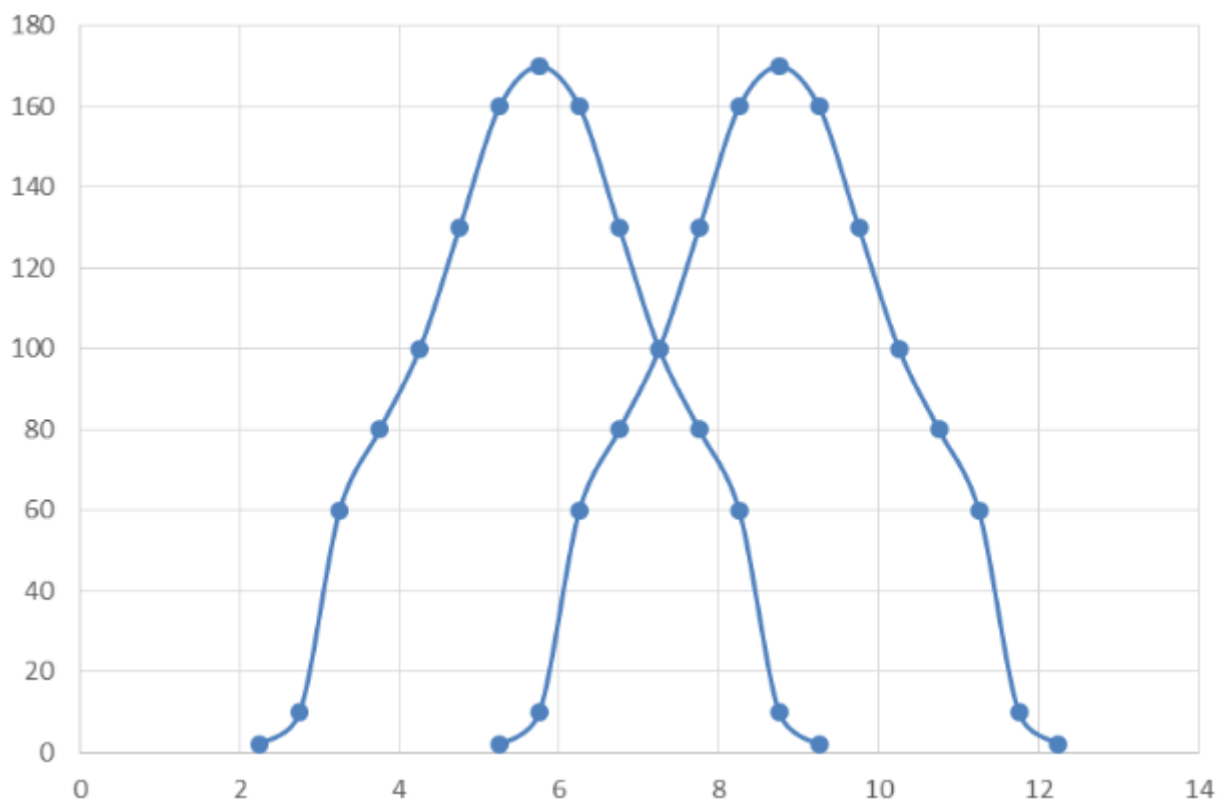


Рисунок 2.3 – Гістограма розподілу домішок та продуктів

3. Визначимо можливість появи значень розподілів кожного інтервалу (P_i) [26, 27]:

$$P_i = \frac{n_i}{N}, N = \sum_{i=1}^{15} n_i, \quad (2.1)$$

де n_i – кількість частинок в i -му інтервалі розряду, шт.;

N – загальна кількість частинок у розподілі, шт.

Результати розрахунку представлені у таблиці 2.4, де

$$N_{\text{домішки}} = 1 + 2 + 5 + 10 + 20 + 30 + 40 + 50 + 40 + 30 + 20 + 10 + 5 + 2 + 1 = 266 ,$$

$$N_{\text{насіння}} = 1 + 2 + 5 + 10 + 20 + 30 + 40 + 50 + 40 + 30 + 20 + 10 + 5 + 2 + 1 = 266 .$$

Таблиця 2.4 – Ймовірність значень розподілу кожного ряду для домішки та насіння

для насіння															
Номер розряду	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Кількість частинок в інтервалі n , шт	1	2	5	10	20	30	40	50	40	30	20	10	5	2	1
Ймовірність розподілу, P	0,003	0,007	0,018	0,037	0,075	0,113	0,150	0,188	0,150	0,113	0,075	0,037	0,018	0,007	0,003
для домішки															
Номер розряду	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Кількість частинок в інтервалі n , шт	1	2	5	10	20	30	40	50	40	30	20	10	5	2	1
Ймовірність розподілу, P	0,003	0,007	0,018	0,037	0,075	0,113	0,150	0,188	0,150	0,113	0,075	0,037	0,018	0,007	0,003

4. Визначаємо математичне очікування випадкової величини [26, 27]:

$$m_x = \frac{P_1 \cdot x_1 + P_2 x_2 + P_3 x_3 + \dots + P_n x_n}{P_1 + P_2 + P_3 + \dots + P_n} . \quad (2.2)$$

Врахуємо, що $\sum_{i=1}^n P_i = 1$, тоді:

а) для домішки:

$$m_x = 0,003 \cdot 2,25 + 0,007 \cdot 2,75 + 0,018 \cdot 3,25 + 0,037 \cdot 3,75 + 0,075 \cdot 4,25 + \\ + 0,113 \cdot 4,75 + 0,150 \cdot 5,25 + 0,188 \cdot 5,75 + 0,150 \cdot 6,25 + 0,113 \cdot 6,75 + 0,075 \cdot 7,25 + \\ + 0,037 \cdot 7,75 + 0,018 \cdot 8,25 + 0,007 \cdot 8,75 + 0,003 \cdot 9,25 = 5,71$$

б) для насіння:

$$m_x = 0,003 \cdot 5,25 + 0,007 \cdot 5,75 + 0,018 \cdot 6,25 + 0,037 \cdot 6,75 + 0,075 \cdot 7,25 + \\ + 0,113 \cdot 7,75 + 0,150 \cdot 8,25 + 0,188 \cdot 8,75 + 0,150 \cdot 9,25 + 0,113 \cdot 9,75 + 0,075 \cdot 10,25 + \\ + 0,037 \cdot 10,75 + 0,018 \cdot 11,25 + 0,007 \cdot 11,75 + 0,003 \cdot 12,25 = 8,69$$

Визначаємо дисперсію випадкової величини [26, 27]:

$$D(x) = \sum (x_i - m_x)^2 \cdot P_i \quad (2.3)$$

а) для домішки:

$$D(x) = (2,25 - 5,71)^2 \cdot 0,003 + (2,75 - 5,71)^2 \cdot 0,007 + (3,25 - 5,71)^2 \cdot 0,018 + \\ + (3,75 - 5,71)^2 \cdot 0,037 + (4,25 - 5,71)^2 \cdot 0,075 + (4,75 - 5,71)^2 \cdot 0,113 + (5,25 - 5,71)^2 \cdot \\ \cdot 0,150 + (5,75 - 5,71)^2 \cdot 0,188 + (6,25 - 5,71)^2 \cdot 0,150 + (6,75 - 5,71)^2 \cdot 0,113 + (7,25 - 5,71)^2 \cdot \\ \cdot 0,075 + (7,75 - 5,71)^2 \cdot 0,037 + (8,25 - 5,71)^2 \cdot 0,018 + (8,75 - 5,71)^2 \cdot 0,007 + \\ + (9,25 - 5,71)^2$$

б) для насіння:

$$D(x) = (5,25 - 8,69)^2 \cdot 0,003 + (5,75 - 8,69)^2 \cdot 0,007 + (6,25 - 8,69)^2 \cdot 0,018 + \\ + (6,75 - 8,69)^2 \cdot 0,037 + (7,25 - 8,69)^2 \cdot 0,075 + (7,75 - 8,69)^2 \cdot 0,113 + (8,25 - 8,69)^2 \cdot \\ \cdot 0,150 + (8,75 - 8,69)^2 \cdot 0,188 + (9,25 - 8,69)^2 \cdot 0,150 + (9,75 - 8,69)^2 \cdot 0,113 + (10,25 - 8,69)^2 \cdot \\ \cdot 0,075 + (10,75 - 8,69)^2 \cdot 0,037 + (11,25 - 8,69)^2 \cdot 0,018 + (11,75 - 8,69)^2 \cdot 0,007 + \\ + (12,25 - 8,69)^2$$

5. Визначаємо величину відхилення у вигляді середньо-квадратичної величини [26, 27]:

$$\sigma_x = \sqrt{D(x)} \quad (2.4)$$

а) для домішки:

$$\sigma_x = \sqrt{1,36} = 1,17;$$

б) для насіння:

$$\sigma_x = \sqrt{1,36} = 1,17.$$

6. Побудуємо функцію розподілу випадкової величини (рис.2.4).

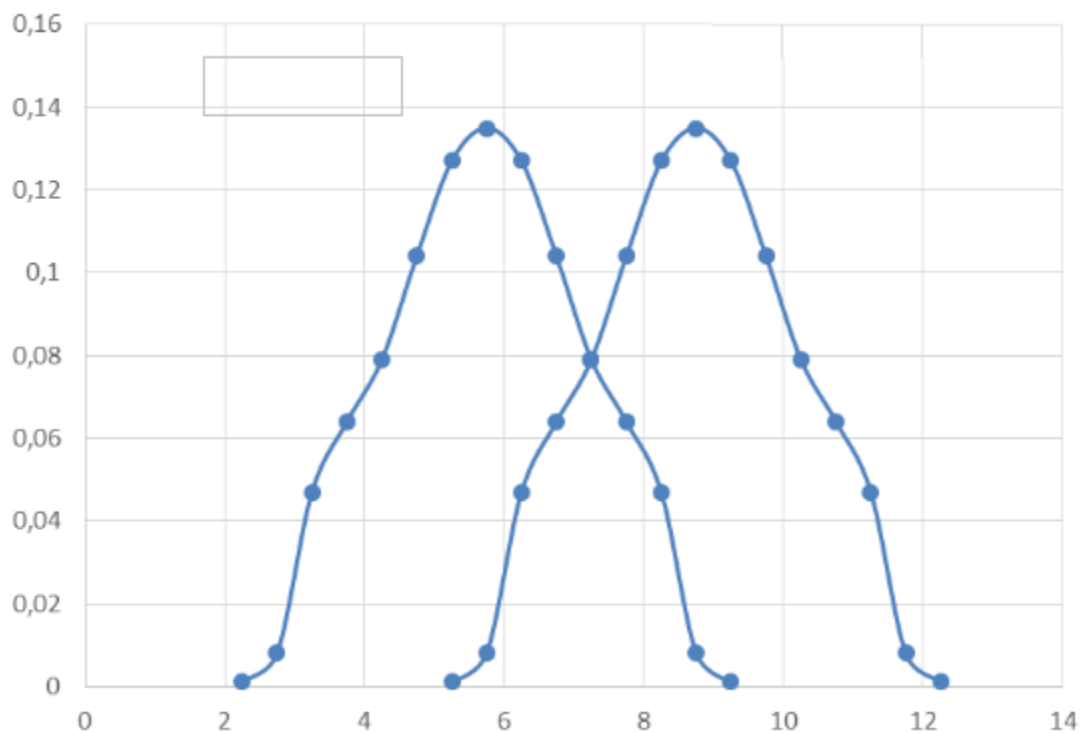


Рисунок 2.4 - Функція розподілу домішки та насіння

З рисунку 2.4 видно, що:

- крива розподілу має симетричний пагорбовий вигляд;

- максимальна ордината кривої відповідає значенню $x = mx$;
- щільність розподілу падає коли ми віддаляємося від максимальної величини (точки), а при $x \rightarrow \pm\infty$ наближається до осі абсцис.

Всі ці ознаки свідчать, що розподіл підпорядковується нормальному закону, який описується рівнянням Гауса [26, 27]:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(x-m)^2}{2\sigma^2}} . \quad (2.5)$$

Рівняння Гауса не обчислюється через елементарну функцію, тому розрахунок ведеться через спеціальну функцію-інтеграл ймовірності [26, 27]:

$$P(\alpha < x < \beta) = \Phi\left(\frac{\beta - m}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{\alpha - m}{\sigma}\right), \quad (2.6)$$

де α – приблизна точка перетину кривих розподілу домішки і продукту по осі x (рисунок 2.3);

β – найбільший розмір домішки;

σ – середнє квадратичне відхилення домішки;

Φ – нормальна функція розподілу $\Phi(x)$ – табличне значення.

