

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“ ” _____ 20__ р.
Зав. кафедри _____ к.т.н., доцент _____
(науковий ступінь, вчене звання)
_____ Андрій ВОЙТІК _____
(підпис) (ініціали, прізвище)

ДИПЛОМНА РОБОТА

_____ магістр _____

(освітній рівень)

тема роботи «ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТА
РЕЖИМІВ РОБОТИ ПНЕВМАТИЧНОГО СЕПАРАТОРА
НАСІННЯ ЗЛАКОВИХ ТРАВ»

Виконав: студент 2 курсу, групи 21м-з-ім
освітньої програми _____ магістр _____
спеціальності 208 _____
«Агроінженерія» _____
Пожарський В.Б. _____
(прізвище та ініціали)

Керівник к.е.н., доцент, Кутковецька Т.О.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та
ініціали)

м. Умань – 2023 рік

РЕФЕРАТ

Пожарський В.Б. Обґрунтування параметрів та режимів роботи пневматичного сепаратора насіння злакових трав (Дипломна робота, Уманський національний університет садівництва, 2023: пояснювальна записка на 56 сторінках, у т.ч. 5 розділів, 25 рисунків, 4 таблиці, 23 джерел літератури).

Проведено огляд існуючих технологій і технічних засобів сепарування насінневих сумішей, здійснені теоретичні дослідження процесу пневматичного сепарування насіння злакових трав й розроблено конструкцію пневмоелектросепаратора дрібнонасінневих сумішей та визначено його раціональні параметри роботи.

Мета роботи – підвищити якість посівного матеріалу дрібнонасінневих культур додатковим обробленням у пневмоелектросепараторі за сукупної дії гравітаційних та електричних сил і повітряного потоку.

Об'єкт дослідження – посівний матеріал дрібнонасінневих сільськогосподарських культур, технологію сепарування в пневмоелектросепараторі, його робочі органи.

Предмет дослідження – орієнтація частинок еліпсоїдної форми під дією повітряного потоку, гравітаційних і електричних сил у каналі пневмоелектросепаратора та зміна показників якості посівного матеріалу дрібнонасінневої суміші залежно від конструктивно-технологічних параметрів і режимів роботи пневмоелектросепаратора.

Ключові слова: ПАРАМЕТРИ, РЕЖИМИ РОБОТИ, ПНЕМАТИЧНИЙ СЕПАРАТОР, ЗЛАКОВІ ТРАВИ, ТЕХНОЛОГІЯ СЕПАРУВАННЯ.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ДОСЛІДЖЕНЬ	
ПНЕВМОСЕПАРУВАННЯ НАСІННЄВОГО МАТЕРІАЛУ.....	8
1.1. Огляд існуючих технологій і технічних засобів пневмосепарування насіннєвих сумішей.....	8
1.2. Роль електричного поля як додаткового робочого органу насіннеочисних машин.....	12
1.3. Мета та завдання досліджень.....	15
Висновки по розділу.....	22
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПНЕВМАТИЧНОГО	
СЕПАРУВАННЯ НАСІННЯ ЗЛАКОВИХ ТРАВ.....	23
2.1. Теоретичні дослідження процесу пневмосепарування.....	23
2.2. Моделювання насінин та силової дії на них.....	25
Висновки по розділу.....	28
РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ	
ПНЕВМОЕЛЕКТРИЧНОГО СЕПАРУВАННЯ	29
3.1. Будова та принцип роботи експериментальної установки.....	29
3.2. Результати сепарування насіння за традиційною технологією.....	31
3.3. Визначення ефективності пневмоелектричного сепарування.....	
3.4. Перевірка теоретичної моделі сепарування.....	
Висновки по розділу.....	35
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	
4.1. Організація умов та заходів з охорони праці на виробництві.....	36
4.2. Моделювання виробничих небезпек при роботі із сепаратором.....	38
Висновки по розділу.....	39
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ	
ПНЕВМОЕЛЕКТРОСЕПАРУВАННЯ.....	40
Висновки по розділу.....	44
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	45
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	47

ВСТУП

Одержання високих врожаїв сільськогосподарських культур забезпечується наявністю високоякісного посівного матеріалу. Отримати його в достатній кількості неможливо без завершальної стадії післязбиральної обробки – вторинної, а в багатьох випадках і додаткової очисток. Особливо це стосується великої кількості дрібнонасіненних культур, переважну частину яких складають багаторічні бобові і злакові трави.

Існуючі технічні засоби не забезпечують їх якісної очистки від багатьох домішок бур'янів, особливо важкорозділюваних, а також відділення від основної маси неповноцінних (без зародків) мертвих насінин культури. Основною причиною цього є подібність за основними фізико-механічними властивостями компонентів сепарувальних сумішей, через що неможливо забезпечити їх ефективне розділення. За таких умов необхідно вишукувати нові ознаки подільності, які б дозволяли здійснювати сепарування за сукупністю властивостей – фізико-механічних та електричних. Електричне поле в даному випадку створюватиме додаткову силову дію на частинки сепарувальної суміші. Оскільки насіння культурної рослини і бур'янів відносяться до різних біологічних видів, то їх електричні властивості по різному взаємодіятимуть з робочими органами сепараторів, що уможливило підвищити ефективність їх розділення.

Іншим шляхом покращення якості сепарування є використання в процесі розділення інших силових факторів, зокрема сили повітряного потоку. Проте на даний час процес пневмоелектросепарування вивчений недостатньо, що потребує подальших досліджень. Враховуючи це, тема дослідження на сьогодні є актуальною.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ДОСЛІДЖЕНЬ ПНЕВМОСЕПАРУВАННЯ НАСІННЄВОГО МАТЕРІАЛУ

1.1. Огляд існуючих технологій і технічних засобів пневмосепарування насіннєвих сумішей

На даний час в підприємствах, які продукують посівний матеріал дрібнонасіннєвих сільськогосподарських культур для очистки використовується низка машин і комплексів: ВС-2, ВСОК, СУ-01, ОС-1,0, ОСМ-3, ОСМ-3У, ОВЛ-7, ОСБ-10, ОС-5,4 А, ВС-10, ЗВС-20, ЗАА-10.3000, СВУ-5А, «Петкус-Вібрант» К 521/1, «Петкус-Вута» К-527 та інші [4, 6].

Розділення в них на складові компоненти здійснюється за :

- аеродинамічними властивостями;
- розмірами на решетах;
- розмірами на трієрах;
- щільністю і питомою вагою;
- властивостями поверхні;
- електричними властивостями.

За даними [16] використання вищезазначених машин в різних схемах дозволяє відділити більшість насінин бур'янів і, частково, важкорозділюваних домішок. Проте їх вміст все ще перевищує допустимі норми і не дозволяє отримати елітний чи репродуктивний матеріал [15].

В більшості машин як основна ознака подільності використовуються аеродинамічні властивості. До них відноситься критична швидкість, за якої частинка перебуває у зваженому стані, тобто витає. Іншою важливою властивістю є коефіцієнт парусності, який характеризує здатність частинки здійснювати опір повітряному потоку [5].

За відносного руху тіла в повітрі виникає опір, який залежить від форми, стану поверхні, маси тіла і його розміщення в повітряному середовищі. Чим

більша різниця цього опору для компонентів суміші, тим існує більша імовірність їх ефективного розділення [9].

Повітряний потік створюється в сепараторах вентиляторами. Залежно від напрямку, способу надходження та циркуляції повітря повітряні системи поділяються:

- за напрямком повітряного потоку – з вертикальним і похилим потоком;
- за способом надходження повітря в канали – із всмоктувальним, нагнітальним і нагнітально-всмоктувальним потоками;
- за кількістю сепарувальних каналів – з одним або двома каналами;
- за способом циркуляції повітря – з розімкненим або замкненим циклом.

Системи із нагнітально-всмоктувальним потоком мають два вентилятори, з яких один нагнітає повітря, а другий всмоктує.

У похилому або горизонтальному повітряному потоці (рис. 1.1, *а*) ворох 3, що висипається із бункера, підхоплюється ним і залежно від аеродинамічних властивостей компонентів сепарувальної суміші переміщає їх у відділення важкої 2 чи легкої фракції 1.

У вертикальному повітряному потоці (рис. 1.1, *б, в*) легкі домішки вороху, який переміщується по решету 2, засмокуються (рис. 1.1, *б*) або підхоплюються (рис. 1.2, *в*) і виносяться в осаджувальну камеру. Важка фракція переміщується по поверхні решета [6].

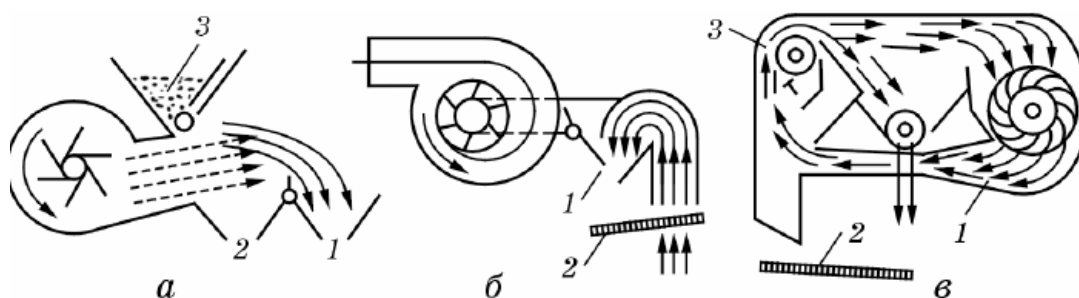


Рисунок 1.1 – Розподіл насіння за аеродинамічними властивостями в повітряних потоках:

- а* – напірний похилий потік (1 – легка фракція; 2 – важка фракція; 3 – ворох);
б – аспіратор з відцентровим вентилятором (1 – легкі домішки; 2 – решето);
в – аспіратор з діаметральним вентилятором (1 – повітряний потік; 2 – решето; 3 – легкі домішки)

Відділення вороху може відбуватися лише тоді, коли критичні швидкості насіння і домішок, що перебувають у зваженому стані, різні.

Пневмосепаратори можуть бути самостійними або складовою насіннеочисних машин. Їх основними робочими органами є вентилятори, сепарувальні канали, відстійні камери і пиловідокремлювачі.

В технології підготовки посівного матеріалу дрібнонасінневих культур використовують пневмосепаратори різних конструкцій [11].

Сепаратор гравітаційний СГ-25. Призначений для попереднього очищення насіннєвого вороху решетами і повітряним потоком від крупних, дрібних і легких домішок усіх зернових, зернобобових, соняшнику, кукурудзи та інших культур, що надходять від комбайнів (рис. 1.2, а).

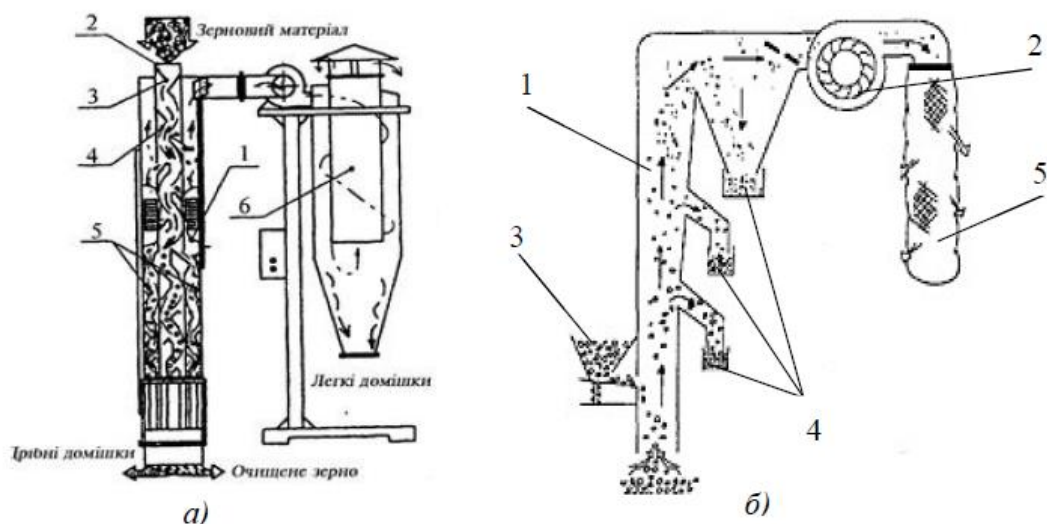


Рисунок 1.2 – Технологічні схеми роботи гравітаційного сепаратора СГ-25 (а) та пневматичної сортувальної колонки ПСМК (б)

Він виконаний у вигляді вертикальної колонки і не має рухомих частин. Ворох переміщується самопливом (під дією гравітаційних сил) по нерухомих робочих органах – решетах і поступово очищається від крупних, дрібних, а при працюючому вентиляторі і легких домішок.

Номінальна пропускна здатність становить 25 т/год, потужність приводу вентилятора 3 кВт, маса блоків сепарації та аспірації відповідно 152 і 205 кг.

Пневматична сортувальна колонка для дрібнонасінневих культур ПСМК. Призначена для очищення і сортування в умовах селекції і насінництва

насіння трав, лікарських рослин, овочів, льону. Складається із вертикального, розширеного до верху каналу 1, відцентрового вентилятора 2, електромагнітного живильника 3, приймачів фракцій 4 і осаджувальної камери 5 (рис. 1.2, б).

Основні переваги сепарувальної колонки – висока точність сепарування дрібнонасіннєвих культур за рахунок рівномірного повітряного потоку в сепарувальному каналі і дозована подача насіння. Очищення і сепарування насіння проходять одночасно. Продуктивність колонки 5–20 кг/год, потужність приводу вентилятора 0,37 кВт, маса 60 кг.

Повітряний сепаратор LASTI. Призначений для очистки і сепарування насіння в повітряному потоці на 3 фракції (рис. 1.3, а).

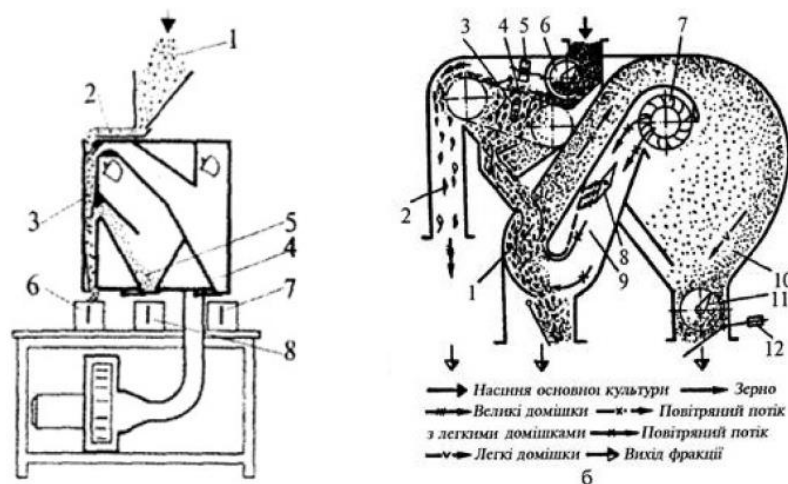


Рисунок 1.3 – Технологічні схеми повітряних сепараторів

а) LASTI та б) МПО-50

Насіння із приймального бункера 1 по лотку 2 потрапляє у вертикальний канал 3. Очищені важкі насінини спрямовуються в приймач 6, а легкі – в приймач 7, проміжна фракція – до приймача 8. Сепаратор виконаний із жорсткої конструкції у вигляді окремого модуля, виготовленого із деревини з фронтальною прозорою кришкою. Встановлюється на сталевому столі, під яким знаходиться відцентровий вентилятор з фільтром. Подаючий бункер 1 електромагнітного типу. Продуктивність сепаратора 10–25 кг/год, потужність приводу вентилятора 0,37 кВт, маса 95 кг.

