

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
Механіко-технологічний факультет

УДК 631.3:631.544.7:633.854.79

НОГОДЖЕНО
Декан механіко-технологічного
факультету

Братішко В.В.
« » 2021 р.

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
сільськогосподарських машин та
системотехніки ім. акад.

П. М. Василенка

Гуменюк Ю.О.
« » 2021 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на тему: «ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ І СОРТУВАННЯ
ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ АЕРОДИНАМІЧНИМИ СЕПАРАТОРАМИ»

Спеціальність: 208 Агроінженерія
Освітня програма: Агроінженерія

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Гарант освітньої програми:
Доктор технічних наук, с.н.с В.В. Братішко

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи
к.т.н., доцент Мартишко В.М.
Виконав Доценко М.І.

НУБІП України

- Способи очистки і сортування зернових сумішей
- Агротехнічні вимоги до процесу очистки і сортування зернових сумішей аеродинамічними машинами

НУБІП України

- Конструкції машин очистки і сортування зернових сумішей

4. Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Стан питання, мета і задачі досліджень

НУБІП України

2. Аналіз наукових досліджень процесу очистки і сортування зернових сумішей

3. Теоретичні і експериментальні дослідження процесу сортування зернових сумішей аеродинамічними сепараторами

НУБІП України

4. Розроблення методики розрахунку та обґрунтування основних параметрів аеродинамічного сепаратора

5. Експериментальні дослідження

Дата видачі завдання “ 10 ” лютого 2021 р.

НУБІП України

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Мартишко В.М.

Завдання прийняв до виконання

_____ Доценко М.І.

НУБІП України

НУБІП України

РЕФЕРАТ

НУБІП України

Тема магістерської: " Дослідження процесу очищення і сортування зернових сумішей аеродинамічними сепараторами " .

Керівник роботи: Мартишко Віктор Миколайович.

НУБІП України

Виконавець проекту: Доценко Михайло Ігорович

Магістерська робота складається зі вступу, п'яти розділів, загальних висновків, викладена на _ сторінках машинописного тексту, списку

використаних джерел з 19 назв, із них 8 - посилань, та додатків.

НУБІП України

Ключові слова: зернові суміші. насіння. очистка. сортування. аеродинамічні властивості. швидкість повітря. аеродинамічні сепаратори. продуктивність. якість роботи, бізнес-план

У вступі обгрунтовано актуальність теми, сформульовано мету, об'єкт, предмет і завдання досліджень, які вирішуються в роботі.

НУБІП України

Проаналізовано способи післязбирального обробітку зерна, технічні засоби для його і якісні показники роботи машин.

Обгрунтовано технологічний процес та конструктивну схему аеродинамічного сепаратора зернових сумішей.

НУБІП України

Виконані теоретичні дослідження пневматичного сепарування насіння.

Проведені експериментальні дослідження аеродинамічних властивостей зернових культур і характерних домішок. Проведена якісна оцінка роботи аеродинамічного сепаратора.

НУБІП України

Проведено попередній економічний розрахунок застосування аеродинамічного сепаратора.

Ключові слова: ЗЕРНОВІ СУМІШІ. НАСІННЯ. ОЧИСТКА. СОРТУВАННЯ. АЕРОДИНАМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ. ШВИДКІСТЬ ПОВІТРЯ. АЕРОДИНАМІЧНІ СЕПАРАТОРИ. ПРОДУКТИВНІСТЬ. ЯКІСТЬ РОБОТИ. БІЗНЕС-ПЛАН.

НУБІП України

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1. СУЧАСНИЙ СТАН ОЧИСТКИ І СОРТУВАННЯ ЗЕРНОВИХ.....	9
1.1. Завдання підготовки посівного матеріалу	9
1.2. Огляд існуючих технологій і технічних засобів пневмосепарування насіньових сумішей.....	13
1.3. Сучасні зерноочисні машини.....	18
1.4. Напрямки підвищення ефективності роботи зернових пневмосепараторів.....	25
2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПНЕВМАТИЧНОГО СЕПАРУВАННЯ НАСІННЯ.....	32
2.1. Теоретичні основи сортування насіння.....	32
2.2. Аналіз результатів теоретичних досліджень процесу аеродинамічного сепарування.....	38
2.3. Обґрунтування удосконаленої схеми аеродинамічного сепаратора.....	46
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	50
3.1. Програма експериментальних досліджень.....	50
3.2. Методика визначення посівних якостей насіння.....	
3.3. Методика визначення фізико-механічних властивостей компонентів зернових сумішей.....	
3.3.1. Визначення геометричних параметрів насіння.....	
3.3.2. Дослідження розділення зернової суміші на решеті.....	
3.3.3. Визначення оптимальної швидкості повітряного потоку в каналі пневмоколонки.....	
3.3.4. Визначення оптимальної швидкості повітряного потоку в каналі аеродинамічного сепаратора.....	
3.3.5. Визначення фізико-механічних властивостей зернового матеріалу.....	
3.4. Результати досліджень.....	
3.4.1. Геометричні розміри насіння досліджуваних культур.....	4
3.4.2. Вимірювання швидкості повітряного потоку в каналі.....	

аеродинамічного сепаратора.....	70
3.4.3 Результати визначення аеродинамічних властивостей.....	72
4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗРОБКИ.....	74
ВИСНОВКИ.....	95
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	96

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП УКРАЇНИ

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 зернових, бобових і олійних культур.

НУБІП УКРАЇНИ

Існуючі технічні засоби не забезпечують їх якісної очистки від багатьох домішок бур'янів, особливо тих які важко відокремити, а також відділення від основної маси неповноцінних (без зародків) мертвих насінин культури. Основною

НУБІП УКРАЇНИ

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.