7. Визначимо ймовірність потрапляння домішки у насіння.

Прийmemo: $\alpha = 7,25; \beta = 9,25$, (дані для перерахування значень у додатку А)

тоді:

$$P(7,75 \leq X \leq 9,25) = \Phi\left(\frac{9,25 - 5,71}{1,17}\right) - \Phi\left(\frac{7,25 - 5,71}{1,17}\right) = 0,9986 - 0,9115 = 0,0871 \text{ або } 8\% .$$

8. Визначимо можливість потрапляння продукту до домішку.

Прийmemo $\alpha = 5,25; \beta = 7,25$, тоді:

$$P(7,75 \leq X \leq 5,25) = \Phi\left(\frac{7,25 - 8,69}{1,17}\right) - \Phi\left(\frac{5,25 - 8,69}{1,17}\right) = 0,2119 - 0,0019 = 0,21 \text{ або } 21\% .$$

9. Виходячи з отриманих результатів, можна підібрати решето для поділу суміші. Решето є основною частиною всіх машин, що просівають. Решета розрізняються за матеріалом, з якого виготовлені, та за способом їх виготовлення.

В даному випадку вибираємо пробивне перфороване ршеето зі штампованими отворами прямокутної форми, робочий розмір $D = 7,25$, відповідно номер решета 7,75. З таким розміром отворів майже вся домішка і 21% продукту потраплятиме у прохід, а 92% продукту та 8% домішки – у сід, що не суперечить вихідним вимогам.

Розрахунки показують, що за такого розташування отворів площа живого перерізу на зображеній ділянці становить:

$$S_{ome} D \cdot 15 = 7,75 \cdot 15 = 116,25$$

$$F_0 = 116,25 \cdot 6 = 697,5 \approx 700 , \quad (2.7)$$

$$F = 2 \cdot 697,5 = 1395 \approx 1400, \quad (2.8)$$

$$L = \sqrt{1395} = 37.35 ,$$

$$S = \frac{L - 3 \cdot D}{3} , \quad (2.9)$$

$$S = \frac{37,35 - 3 \cdot 7,75}{3} = 4,7 ,$$

$$\varphi = \frac{697,5}{1395} \cdot 100\% = 0,5 \cdot 100\% = 50 \text{ .} \quad (2.10)$$

Це відповідає рекомендованим значенням для пробивних решет.

Діаметр отвору становить -7,25мм.

Таким чином, запропонована технологічна лінія з обробки насіння чини посівної, основними елементами якої є машина попереднього очищення та калібратор. Також проведено визначення сепарувальних властивостей насіннєвого матеріалу, результатом якої стали встановлені розміри та форма отворів решет.

3. Обґрунтування параметрів калібратора

3.1. Обґрунтування параметрів процесу сепарування насіння в калібраторі

3.1.1. Обґрунтування технологічної схеми калібратора. Для калібрування попередньо-очищеного насінневого матеріалу (див.розділ 2) пропонується застосування решетного калібратора. Машина має циліндричне решето з гвинтовим розподільником всередині. У циліндричному решеті без розподільника сипкий матеріал, що захоплюється обертовою циліндричною поверхнею, зосереджується тільки в $\frac{1}{4}$ частини кола решетної поверхні (25%). При установці розподільника, що обертається в протилежному напрямку щодо решета, сипкий зерновий матеріал, що захоплюється гвинтовими лопатями, розподіляється до $\frac{1}{3}$ – $\frac{1}{2}$ частини кола решетної поверхні. Таким чином, можливе збільшення контакту насінневого матеріалу та сепарувальної поверхні складає 100% (вдвічі).

Гвинтові лопаті переміщують матеріал в осьовому напрямку, розподіляючи його по довжині сепарувальної поверхні.

Збільшується площа контакту матеріалу з поверхнею циліндричного решета, а товщина шару матеріалу зменшується. При цьому підвищується ймовірність проходження домішки через шар матеріалу та отвори решета, що призводить до зростання продуктивності на одиницю площі робочої поверхні. Нахил решета у бік подачі дозволяє регулювати швидкість переміщення матеріалу за допомогою розподільника.

Установка гвинтового розподільника у решітці дозволяє підвищити подачу матеріалу в 1,2-1,6 рази при допустимому рівні втрат насіння та повноті виділення вище 70%. Частота обертання розподільника складає від 30 об./хв до 40 об./хв. При таких параметрах рівень втрат насіння при однаковій подачі матеріалу значно нижчий, а повнота виділення домішок при допустимих втратах насіння вище. Циліндричне решето виконане на 75% по довжині з отворами

діаметром 10 мм (див. розділ 2) та на 25% – з отворами діаметром 6 мм, що також збільшує повноту виділення домішок на 10,5%.

Насіннєвий матеріал, що надходить з полів у період збирання, містить у своєму складі домішки (колоски, частки соломи, стебла інших рослин, грудочки землі) і дрібні (насіння бур'янів, пісок, пил). Їх кількісний склад залежить від стану полів, виду та налаштування жнив, погодних умов, організаційних факторів. Дані домішки зазвичай мають високу вологість, яка може досягти 50-80%. Насіння з самого початка знаходження його з домішками в одній масі починає поглинати частину вологи даних домішок, тому в першу ж добу можуть виникнути осередки самозігрівання [20, 22].

У зв'язку з цим матеріал необхідно відразу після збирання піддати попередньому очищенню від сторонніх домішок. Внаслідок попереднього очищення при видаленні крупних домішок середня вологість матеріалу може знизитися на 1–6 % і більше [22]. Крім часткового видалення вологи попереднє очищення збільшує сипкість зернового (насіннєвого матеріалу). Полегшуються наступні процеси сушіння та очищення, підвищується стійкість насіння до самозігрівання при тимчасовому зберіганні [28].

Калібратори повинні бути простими і надійними за своєю конструкцією. Одним із ефективних напрямів удосконалення подібних машин є використання в них циліндричних решіт [29]. У порівнянні з плоскими вони мають ряд переваг: не вимагають врівноваження, відрізняються плавністю руху і простим приводом. Однак є недолік, який стримує широке впровадження циліндричних решіт – низька продуктивність на одиницю площі робочої поверхні [29].

Для підвищення продуктивності машин з циліндричним решетом нами запропоновано примусово розподіляти насіннєвий матеріал по решітній поверхні гвинтовим розподільником, обертаючи його у бік, протилежний обертанню решета, а саме решето нахилити у бік подачі.

Суть запропонованого полягає в тому, що гвинтові лопаті переміщують матеріал в осьовому напрямку, при цьому розподіляючи його по довжині решета. Результат маємо у вигляді поліпшення площі контактової з поверхнею

циліндричного решета, зменшується товщина його шару, збільшується ймовірність проходження домішок через шар матеріалу та отвори решета і, як наслідок, зростає продуктивність на одиницю площі робочої поверхні. Нахил решета у бік подачі дозволяє регулювати швидкість переміщення матеріалу за допомогою розподільника.

Схема калібратора з циліндричною сепаруючою поверхнею та гвинтовим розподільником матеріалу представлена на (рис. 3.1)

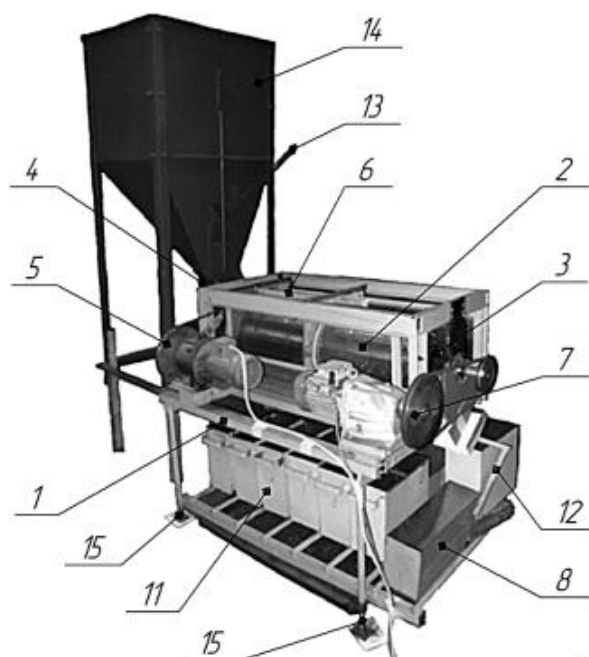
Робочий процес в установці відбувається наступним чином (рис. 3.2). Насінневий матеріал з бункера при відкритті шиберної заслінки важелем по завантажувальному патрубку надходить у циліндричне решето, що обертається. Під впливом обертової циліндричної поверхні та лопатей гвинтового розподільника, що обертається у протилежний бік щодо решета, матеріал розподіляється по колу решета і далі цими ж лопатями переміщається вздовж решета.

При переміщенні матеріалу дрібні домішки, розмір яких менший від розміру отворів решета, проходять крізь отвори, потрапляють по лотку до відповідної збірної ємності. Насіння, розмір яких більший за розмір отворів, витками розподільника транспортуються з решета до збірки. Застрягли в отворах компоненти матеріалу очищаються щіткою, що нерухомо закріплена на рамі.

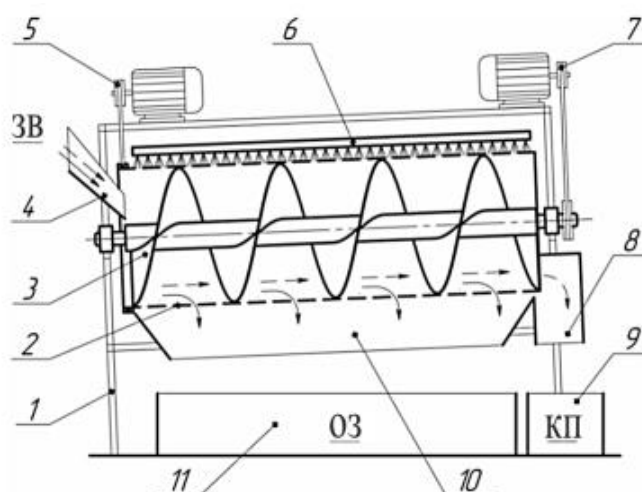
Частоти обертання циліндричного решета та розподільника регулюються за рахунок зміни оборотів електродвигунів відповідних приводів частотними перетворювачами електричного струму.

Шляхом зміни довжини опор рами за допомогою регулювальних гвинтів змінюється кут установки циліндричного решета.

Пристрій для відсічення потоків фракцій використовується при проведенні дослідів для відсічення потоків за часом. Гвинтовий розподільник має накладку з прогумованої тканини та щіткову накладку. Щіточна накладка, встановлена в кінцевої частини гвинтового розподільника, сприяє більш повному виведенню насіння із решета.



а)



б)

Рисунок 3.1 – Запропонований калібратор:

а – загальний вигляд; б – технологічна схема: 1 – рама; 2 – циліндричне решето; 3 – гвинтовий розподільник; 4 – вхідний патрубок; 5 – привід решета; 6 – щітка для очищення отворів решета; 7 – привід гвинтового розподільника; 8 – лоток для виведення сходової фракції; 9 – ємність для збору сходової фракції;

10 – лоток для виведення прохідової фракції; 11 – ємність для збирання прохідової фракції; 12 – пристрій для відсічення потоків фракцій; 13 – важіль відкриття засувки бункера; 14 – бункер; 15 – регулювальні гвинти; ЗВ – зернова купа, ОЗ – дрібні домішки, КП – насіння

Для оцінки якості роботи циліндричного решета з гвинтовим розподільником при виділенні домішок проведено відповідні дослідження як із встановленням гвинтового розподільника, так і без нього.

Проведені дослідження показали, що без встановлення розподільника раціональна робота решета з допустимим рівнем втрат насіння забезпечується при куті нахилу решета до його кінця не понад 1 град. та частоті обертання решета не вище 40 об/хв, при встановленні гвинтового розподільника – при куті нахилу циліндричного решета у бік початку решета 3 град. та частоті обертання решета 65 об./хв.

В дослідженнях кут нахилу решета і частота його обертання встановлювали у межах. Для вибору частоти обертання розподільника проведено оціночні дослідження при частоті обертання розподільника 30, 40, 50, 60 об./хв. На основі аналізу оціночних дослідів для проведення подальших досліджень вибрано частоти обертання гвинтового розподільника 30-40 об/хв як найбільш прийнятні. Дослідження проводили на матеріалі з вмістом домішок 0,1%.