Машина попереднього очищення зернового матеріалу МПО-50.

Складається з приймальної камери і пневмосепарувальної системи. У верхній частині приймальної камери встановлений розподільний шнек 6 (рис. 1.3, б), сітчастий транспортер 4, підбивальники 3 і трубопровід 2. До пневмосепарувальної системи входять діаметральний вентилятор 7, напірний 9 і всмоктувальний 1 канали, камера осідання 10, шнек домішок 11 і дросельна заслінка 8.

Зерновий ворох розподільним шнеком 6 подається на верхню частину сітчастого транспортера 4. Тут зерно, легкі і дрібні домішки проходять через отвори в сітці вниз, а великі домішки (частинки соломи, колосків тощо) транспортером спрямовуються у канал 2 і виводяться із машини. Відбивальник 3, що діє на транспортер 4, забезпечує кращу сепарацію і прохід зерна двома потоками до повітряного каналу 1. В процесі взаємодії з повітряним потоком від зернового матеріалу виділяються легкі домішки, які попадають в камеру осідання 10 і далі шнеком 11 спрямовуються назовні. Очищене зерно переміщується вниз і виводиться із машини.

Швидкість повітряного потоку в каналах пневмосепарувальної системи регулюють частотою обертання вентилятора і дросельною заслінкою. Під час очищення зернових культур застосовують сітчастий транспортер з отворами 12 x 12 мм, а для великого насіння – з отворами 15 x 15 мм. Продуктивність машини – до 50 т / год. Використовують машину в потокових лініях агрегатів і комплексів.

Наявні технічні засоби не забезпечують якісного очищення посівного матеріалу дрібнонасінневих сумішей від домішок бур'янів, особливо важковідділюваних, а також від біологічно неповноцінних (без зародків) насінин. Основною причиною цього є подібність за основними фізико-механічними властивостями компонентів, які входять до складу суміші, що ускладнює ефективне розділення.

Покращити якість пневмосепарування можна вибіркоvim орієнтуванням частинок насінневої суміші довшою віссю перпендикулярно напрямку дії

повітряного потоку. Досягають це забезпеченням додаткової силової дії на частинки, значення якої було б різним для біологічної повноцінної насінини культури та для нежиттєздатної (без зародка) чи насінини бур'яну.

Реалізувати таку силову дію на компоненти дрібнонасіннєвих сумішей можна створенням у сепарувальному каналі однорідного електричного поля. Це вимагає теоретичного і експериментального дослідження силової дії на частинки в процесі сепарування, обґрунтування параметрів та режимів роботи пневмоелектросепаратора і створює передумови до розробки його удосконаленої конструкції.

1.2. Роль електричного поля як додаткового робочого органу насіннєочисних машин

Основне завдання електрофізичних способів передпосівної обробки та електросепарування насіння полягає в тому, щоб заповнити їх енергетичні втрати, спричинені несприятливими умовами вирощування або зберігання, а головне надати біологічним системам насіння такі нові якості, які забезпечать їх позитивні дії на протязі всього біологічного циклу аж до отримання врожаю.

За останній час накопичено багато матеріалу, який свідчить про те, що електросепарування насіннєвих сумішей має достатньо високий ефект з точки зору відділення з насіннєвих сумішей важковідділюваних домішок бур'янів, різного роду травмованих та біологічно неповноцінних (щуплих, без зародків) насінин.

Великий внесок у вивчення впливу електричного поля на процес сепарування науковцями. Вони досліджували його вплив на інтенсифікацію процесу очищення зерна за допомогою електросепараторів [1, 2], а також здійснили аналіз руху зерна в електростатичному полі [3].

Дослідниками доведено, що створити досконаліші сепарувальні машини або принципово нові можна, коли використати принцип суперпозиції сил різної фізичної природи [17]. Завдяки цьому розділення проходить не тільки за фізико-механічними властивостями компонентів насіннєвої суміші, але й за

внутрішніми біохімічними. Досягнути цього можна, коли під час сепарації використовувати електричні поля [5].

Дослідження з використання електричних полів під час підготовки посівного посіву в процесі його післязбиральної обробки достатньо повно відображено в [20]. На підставі цього створено низку насінноочисних машин [20], технологічні схеми яких показані на рис. 1.4.

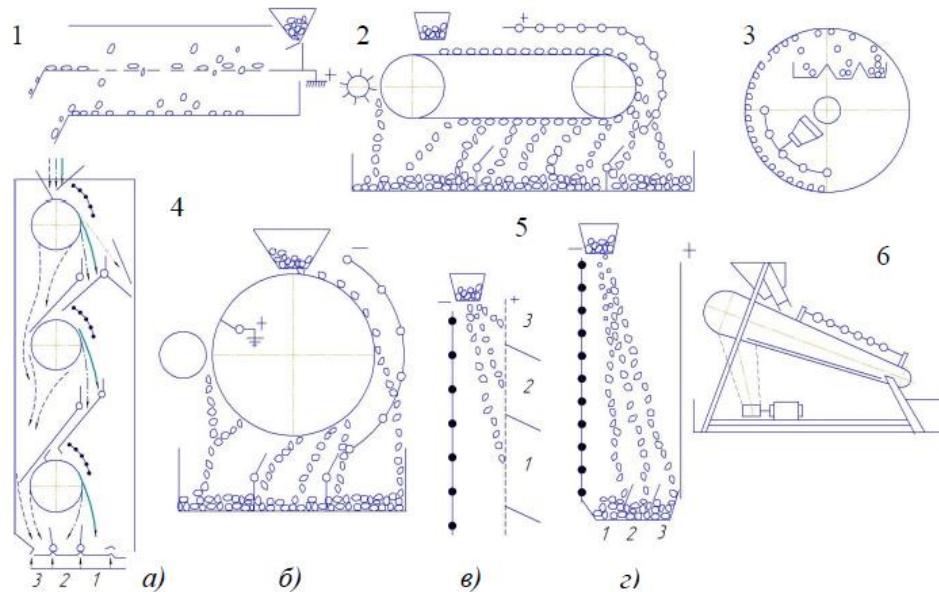


Рисунок 1.4 – Технологічні схеми електроочисних машин коронного розряду

На схемі зображено: 1 – електроочисна машина решітного стану; 2 – електроочисна машина транспортерного типу; 3 – електрофрикційний циліндр (схема розділення на внутрішній поверхні циліндра); 4 – електроочисні машини барабанного типу (а – багатосекційна і б – односекційна); 5 – електрокоронні камерні сепаратори (в – розділення у вертикальній площині; з – розділення в горизонтальній площині); 6 – електрокоронна гірка.

В порівнянні з традиційними сепараторами вони забезпечують повніше розділення насіннєвого матеріалу на складові з одночасним зменшенням під час очистки втрат кондиційних насінин [11].

Під час очистки на електрокоронній машині барабанного типу при дворазовому пропуску насіння повністю очищається від важковідділюваних бур'янів, причому втрата схожих насінини не перевищує 3% [16].

В процесі сепарування в полі коронного розряду з використанням повітряного потоку в 5 разів знижується кількість подріблених поперек і повністю відділяються насінини подрібнені вздовж [20].

Застосування під час очистки дрібнонасінневих культур, зокрема багаторічних трав, похилих електрокоронних гірок дозволяє суттєво підвищити ефективність їх очистки. За один пропуск вдається повністю відділити важковідділювані домішки з тимофіївки лучної, конюшини гібридної і лучної [5].

Електроочисні машини розділяють осівний матеріал з урахуванням вологості окремих насінин. Оскільки вологоутримуюча і водопоглинаюча здатність насіння залежить від їх якості, можна збільшити відмінності між ними за електричними властивостями і тим самим підвищити повноту розділення. Підтвердженням цього є дані, наведені в [14]. Вони засвідчують, що на час збирання насінини озимого ріпаку в різних частинах по висоті стебла мають різну вологість. Найкращими за посівними якостями є ті, які знаходяться посередині нього. Використовуючи електроочисну машину, можна досягнути такого режиму роботи, який забезпечуватиме відділення саме цих насінин.

Електричне поле коронного розряду, крім своєї основної функції – використання в сепараторах як додаткового робочого органу, – одночасно здійснює і стимулюючу дію на насіннєвий матеріал. Це, насамперед, проявляється в покращенні: посівних властивостей оброблюваного матеріалу [21]; якості кінцевого продукту, що проявляється в зміні білку [22], цукристості, виході волокна тощо. Для отримання максимального ефекту обробки насіннєвого матеріалу слід добитись такого режиму, який би одночасно забезпечував високу ступінь розділення і високий стимулюючий вплив [21].

Слід також зауважити, що електросепаратори коронного розряду легко налаштувати на різні режими обробки, оскільки одним із основних параметрів режиму їх роботи є напруженість електричного поля на коронуючому електроді. Завдяки можливості плавного регулювання в достатньо широких

межах можна вибирати оптимальні її значення, які забезпечуватимуть якісну очистку насіннєвих сумішей, особливо дрібнонасіннєвих, від важковідділюваних домішок бур'янів [15] та різного роду травмованих [21].

Крім електросепарування в полі коронного розряду в підготовці посівного матеріалу широко застосовується розділення насінин в електростатичному полі за допомогою діелектричних сепараторів. Дослідженнями [23] встановлено, що за умови встановлення насінин еліпсоїдної форми в електростатичне поле для кожного з них характерна своя напруженість орієнтації вздовж його силових ліній. Для насінин округлої форми властива напруженість старту, за якої насінина, яка лежить на електроді, відривається від нього і переміщується до протилежного електроду. Виявлено [23], що напруженість орієнтації і старту насінин в електростатичному полі можна використати як показник якості, і як технологічну ознаку подільності під час розділення насінин на фракції, що характеризуються різними властивостями. Так насінини з меншою напруженістю орієнтації мають меншу масу, густину, найбільшу електричну проникність, а відповідно, і найбільшу вологість. На підставі цього розроблені технічні засоби для діелектричної сепарації, схеми яких представлені на рис. 1.5.

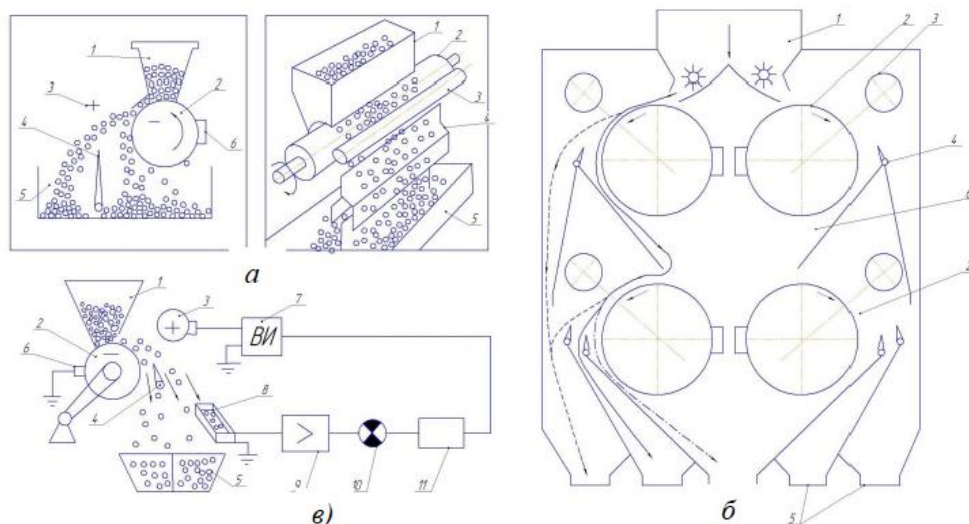


Рисунок 1.5 – Технологічні схеми діелектричних сепараторів

Схема рисунка показує: а) односекційний; б) багатосекційний; в) схема автоматизації електричного сепаратора. 1 – завантажувальний бункер; 2 –

рухомий заземлений електрод барабанного типу; 3 – ізольований нерухомий електрод; 4 – розділювальна площина; 5 – приймачі; 6 – очищуюча щітка; 7 – джерело напруги; 8 – давач заряду насіння; 9 – підсилювач; 10 – елемент порівняння; 11 – виконавчий орган.

Таким чином можна стверджувати, що використання в технології підготовки дрібнонасінневих сільськогосподарських культур електричних сепараторів порівняно з традиційними дозволяє:

- здійснювати розділення за сукупністю фізико-механічних та електричних властивостей компонентів суміші;
- збільшити повноту розділення посівного матеріалу на складові;
- зменшити втрати кондиційного насіння у відходи;
- збільшити масу 1000 насінин відсепарованого матеріалу;
- достатньо легко регулювати режими обробки і добиватись якісних показників процесу електросепарування;
- одночасно із сепаруванням проводити передпосівну стимуляцію.

1.3. Мета та завдання досліджень

З огляду вище зазначеного матеріалу виділимо мету та завдання дослідження.

Мета роботи – підвищити якість посівного матеріалу дрібнонасінневих культур додатковим обробленням у пневмоелектросепараторі за сукупної дії гравітаційних та електричних сил і повітряного потоку, а також обґрунтуванням оптимальних параметрів пневмоелектросепарування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі основні завдання:

- 1) Проаналізувати технології й технічні засоби післязбиральної підготовки дрібнонасінневих культур;
- 2) Обґрунтувати конструктивно-технологічні параметри пневмоелектросепаратора;

3) Дослідити вплив регульованих параметрів і режимів пневмоелектросепарування на якість посівного матеріалу дрібнонасіненних культур;

4) Здійснити розрахунки техніко-економічної ефективності пневмоелектросепаратора.

Висновки по розділу

Отже, з огляду технічних засобів та технологій очищення зерна можна сказати, що підвищити ефективність розділення дрібнонасіненних сумішей в повітряних потоках можливо за рахунок створення додаткової силової дії, величина якої була б різною для біологічно повноцінної насінини культури та для нежиттєздатної (без зародка) чи насінини бур'яну. Зреалізувати це можливо накладанням в сепарувальному каналі однорідного електричного поля.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПНЕВМАТИЧНОГО СЕПАРУВАННЯ НАСІННЯ ЗЛАКОВИХ ТРАВ

2.1. Теоретичні дослідження процесу пневмосепарування

Теоретичним дослідженням процесу аеродинамічної сепарації насіння сільськогосподарських культур присвячено роботи низки вчених і дослідників [1, 3, 6].

Найважливішими питаннями, які ними ґрунтовно вивчались, були аеродинамічні властивості компонентів насіннєвої суміші, до яких належать критична швидкість витання $V_{кр}$, коефіцієнт опору повітря K і коефіцієнт парусності K_n [6].

Їх визначення стало можливим завдяки дослідженню руху частинки у вертикальному повітряному потоці (рис. 2.1).

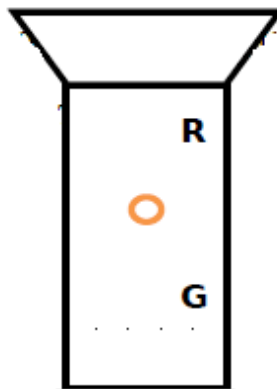


Рисунок 2.1 – Схема для визначення аеродинамічних властивостей
частинки насіннєвої суміші

На частинку в пневмоканалі діють сили тяжіння G і повітряного потоку R . Силу R розраховують за формулою Ньютона:

$$R = K \rho_n F (V_n - u), \quad (2.1)$$

де K – коефіцієнт опору;

ρ_n – щільність повітря;

F – площа проекції тіла на площину, перпендикулярну до напрямку дії повітряного потоку (міделів переріз тіла);

V_n – швидкість повітряного потоку;

u – швидкість руху тіла.

Під дією сили R і $G = mg$ частинка рухатиметься вниз (коли $G > R$) або вгору (коли $G < R$). Для окремого випадку, якщо вона перебуватиме у зваженому стані, $u = 0$ і $R = G$. Виходячи з цієї умови, визначають критичну швидкість:

$$V_{\text{сб}} = \sqrt{\frac{G}{K \rho_i F}}. \quad (2.2)$$

Коефіцієнт опору K залежить від форми тіла, його поверхні, стану повітряного середовища, в якому перебуває частинка, а також від швидкості руху повітря. Зі зростанням швидкості повітряного потоку коефіцієнт K зменшується.

Коефіцієнт парусності K_n можна визначити за такою залежністю:

$$K_n = V_{\text{сб}} \frac{9,8 K \rho_i F}{G}. \quad (2.3)$$

Розв'язавши вирази (2.2) і (2.3), отримаємо:

$$K_n = \frac{9,8}{V_{\text{сб}}^2}. \quad (2.4)$$

Коефіцієнти K і K_n перебувають у складній залежності як від властивостей частинки, так і від параметрів повітряного середовища, які важко визначити. Тому для підрахунку коефіцієнтів K і K_n користуються непрямим методом. Даний метод ґрунтується на експериментальному дослідженні критичної швидкості частинок.

Критична швидкість $V_{\text{кр}}$ насіння зернових культур становить 8...15 м/с, коефіцієнт опору $K = 0,04...0,30$, коефіцієнт парусності $K_n = 0,07...0,15$. Для більшості дрібнонасінневих частинок ці показники встановлені не в повному обсязі, що спонукає до глибшого їх дослідження.

Оскільки критичні швидкості змінюються в значних межах, під час виконання технічних і експлуатаційних розрахунків їх визначають у кожному конкретному випадку експериментально.

Більшість дослідників вивчали робочий процес розділення компонентів насінневих сумішей у вертикальному повітряному каналі [9].

В ньому потік повітря поділяє зернову суміш на дві фракції: легку, яка піднімається по каналу вгору, і важку, яка переміщується униз до виходу.

В роботі [6] визначено диференціальне рівняння руху частинки масою m :

$$m = \frac{du}{dt} - R + G = 0. \quad (2.5)$$

Враховуючи (2.5), встановлено вираз для визначення R :

$$R = \frac{G}{V_{\text{ед}}^2} (V_n - u)^2. \quad (2.6)$$

Після заміни R отримано:

$$\frac{V_{\text{ед}}^2}{g} \frac{du}{(V_n - u)^2 - V_{\text{ед}}^2} = dt. \quad (2.7)$$

Якщо взяти $V_n - u = \omega$, то матимемо $dV_n = -d\omega$.

Після заміни рівняння (2.7) представлено у вигляді:

$$\frac{V_{\text{ед}}^2}{g} \left(\frac{d\omega}{\omega^2 - V_{\text{ед}}^2} \right) dt. \quad (2.8)$$

Проінтегрувавши рівняння (1.8) отримано:

$$-\frac{V_{\text{ед}}}{2g} \ln \frac{\omega - V_{\text{ед}}}{\omega + V_{\text{ед}}} = t + A_1, \quad (2.9)$$

або

$$-\frac{V_{\text{ед}}}{2g} \ln \frac{V_n - u - V_{\text{ед}}}{V_n - u + V_{\text{ед}}} = t + A_1, \quad (2.10)$$

де A_1 – стала інтегрування.

При $t = 0$, $u = 0$. Тоді:

$$A_1 = -\frac{V_{\text{ед}}}{2g} \ln \frac{V_n - V_{\text{ед}}}{V_n + V_{\text{ед}}}.$$

Позначивши $V_n + V_{\text{кр}} = p$; $V_n - V_{\text{кр}} = c$; $2g / V_{\text{кр}} = \alpha$, отримаємо:

$$\ln \frac{(\tilde{n} - u)p}{(p - u)c} = -\alpha t. \quad (2.11)$$

Розв'язавши рівняння (2.11) отримано:

$$u = p + \frac{p - c}{1 + \left(\frac{c}{p}\right)e^{-\alpha t}}. \quad (2.12)$$

Аналіз наведеної залежності показує, що швидкість $u = f(t)$ зростає по кривій OM (рис. 2.2) і асимптотично «наближається» до значення, яке визначається ординатою $C = V_n - V_{кр.}$.

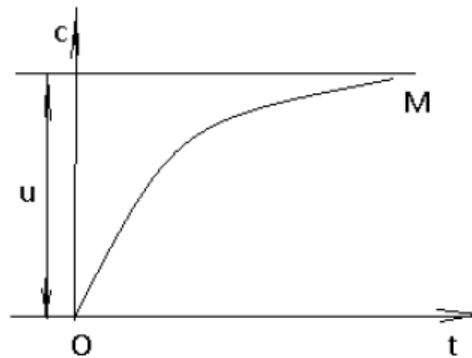


Рисунок 2.2 – Зміна швидкості руху часточки у вертикальному каналі залежно від часу польоту

Максимальна швидкість $u_{\max}$ руху частинки визначатиметься різницею між швидкістю V_n повітря та її критичною швидкістю $V_{кр.}$:

$$u_{\max} = V_n - V_{кр.} \quad (2.13)$$

Робочу швидкість V_p вертикального повітряного потоку вибирають залежно від критичної швидкості компонентів, які входять у зернову суміш [13]. Вона повинна бути більшою за критичну швидкість домішок і меншою від критичної швидкості основного насіння, тобто:

$$V_{кр.дом} < V_p < V_{кр.зер}. \quad (2.14)$$

Грунтовніші дослідження поведінки частинки насіннєвої суміші в каналах пневмосепараторів наведені в [9]. В них виконані детальні обчислення характеристик руху матеріальної точки при дії різноманітних факторів. В [9] досліджені характеристики руху у вертикальному повітряному потоці, а в [1, 3]

– характеристики руху в рівномірному нахиленому до горизонту повітряному потоці у просторових системах координат.

У [1] для керування розділюючою здатністю та розрахунку параметрів пневматичного сепаратора розроблена математична модель руху частинки у нахиленому повітряному каналі з врахуванням коефіцієнтів парусності компонентів зернової суміші, обмежень геометричних характеристик каналу та зміни кута нахилу прямолінійної епюри швидкості повітряного потоку.

Критерії ефективності розділення компонентів суміші під час виконання теоретичних досліджень були узгоджені із можливостями застосування математичної моделі руху матеріальної точки в досліджуваному повітряному каналі.

Під час побудови моделі вважали, що повне розділення компонентів суміші має місце за умови:

$$\Delta x_k = x_{k\partial n} - x_{k\kappa\kappa} \geq 0, \quad (2.15)$$

де Δx_k – розділююча здатність каналу, якою є різниця між мінімальною координатою виходу частинок домішок з каналу $x_{k\partial n}$ (рис. 2.3) та відповідною максимальною координатою виходу зернин культури $x_{k\kappa\kappa}$ у системі координат $x_k y_k$.

Наведені координати відповідають частинкам з граничними значеннями коефіцієнтів парусності компонентів суміші.

Для визначення характеристик руху були встановлені функціональні залежності від часу зміни координат, швидкостей та прискорень відносно початку нерухомої системи координат $x y$.

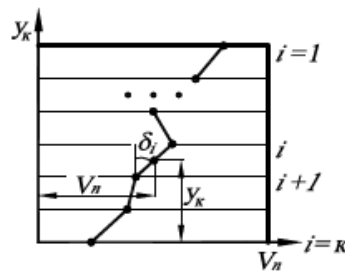


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема до визначення характеристик руху частинки у нахиленому повітряному каналі

Зазначені характеристики знайдено після розв'язання системи рівнянь:

$$\begin{aligned}\ddot{x} &= -k_a [(\dot{\delta} - V_n \cos \alpha)^2 + (\dot{y} - V_n \sin \alpha)^2] \cdot \cos(\bar{V}_a, x); \\ \ddot{\delta} &= -k_a [(\dot{\delta} - V_n \cos \alpha)^2 + (\dot{y} - V_n \sin \alpha)^2] \cos(\bar{V}_a, y) - g,\end{aligned}\quad (2.16)$$

де $\dot{x}, \ddot{x}, \dot{y}, \ddot{y}$ – відповідно проекції швидкості та прискорення часток суміші на осі нерухомої системи координат x, y ;

V_n – поточне значення швидкості повітряного потоку, яке визначено за такою залежністю:

$$V_n = V_{n,i} - (y_{\kappa,i} - y_{\kappa}) \operatorname{tg} \delta_i, \quad (2.17)$$

де $V_{n,i}$ – задане значення швидкості повітряного потоку на рівні $y_{\kappa,i}$ висоти каналу;

y_{κ} – поточне значення висоти каналу.

Кут δ_i між напрямком лінії епюри швидкості повітряного потоку та напрямком осі y_{κ} визначено за виразом:

$$\operatorname{tg} \delta_i = \frac{V_{n,i} - V_{n,i+1}}{y_{\kappa,i} - y_{\kappa,i+1}}. \quad (2.18)$$

Якщо епюру швидкості повітряного потоку прийняти прямолінійною за всією висотою каналу, то $\delta_i = \delta = \text{const}$.

Напрямні косинуси відносної швидкості $\bar{V}_a$ до осей x, y – $\cos(\bar{V}_a, x), \cos(\bar{V}_a, y)$, визначено за такими формулами:

$$\begin{aligned}\cos(\bar{V}_a, x) &= \frac{\dot{x} - V_i \cos \alpha}{\sqrt{(\dot{x} - V_i \cos \alpha)^2 + (\dot{y} - V_i \sin \alpha)^2}}, \\ \cos(\bar{V}_a, y) &= \frac{\dot{y} - V_i \sin \alpha}{\sqrt{(\dot{x} - V_i \cos \alpha)^2 + (\dot{y} - V_i \sin \alpha)^2}}.\end{aligned}\quad (2.19)$$

Напрямок траєкторії частинки у момент виходу її з каналу визначається кутом:

$$\gamma = \beta - \alpha, \quad (2.20)$$

де β – кут напрямку траєкторії частинки у абсолютному русі із $\bar{V}$:

$$\beta = \arctg \frac{\dot{y}}{\dot{x}}. \quad (2.21)$$

Теоретичними розрахунками [1] встановлено, що збільшення середньої швидкості повітряного потоку в діапазоні від 10 до 20 м/с та рівномірному

розподілі швидкості за висотою каналу призводить до підвищення розділюючої здатності повітряного каналу Δx_k . Проте за таких умов збільшується робоча довжина каналу. За $V_n = 20 \text{ м/с}$ довжина каналу ще не перевищує прийнятних значень ($x_{kcx} \approx 1,5 \text{ м}$). Найбільші значення Δx_k відповідають мінімальній швидкості подачі суміші до каналу. При цьому, збільшеною є також і середня швидкість транспортування. Якщо епіюра швидкості повітряного потоку відхиляється від рівномірного розподілу ($\delta=0$), то при збільшенні швидкості у верхній частині (коли $\delta > 0$) розділююча здатність каналу та середня швидкість транспортування зростають, проте збільшується його необхідна довжина.

У [5, 7] встановлено, що низька якість роботи звичайного способу виникає за рахунок того, що площа міделевого перерізу насінини, на яку діє горизонтальний повітряний потік, залежить від її положення відносно нього. Орієнтування насінини носить випадковий характер. Для збільшення якості поділу насінин запропоновано встановлювати величину вертикальної швидкості стосовно кожної окремо узятій насінини при входженні у горизонтальний потік залежно від її питомої ваги [6].

В результаті теоретичного аналізу процесу руху вертикальним каналом пито-важкої та пито-легкої насінин аналітично з'ясовано, що раціональна швидкість зустрічного потоку становить $(0,8 \dots 1,0)V_{кр}$ або $4 \dots 5 \text{ м/с}$. Завдяки цьому під час проходження вертикального каналу довжиною $L_{mp}=1,5 \text{ м}$ величина швидкості пито-важких насінин у $1,5 \dots 2,0$ рази є більшою, ніж у пито-легких. Це дозволяє горизонтальному потоку діяти на пито-легкі насінини більший час, зміщуючи їх у горизонтальному напрямку якнайдалі від пито-важких.

Під час переміщення насінини у зустрічному потоці, коли швидкість останнього менша за критичну, рівняння її руху буде:

$$ma = m g - k F V^2, \quad (2.22)$$

де k – узагальнений коефіцієнт, $k = C_x/2$; V_2 – відносна швидкість, м/с.

$$V = (V_n + V), \quad (2.23)$$

де V_n – швидкість зустрічного потоку, м/с;

V – вертикальна швидкість насінини відносно потоку, м/с.