Дослідження здійснювали в наступній послідовності: готували вихідний матеріал; очищали та встановлювали ємності для збору проходових та сходових фракцій; включали електродвигуни, встановлювали за допомогою частотних перетворювачів електричного струму необхідні значення частот обертання циліндричного решета та гвинтового розподільника; після виходу установки на холостому ходу в режим, що встановився, відкривали на необхідну величину подачі матеріалу шиберну заслінку бункера. Далі при встановленому робочому режимі установки виробляли відсічення за часом потоків проходової та сходовий фракцій, які прямували у відповідні збірні ємності. Після здійснення процесу сепарування проводили аналіз та зважування проходової та сходової фракцій. Усі серії дослідів здійснювали за різних подач насінневого матеріалу.

При кожному досвіді визначали повноту виділення домішок і втрати насіння.

Повноту виділення домішок обчислювали за формулою [29, 30]:

$$e = \frac{100Q_{KC}}{Q_{KC} + Q_{KП}}, \quad (3.1)$$

де e – повнота виділення домішок, %; Q_{KC} – маса домішок у сходовій фракції, г; $Q_{KП}$ – маса домішок у проходовій фракції, г.

Втрати насіння із фракцією домішок обчислювалися за формулою:

$$S = \frac{100Q_{3C}}{(Q_{3C} + Q_{3П})}, \quad (3.2)$$

де S – втрати насіння з фракцією домішок, %; Q_{3C} – маса насіння в домішках, г; $Q_{3П}$ – маса насіння у проходовій фракції, г.

Результати дослідів представлені у вигляді графіків функцій [29]:

$$e = f_1(q); s = F_2(q), \quad (5.3)$$

де q – подача матеріалу, кг/с.

Подачу матеріалу обчислювали за формулою:

$$q = \frac{Q_{3C} + Q_{3П} + Q_{KC} + Q_{KП}}{1000t}, \quad (3.4)$$

де t – тривалість досліду, с.

Проведені дослідження показали, що повнота виділення домішок без розподільника вища, ніж за встановлення розподільника (рис. 3.2). Це пояснюється тим, що гвинтовий розподільник, розподіляючи матеріал по поверхні решета, зменшує товщину шару матеріалу, тому ймовірність проходу домішок у проходову фракцію збільшується, а сходову відповідно зменшується. Збільшення частоти обертання розподільника підвищує повноту виділення домішок, так як збільшується швидкість їх виведення в сходову фракцію. При

тих самих подачах матеріалу повнота виділення домішок при частоті обертання 40 об./хв на 5–8 % вище, ніж за 30 об./хв.

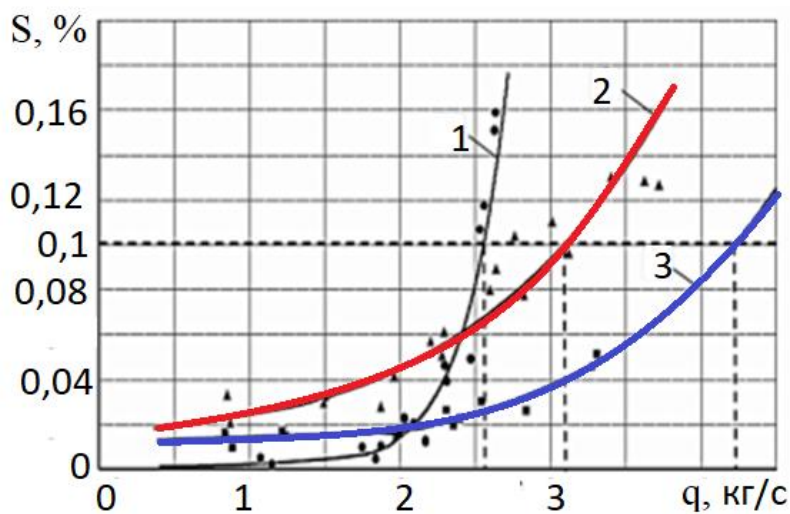


Рисунок 3.2 – Залежність втрат повноцінного насіння від подачі матеріалу в калібратор: 1 – без розподільника, 2 – з розподільником з частотою обертання 40 об./хв., 3 – з розподільником із частотою обертання 30 об/хв

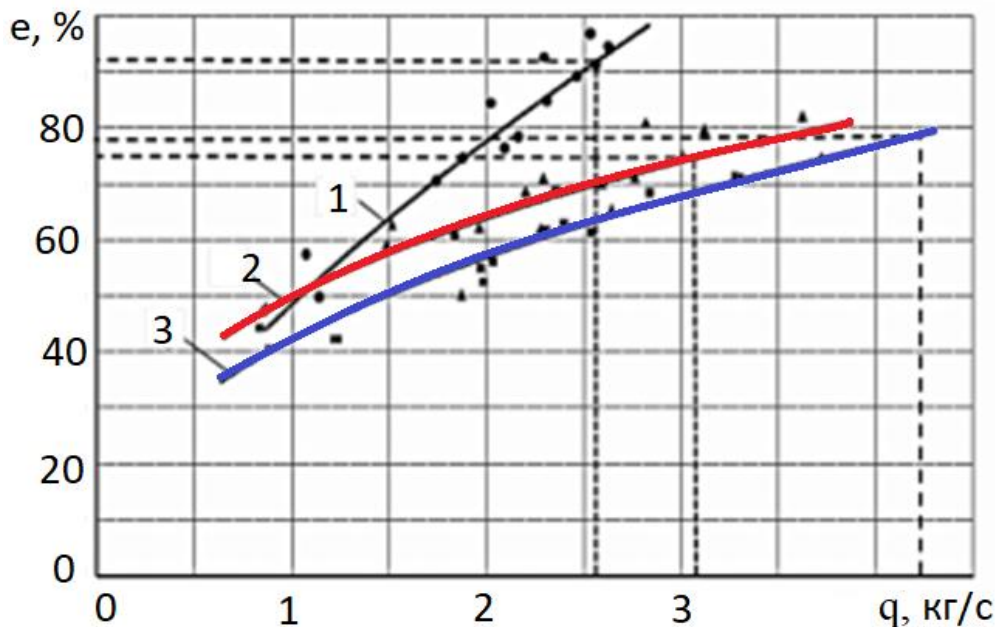


Рисунок 3.3 – Залежності повноти виділення домішок (e) від подачі насінневого матеріалу: 1 – без розподільника, 2 – з розподільником з частотою обертання 40 об./хв., 3 – з розподільником із частотою обертання 30 об/хв

Повнота виділення домішок без установки розподільника через значну товщину шару матеріалу на решеті вийшло досить значною. Проте оцінювати якість роботи пристроїв без урахування втрат насіння не є коректним. Вихідними вимогами для калібраторів насіння [11, 24, 25] встановлено допустимі втрати, які становлять не більше 0,1%.

Аналіз залежностей зміни повноти виділення домішок (рис. 3.2) та втрат насіння (рис. 3.3) залежно від подачі показав, що при допустимому рівні втрат насіння з решета (0,1 %) подача на решето без розподільника становить 2,6 кг/с за повноти виділення соломистих домішок 93,3%, на решето з розподільником, що обертається із частотою 40 об/хв, – 3,1 кг/с при повноті виділення 74,7 %, на решето з розподільником, що обертається з частотою 30 об/хв, – 4,2 кг/с за повноти виділення 78,8 %.

Враховуючи, що повнота виділення домішок за вихідними вимогами має бути не нижче 90 % [29], можна зробити висновок, що установка гвинтового розподільника дозволяє підвищити подачу матеріалу в 1,2 та 1,6 рази при частоті обертання розподільника відповідно 40 і 30 об./хв.

Спостереження за процесом сепарації та вивченням проходової фракції встановлено, що домішки потрапляють у відповідну фракцію головним чином на кінці решета. На підставі цього для збільшення повноти виділення домішок решето було виконано складовим. За збереження загальної довжини 75% довжина решета мала отвори діаметром 10 мм, а 25% – наприкінці решета отвори діаметром 6 мм. Досліди проводили аналогічно попереднім при частоті обертання розподільника 30 об/хв.

Результати дослідів показали, що повнота виділення домішок при сепарації на складовому решеті при тих самих подачах значно вище, ніж при решеті, що повністю має діаметр отворів 10 мм, проте при цьому відбувалося збільшення втрат зерна (рис. 3.4, 3.5).

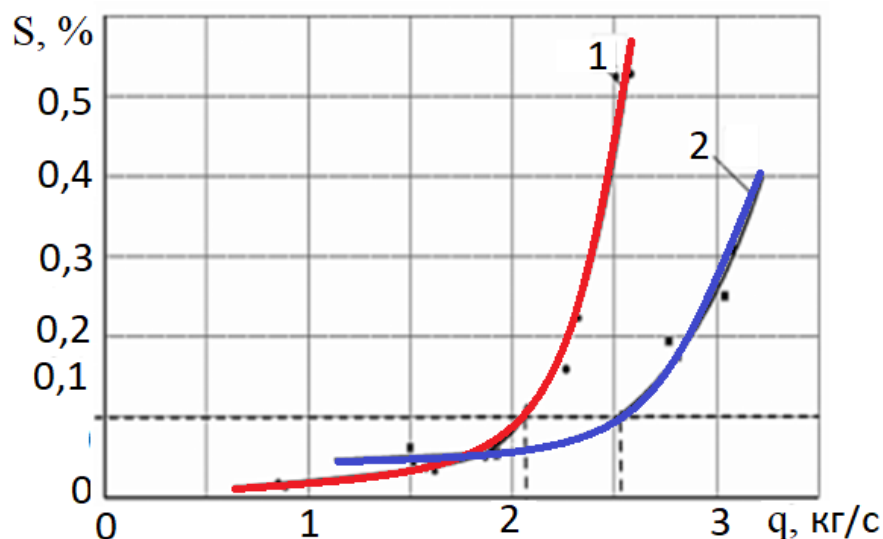


Рисунок 3.4 – Зміна втрат зерна в залежності від подачі зернової суміші:
1 – без розподільника, 2 – з розподільником

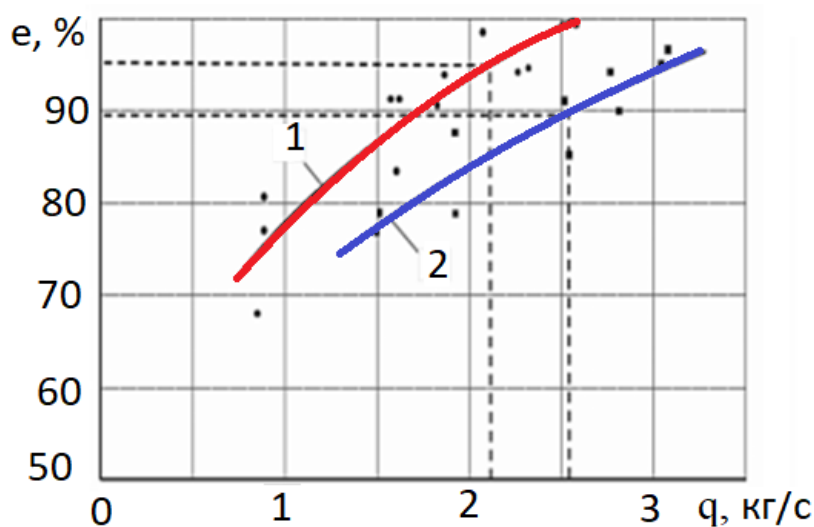


Рисунок 3.5 – Залежність повноти виділення домішок від подачі насіннєвого матеріалу: 1 – без розподільника, 2 – з розподільником

Цей результат пояснюється тим, що ймовірність проходження насіння чини польвої через отвори діаметром 6 мм нижче, ніж через отвори діаметром 10 мм. При допустимому рівні втрат 0,1 % величина подачі насіння без розподільника становила 2,1 кг/с, з розподільником – 2,5 кг/с. У цьому повнота виділення домішок (див. рис. 3.2) становила відповідно 94,7 і 89,3 %. Встановлення розподільника у складне циліндричне решето дозволило підвищити подачу матеріалу у 1,2 рази.

3.2. Розрахунок параметрів робочого органу

Основним елементом розробленого калібратора є гвинтовий розподільник у вигляді шнеку. Форма і виконання гвинта значною мірою залежить від фізичних властивостей матеріалу, який підлягає сепаруванню [31, 32].