В [9] встановлено остаточну залежність для розрахунку швидкості під час проходження насінинною вертикального каналу із зустрічним потоком:

$$V = \frac{\left(\sqrt{\frac{gm}{kF}} - V_n \right) e^{\frac{2kF\sqrt{\frac{gm}{kF}}}{m} t + \ln \left(\frac{\sqrt{\frac{gm}{kF}} + V_n}{\sqrt{\frac{gm}{kF}} - V_n} \right)} - \sqrt{\frac{gm}{kF}} - V_n}{1 + e^{\frac{2kF\sqrt{\frac{gm}{kF}}}{m} t + \ln \left(\frac{\sqrt{\frac{gm}{kF}} + V_n}{\sqrt{\frac{gm}{kF}} - V_n} \right)}}. \quad (2.24)$$

Рациональною швидкість зустрічного потоку буде тоді, коли на виході з вертикального каналу матимемо найбільшу різницю у вертикальних швидкостях між питомо-важкою та питомо-легкою насінинами, тобто:

$$\Delta V = V_{nv} - V_{nl} = \rightarrow \max, \quad (2.25)$$

де V_{nv} – швидкість питомо-важкої насінини на виході з вертикального каналу;

V_{nl} – швидкість питомо-легкої насінини.

Найскладнішим є поділ насінин із близькою питомою вагою. Такий поділ є характерним для компонентів, які входять до складу дрібнонасінневих сумішей. Оскільки маса їх тисячі насінин не перевищує грам, а різниця у вагових характеристик є дуже малою, то щоб збільшити загальну якість поділу необхідно крім вагових, вишукувати інші характеристики, які б слугували ознакою подільності.

Одним із шляхів вирішення цього питання є, як підтверджують дослідження приведені в [5, 6], забезпечення умов для різного орієнтування частинок компонентів сепарувальної суміші в каналі пневмосепаратора. Досягнути цього можна накладанням в каналі пневмосепаратора електричного поля, яке виступає як додатковий робочий орган.

Насінини культури й бур'яну відносяться до різних біологічних видів, їх електричні властивості відрізняються, і вони по-різному взаємодіють із електричним полем. Як наслідок, у каналі насінини культури і бур'яну орієнтуються під різними кутами, змінюють площу міделевого перерізу та порізно сприймають силу повітряного потоку. Отже, під час

пневмоелектросепарування є можливість розділити насінини культури й бур'яну, особливо еліпсоїдної форми.

2.2. Моделювання насінин та силової дії на них

Ефективність сепарування досліджуваних сумішей забезпечується максимальною різницею траєкторій руху компонентів, які входять до неї – якісних насінин, насінин без зародків та бур'янів. Досягнути необхідної умови розділення можливо теоретичними дослідженнями переміщення змодельованих частинок, які відображають форму, розміри, геометричні і вагові характеристики кожного компоненту.

Розроблено моделі, які відображають реальні насінини: якісної культури відповідно $M_1 f(m_1, a_1, \vartheta_1, L_e, L_c, V_n, F_e)$ при $L_e > L_c > 0$; неякісної без зародку $M_2 f(m_2, a_2, \vartheta_2, L_e, L_c, V_n, F_e)$ при $L_e = L_c = 0$; якісної бур'яну $M_3 f(m_3, a_3, \vartheta_3, L_{e1}, L_{c1}, V_n, F_e)$ при $L_e > L_c > 0$; іншої культури $M_4 - f(m_4, a_4, \vartheta_4, L_{e4}, L_{c4}, V_n, F_e)$. Їх повніша характеристика наведена в таблиці 2.1.

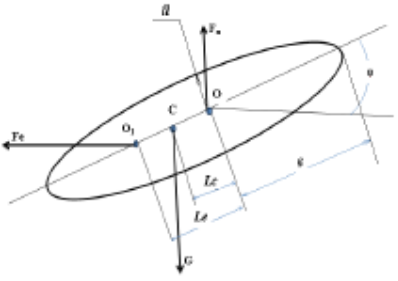
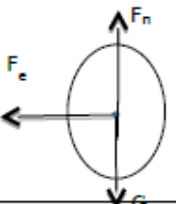
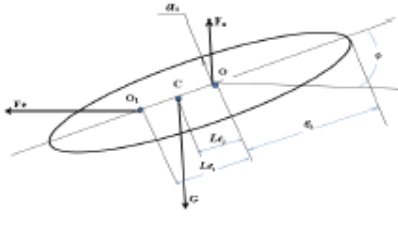
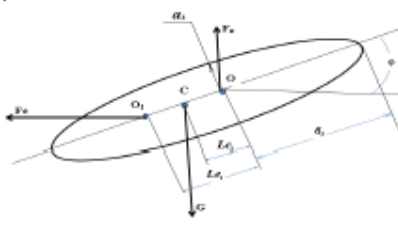
Оскільки результатом математичного опису переміщення частинок насінневих сумішей еліпсоїдної форми в каналі пневмоелектросепаратора є диференціальні рівняння їх руху, то дослідивши за допомогою них траєкторії руху кожної із змодельованих частинок можна теоретичним шляхом оцінити можливість їх ефективного розділення.

Розв'язком системи диференціальних рівнянь руху чисельним методом в програмному середовищі MATLAB, отримано розрахункові траєкторії руху еліпсоїдних частинок насінневої суміші в каналі пневмоелектросепаратора. Аналіз отриманих траєкторій дозволяє:

- дослідити вплив на переміщення частинок еліпсоїдної форми в каналі пневмоелектричного сепаратора регульованих і нерегульованих параметрів сепарування, а також вагових, фрикційних, аеродинамічних властивостей і геометричних розмірів досліджуваних частинок насінневих сумішей;
- виявити ознаки подільності за сукупністю аеродинамічних та електричних властивостей;

- встановити можливість відокремлення з насіння важковідділюваних домішок та біологічно неповноцінних насінин без зародків.

Таблиця 2.1 – Теоретичні моделі досліджуваних насінин

1	M_1		Частинка у формі двохосного еліпсоїда з піввісями a і e : $a/e = 0,2...0,3$; - геометричним центром в т. O ; - центром заряду в т. O_1 ; - центром маси в т. C ; - $L_c = 0,9e$ - відстань від т. O до т. C ; - L_e - відстань від т. O до т. O_1 ; - φ - кут обертання відносно горизонталі.
2	M_2		Частинка у формі двохосного еліпсоїда з піввісями a і e : $a/e = 0,2...0,3$; - геометричним центром в т. O ; - центром заряду в т. O ; - центром маси в т. O ; - $\varphi = 0$.
3	M_3		Частинка з піввісями a_3 і e_3 : $a_3/e_3 = 0,1...0,2$ - геометричним центром в т. O ; - центром заряду в т. O_1 ; - центром маси в т. C ; - $L_{c3} = 0,6e_3$ - відстань від т. O до т. C ; - L_{e3} - відстань від т. O до т. O_1 ; - φ - кут обертання відносно горизонталі.
4	M_4		Частинка з піввісями a_4 і e_4 : $a_4/e_4 = 0,3...0,5$ - геометричним центром в т. O ; - центром заряду в т. O_1 ; - центром маси в т. C ; - $L_{c4} = 0,5e_4$ - відстань від т. O до т. C ; - L_{e4} - відстань від т. O до т. O_1 ; - φ - кут обертання відносно горизонталі.

Представлені на рис. 2.4...2.9 траєкторії дозволяють оцінити вплив напруженості електричного поля на переміщення частинок насінневої суміші за довжиною та шириною каналу.

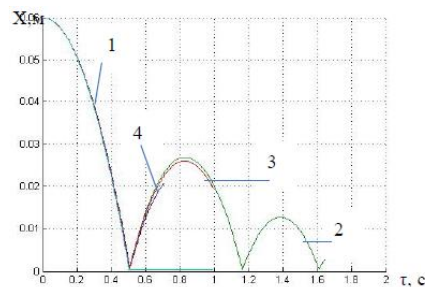


Рисунок 2.4 – Траєкторії переміщення частинок за шириною каналу

1 – (M_1), 2 – (M_2), 3 – (M_3), 4 – (M_4)

Аналіз траєкторії переміщення частинок сепарувальної суміші за шириною каналу засвідчив, що в початковий момент часу $\tau = 0 \dots 0,6$ с вони не відрізняються. Час перебування у сепарувальному каналі різний для основної культури та бур'яну. Найдовше протягом 1,8 с витає неякісне насіння без зародку M_2 .

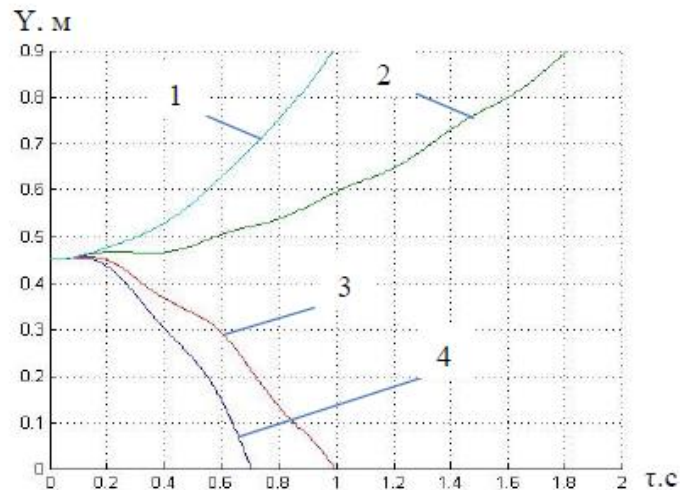


Рисунок 2.5 – Траєкторії переміщення частинок за довжиною каналу

Переміщення досліджуваних частинок вздовж каналу суттєво відрізняються за напрямком і часом перебування в ньому. Компоненти, представлені моделями M_3 і M_4 , рухаються вниз каналом впродовж $\tau = 0,7 \dots 1$ с, а M_1 і M_2 прямують вгору протягом $\tau = 1 \dots 1,8$ с, що свідчить про можливість сепарування цих груп частинок по довжині каналу.

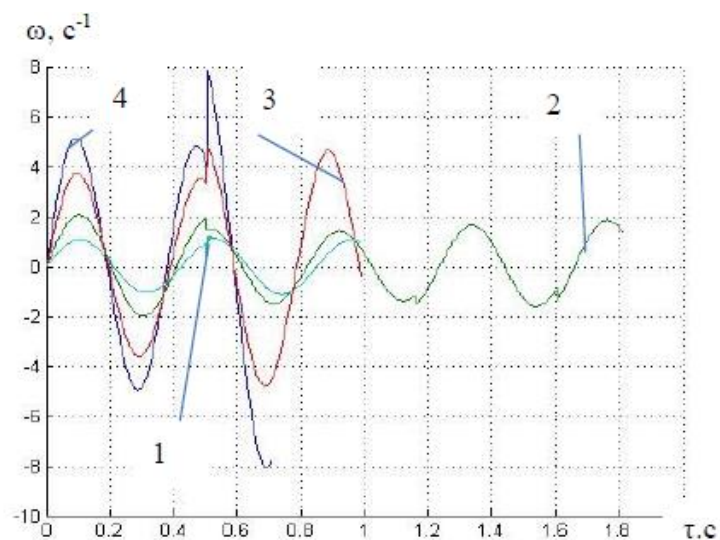


Рисунок 2.6 – Зміна кутової швидкості частинок в каналі

Кутові швидкості обертання досліджуваних частинок, відображених конкретними моделями, значно відрізняються за величиною і часом перебування в каналі. Максимальне значення кутової швидкості ω для $M_1=1,1\text{с}^{-1}$ набуває протягом $0,1\text{ с}$, $M_2=1,9\text{ с}^{-1}-0,5\text{ с}$, $M_3=4,6\text{ с}^{-1}-0,5\text{ с}$, а $M_4=8\text{ с}^{-1}$ за $0,5\text{ с}$.

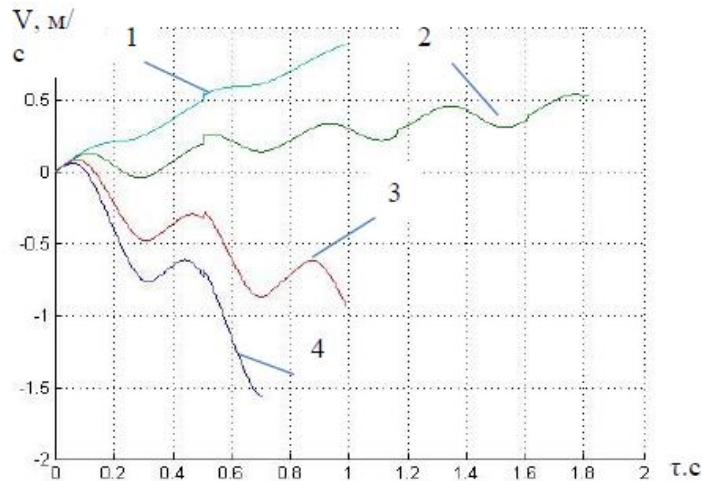


Рисунок 2.7 – Зміна лінійної швидкості частинок в каналі

Встановлено, що досліджувані моделі частинок мають не тільки різні значення лінійної швидкості (M_1 і M_2 – додатні; M_3 і M_4 – від’ємні), а й час перебування в каналі ($M_1 = M_3 = 1\text{ с}$; $M_4 = 0,7\text{ с}$; $M_2 = 1,8\text{ с}$).

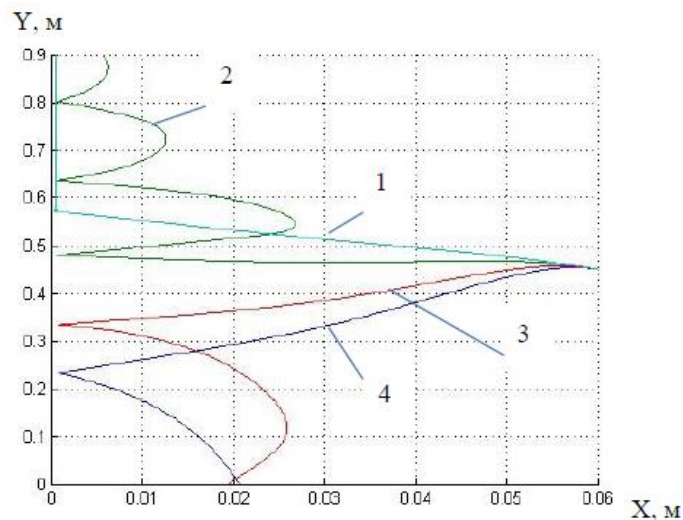


Рисунок 2.8 – Траєкторії руху частинок в каналі

Математична модель уможливорює моделювання траєкторії моделей насінин 4 груп залежно від: маси M_{1000} ; геометричних розмірів (a , b , $c = b$); швидкості повітряного потоку V_n ; сили дії електростатичного поля F_e .

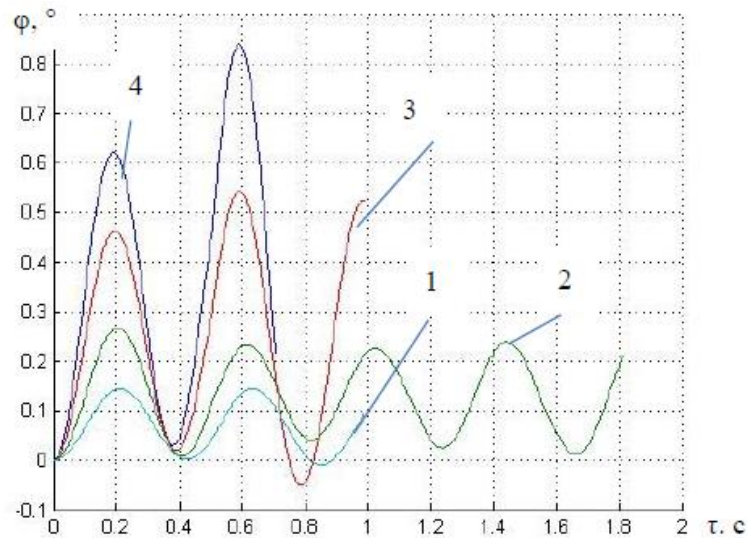
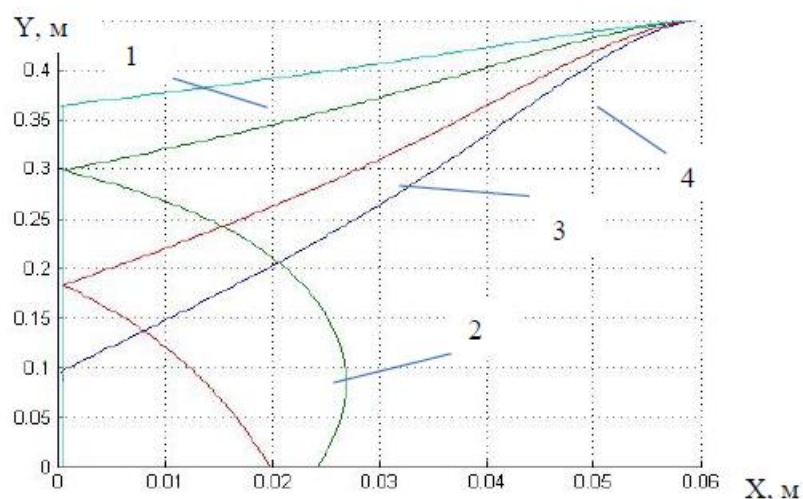


Рисунок 2.9 – Графік зміни кута повороту

За її допомогою проведено більш детальні теоретичні дослідження впливу на траєкторію руху моделей частинок регульованих і нерегульованих параметрів.

Розв'язавши числовим методом рівняння за допомогою програми *MATLAB* були побудовані розрахункові графічні залежності траєкторій руху досліджуваних частинок в пневмоелектричному каналі. Представлені на рис. 2.10...2.12 графіки дозволяють оцінити вплив на переміщення частинок швидкості повітряного потоку V_n , при відсутності електричного поля ($F_e = 0$).

Рисунок 2.10 – Траєкторії руху частинок при $V_n = 4,5$ м/с

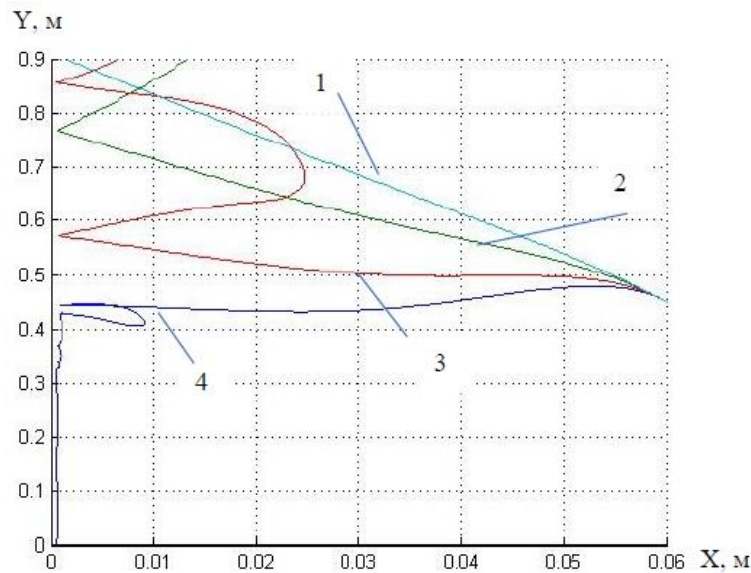


Рисунок 2.11 – Траєкторії руху частинок при $V_n = 5$ м/с

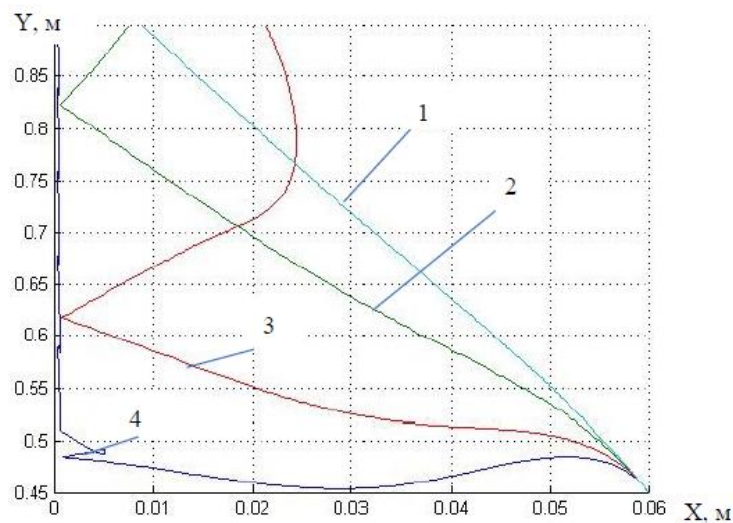


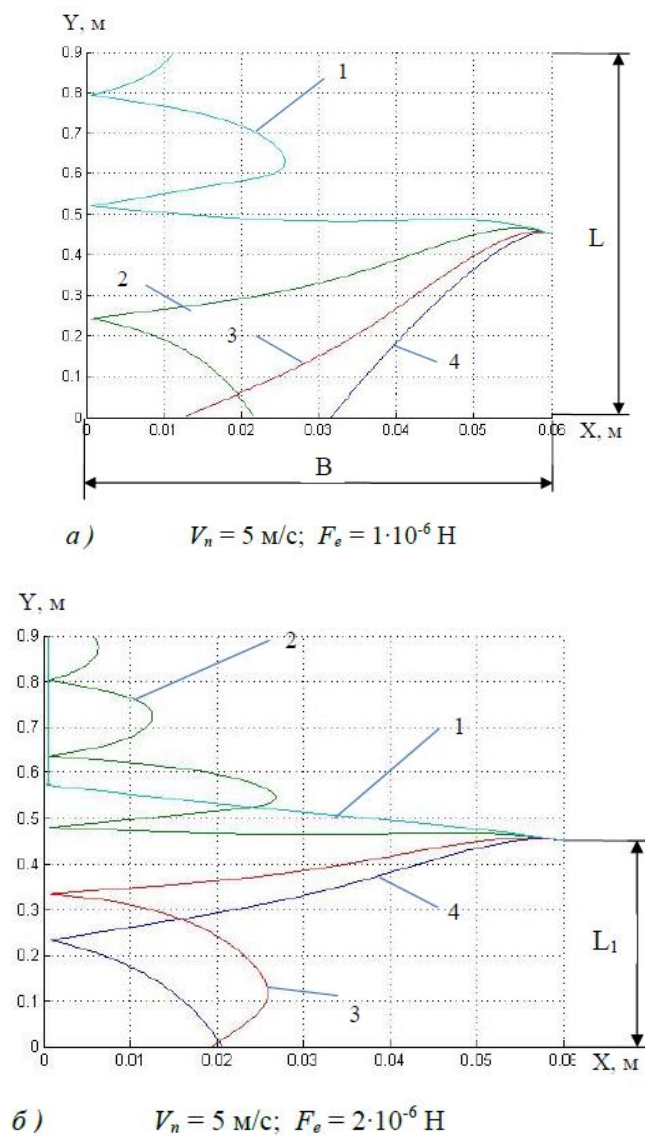
Рисунок 2.12 – Траєкторії руху частинок при $V_n = 5,5$ м/с

Аналізом отриманих теоретичних графічних залежностей траєкторії насінин, відображених моделями M_1 , M_2 , M_3 , M_4 від $V_n = 4,5$ м/с до $V_n = 5,5$ м/с, встановлено наступне. При $V_n = 4,5$ м/с всі групи частинок рухаються вниз. При $V_n = 5$ м/с траєкторії польоту моделей насінин M_1 , M_2 , M_3 спрямовані вгору, а M_4 – вниз. За таких умов є можливість відділення з суміші насіння бур'яну, оскільки модель M_4 відповідає саме їм. За швидкості повітряного потоку $V_n = 5,5$ м/с насінини усіх груп рухаються ввєрх, що унеможлиблює їх розділення.

На траєкторію руху сепарувальних частинок суттєво впливає напруженість електричного поля, яке створюється між електропровідними

пластинами вертикального каналу. Електричне поле, яке виступає додатковим робочим органом, дозволяє врахувати стан поверхні та біологічний стан частинок насінневої суміші, суттєво розширює функціональні можливості пневмосепараторів. Оскільки бур'яни та культурні рослини відносяться до різних видів, то їх біологічні, а також електричні властивості відрізняються між собою. Тому вони, знаходячись в електричному полі, отримують різний заряд і по-різному взаємодіють із повітряним потоком. За таких умов можна очікувати позитивний ефект від процесу відділення важкорозділюваних домішок і різного роду неякісних насінин із суміші посівного матеріалу культурних рослин.

Це підтверджують розрахункові траєкторії різних частинок залежно від величини напруженості електричного поля (рис. 2.13).



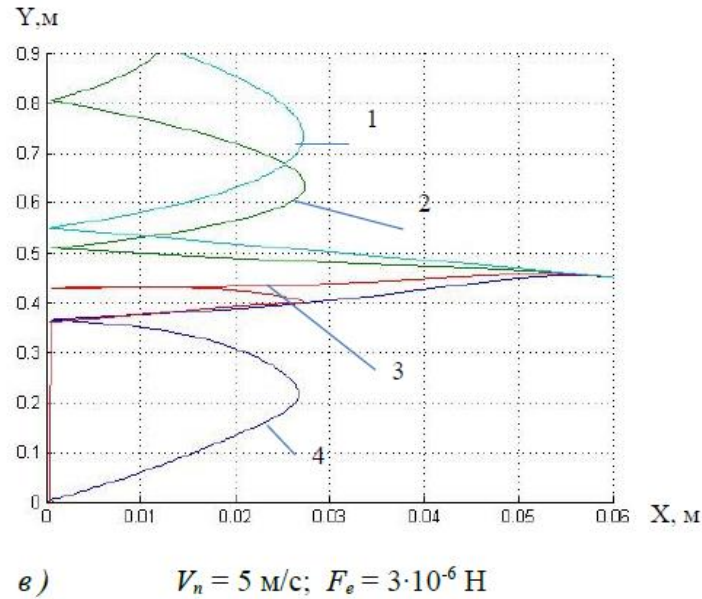


Рисунок 2.13 – Вплив сили електростатичного поля F_e на розрахункові траєкторії руху моделей насінин за $V_n = 5 \text{ м/с} = \text{const}$
 1 – (M_1), 2 – (M_2), 3 – (M_3), 4 – (M_4);
 L – довжина каналу; L_1 – відстань від основи каналу до місця подачі вихідної суміші; B – ширина каналу

Аналіз отриманих результатів (див. рис. 2.13) засвідчив, що досліджувані частинки мають різні траєкторії руху при $F_e = 2 \cdot 10^{-6}$ і $3 \cdot 10^{-6}$ Н. Це важливо для успішного сепарування, ефективність якого найвища за умови забезпечення максимальної різниці траєкторій насінин якісних M_1 , без зародків M_2 , бур'янів M_3 та інших культур M_4 .

Отримані розрахункові траєкторії руху засвідчують, що відділення від насінин культури неякісних біологічно неповноцінних насінин без зародків найефективніше при $V_n = 5 \text{ м/с}$ та $F_e = 2 \dots 3 \cdot 10^{-6} \text{ Н}$.

На підставі отриманих даних обґрунтовані геометричні розміри робочої частини пневмоелектричного каналу, за яких досягається ефективне розділення компонентів дрібнонасінневої суміші (див. рис. 2.13): ширина каналу $B = 0,06 \text{ м}$; довжина $L = 0,9 \text{ м}$; відстань від його основи до місця подачі вихідної суміші $L_1 = 0,45 \text{ м}$.

Створюючи додаткову силову дію, вдається врахувати під час сепарування стан поверхні, біологічний стан частинок насінневої суміші та суттєво розширити функціональні можливості пневмоелектросепараторів.

Висновки по розділу

Результати теоретичного дослідження показують наступне:

Одним із найважливіших показників, від якого залежить ефективність сепарування в пневматичному каналі, є площа міделевого перерізу насінини, який сприймає дію повітряного потоку. Оскільки насінини культури і бур'яну відносяться до окремих біологічних видів, їх електричні властивості відрізнятимуться, через що по-різному взаємодіятимуть з електричним полем, орієнтуючись під різними кутами в каналі сепаратора. За таких умов компоненти сепарувальних сумішей вибірково сприйматимуть силу повітряного потоку, що свідчить про можливість їх розділення.

Встановлено, що на траєкторії переміщення сепарувальних частинок суттєво впливають регульовані параметри пневмоелектросепарування: швидкість повітряного потоку V_n у каналі, сила електростатичного поля F_e . Аналіз отриманих траєкторій руху виявив, що ефективне відділення домішок бур'янів від основної культури забезпечується за таких значень регульованих параметрів: $V_n = 5$ м/с та $F_e = 2 \dots 3 \cdot 10^{-6}$ Н.

Визначено геометричні розміри робочої частини пневмоелектричного каналу, за яких досягається ефективне розділення компонентів дрібнонасінневої суміші: ширина каналу $B = 0,06$ м; його довжина $L = 0,9$ м; відстань від основи каналу до місця подачі вихідної суміші $L_1 = 0,45$ м.

РОЗДІЛ 3.

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПНЕВМОЕЛЕКТРИЧНОГО СЕПАРУВАННЯ

3.1. Будова та принцип роботи експериментальної установки

Для підвищення продуктивності пневмосепараторів із вертикальним сепарувальним каналом нами запропоновано встановити в повітряному каналі систему електродів, між якими створюватиметься електростатичне поле високої напруги. Це дозволить виявити відмінності насінин культури та бур'яну, розділити їх за сукупністю фізико-механічних і електричних властивостей. Крім того електростатичне поле, як додатковий робочий орган, поряд із сепарувальною дією, стимулює та знезаражує насіння, а, отже підвищує його продуктивні якості [2].