Серед поширених конструкцій є суцільний гвинт, який складається з труби 1 з привареним по спіралі пером 2 кромка якого утворює невеликий зазор з внутрішньою стінкою корпусу шнека 3 (рисунок 3.6). Гвинт піддають обов'язковому балансуванню, щоб уникнути небажаних вібрацій та шумів під час роботи. Крок гвинтової лінії спірального шнека непостійний за його довжиною: у зоні завантаження крок виконують дрібнішим, ніж у основній транспортній зоні. Суцільний шнековий гвинт використовується для транспортування матеріалів з високою рухливістю.

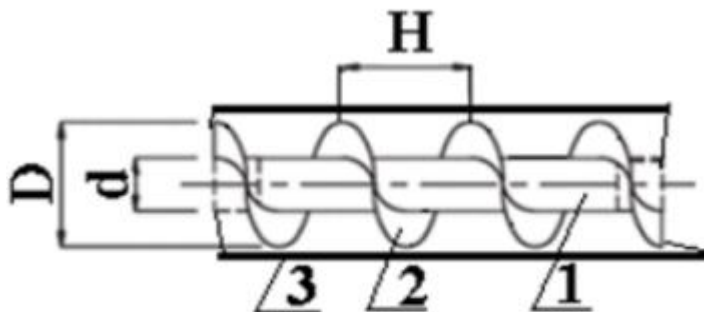


Рисунок 3.6 – Схема суцільного шнеку:

1 – труба; 2 – перо; 3 – корпус

Іншою конструкцією може бути стрічковий гвинт, який складається з труби 1, на якій через проміжні ребра 2 змонтована широка стрічка 3 (рисунок 3.7).

Конструкція такого виконання використовується:

1) для подачі в'язких, густих порошків чи сполучних матеріалів, які можуть прилипати до гвинта на з'єднанні з валом;

2) для подачі шматкових матеріалів, таких як вапняк та гравій;

3) для швидких дозуючих конвеєрів, коли потрібно хороше вилучення.

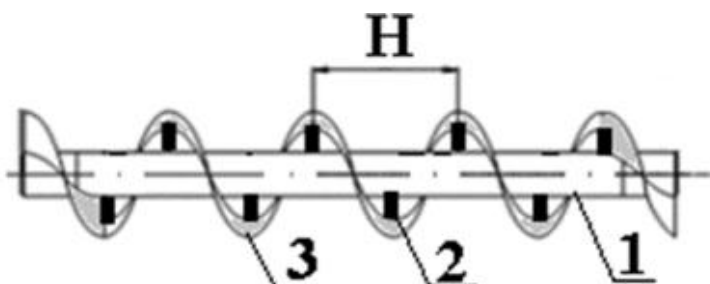


Рисунок 3.7 – Схема стрічкового шнеку:

1 – труба; 2 – проміжні ребра; 3 – стрічка

Встановлюючи на валу стрічкового шнека іншу стрічку меншого діаметра, що має крок з негативною тягою, можна отримати шнек, що змішує.

Конструкції стрічкових гвинтів (рисунок 3.8) без центральної осі (безосьовий шнек) використовуються для транспортування складних різномірних, в'язких або штучних матеріалів. Вони можуть мати кріплення з обох кінців або тільки з одного боку, при цьому торець пера стрічкового гвинта ковзатиме по днищу корпусу гвинтового конвеєра.

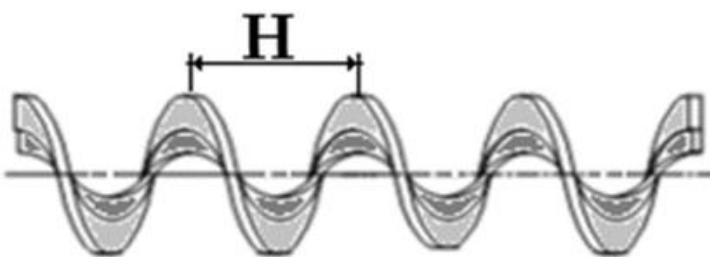


Рисунок 3.8 – Схема стрічкового безосьового шнеку

Лопатеві гвинти (рисунок 3.9) використовуються на шнеках, які, крім транспортування, повинні здійснювати попереднє перемішування продукту. Часто подібні шнеки такої форми використовують для створення багатовальних транспортних систем.

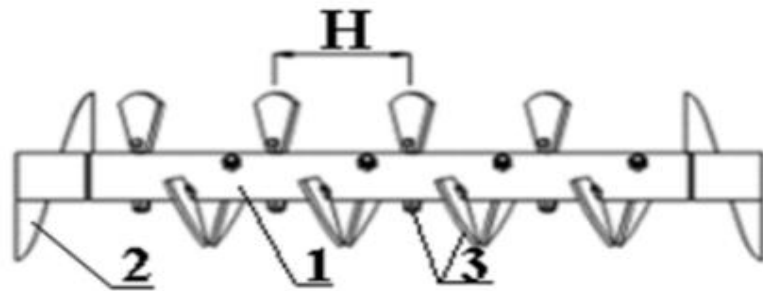


Рисунок 3.9 – Схема лопатевого шнеку:

1 – труба; 2 – суцільний гвинт; 3 – лопатевий гвинт

Для матеріалів, що мають погану рухливість і високу злежуваність, можуть використовуватися гвинти, що подають, зі спеціальною формою пера (рисунок 3.10).



Рисунок 3.10 – Спеціальний шнек

Для транспортування матеріалів, що мають високу абразивність, кромку шнекового пера зміцнюють за допомогою нанесення спеціального зносостійкого покриття (рисунок 3.11).

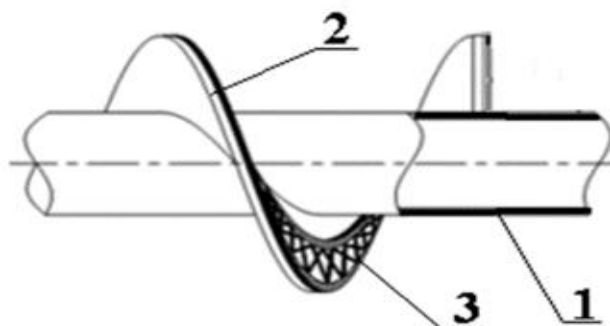


Рисунок 3.11 – Зміцнення пера шнека:

1 – труба; 2 – перо; 3 – зносостійке покриття

Гвинтові конвеєри часто використовуються для об'ємного дозування сипких матеріалів (рисунок 3.12). Основною проблемою такої експлуатації є складність у досягненні точного дозування, викликана хвилеподібністю подачі матеріалу. Для підвищення рівномірності подачі матеріалу, на розвантажувальному кінці шнека встановлюють спеціальний пристрій - гвинт, що дозує, який має багатозахідну спіраль з малим кроком.

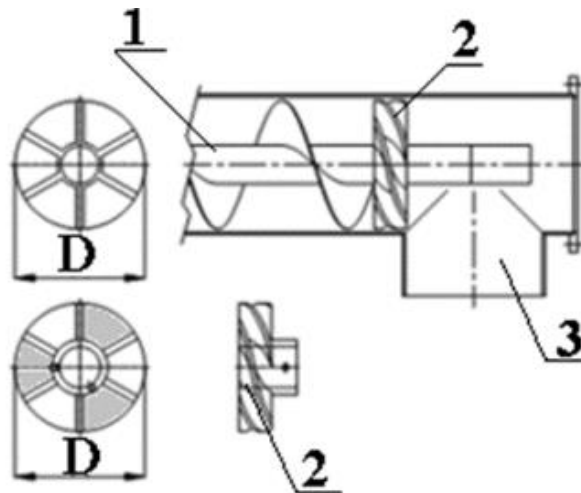


Рисунок 3.12 – Дозуючий шнек:

1 – гвинтовий шнек; 2 – дозуючий гвинт; 3 – вивантажене вікно

При роботі з рідкими або високорухомими матеріалами, а також при використанні шнеків, що мають нахил у бік вивантаження (рисунок 3.13), часто спостерігається ефект сифонування, тобто закінчення матеріалу при зупиненому шнеку.

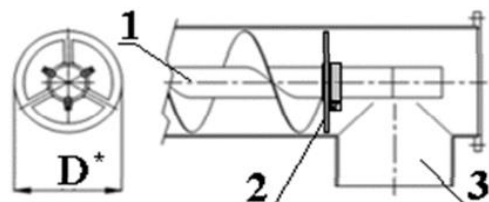


Рисунок 3.13 – Шнек для подачі рідких матеріалів:

1 гвинтовий шнек; 2-шнекова заглушка; 3- вивантажене вікно

Для зниження цього ефекту використовують спеціальний пристрій, який кріпиться на валу шнекового конвеєра в кінці гвинтового пера перед вихідним патрубком.

Для забезпечення герметичності шнека і запобігання потраплянню частинок продукту, що подається в підшипникові вузли, вал гвинта має надійні ущільнення (рисунок 3.14). З метою зниження ймовірності виходу з ладу підшипників, при катастрофічному зносі ущільнень, підшипниковий та ущільнювальний вузли реалізовані у різних корпусах. Ущільнення валу мають можливість ручного регулювання, а за спеціальним замовленням вони виготовляються з пневматичною системою продування.

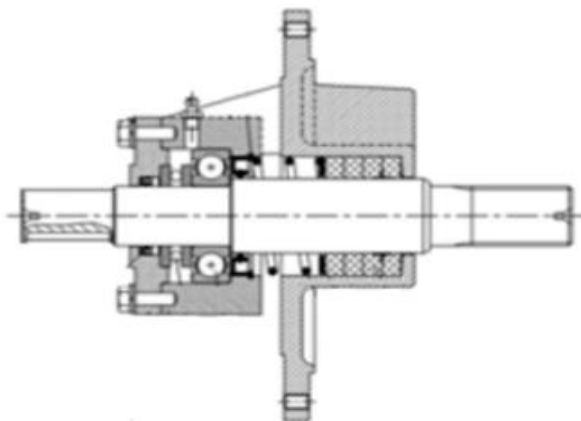


Рисунок 3.14 – Схема підшипникового вузла та ущільнення валу шнека

Довгі шнеки потребують встановлення проміжних підшипникових опор. Ці опори встановлюються всередині шнека для підтримки центральної осі гвинта, що подає, і передачі крутного моменту (рисунок 3.15). Підшипник ковзання виготовляється із бронзи або інших сплавів на основі міді. Проміжні опори шнеків для харчової промисловості виготовляються самозмащувальними, і на відміну від інших, не вимагають обслуговування. Заміна проміжних опор, що вийшли з ладу, здійснюється через ревізійні люки, розташовані під кожною опорою.

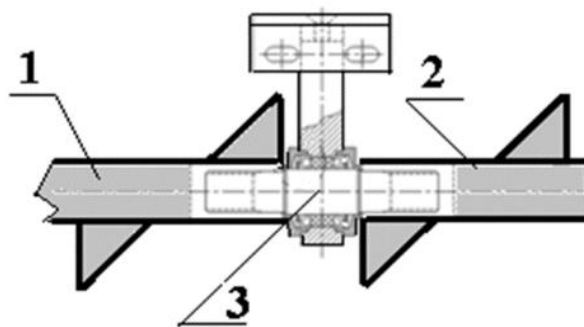


Рисунок 3.15 – Проміжна опора шнека:

1 – перший гвинтовий шнек; 2 – другий гвинтовий шнек; 3 – проміжна підшипникова опора

Обертання шнека, як правило, здійснюється через компактний двоступінчастий циліндричний редуктор. Редуктор з'єднаний зі шнеком надійним шліцевим з'єднанням і шпоночним з'єднанням з електродвигуном. Передатне число редуктора вибирається в залежності від швидкості обертання і продуктивності гвинтового конвеєра. У момент включення шнека, на вихідному валу редуктора виникає великий момент, що крутить, який може стати причиною виходу з ладу редуктора. Запобіжна муфта спеціальної конструкції дозволяє убезпечити привід шнека у подібних випадках. Крім зубчастих редукторів, як понижувальна передача може використовуватися ланцюгова або ременна передача.

Зробимо розрахунок шнека гвинтового розподілювача.

З огляду на практичний досвід експлуатації даних конструкцій, приймемо зовнішній діаметр шнека відповідно до діаметра решета (п.3.1) - $D = 150\text{мм}$.