Для проведення досліджень, метою яких було відділення від низки видів насіннєвих сумішей багаторічних злакових трав домішок насіння важкорозділюваних бур'янів та біологічно неповноцінних насінин культури (без зародків), використовували удосконалену конструкцію пневмоелектросепаратора марки «Петкус К-293». Суть удосконалення полягала у встановленні в пневматичному сепарувальному каналі двох електропровідних пластин, виготовлених із фольгованого гетинаксу, до яких підводили постійну високу напругу з можливістю її регулювання в межах від 0 до 30 кВ. Напруженість електростатичного поля при цьому змінювалась в діапазоні $0...4 \text{ кВ/см}^2$ [3]. Загальний вигляд та технологічна схему удосконаленого пневмосепаратора показано на рис. 3.1.

У запропонованому пневмосепараторі розділення компонентів досліджуваних сумішей відбувалось за сукупністю аеродинамічних і електричних властивостей, оскільки насінини культури та бур'яну відносяться до різних видів і їх електричні властивості відрізняються.

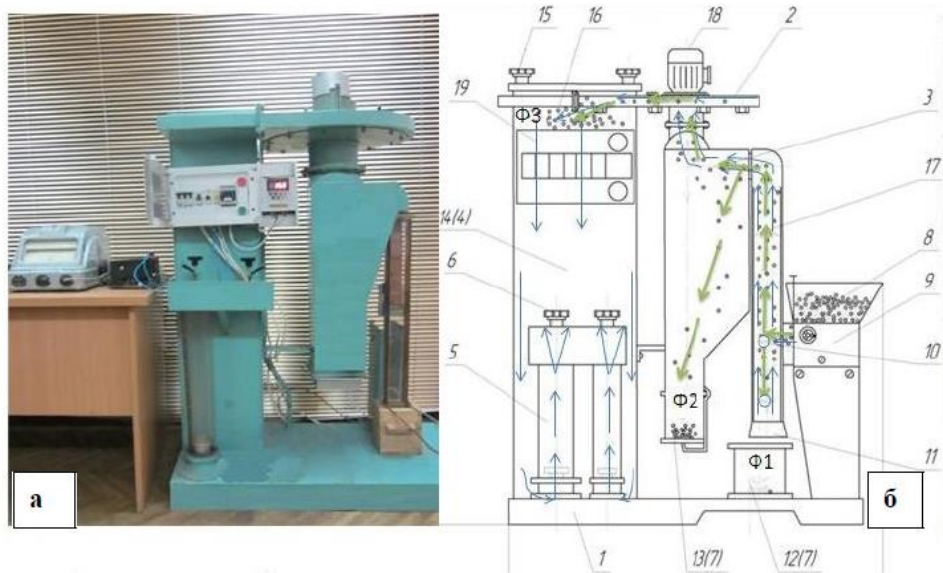


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд (а) та технологічна схема роботи (б)
удосконаленого пневмоелектричного сепаратора

Опис схеми: фракції насіння: $\Phi 1$ – бур'яни, $\Phi 2$ – основна культура, $\Phi 3$ – легкі домішки. Напрямки руху: повітря насіння 1 – станина; 2 – вентилятор; 3 – баштовий сепаратор; 4 – фільтруюча секція; 5 – трубки вимірювання витрати повітря; 6 – пристрій регулювання швидкості повітря; 7 – місткості для продуктів сепарації; 8 – завантажувальний бункер; 9 – вібродозатор; 10 – сепарувальний вертикальний канал; 11 – втягуючий отвір; 12 – місткість для відходів; 13 – місткість для насіння; 14 – фільтруюча секція; 15 – болти кріплення кришки фільтруючої секції; 16 – кришка фільтруючої секції; 17 – електроди; 18 – електродвигун; 19 – блок керування.

В процесі сепарування вони отримували різний заряд і по-різному поводити себе в повітряному каналі. За таких умов спостерігався позитивний ефект від сепарування важкорозділюваних дрібнонасіннєвих сумішей.

Схема удосконалення сепаратора наведена на рис. 3.2. Працює пневмоелектричний сепаратор наступним чином. Насіннєва суміш подається із завантажувального бункера 8 за допомогою регульованого вібродозатора 9 до пневматичного сепарувального вертикального каналу 10. В ньому встановлено два електроди, виготовлені з фольгованого гетинаксу 17, на які подається постійна висока напруга від джерела високої напруги (ДВН) 5.

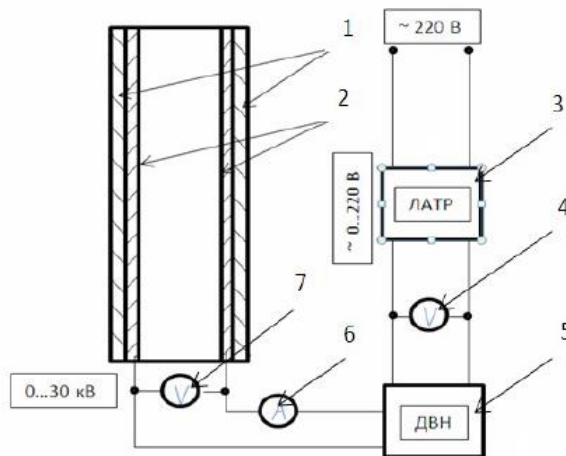


Рисунок 3.2 – Схема встановлення та підключення електродів

1 – сепарувальний канал; 2 – електроди; 3 – лабораторний автотрансформатор; 4 – вольтметр; 5 – джерело високої напруги (ДВН); 6 – амперметр; 7 – кіловольметр

Насіннєва суміш під дією направленого знизу вверх повітряного потоку, що створюється вентилятором 2, та регульованого електростатичного поля, яке створюється електродами 17, розділяється на три фракції: насіння бур'янів та інших, важчих від основної культури домішок, падають вниз у місткість 12 (див. рис. 3.1). Насіння основної культури разом із насінинами без зародків та легкими домішками під дією повітряного потоку і електростатичного поля спрямовується вверх по каналу 10 і потрапляє у сепаратор 3. Тут за рахунок збільшення поперечного перерізу пропорційно падає швидкість потоку повітря, що призводить до відділення якісного насіння культури, яке падає вниз у насіннєву місткість 13.

Найлегші домішки із щуплим, без зародків насінням, втягуються у відцентровий вентилятор 2 та видувуються в фільтр легких домішок 14. Фільтр 14 необхідно систематично очищувати. Періодичність його проведення залежить від засміченості насіннєвої суміші.

Керування роботою електродвигуна вентилятора 18, вібродозатора 9 та живлення електропроводів 17 здійснюється з панелі керування 19. Визначення витрати повітря відображається витратомірами повітря 5 (див. рис. 3.1), а регулювання швидкості повітряного потоку здійснюється перетворювачем частоти струму марки *ACF 110*.

3.2. Результати сепарування насіння за традиційною технологією

Для виявлення ефективності сепарування дрібнонасінневих сумішей за традиційною технологією була проведена рентгеноскопія насінин багаторічних злакових трав, отриманих в результаті проведення первинної, вторинної і додаткової очисток. Її результати засвідчили наступне. У зразках насіння костриці червоної виявлено дев'ятнадцять насінин без зародка (рис. 3.3).

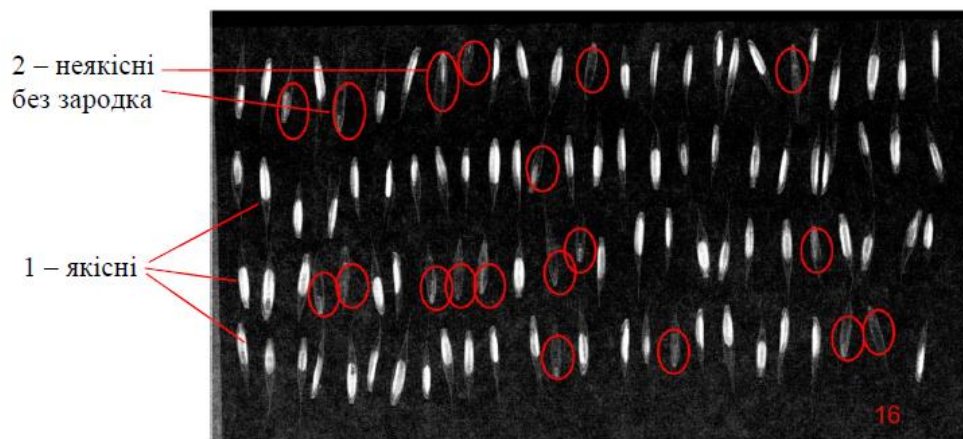


Рисунок 3.3 – Рентгеноскопія насіння костриці червоної

Кращі результати спостерігаються у зразках костриці очеретяної, в яких неякісних насінин було тільки 4 %. Дуже низьку якість сепарування виявлено у костриці лучної та грястиці збірної, де без зародку було відповідно 23 % і 48 % насінин (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Результати рентгеноскопії насіння злакових трав після існуючої технології післязбиральної обробки

№ п/п	Злакові трави	Кількість насінин якісних, із зародком, %
1	Райграс пасовищний (<i>Lolium perene</i> L.)	74
2	Райграс високий (<i>Arrhenatherum elatius</i> (L.))	52
3	Грястиця збірна (<i>Dactylis glomerate</i> L.)	48
4	Костриця лучна: (<i>Festuka pratensis</i> Huds)	23
5	Стоколос безостий: (<i>Bromus inermis</i> Leyss)	78
6	Костриця очеретяна: (<i>Festuka arundinaceae</i>)	96
7	Костриця червона (<i>Festuka rubra</i> L.s.1.)	83
8	Канарник очеретяний	68

Наведені в табл. 3.1 дані засвідчують, що насіннєвий матеріал більшості досліджених культур не відповідає вимогам ДСТУ 7160:2010 «Насіння овочевих, баштанних, кормових і пряно-ароматичних культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови».

Це є основною передумовою доцільності удосконалення існуючої технології підготовки посівного матеріалу дрібнонасіннєвих сумішей сільськогосподарських культур.

3.3. Визначення ефективності пневмоелектричного сепарування

Ефективність пневмоелектросепарування, яка полягала у визначенні різниці якісних насінин до і після очищення на удосконаленому зразку «Петкус К-293», проводили на прикладі низки видів багаторічних злакових трав.

Вміст у кожній із досліджуваних проб якісного (виповненого із зародками) та неякісного (щуплого без зародків) насіння визначали методом його рентгеноскопії (рис. 3.4).

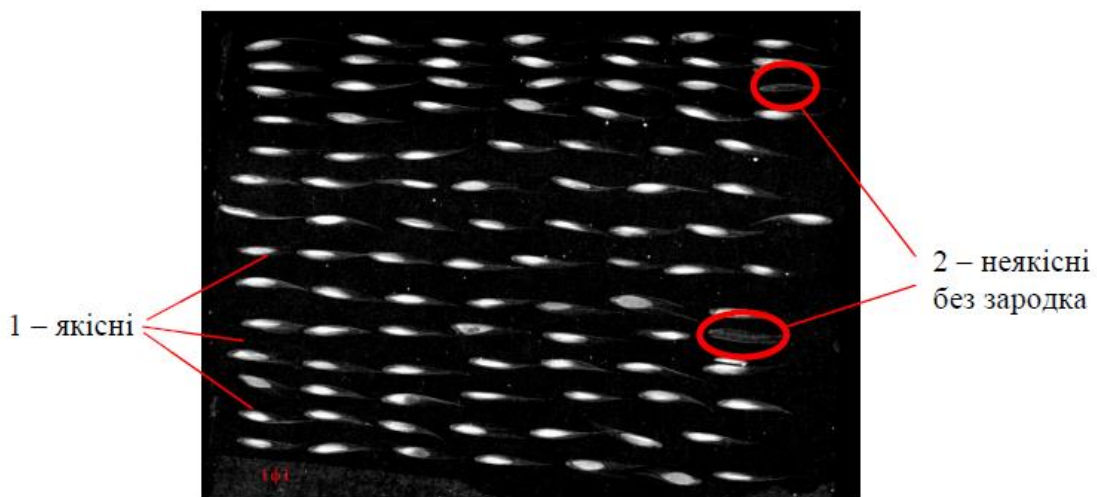


Рисунок 3.4 – Рентгеноскопія насіння костриці червоної після пневмоелектросепарування

Результати визначення ефективності пневмоелектросепарування подано у табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати пневмоелектросепарування насіння багаторічних злакових трав

Культура	Кількість насінин із зародком, шт./%		До вихідного матеріалу, %
	У вихідному матеріалі	Після пневмоелектросепарування	
1. Райграс пасовищний	813 / 81±2,3%	992 / 99±3,8%	18
2. Костриця лучна	631 / 63±2,4%	962 / 96±2,1%	33
3. Стоколос безостий	782 / 78±3,5%	843 / 84±3,4%	6
4. Грястиця збірна	489 / 49±3%	978 / 98±1,3%	49
5. Костриця очеретяна	922 / 92 ±2%	964 / 96±3%	4
6. Костриця червона	833 / 83±1,5%	953 / 95±1,8%	12
7. Канарник очеретяний	681 / 68±1%	982 / 98	30

Аналіз даних, наведених в табл. 3.2, свідчить про неефективність традиційної технології післязбиральної обробки насіннєвого матеріалу досліджуваних трав, оскільки в ньому залишається значна кількість біологічно неповноцінних насінин без зародків. Найбільше таких зустрічається в грястиці збірної – 51% від загальної кількості, а найменше у райграсу пасовищного – 19%. Деяку частину їх вдається відділити під час пневмосепарування. Проте їхній вміст залишається ще достатньо високим – від 15 до 35%. Досягнути найбільшого ефекту можливо за рахунок введення у вертикальний канал пневмосепаратора, як додаткового робочого органу електричного поля. За рахунок його вибіркової дії на повноцінні насінини і насінини без зародку вдається майже повністю відділити одні від інших. За таких умов вдається суттєво підвищити якість посівного матеріалу трав, оскільки вміст в ньому неякісних насінин, за виключенням стоколосу безостого, не перевищує 5%.

Отримані результати дають підстави стверджувати про доцільність використання в технології підготовки дрібнонасіннєвих сумішей, особливо багаторічних злакових трав, пневмоелектросепараторів, в яких як додатковий робочий орган використовується електричне поле високої напруги.

3.4. Перевірка теоретичної моделі сепарування

Розрахункові траєкторії руху частинок насінневих сумішей засвідчили, що відділення від насінин культури неякісних, біологічно неповноцінних насінин без зародків найефективніше проходить при $V_n = 5$ м/с а $F_e = 2 \cdot 10^{-6}$ Н. За таких умов якісні насінини основної культури $M_1 (f(m_1, a_1, v_1, L_e, L_c, V_n, F_e))$ при $L_e > L_c > 0$) і неякісні – без зародку $M_2 (f(m_2, a_2, v_2, L_e, L_c, V_n, F_e))$ при $L_e = L_c = 0$) виносяться повітряним потоком вгору, а отже повинні потрапити у Ф2 і (або) в Ф3, тобто місткість 13 і (або) 14. Бур'яни $M_3 (f(m_3, a_3, v_3, L_{e1}, L_{c1}, V_n, F_e))$ при $L_e > L_c > 0$) і $M_4 (f(m_4, a_4, v_4, L_{e4}, L_{c4}, V_n, F_e))$, які складають Ф1, мають падати вниз каналу 10 у місткість 12, (див. рис. 3.1).

Перевірку математичної моделі руху насінин в пневмоелектричному каналі проведено порівнянням розрахункових і дослідних значень їх розділення. У результаті сепарувальну суміш розділено на 3 фракції, з яких відібрано проби та визначено в кожній із них вміст якісного насіння.

Порівняння результатів рентгеноскопії досліджуваних фракцій до і після пневмоелектросепарування засвідчило значний вплив даної обробки на підвищення якості насіння у Ф2 для всіх досліджуваних культур (табл. 3.3).

Кількість якісного насіння з фракції Ф2, порівняно з вихідною сумішшю до сепарування, зросла від 6% у стоколосу безостого до 73% у костриці лучної. Для інших культур збільшення кількості таких насінин спостережено в межах 30...50%.

Таблиця 3.3 – Результати пневмоелектросепарування насіння трав

№	Культура	Режим роботи		Фракції насіння із зародком, шт./%			Насіння із зародком у Ф2 порівняно з вихідною сумішшю, ± шт. / %
		Е, кВ/см	V _{пов} м/с	Ф1	Ф2	Ф3	
1	Грястиця збірна	3,3	2,5	52 / 5	218 / 98	30 / 2	+74 / 50 %
2	Костриця червона	3,3	3,3	12 / 3	280 / 95	8 / 0,5	+31 / 12 %
3	Стоколос безостий	3,3	2,7	35 / 1	262 / 84	13 / 1	+26 / 6 %

Продовження таблиці 3.3

4	Костриця лучна	3,3	2,7	43 / 2	262 / 96	15 / 1	+173 / 73%
5	Канарник очеретяний	3,3	2,3	28 / 4	231 / 98	41 / 3	+27 / 30%
6	Райграс пасовищний	3,3	5,5	35 / 0	259 / 99	6 / 2	+103 / 47%
7	Костриця очеретяна	3,3	2,8	60 / 0	237 / 96	3 / 0	51 / 4%

На рис. 3.5 наведено один результат перевірки теоретичної моделі процесу пневмоелектросепарування на прикладі насіннєвої суміші райграсу пасовищного.

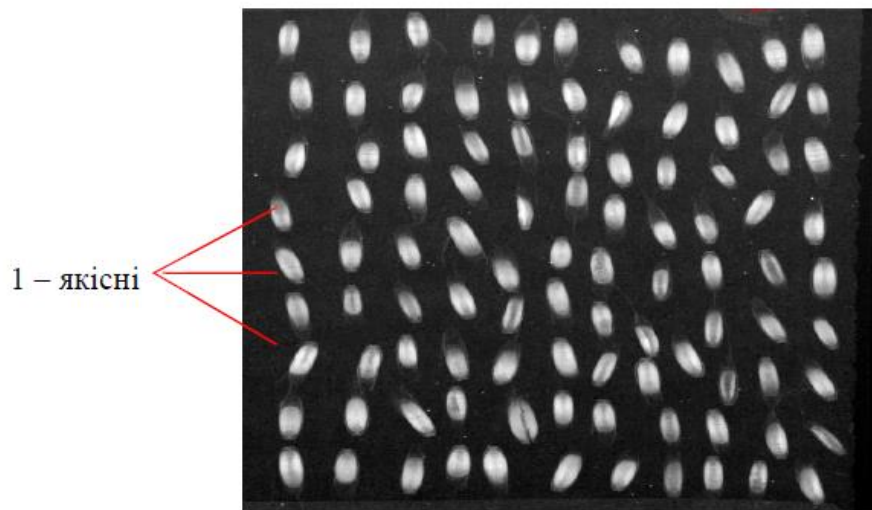


Рисунок 3.5 – Рентгеноскопія насінин райграсу пасовищного фракції Ф2

Вміст якісних насінин у фракції Ф1 незначний, не перевищує для даного режиму роботи, 5%, що підтверджує рентгеноскопія зразка рис. 3.6.

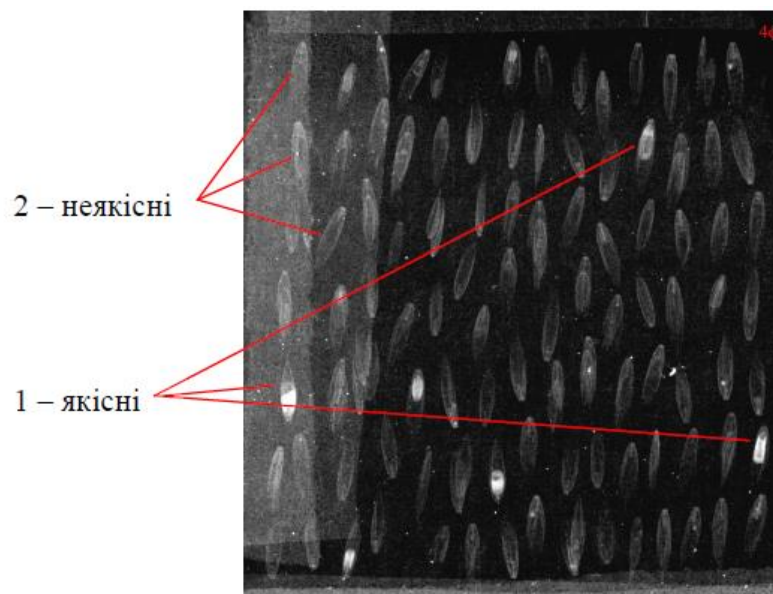


Рисунок 3.6 – Рентгеноскопія райграсу пасовищного фракції Ф1

Кількість якісного насіння у фракції Ф3 не перевищує 5%, підтверджує рентгеноскопія фракції зразка.

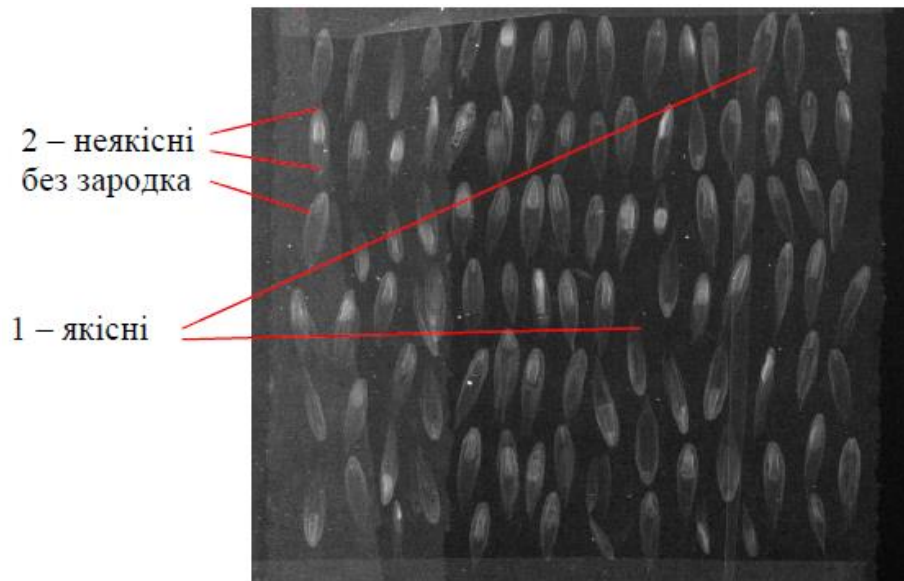


Рисунок 3.7 – Рентгеноскопія райграсу пасовищного фракції Ф3

За даними наведеними на рис. 3.5...3.7, встановлено, що основна маса якісного насіння 97...99% потрапила у фракцію Ф2. Неякісні насінини без зародка потрапили у фракцію Ф3 та Ф1.

Отримані дані підтверджують результати теоретичної моделі процесу пневмоелектросепарування.

Висновки по розділу

В даному розділі запропонований пневматичний сепаратор для додаткового очищення дрібнонасінневих сумішей, в якому реалізована сепарувальна дія вертикального напрямленого знизу вверх повітряного потоку та додаткова силова дія – електростатичне поле, уможливорює відділення з насінневої суміші важковідділюваних домішок бур'янів і насінин без зародків за сукупністю фізико-механічних та електричних властивостей.

Результативність післязбиральної обробки насінневого матеріалу трав підвищується пневмоелектросепаруванням на удосконаленому сепараторі К–293, в якому у вертикальному повітряному каналі, як додатковий робочий орган, використовується електростатичне поле.

РОЗДІЛ 4.

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Організація умов та заходів з охорони праці на виробництві

Організація охорони праці на виробництві покладається на роботодавця. Він зобов'язаний створити на робочому місці в кожному структурному підрозділі умови праці відповідно до нормативно-правових актів, а також забезпечити додержання вимог законодавства щодо прав працівників у галузі охорони праці.

З цією метою відповідно до ст.13 Закону України «Про охорону праці» №2694-ХІІ від 14.10.1992 року із послідуєчими змінами(далі – Закон №2694) роботодавець забезпечує функціонування системи управління охороною праці, серед яких [12]:

- створює відповідні служби і призначає посадових осіб, відповідальних за вирішення конкретних питань охорони праці, затверджує інструкції про їх обов'язки, права та відповідальність за виконання покладених на них функцій, а також контролює їх додержання;

- розробляє за участю сторін колективного договору і реалізує комплексні заходи для досягнення встановлених нормативів та підвищення існуючого рівня охорони праці;

- забезпечує виконання необхідних профілактичних заходів відповідно до обставин, що змінюються; організовує проведення аудиту охорони праці, лабораторних досліджень умов праці, оцінку технічного стану виробничого обладнання та устаткування, атестацій робочих місць на відповідність нормативно-правовим актам з охорони праці в порядку і строки, що передбачені законодавством, та за їх підсумками вживає заходів щодо усунення небезпечних і шкідливих для здоров'я виробничих факторів;

- розробляє і затверджує положення, інструкції, інші акти з охорони праці, що діють у межах підприємства, та встановлюють правила виконання робіт і поведінки працівників на території підприємства, у виробничих

приміщеннях, на будівельних майданчиках, робочих місцях відповідно до нормативно-правових актів з охорони праці, безоплатно забезпечує працівників нормативно-правовими актами та актами підприємства з охорони праці;

- здійснює контроль за дотриманням працівником технологічних процесів, правил поведінки з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, використанням засобів колективного та індивідуального захисту, виконанням робіт відповідно до вимог з охорони праці;

- організовує пропаганду безпечних методів праці та співробітництво з працівниками у галузі охорони праці;

- вживає термінових заходів для допомоги потерпілим, залучає за необхідності професійні аварійно-рятувальні формування у разі виникнення на підприємстві аварій та нещасних випадків.

Роботодавець несе безпосередню відповідальність за порушення зазначених вимог.

Запорукою попередження більшості аварій і нещасних випадків на виробництві, а також збереження життя, здоров'я і працездатності працівників є чітке виконання ними своїх обов'язків щодо дотримання вимог охорони праці.

Відповідно до ст. 14 Закону №2694 працівник зобов'язаний:

- дбати про особисту безпеку і здоров'я, а також про безпеку і здоров'я оточуючих людей в процесі виконання будь-яких робіт чи під час перебування на території підприємства;

- знати і дотримуватися вимог нормативно-правових актів з охорони праці, правил поведінки з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, користуватися засобами колективного та індивідуального захисту;

- проходити у встановленому законодавством порядку попередні та періодичні медичні огляди.

За порушення законів та інших нормативно-правових актів про охорону праці, створення перешкод у діяльності посадових осіб органів державного

нагляду за охороною праці, а також представників профспілок, їх організацій та об'єднань винні особи притягаються до дисциплінарної, адміністративної, матеріальної, кримінальної відповідальності згідно із законом.

4.2. Моделювання виробничих небезпек при роботі із сепаратором

Метод логічного моделювання потенційних аварій і травм надає можливість розробити досконалу систему управління безпекою життєдіяльності на виробництві, яка базується на оперативному пошуку виробничих небезпек, їх поглибленому логічному аналізі і терміновому прийнятті заходів для усунення потенційних небезпек ще до виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій.

Аналіз побудованої логічної моделі технологічного процесу дозволяє знайти первинну подію, з якої починається утворення небезпечної ситуації. Крім того, логічні моделі дають можливість виявити причетність окремих осіб до виникнення небажаних подій, а також ступінь вини самого потерпілого. Метод є більш наглядним для процесу не тільки навчання, але і виховання в молоді стереотипу безпечної поведінки.

Під час побудови логічних моделей використовують сукупність небезпечних подій, пов'язаних між собою причинно-наслідковими зв'язками, які у процесі діяльності можуть призвести до виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій. Головним елементом логічної моделі є поняття про небезпечну ситуацію (НС) – тобто випадкове явище, що передуює виникненню травм, аварій, катастроф [18]. Для повного розкриття змісту і аналізу поняття НС використовують її складові компоненти, такі як, небезпечна умова (НУ) – умова, за якої існує навіть малоімовірна можливість впливу на людину небезпечного чинника, що може призвести до реальної загрози виникнення аварії або травми. Це сукупність небезпечних виробничих чинників, недоліки технологічних процесів та обладнання, низький рівень організації виробництва тощо.

При роботі із сепаратором логіко-імітаційна модель буде мати вигляд:

$$H_{Y1} - H_{Y2} - H_{Y3} - \dots - H_C - (A;T)$$

Як бачимо, що в нашому випадку небезпечна умова може викликати наступну небезпеку і в результаті неправильного використання приладу може бути травмування працівника.

Використовуючи побудову моделей впливу небезпечних та шкідливих виробничих чинників на соціальні та професійні гурти людей, можна розробити досконалу превентивну систему, що базується на оперативному пошуку виробничих небезпек, їх поглибленому логічному аналізі й терміновому прийнятті заходів для усунення потенційних небезпек ще до виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій.

Висновки по розділу

Таким чином, в розділі охорони праці нами визначені умови та заходи з охорони праці на виробництві та наведено логічну модель виникнення виробничих небезпек при роботі із сепаратором.

Визначено, що використовуючи побудову моделей впливу небезпечних та шкідливих виробничих чинників на працівників, можна уникнути потенційних небезпек ще до виникнення травмонебезпечних та аварійних ситуацій.

РОЗДІЛ 5.