Розрахуємо крок H витків шнека [31]:

$$H = (0,7...0,8)D , \quad (3.6)$$

$$H = 0,8 \cdot 150 = 120\text{мм}.$$

Визначимо граничний діаметр валу шнека, $d_{\text{ГП}}$:

$$d_{\text{HP}} = \frac{H}{\pi} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (3.7)$$

$$d_{\text{HP}} = \frac{120}{3,14} \tan 0,3 = 0,0115 \text{ м.}$$

Використовуючи рекомендації у співвідношенні діаметра шнека та валу для шнекових транспортерів $a = D/d = 1,8..3,0$, розрахуємо діаметр валу шнека:

$$d = \frac{D}{a} = 50 \text{ мм.} \quad (3.8)$$

Визначимо кут підйому гвинтової лінії:

$$\alpha_D = \operatorname{arctg} \frac{H}{\pi \cdot D}. \quad (3.9)$$

$$\alpha_D = \operatorname{arctg} \frac{120}{3,14 \cdot 150} = \operatorname{arctg} 0,255 = 14,15^\circ.$$

Розрахуємо кут підйому гвинтової лінії внутрішній стороні шнека:

$$\alpha_d = \operatorname{arctg} \frac{H}{\pi \cdot D}. \quad (3.10)$$

$$\alpha_d = \operatorname{arctg} \frac{120}{3,14 \cdot 50} = 37,24^\circ.$$

Обчислимо кут:

$$\alpha_{cp} = \frac{\alpha_D + \alpha_d}{2}. \quad (3.11)$$

$$\alpha_{cp} = \frac{14,15 + 37,24}{2} = 25,69^\circ.$$

Визначимо коефіцієнт відставання частинок матеріалу [31]:

$$K_0 = 1 - \left(\cos^2 \alpha_{cp} - \frac{f \cdot \sin 2\alpha_{cp}}{2} \right), \quad (3.12)$$

$$K_0 = 1 - \left(\cos^2 25,69 - \frac{0,3 \cdot \sin 2 \cdot 25,69}{2} \right) = 0,32.$$

Визначимо величину згинального моменту у витку за внутрішнім контуром:

$$M_u = \frac{P_{\max} \cdot D^2}{32} \cdot \frac{1,9 - 0,7a^{-4} - 1,2a^{-2} - 5,21na}{1,3 + 0,7a^{-2}}, \quad (3.13)$$

$$M_u = \frac{0,15 \cdot 10^6 \cdot 0,15}{32} \cdot \frac{1,9 - 0,7 \cdot 3^{-4} - 1,2 \cdot 3^{-2} - 1,098}{1,3 + 0,7 \cdot 3^{-2}} = 450H \cdot \frac{H}{m}.$$

Виберемо матеріал для виготовлення шнека:

$$[\sigma_{uz}] = 125 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Розрахуємо товщину витка шнека δ , перетворивши на формулу [32]:

$$\delta = \sqrt{\frac{6 \cdot M_u}{[\sigma_{uz}]}} \quad (3.14)$$

$$\delta = \sqrt{\frac{6 \cdot 450}{125 \cdot 10^6}} = 0,0046 \text{ м.}$$

Визначимо площу внутрішньої поверхні циліндричного корпусу пристрою на довжині одного кроку:

$$F_g = \pi \cdot D \cdot (H - \delta), \quad (3.15)$$

$$F_g = 3,14 \cdot 0,15 \cdot (0,12 - 0,005) = 0,054 \text{ м}^2.$$

Розрахуємо довжину розгортки гвинта шнека:

$$l = \sqrt{H^2 + (\pi \cdot d)^2}, \quad (3.16)$$

$$l = \sqrt{0,12^2 + (3,14 \cdot 0,05)^2} = 0,198 \text{ м.}$$

Розрахуємо довжину розгортки гвинта шнеку:

$$L = \sqrt{H^2 + (\pi \cdot D)^2}, \quad (3.17)$$

$$l = \sqrt{0,12^2 + (3,14 \cdot 0,15)^2} = 0,48 \text{ м.}$$

Обчислимо площу поверхні витка на довжині одного кроку шнека:

$$F_w = \frac{1}{4 \cdot \pi} \cdot \left(\pi \cdot D \cdot L - \pi \cdot d \cdot l + H^2 \cdot \ln \left(\frac{D + 2L}{d + 2l} \right) \right), \quad (3.18)$$

$$F_w = \frac{1}{4 \cdot 3,14}$$

Перевірити співвідношення F_u та F_σ . Воно має відповідати умові $F_u \leq F_\sigma$

$$F_u \leq F_\sigma, \quad (3.19)$$

$0,017 \leq 0,054$ - умова виконується.

Крутний момент визначимо за формулою:

$$M_{кр} = 0,131 \cdot n \cdot p \cdot (D^3 - d^3) \cdot \operatorname{tg} \alpha_{cp}, \quad (3.20)$$

$$M_{кр} = 0,131 \cdot 2 \cdot 0,15 \cdot 10^6 (0,15^3 - 0,05^3) \cdot \operatorname{tg} 25,69 = 61,8 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Обчислимо осьове зусилля:

$$S = 0,392 \cdot n \cdot (D^2 - d^2) \cdot P, \quad (3.21)$$

$$S = 0,392 \cdot 2 \cdot (0,15^2 - 0,05^2) \cdot 0,15 \cdot 10^6 = 2352 \text{ Н}.$$

Визначимо нормальну напругу $\sigma_{сж}$ в небезпечному перерізі валу, ослабленому на 2 мм, діаметром у місці виготовлення канавки для кілець-заготовок $d_{oc} = 0,05 - 0,002 = 0,048 \text{ мм}$:

$$\sigma_{сж} = \frac{S}{F}, \quad (3.22)$$

$$\sigma_{сж} = \frac{2352}{0,018} = 1,3 \cdot 10^6 \text{ МПа}.$$

Розрахуємо дотичну напругу в небезпечному перерізі валу шнека:

$$\tau = \frac{M_{kp}}{W_p}, \quad (3.23)$$

$$\tau = \frac{61,8}{0,024} = 25,75 \text{ МПа},$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16}, \quad (3.24)$$

$$W_p = \frac{3,14 \cdot 0,05^3}{16} = 0,024.$$

Визначимо еквівалентну напругу в небезпечному перерізі валу шнека:

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{\sigma_{\text{сж}}^2 + 4 \cdot \tau^2}, \quad (3.25)$$

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{1,3^2 + 10^6 + 4 \cdot 2,57^2} = 1,14 \text{ МПа},$$

Еквівалентна напруга для матеріалу знаходиться в межах допустимого значення $[\sigma_{\text{екв}}] = 360 \text{ МПа}$.

Прийmemo коефіцієнт заповнення міжвиткового простору рівним одиниці ($\psi = 1$) і визначимо кутову швидкість обертання шнека, перетворивши на вираз:

$$\omega = \frac{Q}{0,125 \cdot (D^2 - d^2) \cdot (H - \delta) \cdot (1 - K_o) \cdot p \cdot \varphi}, \quad (3.26)$$

$$\omega = \frac{0,278}{0,125 \cdot (0,15^2 - 0,05^2) \cdot (0,12 - 0,005) \cdot (1 - 0,31) \cdot 600 \cdot 1} = 2,33 \frac{\text{рад}}{\text{с}}.$$

Перекладемо кутову швидкість ω , рад/с об/хв:

$$n = \frac{\omega \cdot 30}{3,14}, \quad (3.27)$$

$$n_{\text{ши}} = \frac{2,33 \cdot 30}{3,14} = 22,26 \frac{\text{об}}{\text{хв}}.$$

Допустиме число оборотів даного процесу формування має перевищувати $[n_{\text{доп}}] = 5 \dots 80$ об/хв. Якщо умова не виконується, необхідно провести перерахунок параметрів шнека, збільшивши або зменшивши зовнішній діаметр циліндра D . Допустима кількість обертів для шнека-дозатора $[n_{\text{доп}}] = 5 \dots 100$ об/хв.

З умов роботи калібратора, прийнемо довжину шнека $I = 720_{\text{мм}}$. Визначимо кількість витків шнека m , шт.:

$$m = \frac{I}{H}, \quad (3.28)$$

$$m = \frac{0,72}{0,12} = 6 \text{ штук.}$$

Розрахуємо ширину витків шнека:

$$b = \frac{D - d}{2}, \quad (3.29)$$

$$b = \frac{0,15 - 0,05}{2} = 0,05 \text{ м.}$$

Обчислимо кут вирізу в кільці заготовки:

$$\alpha = 2 \cdot \pi - \frac{L-l}{b}, \quad (3.30)$$

$$\alpha_0 = 2 \cdot 3,14 - \frac{(0,48 - 0,198)}{0,05} = 0,44 \text{ рад.}$$

Враховуючи, що 1 радіан дорівнює куту $57^{\circ}18'$, отримаємо:

$$\alpha_0 = 0,44 \cdot 57,18 = 25,15^{\circ}.$$

Визначимо діаметр кілець заготовки за внутрішнім контуром:

$$d_0 = \frac{2 \cdot l}{2 \cdot \pi - \alpha_0}, \quad (3.31)$$

$$d_0 = \frac{2 \cdot 0,198}{2 \cdot 3,14 - 0,44} = 0,68 \text{ м.}$$

Розрахуємо діаметр кілець заготовки:

$$D_0 = \frac{2 \cdot L}{2 \cdot \pi - \alpha_0} \quad (3.32)$$

$$D_0 = \frac{2 \cdot 0,48}{2 \cdot 3,14 - 0,44} = 0,16 \text{ м.}$$

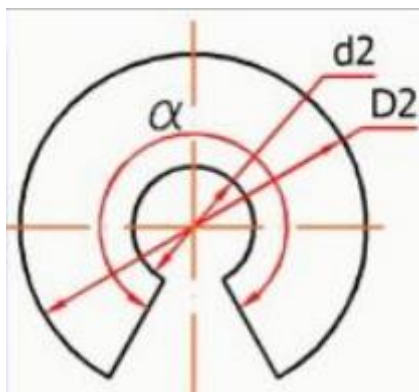


Рисунок 3.16 – Кільце-заготівля витка шнека d -внутрішній діаметр; $D2$ - зовнішній діаметр; α_0 -кут вирізу в кільці заготовки

Таким чином в результаті розрахунків встановлено:

а. Повнота виділення домішок за допустимого рівня втрат насіння при встановленні гвинтового розподільника в циліндричне решето перевищує 90%, що вище повноти виділення, встановленого вихідними вимогами для машин калібрування насіння. Встановлення гвинтового розподільника в циліндричне решето дозволяє підвищити подачу матеріалу в 1,2-1,6 рази.

б. Раціональною є частота обертання розподільника 30 об./хв, оскільки при цьому досягається максимальна подача матеріалу при допустимому рівні втрат насіння та високій повноті виділення домішок.

в. Циліндричне решето, виконане на 75% по довжині з отворами діаметром 10 мм та на 25 % – з отворами діаметром 6 мм, збільшує повноту виділення домішок на 105%.

г. Встановлено конструктивні параметри шнеку гвинтового розподільника, що забезпечують міцність та надійність за заданого навантаження.

4. Впровадження регулювання кінематичних режимів калібратора

4.1. Регулювання оборотами циліндричного решета та шнека

Відповідно до поставлених завдань та прийнятої технологічної схеми сепаратора (розділ 3) було реалізовано регулювання обертів циліндричного решета та шнеку гвинтового розподілювача.

Для цього використано частотні перетворювачі, які змінювали частоту обертання електродвигунів. Частотний перетворювач, являє собою окремий пристрій, який призначений для виконання різних функцій [33-35]:

- зниження або нарощування вихідного крутного моменту;
- регулювання швидкості обертання ротора;
- захист рухомих деталей механізму від сильного нагрівання;
- контроль рівня навантаження;
- знижує ризик поломки обладнання через ривки, коливальні рухи;
- контроль рівня навантаження.

Частотний перетворювач виконує низку інших функцій, залежно від того, для чого він призначений. Ефективність механізму безпосередньо залежить від того, наскільки частотний перетворювач правильно встановлений.

Для запропонованого калібратору приймаємо наступну схему підключення частотного перетворювача (рис.4.1).

Процес підготовки перед монтажем частотного перетворювача відповідальний і складний, безпосередньо залежить від параметрів регулятора.

Вибір місця для встановлення перетворювача залежить від класу захищеності пристрою від впливу вологи, потрапляння пилу. Найпопулярніші види маркування - IP 20, IP 54, IP 65. Перша цифра вказує на ступінь захисту від пилу, друга - на вологонепроникність. Ще один критерій для вибору місця під установку частотного регулятора - основа пристрою. Якщо він перебуватиме на віддалі від електромагнітних полів, вібраційних навантажень, його може бути встановлено на рівній, монолітній поверхні. Якщо ж на нього впливатимуть різні

сторонні навантаження, знадобиться опорна основа, окремі елементи якої гасять вібрації, захищають частотник від впливу електромагнітного випромінювання. Наступний параметр для встановлення - захист від температурних перепадів.

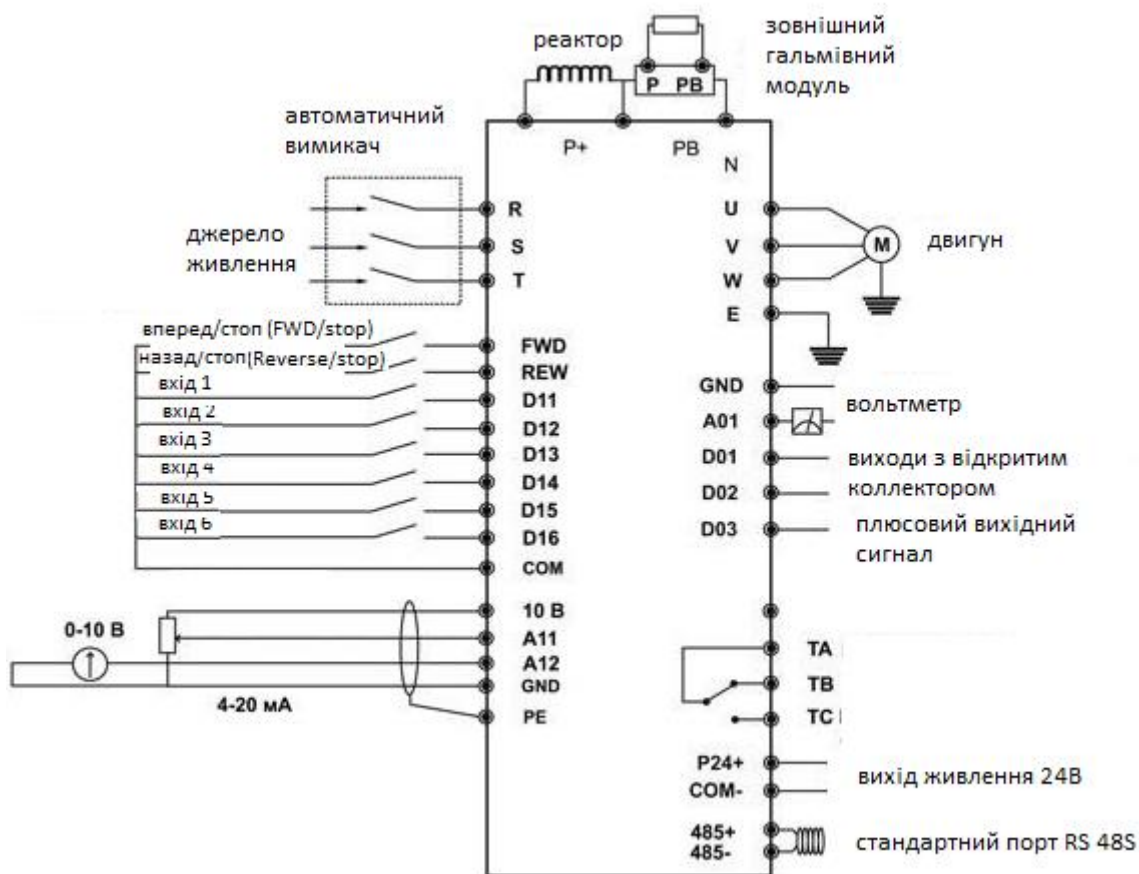


Рисунок 4.1 – Схема підключення частотного перетворювача для регулювання обертів решета та шнека

Якщо перетворювач частоти буде встановлюватися в спеціальну шафу, важливо, щоб було дотримано всіх технологічних відступів, відстані від інших електроприладів. За відступами відстань безпосередньо залежить від потужності обладнання. Щоб відводити тепло від складових елементів регулятора, всередині шафи встановлюються вентилятори.

Основні умови монтажу частотного перетворювача:

1. Пристрій має бути встановлений на заздалегідь підготовлену рівну, монолітну основу, яка має бути негорючою.

2. Місце встановлення має бути прихованим від впливу прямих сонячних променів.

3. Доступ на встановлення пристрою, з'єднання з дротами, роботу спеціальних інструментів, кріпильних елементів, обтискачів, автоматичних вимикачів.

Порядок встановлення наступний.

Спочатку потрібно уважно вивчити інструкцію до інвертора, яку додає виробник.

Керуючись порадами компанії виробника, підготувати комплект додаткових пристроїв, кріпильних, сполучних елементів.

Згідно з інструкцією, виконати необхідні налаштування обладнання. Важливо не поспішати, перевіряти ще раз місця скріплення основних елементів.

Після монтажу частотного перетворювача потрібно перевірити всі кріплення, наявність проводів без ізоляції. Коли монтажні роботи будуть закінчені, не можна відразу запускати частотник.

Одна з найпоширеніших помилок - задіяння автоматичних механізмів, які не розраховані на рівень споживання електричного двигуна, що використовується у зв'язці з частотним перетворювачем. Від цього буде пошкоджено весь механізм.

Налаштування та підключення треба виконувати за правильною схемою від виробників, та має бути обов'язково встановлений автоматичний вимикач. Головна вимога, що застосовується до вимикача, - він повинен працювати з такою силою струму, яка дорівнює номінальному споживанню електричного двигуна.

Автоматичний вимикач розрахований на певну кількість фаз. Вибір цього параметра залежить залежно від частотного перетворювача:

Якщо частотний перетворювач однофазовий, автоматика знадобиться одинарна. Підключення виконується безпосередньо.

Якщо регулятор має 3 фази, вимикач повинен мати загальний важіль. Він потрібен для того, щоб обладнання знеструмилося під час короткого замикання.

Під час налаштування, важливо з'єднати обмотки всередині електродвигуна. Після цього до контактів електричного двигуна підключаються фазні дроти. Виконується ця процедура залежно від схеми підключення частотного перетворювача.

Управління частотним здійснюється через спеціальний пульт. Виробник поставляє його в комплекті з регулятором. Щоб підключити панель управління, потрібно скористатися інструкцією, яка додається до цього обладнання. Коли монтаж пульта управління буде закінчено, рукоять встановлюється в нульове положення. Після цього видається команда RUN. Другий крок - поворот рукоятки на мінімальний можливий градус.

Під час запуску електродвигуна у зворотний бік, потрібно ввімкнути реверс за допомогою частотного регулятора.

При запуску електричного двигуна в правильний бік, є можливість зміни його швидкості обертання. При цьому важливо знати, як цей параметр буде відображено на пульті управління пристроєм. Позначення може бути в герцах або хвилинах. У герцах відображається напруга живлення, а в хвилинах швидкість обертального руху електродвигуна.

Після того, як було під'єднано основні елементи між собою, виконано загальну перевірку, можна переходити до додаткових налаштувань, пусконаладжувальних робіт. Перш ніж виконати перший запуск обладнання, необхідно виконати низку дій:

1. Вимкнути будь-які побічні команди на пульті керування.
2. Перед натисканням кнопки запуску двигуна потрібно перевірити, чи запусяться кулери, встановлені в шафі з частотником.
3. Трапляються ситуації, коли частотний регулятор не визначає технічні характеристики двигуна в автоматичному режимі. У такому разі потрібно задати їх вручну.
4. Щоб відновити заводські налаштування, потрібно використовувати команду, яку додає виробник. Після її введення, необхідно перезапустити обладнання.

Проводити перший запуск потрібно вручну. Після увімкнення необхідно перевірити роботу двигуна в інтервалі можливих швидкостей, напрямок руху робочого валу.

Фінішне налаштування обладнання повинен виконати фахівець відділу автоматизації. Воно виконується через частотний регулятор або панель управління. Якщо перший запуск вийшов успішним, проводиться тестування, вносяться необхідні коригування.

4.2. Регулювання завантаження калібратора

Ступінь точності дозування сипких матеріалів визначається технологічними вимогами [29] та встановленими діапазонами, що дозволяють отримати максимальну продуктивність та якість поділу (розділ 3). Регулювання сипкого матеріалу безпосередньо впливає на технологічні показники калібратора та технологічної лінії в цілому.

За основу розробки прийнято схему барабанного дозатора, основним робочим органом якого є барабан (рис.4.2).

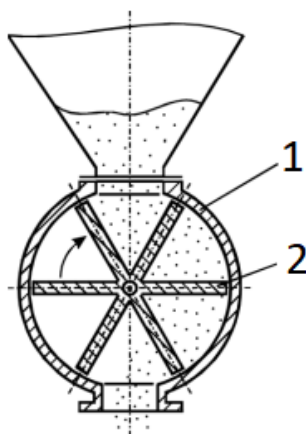


Рисунок 4.2 – Схема барабанного регульованого дозатора:

1 – корпус, 2 – комірчастий барабан

Подаваний самопливом насінневий матеріал заповнює комірочки барабана 2 (рис.4.2). Під час обертання барабана порція матеріалу фіксується в його комірках за рахунок взаємодії з корпусом 1 і подається на вихід. Використання

такого барабана дає змогу домогтися високої точності дозування. Зазвичай регулювання подачі барабанного дозатора пристроєм здійснюється шляхом зміни швидкості обертання барабана. Тому при застосуванні дозаторів з приводом можлива зміна подачі без можливості регулювання заповнення бункеру матеріалами. Необхідно передусім встановити регулювання подачі барабанного дозатора за рахунок зміни площі перерізу отвору, через який відбувається завантаження решета. Для цього розроблено додаткову лабораторну установку, у конструкції якої закладено таку можливість.

Схему установки видно на рисунку 4.3. Робочим органом установки є приводний барабан шириною 50, що має 4 комірки, розміщений у циліндричному корпусі діаметром 85. На перегородках комірок закріплені гумові лопаті, що прилягають до внутрішньої поверхні корпусу і забезпечують точність дозування.

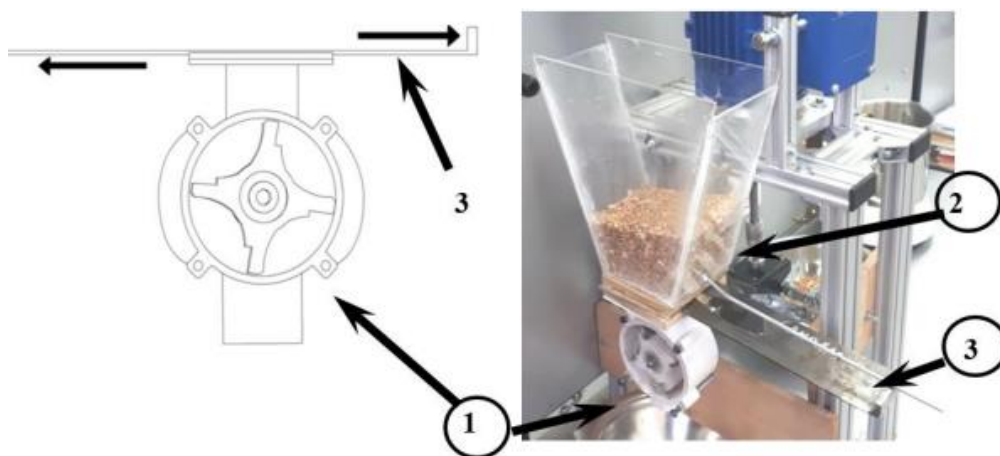


Рисунок 4.3 – Лабораторне обладнання для експериментів:

1 – дозатор; 2 – бункер; 3 – засувка

Для забезпечення безперервної подачі вихідного матеріалу є бункер. Між бункером, у його основі, і корпусом дозатора встановлено регульована за засувка з вікном трикутної форми (рисунок 4.4). Привід барабана здійснюється від електродвигуна з керованою частотою обертання через черв'ячний редуктор [36].