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПНЕВМОЕЛЕКТРОСЕПАРУВАННЯ

Економічна ефективність виробництва насіння сільськогосподарських культур в значній мірі визначається засміченістю його бур'янами і посівними якостями. Тому для підготовки насіннєвого матеріалу необхідно використовувати машини, які дозволяють проводити не тільки очищення насіння від домішок, але й підвищують його посівні та урожайні якості. Очікувана економічна ефективність використання сепаратора можлива при збільшенні виходу насіння високого класу.

Для порівняння економічної ефективності роботи сепаратора базовими є показники якості насіння, яке пройшло обробку за існуючою технологією. Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності ґрунтуються на результатах контролю якості обробленого насіння. Згідно ДСТУ 7160:2010 «Насіння овочевих, баштанних, кормових і пряно-ароматичних культур. Сортів та посівні якості. Технічні умови» схожість насіння багаторічних трав 1-3 репродукції повинна бути не нижча 80 %.

При додатковій обробці насіння на сепараторі можливо з насіннєвої суміші відібрати до 70% насіння, яке має схожість понад 95%, що відповідає вимогам стандарту для елітного насіння багаторічних злакових трав, або до 40% насіння, зі схожістю понад 90%, що відповідає показникам насіння супереліти.

Закупівельна ціна насіння багаторічних злакових трав (ціни 2022 року) складає:

Насіння еліти: $C_{не} = 28000 \dots 35000$ грн/т;

Насіння супереліти: $C_{нс} = 40000 \dots 50000$ грн/т;

Насіння 1-3 репродукції: $C_{н1-3} = 12000 \dots 17000$ грн/т.

На сьогодні сільськогосподарські товаровиробники, за наявних засобів обробки насіння, отримують із вирощеного райграсу пасовищного насіння 1-3 репродукції. Додаткова обробка насіння на пневмоелектричному сепараторі

дозволяє довести насіннєвий матеріал до вимог еліти і супереліти, а вартість його зросте відповідно на 60% і 70%.

Для розрахунку економічної ефективності сепаратора приймаємо, що для забезпечення посіву 100 га багаторічних трав необхідно 400...600 кг насіння високої якості. Для отримання такої кількості насіння відповідної якості через сепаратор із продуктивністю $Q = 3 \text{ кг/год}$ необхідно пропустити наступну кількість вихідного матеріалу K_m :

$$K_m = \frac{H_6 \cdot S}{\lambda}, \text{ кг} \quad (5.1)$$

де H_6 – норма висіву, кг/га; S – площа сівби, га; λ – вихід класового насіння, %.

Для сепарації елітного насіння: $K_{me} = (6 \cdot 100) / 0,7 = 857,14 \text{ кг}$.

Для сепарації суперелітного насіння: $K_{msuper} = (6 \cdot 100) / 0,4 = 1500 \text{ кг}$.

Орієнтовна вартість сепаратора складає $B_c = 15000$ грн. Сепарація насіння здійснюється в одну зміну (8 годин). Установку обслуговує один оператор 5 розряду.

Розрахунок економічної ефективності сепарування насіння багаторічних трав.

Загальну кількість годин роботи сепаратора протягом року визначено за формулою:

$$n_p = \frac{K_m}{Q}, \text{ год.} \quad (5.2)$$

Для елітного насіння: $n_{pe} = 857,14 / 3 = 285,7 \text{ год}$.

Для суперелітного насіння: $n_{psuper} = 1500 / 3 = 500 \text{ год}$.

Необхідна кількість змін для сепарування визначається за формулою:

$$n_z = \frac{n_p}{8}. \quad (5.3)$$

Для елітного насіння: $n_{ze} = 285,7 / 8 = 35,7 \text{ зм}$. Приймаємо 36 змін.

Для суперелітного насіння: $n_{ze} = 500 / 8 = 62,5 \text{ зм}$. Приймаємо 63 зміни.

Визначимо затрати на сепарування 1 кг насіння райграсу:

- заробітна плата:

$$Z_{nl} = \frac{n_z \cdot C_T}{K_m}, \text{ грн./кг} \quad (5.4)$$

де C_T – тарифна ставка оператора, ($C_T = 5,5$ грн./год.).

Для елітного насіння: $Z_{nle} = (36 \cdot 5,5) / 857,14 = 0,23$ грн./кг

Для суперелітного насіння: $Z_{nлспер} = (63 \cdot 5,5) / 1500 = 0,23$ грн./кг

- амортизаційні відрахування:

$$A_v = \frac{0,12 \cdot B_c}{K_m}, \text{ грн./кг} \quad (5.5)$$

Для елітного насіння: $A_{ve} = 0,12 \cdot 15000 / 857,14 = 2,1$ грн./кг

Для суперелітного насіння: $A_{всупер} = 0,12 \cdot 15000 / 1500 = 1,2$ грн./кг

- відрахування на технічне обслуговування і поточний ремонт сепаратора:

$$TO_c = \frac{0,09 \cdot B_c}{K_m}, \text{ грн./кг} \quad (5.6)$$

Для елітного насіння: $TO_{ce} = 0,09 \cdot 15000 / 857,14 = 1,57$ грн./кг

Для суперелітного насіння: $TO_{ссупер} = 0,09 \cdot 15000 / 1500 = 0,9$ грн./кг

- затрати на електроенергію:

$$Z_{en} = \frac{k_{el} \cdot P}{Q}, \text{ грн./кг} \quad (5.7)$$

де k_{el} – вартість 1 кВт/год, ($k_{el} = 2,64$ грн.).

P – потужність сепаратора, ($P = 0,4$ кВт/год.).

$$Z_{en} = 2,64 \cdot 0,4 / 2 = 0,528 \text{ грн./кг}$$

Сумарні затрати в гривнях на сепарування 1 кг насіння:

$$\sum Z = Z_{nl} + A_v + TO_c + Z_{en}, \text{ грн./кг} \quad (5.8)$$

Для елітного насіння: $\sum Z_e = 0,23 + 2,1 + 1,57 + 0,528 = 4,2$ грн./кг

Для суперелітного насіння: $\sum Z_{супер} = 0,23 + 2,1 + 0,9 + 0,528 = 3,7$ грн./кг

Затрати на отримання 1 кг кондиційного насіння:

$$Z_{кон} = \frac{\sum Z}{\lambda} \quad (5.9)$$

Для елітного насіння: $Z_{кон.e} = 4,2 / 0,7 = 6$ грн./кг

Для суперелітного насіння: $Z_{кон.супер} = 3,7 / 0,4 = 9,25$ грн./кг

Очікуваний річний економічний ефект визначаємо за формулою:

$$E_o = K_m \cdot (\Pi_{ni} - \Pi_{n1-3}) - K_m \cdot Z_n, \text{ грн.} \quad (5.10)$$

Для елітного насіння: $E_{oe} = 857,14(35-17)-857,14 \cdot 6 = 10285,7$ грн.

Для суперелітного насіння: $E_{осупер} = 1500(50-17)-1500 \cdot 6,55 = 39675$ грн.

Ефект, від обробки 1 кг насіння визначаємо:

$$E_{об} = \frac{E_o}{K_m} \quad (5.11)$$

Для елітного насіння: $E_{об.е} = 10285,7/857,14 = 12$ грн./кг

Для суперелітного насіння: $E_{об.супер.е} = 39675/1500 = 26,45$ грн./кг

Термін окупності сепаратора складає:

$$T_o = \frac{B_c}{E_o} \quad (5.12)$$

Для елітного насіння: $T_{oe} = 15000/10285,7 = 1,45$ роки

Для суперелітного насіння: $T_{осупер} = 15000/39675 = 0,38$ роки

Висновки по розділу

Таким чином, економічний ефект від використання удосконаленого пневмоелектросепаратора в технології підготовки насіння злакових багаторічних кормових трав становить 12 грн./кг при виході елітного насіння і 26,45 грн./кг для суперелітного насіння.

Річний економічний ефект від використання пневмоелектросепаратора становитиме для елітного насіння 10285,7 грн., а для суперелітного – 39675 грн.

Термін окупності пневмоелектросепаратора становитиме для елітного насіння 1,45 роки, для суперелітного – 0,38 роки.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В дипломній роботі виконано теоретичне узагальнення й подано новий розв'язок актуальної науково-практичної задачі з обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів та режимів пневмоелектросепарування дрібнонасінневих сумішей. Під час виконання роботи одержано такі загальні висновки:

1) одним із перспективних шляхів підвищення якості посівного матеріалу є використання пневмоелектросепараторів з обґрунтованою конструктивно-технологічною схемою та режимами обробки.

2) одним із найважливіших показників, від якого залежить ефективність сепарування в пневматичному каналі, є площа міделевого перерізу насінини, який сприймає дію повітряного потоку. Оскільки насінини культури і бур'яну відносяться до окремих біологічних видів, їх електричні властивості відрізнятимуться, через що по-різному взаємодіятимуть з електричним полем, орієнтуючись під різними кутами в каналі сепаратора. За таких умов компоненти сепарувальних сумішей вибірково сприйматимуть силу повітряного потоку, що свідчить про можливість їх розділення.

3) встановлено, що на траєкторії переміщення сепарувальних частинок суттєво впливають регульовані параметри пневмоелектросепарування: швидкість повітряного потоку V_n у каналі, сила електростатичного поля F_e . Аналіз отриманих траєкторій руху виявив, що ефективне відділення домішок бур'янів від основної культури забезпечується за таких значень регульованих параметрів: $V_n = 5$ м/с та $F_e = 2 \dots 3 \cdot 10^{-6}$ Н.

4) визначено геометричні розміри робочої частини пневмоелектричного каналу, за яких досягається ефективне розділення компонентів дрібнонасінневої суміші: ширина каналу $B = 0,06$ м; його довжина $L = 0,9$ м; відстань від основи каналу до місця подачі вихідної суміші $L_1 = 0,45$ м.

5) результативність післязбиральної обробки насінневого матеріалу трав підвищується пневмоелектросепаруванням на удосконаленому сепараторі К–

293, в якому у вертикальному повітряному каналі, як додатковий робочий орган, використовується електростатичне поле.

6) річний економічний ефект від використання пневмоелектросепаратора становитиме для елітного насіння 10285,7 грн., а для суперелітного – 39675 грн. Термін окупності пневмоелектросепаратора становитиме для елітного насіння 1,45 роки, для суперелітного – 0,38 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бакум М.В., Ольшанський В.П., Крекот М.М. Дослідження руху часток в квазігоризонтальному каналі пневматичних сепараторів. Технічні системи і технології тваринництва : Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2009. Вип. 132. С. 7.
2. Басов А.М., Каменир Э.А., Файн Б.В. Вопросы дозирования при стимулировании семян физическими воздействиями. Вестник, сельскохозяйственной науки. 1981. № 6. С. 109 –116.
3. Басов А.М., Агрономова В.А. Анализ движения зерна в электростатическом поле. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1966. № 5. С. 37–39.
4. Боженко А.І. Сучасні технології виробництва насіння багаторічних трав. Посібник українського хлібороба. 2012. С. 156–161.
5. Белевцов Д.Н., Шурупов В.Г. Прогрессивный прием повышения урожайных свойств семян подсолнечника. Достижения науки и техники. 1997. №1. С. 20–21.
6. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку : навч. посіб. для студ. ВНЗ / за ред. Д.Г. Войтюка. Суми : Університетська книга, 2008. 543 с.
7. Дринча В. М. Проблеми технологій післязбиральної обробки насіння трав. Проблеми агропромислового комплексу Карпат : Міжнар. темат. зб. Вип. 2. 1993. С. 208–213.
8. Дідур В.А., Чебанов А.Б. Оптимізація параметрів пневмосепаратора для сепарації рушанки рецини. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь, 2010. Вип. 10, т.8. С. 70–77.
9. Єрмак В.П. Обґрунтування способу сепарування соняшника у повітряних потоках // автореф. дис. на здобуття наукового ступеня канд. техн. наук. / В.П. Єрмак. Луганськ, 2003. 21 с.

10. Єрмак В.П., Богданов Є.В., Ільченко А.А. Дослідження раціональної швидкості повітряного потоку на поверхні робочого органу аеродинамічного сепаратора. Сучасні проблеми вдосконалення технічних систем і технологій тваринництва: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. 2011. Вип. 108. Харків: ХНТУСГ ім. Петра Василенка. С. 108–111.

11. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин. Очистка і сортування насіння. 2006. Т.3. Харків : Око. 408 с.

12. Закон України «Про охорону праці» №2694-ХІІ від 14.10.1992.

13. Калинин И.Л. Влияние низкочастотного и высокочастотного электромагнитного поля на семена. Биофизика. 2005. Том 50, вып. 2. С. 361–366.

14. Ковалишин С.Й., Швець О.П. Віброелектрофрикційний сепаратор насіння. Вчені Львівського національного аграрного університету виробництва : каталог наукових розробок. 2008. Вип. 8. Львів, 2008. С. 134–136.

15. Ковалишин С.Й., Паранюк В.О., Дадак В.О., Соколюк В.В. Оцінка та виявлення нових ознак подільності дрібнонасінневих сумішей сільськогосподарських культур. Motrol: Motorization and power industry in agriculture. Lublin: Commision of motorization and power industry in agriculture. Vol. 14D. 2012. P. 95–103.

16. Рибарук В.Я., Ріпка І.І. Сільськогосподарські машини. Практикум розрахунку і досліджень робочих процесів. Львів, 1998. 263 с.

17. Паранюк В.О., Ковалишин С.Й., Мельничук В.І. Фізичні основи технології сепарування насіння сільськогосподарських культур. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Зб. наук. пр.. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. 2007. Вип. 10 (24), К.1. Дослідницьке. С. 77–86.

18. Прокопенко Е.В., Лісовий І.О., Лісова Т.С. Моделювання виробничих небезпек та зменшення їх шкідливого впливу під час проведення механізованих робіт. Зб. наук. праць УНУС. Умань, 2015. С. 79–86.

19. Том'юк В.В. Визначення коефіцієнта та кута зовнішнього тертя насіння ріпаку. Вісник Львівського національного аграрного університету : агроінженерні дослідження. 2008. № 12, т.2. С. 598–602.

20. Тарушкин В.И. Совершенствование процесса сепарации семян. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1987, С. 36–41.

21. Швець О.П. Обґрунтування параметрів та режимів роботи сепаратора насіння озимого ріпаку. автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук. / О.П. Швець. Львів. 2012. 20 с.

22. Швець О.П. Підвищення посівних якостей насіння озимого ріпаку шляхом його сепарування на електрофрикційному сепараторі. Актуальні проблеми та наукові звершення молоді на початку третього тисячоліття : Матеріали тез I Всеукр. наук. конф. студ., магістрантів, аспірантів та докторантів. 12-14 листопада 2008 р. / за ред. проф. В.Г. Ткаченка. Ч.1. Луганськ : Елтон-2, 2008. С. 199–200.

23. Шмигель В.В. Ориентация семян в электрическом поле. Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1978. С. 37–38.