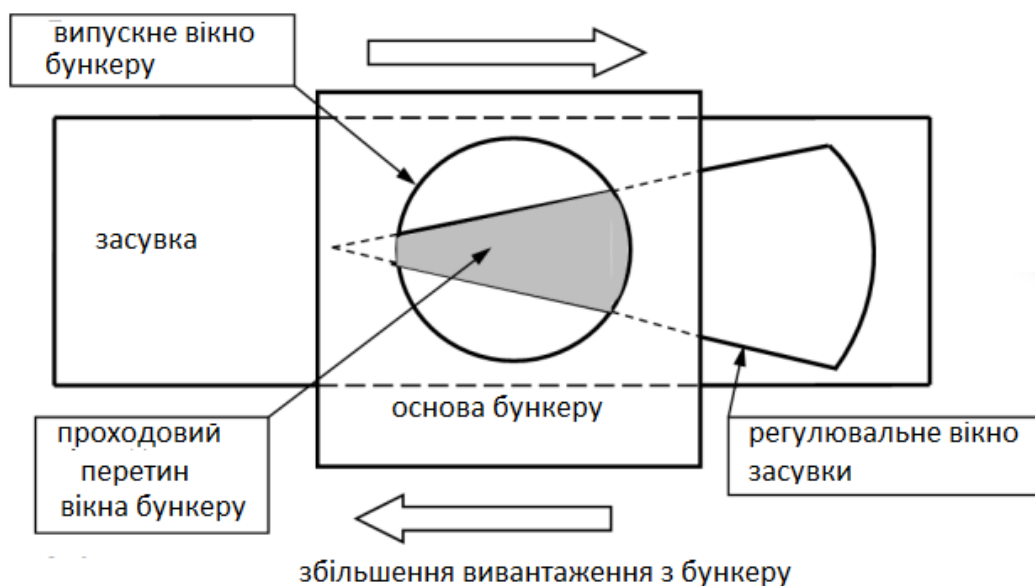


Рисунок 3.4 – Схема регулювання подачі з бункера

Конструкція установки дає змогу здійснювати дозоване вивантаження сипких насінневих матеріалів із бункера завдяки зміні частоти обертання барабана, а також у разі зміни розміру проходного перерізу вікна бункера завдяки регулюванню положення засувки.

Засувка обладнана регульованим упором, що забезпечує можливість попереднього встановлення заданої площі перерізу вивантажувального отвору бункера [37].

Експерименти показали, що в діапазоні частот обертання від 20 до 46 об/хв за величини площі перерізу вивантажувального отвору бункера від 4,8 до 8,8 см² (визначається розрахунковим шляхом) проявляється вплив зазначених параметрів на продуктивність дозатора. На цій підставі розроблено програму досліджень у вигляді реалізації схеми повного двофакторного експерименту для сипучого продукту – насіння чини посівної. Матриця планування представлена в таблиці 4.1.

Методика досліджень полягала у наступному:

1. Для кожного експерименту проводиться налаштування установки: на задану програмою досліджень частоту обертання барабана за допомогою регульованого частотного приводу. Привід вимикається; Упор засувки

встановлюється в положення, за якого досягається необхідна за програмою досліджень площа перерізу вихідного отвору бункера. Засувка закривається.

2. У бункер засипається мірна порція досліджуваного матеріалу масою 0,5 кг.

3. Вмикається привід обертання барабана і після виходу на попередньо заданий стабільний режим обертання відкривається засувка.

4. Заміряється час вивантаження матеріалу з бункера.

5. Обробка результатів виміру.

Таблиця 4.1 – Матриця планування повного 2-факторного експерименту

№ експерименту	Частота обертання, об/хв		Площа перетину, см ²	
	значення	Кодоване значення X1	значення	Кодоване значення X2
1	20	-1	4,8	-1
2	46	+1	4,8	-1
3	20	-1	4,8	+1
4	46	+1	4,8	+1

За результатами досліджень для кожного досліду зроблено розрахунки продуктивності за різних режимів роботи установки, а також обчислені усереднені значення для кожного експерименту.

Оцінку однорідності результатів виконано на основі коефіцієнта варіації, v .

Точність дозування розраховано за формулою:

$$\Delta = \frac{Q_{\max} - Q_{\min}}{Q_{\text{ср}}}, \quad (4.1)$$

де Q_{\max} , Q_{\min} , $Q_{\text{ср}}$ - відповідно максимальна, мінімальна та середня продуктивність дозатора, г/с.

Результати проведених експериментів із дозування насіння чини посівної подано в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Результати дозування насіння

№ експерименту	Частота обертання, об/хв	Площа перетину, см ²	Продуктивність, кг/с				V, %	Δ
			1	2	3	середня		
1	20 (-1)	4,8 (-1)	44,6	47,75	41,22	44,52	7	0,15
2	46 (+1)	4,8 (-1)	56,95	57,87	70,42	61,75	12	0,22
3	20 (-1)	8,8 (+1)	44,64	43,82	45,62	44,69	2	0,04
4	46 (+1)	8,8 (+1)	102,88	99,8	105,04	102,57	3	0,05

Отримані значення v показують, що варіативність результатів переважно незначна. Це дає змогу використовувати їх для побудови емпіричних математичних моделей залежності продуктивності від обраних чинників вигляду [26]:

$$Y = a_0 + a_1 X_1 + a_2 X_2 + a_3 X_1 X_2. \quad (4.2)$$

Для заданого насінневого матеріалу отримуємо:

$$Y = 63,38 + 18,78 X_1 + 10,25 X_2 + 10,16 X_1 X_2.$$

Приймаємо кількість ступенів свободи $f = 4 - 1 = 3$ і довірчої ймовірності $P = 0,95$ становить $t_T = 3,18$.

Даний коефіцієнт порівнюють з табличним значенням t_T , яке визначають за довірчою ймовірністю P числу ступенів свободи $f = n - 1$. Якщо $t_{iP} > t_{TT}$, то коефіцієнт значимий. $f = 4 - 1 = 3$ за довірчої ймовірності $P = 0,95$, тобто $t_T = 3,18$.

Всі коефіцієнти значущі, отже, отримані моделі адекватно відповідають процесу дозування досліджених матеріалів на дозаторі запропонованої конструкції.

Отримані моделі наведено до вигляду з натуральними значеннями факторів:

$$P=63,38+ 18,78 (Ч-33/13)+20,25(O-6,8/2)+10,16 (Ч-33/13)(O-6,8/2, \quad (4.3)$$

де P – продуктивність, г/с, $Ч$ – частота обертання барабана, O – площа перерізу вивантажувального отвору бункера.

В результаті досліджень можна стверджувати:

а. Барабанний дозатор із розмірами: діаметр корпусу - 85, ширина корпусу - 50 дає змогу забезпечити подавання насіння чини посівної в діапазонах продуктивності: від 44,52 до 102,57 г/с за середньої точності 0,11.

б. Регулювання розміру випускного отвору бункера в діапазоні від 4,8 до 8,8 см² у барабанному дозаторі дає змогу гарантовано змінювати продуктивність за фіксованої частоти обертання барабана в діапазоні частот обертання від 20 до 46 м⁻¹.

в. Отримані математичні моделі описують залежність продуктивності від частоти обертання барабана та розміру випускного отвору бункера, дають змогу налаштувати дозатор на задану продуктивність без застосування контрольних замірів.

г. Реалізація регулювання продуктивності барабанного дозатора за допомогою зміни розміру випускного отвору бункера дає змогу формувати автоматизованої системи з єдиним приводом, що забезпечує простоту і компактність та ефективність запропонованого калібратора.

ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз агротехнологічних особливостей вирощування насіння чини посівної доводить про актуальність обраного напрямку підвищення ефективності післязбиральної обробки.

2. Встановлені вимоги та норми щодо насіння чини посівної та запропонована технологічна лінія з обробки її насіння, основними елементами якої є машина попереднього очищення та калібратор. Також проведено визначення сепарувальних властивостей насіннєвого матеріалу, результатом якої стали встановлені розміри та форма отворів решет.

3. Запропоновано калібратор, який складається з обертального циліндричного решета та гвинтового розподільника всередині. Гвинтові лопаті переміщують матеріал в осьовому напрямку, розподіляючи його по довжині сепарувальної поверхні. Збільшується площа контакту матеріалу з поверхнею циліндричного решета, а товщина шару матеріалу зменшується. При цьому підвищується ймовірність проходження домішки через шар матеріалу та отвори решета, що призводить до зростання продуктивності на одиницю площі робочої поверхні.

3. В результаті досліджень вдалося встановити:

а) повнота виділення домішок за допустимого рівня втрат насіння при встановленні гвинтового розподільника в циліндричне решето перевищує 90%, що вище повноти виділення, встановленого вихідними вимогами для машин калібрування насіння. Встановлення гвинтового розподільника в циліндричне решето дозволяє підвищити подачу матеріалу в 1,2-1,6 рази.

б) раціональна частота обертання розподільника 30 об./хв, оскільки при цьому досягається максимальна подача матеріалу при допустимому рівні втрат насіння та високій повноті виділення домішок.

в) циліндричне решето, виконане на 75% по довжині з отворами діаметром 10 мм та на 25 % – з отворами діаметром 6 мм, збільшує повноту виділення домішок на 10%.

г) встановлені конструктивні параметри шнеку гвинтового розподільника, що забезпечують міцність та надійність за заданого навантаження.

4. Запропоновано технічні рішення щодо автоматичного регулювання: швидкості обертання решета та шнека розподільника, бункеру завантажувального.

5. Обґрунтовані параметри регульованого дозатору бункеру: діаметр корпусу - 85, ширина корпусу – 50, що дає змогу забезпечити подавання насіння чини посівної в потрібних діапазонах продуктивності за середньої точності 0,11%.

6. Реалізація регулювання продуктивності барабанного дозатора за допомогою зміни розміру випускного отвору бункера дає змогу формувати автоматизованої системи з єдиним приводом, що забезпечує компактність та ефективність запропонованого калібратора.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Brahim N.B., Combes D., Marrakchi M. Autogamy and allogamy in genus *Lathyrus*. *Lathyrus Lathyrism Newsletter* 2001, 2: 21-26.
2. Рожнева Н. Чина: яка вона ? Хімія, Агрономія, Сервіс 2010. № 1. С. 54 – 57.
3. Duke J.A. Handbook of Legumes of World Economic Importance. Plenum Press, New York, USA. 1981. pp. 199-265.
4. Силенко С. І., Єремко Л. С., Силенко О. С., Роговий О. Ю., Андрущенко О. В., Гангур В. В. Добір вихідного матеріалу чини посівної (*Lathyrus sativus* L.) для створення посухостійких сортів. Вісник ПДАА. 2020. № 3. С. 99–108. URL: <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.03.1>.
5. Rahman MM, Kumar J, Rahman MA, Afzal MA. 1995. Natural in *Lathyrus sativus* L. *Indian Journal of Genetics* 55:204–207.
6. Бабич А.О. Зернобобові культури / А.О. Бабич. – К.: Урожай, 1984. – 160с.
7. FAO/IPGRI. 1994. Genebank Standards. Food and Agriculture Organization of the United Nations and International Plant Genetics Resources Institute, Rome, Italy. <http://www.biodiversityinternational.org/fileadmin/biodiversity/publications/pdfs/424.pdf>.
8. Петриченко В.Ф. та ін. Наукові основи сучасних технологій вирощування високобілкових культур. Вісник аграрної науки. К., 2003. С. 15 – 19.
9. Беляєв О. В. Формування ринку сої та продуктів переробки в Україні: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. економічних наук: спец 08.07.02. «Економіка сільського господарства і АПК». Луганськ, 2006. 22 с.
10. Марченко В., Гузь. М. Агротехніка та механізація вирощування та збирання чини. Пропозиція 2009. № 12. С. 82 – 84.
11. ISTA. 2008. International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association. ISTA Secretariat, CH-Switzerland.
12. Гангур В.В., Лень О.І., Єремко Л.С., Мостовий Є.Г. Вплив елементів технології вирощування чини посівної (*Lathyrus sativus* L.) на урожайність зерна

в умовах Лівобережного Лісостепу України. *Scientific Progress & Innovations* 2023. 26(4), 5–8. [10.31210/spi2023.26.04.01](https://doi.org/10.31210/spi2023.26.04.01)

13. Skiba B, Ford R, Pang ECK. Construction of a linkage map based on a *Lathyrus sativus* backcross population and preliminary investigation of QTLs associated with resistance to ascochyta blight. *Theoretical and Applied Genetics* 2004, 109: 1726–1735.

14. Almeida N.F., Rubiales,D., Vaz Patto, M. C. Grass Pea. *Handbook of Plant Breeding* 2015, 251–265. [10.1007/978-1-4939-2797-5_8](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2797-5_8).

15. Schulz, S., Keatinge, J. D. H., & Wells, G. J. (1999). Productivity and residual effects of legumes in rice-based cropping systems in a warm-temperate environment. *Field Crops Research*, 61 (1), 37–49. [https://doi.org/10.1016/s0378-4290\(98\)00147-6](https://doi.org/10.1016/s0378-4290(98)00147-6)

16. Almeida N. F., Rubiales D., Vaz Patto M. C. Grass Pea. *Handbook of Plant Breeding*, 2015). doi: [10.1007/978-1-4939-2797-5_8](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-2797-5_8).

17. Smartt J., Kaul A., Wolde Amlak Araya, Rahman M.M, Kearney J. Grasspea (*Lathyrus sativus* L.) as a potentially safe food legume crop. In: Muehlbauer FJ, Kaiser WJ, editors. *Expanding the Production and Use of Cool Season Food Legumes*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Netherlands. 1994. pp. 144–155.

18. Jackson M.T., Yunus A.G. Variation in the grasspea (*Lathyrus sativus* L.) and wild species. *Euphytica* 1984, 33: 549-559.

19. Єремко Л.С. ., Швець А. Ю. ., Кобилинський І.В. ., Саєнко В. О. Оптимізація Поживного Режиму – Фактор Підвищення Продуктивності Посівів Чини Посівної (*Lathyrus Sativus* L.). *Scientific Progress & Innovations* (2021), (1). 149–155. [10.31210/visnyk2021.01.18](https://doi.org/10.31210/visnyk2021.01.18).

20. Новак Ж. М., Коцюба С. П., Полянецька І. О. Посівні якості насіння: методичні рекомендації для проведення лабораторних, практичних занять та вивчення дисципліни «Насіннезнавство» і «Насіннезнавство сільськогосподарських культур» для студентів денної та заочної форм навчання зі спеціальності 201 Агрономія. Умань: УНУС, 2020. 24 с.

21. Зубець М.В. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Лісостепу України. К.: Логос, 2004. 366 с.
22. Їжик М.К. Сільськогосподарське насіннезнавство: реалізація потенційних можливостей насіння. Харків, 2001. Ч. 2. 117 с.
23. Бушулян О.В., Січкач В.І. Нут: генетика, селекція, насінництво, технологія вирощування : монографія. Одеса. 2009. 248 с
24. ДСТУ 2240-93. Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Київ: Дерстандарт України, 1993. 80 с.
25. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. Київ: Держстандарт України, 2002. 173 с.
26. Єщенко В. О., Копитко П. Г., Опришко В. П., Костогриз П.В. Основи наукових досліджень в агрономії. К: Дія. 2005. 288 с.
27. Гаврилюк М. М. Насінництво і насіннезнавство польових культур. К. : Аграрна наука. 2017. 216 с.
28. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Очистка і сортування насіння. Харків: Око, 2006. 407 с.
29. Ольшанський В. П., Бредихін, В. В., Лук'яненко, В. М., Півень, М. В., Сліпченко, М. В., Харченко, С.О. Теорія сепарування зерна: монографія. Харків: ПланетаПрінт, 2017. 803 с.
30. Войтюк Д. Г., Гаврилюк, Г. Р. Сільськогосподарські та меліоративні машини. К.: Вища освіта, 2004. 554 с.
31. Гевко І.Б. Науково-прикладні основи створення гвинтових транспортотехнологічних механізмів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук: спец. 05. 02.02 «Машинознавство». Львів, 2013. 42 с
32. Берник П.С., Стоцько З.А., Паламарчук І.П. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва. Київ : Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2008. 336 с
33. Механізація і автоматизація сільськогосподарського виробництва: Навчально-методичний посібник для самостійної роботи та лабораторно-

практичних занять за кредитно-модульною системою організації навчального процесу для студентів економічного факультету. Біла Церква, 2010. 206с.








34. Шмат К.І., Солодовніченко В.М., Папченко О.І. Автоматизовані системи сільськогосподарської техніки: Навч. посібник. Видання друге. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. 196 с.

35. Ландюк А. П., Трегуб В. Г., Ельперін І. В., Цюцюра В. Д. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підручник. К.: Аграрна освіта, 2001. 224 с.

36. Karayel D., Barut Z.B., Özmerzi A. Mathematical Modelling of Vacuum Pressure on a Precision Feeder // Biosystems Engineering. – 2004. – №87 (4). – pp. 437–444.

37. Singh, R.C., Singh G., Saraswat D.C. Optimization of design an operational parameters of a pneumatic seed metering device for planting cottonseeds. Biosystems Engineering 2005. №92 (4). pp. 429–438.

ДОДАТКИ

-  Сумський національний аграрний університет
-  Національний технічний університет «ХП»
-  Політехніка Свентокржинська в Кельцах (Польща)
-  ТОВ «ТРІЗ»
-  Сумський державний університет
-  Державний біотехнологічний університет
-  Українська технологічна академія



ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ІНДУСТРІЇ 5.0

**Збірник тез за матеріалами 30^{ої} міжнародної науково-
практичної конференції
(21-23 жовтня 2024 р.)**

Частина I

**Секції: «Інноваційні технології на транспорті»,
«Інноваційні технології в сільському господарстві»,
«Інноваційні технології в харчовій промисловості»,
«Інноваційні технології в промисловості»**

Суми – 2024

- зерна.: <http://socrates.vsu.org/b04213/html/cards/getfile.php/29527.pdf>
4. Очищення зерна: одна з передумов його якісного і довготривалого зберігання.: <https://propozitsiya.com/ua/ochishchennya-zerna-yak-odna-iz-peredumov-yogo-yakisnogo-i-dovgotrivalogo-zberigannya>
5. Обладнання для очищення зерна.: <https://simo.com.ua/ua/obladnannya/trieryi/trier-bthm>

Заплюсвіка А.В., студент, Андрієнко О.В., студент, Рябка Д.О., студент, Карченко Ф.М., к.т.н., доцент, СНАУ, Суми, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАВМУВАННЯ ЗЕРНА ПІСЛЯ ШНЕКОВОГО ТРАНСПОРТЕРУ

Механічні ушкодження призводять до травмування зародків насіння та зменшують запаси поживних речовин в ендоспермі. Також травми призводять до проникнення мікроорганізмів із ґрунту всередину насіння, цим пошкоджуючи їх тканини. Через це приблизно половина травмованого насіння гине в полі, а з іншої половини висіяного насіння розвиваються ослаблені рослини. Зріджені посіви призводять до низької врожайності, а також наявність у посівному матеріалі пшениці 10 % травмованого насіння спричиняє зниження врожаю більш ніж на 1 ц/га. Якщо у посівному матеріалі знаходиться більше половини пошкодженого насіння, то схожість знижується нижче 90%, і тоді доводиться дорогий насіннєвий матеріал застосовувати для продовольчих цілей.

Для того, щоб знизити пошкодження насіння при збиранні, транспортуванні, очищенні та сушінні необхідно: під час збирання застосовувати м'які режими обмолоту; при транспортуванні самопливом підтримувати заповнення зернопроводів щонайменше 60 %, т.к. вільне падіння призводить до сильних ударів насіння. Також потрібно мати обладнання так, щоб забезпечити мінімальну висоту підйомів і падінь насіння. На всьому шляху руху насіння необхідно місця вигинів та поворотів покрити листовою гумою. Обов'язково усунути гострі задирки, виступи та зайві переміщення.

Високоякісне насіння можна отримати при збиранні та післязбиральної обробки в тому випадку, якщо вологість зерна буде не понад 22%. У такому разі механічні дії знарядь машини не наносять суттєві пошкодження матеріалу та не призводять до зниження посівних якостей насіння.

Встановлено, що скребковий транспортер завдовжки 2,3 м за швидкості ланцюга 1,15 м/с ушкоджує насіння за одну перепустку на 1,5 %. При збільшенні перепусток через такий транспортер призведе до приросту пошкоджень насіння на 0,5%.

Результати пошкодження зерна шнековим транспортером залежно від продуктивності та частоти обертання шнека представлено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Травмування зерна після шнеку

Продуктивність, т/год	Частота обертання шнека, хв ⁻¹				
	110	170	230	290	350
	Пошкодження зерна, %				
1,8	17,3	14,2	8,6	9,4	14,4
2,3	10,5	13,0	7,2	7,0	11,5
2,8	6,8	11,8	5,9	6,9	8,6
3,3	4,6	10,0	5,0	7,3	5,6
3,8	3,4	7,7	8,2	8,2	2,3

Наведені дані показують, що травмування зерна зменшується із збільшенням продуктивності шнека та мінімальне його пошкодження спостерігається при частоті обертання 230 хв⁻¹. При вологості зерна 11,9% зі збільшенням числа перепусток через шнек травмування також збільшується. Зміна вологості з 21,9 до 11,9% за частоти обертання шнека 230 хв⁻¹ викликає

збільшення дроблення зерна в 2,85 разу. Це пояснюється тим, що сухе зерно більш тендітне. Травмування зерна шнеком зростає і зі збільшенням довжини переміщення. При переміщенні зерна пшениці оптимальна частота обертання шнека становить 155-280 хв⁻¹, причому менша частота обертання відповідає вологості 12-14% і більша - 17-19%.

УДК 631.1

Мікуліна М.О. к.е.н. доцент, Пилипенко Д.В. магістрант, СНАУ, Суми

ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА КОНСТРУКЦІЇ ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЇ ПОДРІБНЕННЯ РОСЛИННИХ РЕШТОК

Ефективне управління рослинними рештками є важливим компонентом сучасного сільськогосподарського виробництва, що сприяє збереженню родючості ґрунту, покращенню структури посівного шару та зниженню потреби в хімічних добривах. Подрібнення рослинних решток дозволяє прискорити їх розкладання та збагачення ґрунту органічними речовинами, що підвищує врожайність сільськогосподарських культур. Для досягнення оптимальної ефективності операцій подрібнення важливим є обґрунтування параметрів та конструктивних особливостей ґрунтообробного агрегату.

Основною метою дослідження є визначення оптимальних параметрів роботи ґрунтообробного агрегату, який забезпечує якісне подрібнення рослинних решток і рівномірний розподіл їх по поверхні ґрунту. Розробка включає наступні аспекти:

Вибір конструктивних параметрів – аналіз основних елементів агрегату, таких як робочі органи, механізм приводу, системи регулювання глибини та швидкості обертання подрібнювальних елементів. Зокрема, визначення оптимальних розмірів та форми ріжучих елементів для забезпечення якісного подрібнення та зменшення енергоспоживання.

Аеродинамічні та гідравлічні аспекти – обґрунтування конструкції робочих органів для забезпечення рівномірного розподілу подрібнених частинок по поверхні ґрунту, що сприяє покращенню умов для подальших агротехнічних операцій. Також розглядаються способи зниження вітрових втрат подрібненого матеріалу.

Адаптація агрегату до різних типів ґрунтів і умов експлуатації – дослідження впливу різних властивостей ґрунтів на ефективність подрібнення та можливість зміни параметрів роботи агрегату в залежності від умов експлуатації (щільність ґрунту, кількість рослинних решток, вологість).

Підвищення надійності та довговічності – вибір матеріалів і конструкційних рішень для забезпечення високої зносостійкості робочих органів агрегату, особливо в умовах інтенсивної експлуатації.

Енергетична ефективність – розробка систем управління, що забезпечують оптимізацію енергоспоживання за рахунок регулювання режимів роботи, в залежності від щільності рослинних решток та стану ґрунту.

Технологічні експерименти та моделювання – проведення польових досліджень для оцінки ефективності подрібнення рослинних решток, визначення оптимальних швидкостей руху агрегату, частоти обертання робочих органів та інших конструктивних параметрів.

Автоматизація та інтеграція з системами точного землеробства – для підвищення ефективності роботи ґрунтообробного агрегату доцільно розглянути можливість його інтеграції з системами точного землеробства, що дозволить автоматизувати регулювання параметрів роботи в реальному часі. Використання GPS-навігації та сенсорних систем для контролю стану ґрунту і кількості рослинних решток забезпечить точне налаштування робочих органів агрегату, що сприятиме зменшенню витрат на паливо та оптимізації технологічного процесу.

Екологічні аспекти – використання ґрунтообробного агрегату, що забезпечує якісне подрібнення рослинних решток, сприяє зниженню потреби в хімічних добривах та поліпшенню екологічного стану ґрунтів. Рівномірний розподіл органічної маси на поверхні ґрунту сприяє його збагаченню поживними речовинами та покращенню структури.