НУБІП УКРАЇНИ

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,

НУБІП УКРАЇНИ

як теоретичних досліджень, так і їх експериментального підтвердження. Саме з огляду на це, розглянуті в магістерській роботі питання є актуальними і потребують свого ефективного вирішення.

Мета роботи. Підвищення технологічної та енергетичної ефективності

НУБІП УКРАЇНИ

процесу розділення насіння зернових і олійних культур шляхом удосконалення нової конструкції аеродинамічного сепаратора і обґрунтування його конструкційно-технологічних параметрів.

Задачі досліджень. Відповідно до поставленої мети визначено такі задачі

дослідження:

НУБІП УКРАЇНИ

– вдосконалити технологічний процес пневмосепарації, який забезпечував би якісне розділення насіння соняшника за аеродинамічними властивостями в базовій частині аеродинамічного сепаратора;

– виконати теоретичні дослідження руху насіння у похилому каналі, які відрізняються фізичними властивостями;
– дослідити рух насіння до опорної поверхні дозуючого пристрою накопичувального бункера та обґрунтувати вибір його форми та параметрів;

– виконати експериментальні дослідження процесів розділення насіння соняшника в вертикальному каналі та визначити вплив конструкційних і режимних параметрів сепаратора на ефективність розділення;
– розробити технологічну схему нового аеродинамічного сепаратора та

обґрунтувати його конструкційно-технологічні параметри;

Об'єкт досліджень – процес сепарації насіння зернових і олійних культур в похилому повітряному каналі аеродинамічного сепаратора.

Предмет досліджень – закономірності впливу конструкційно-технологічних параметрів аеродинамічного сепаратора на ефективність процесу сепарації.

Методика досліджень. Теоретичні дослідження виконувалися з використанням основних положень, законів і методів класичної механіки, математики і аналітичної геометрії. Експериментальні дослідження проводилися в польових умовах на основі загальноприйнятих методик відповідних методик.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України
1. СУЧАСНИЙ СТАН ОЧИСТКИ І СОРТУВАННЯ ЗЕРНОВИХ СУМІШЕЙ.

1.1. Завдання підготовки посівного матеріалу.

Характеристика насінневих сумішей

Насіння і насінневий матеріал різних ботаничних родин і видів рослин розрізняють за розмірами, формою, забарвленням, характером поверхні, масою 1000 шт. (рис. 1.1) [2].



Рисунок 1.1 Насінневий матеріал: 1 – горох; 2 – цибуля; 3 – салат-латук; 4 – кукурудза цукрова; 5 – столовий буряк; 6 – капуста; 7 – редис; 8 – ріпа; 9 – диня; 10 – огірок; 11 – кавун; 12 – гарбуз; 13 – помідор; 14 – перець; 15 – баклажан; 16 – морква; 17 – петрушка; 18 – пастернак; 19 – кріп; 20 – селера; 21 – ревінь; 22 – шавель; 23 – салатендивій; 24 – артишок; 25 – спаржа; 26 – райграс; 27 – костриця; 28 – ріпак; 29 – конюшина; 30 – тимофіївка лучна.

Маса 1000 насінин є одним із найважливіших показників, який використовують як ознаку подільності, для розрахунку норм висіву сільськогосподарських культур тощо. За ним насіння рослин поділяють на окремі вагові групи. Якщо маса 1000 шт. насінин є меншою за 5 грам, то їх відносять до групи дрібнонасінневих (табл. 1.1).

Вирощуванням насіння овочевих, технічних культур та багаторічних трав у нашій країні займаються спеціалізовані господарства. Їхнім завданням є сушіння, первинне, вторинне та додаткове очищення. Ці заходи спрямовані на видалення із

сепарувального матеріалу великих і легких незернових домішок і низки насіння бур'янів.

Після комбайнування дрібнонасіньових культур ворох являє собою сильно засмічену суміш насіння основної культури й бур'янистих рослин, а також соломистих та інших домішок. Чистота його становить 60...65 % і менше [37].

Наведені аргументи свідчать, що отримання високоякісного насінневого матеріалу дрібнонасіньових культур пов'язано з певними труднощами [26, 55, 57].

Насамперед це пов'язано з тим, що багато видів насінин бур'янів, які засмічують цей матеріал, відносяться до важковідділюваних домішок. Вони за основними геометричними розмірами [55, 59], аеродинамічними властивостями [33, 34, 35], станом поверхні несуттєво відрізняються від насінин культури. Це засвідчує про значні труднощі, а в багатьох випадках і про неможливість їх розділення на існуючих насіннеочисних машинах.

Аналіз даних світлин свідчить, що насінини багаторічних злакових трав за зовнішніми ознаками дуже схожі з насіннями важковідділюваних засмічувачів. Всі вони темно-жовтого кольору, у формі витягнутого еліпсоїда, закриті короткими шороховатими волосками. Тільки насінини пирію повзучого мають характерну відмінність – наявність на вершині вигнутого остюка. Про суттєву подібність

досліджуваних насінин свідчать результати з визначення їх основних фізико-механічних властивостей [24, 29, 94, 96].

Підтверджують наведені аргументи представлені на рис. 1.3 світлини поверхонь злакових багаторічних трав та їх важковідділюваних домішок.



Рисунок 1.2. Насінини злаків та їх важковідділюваних бур'янів

1 – райграс пасовищний, 2 – костриця очеретяна (злакові трави); 3 – медунка, 4 – пирій повзучий (бур'яни).

Наведені аргументи вказують на неможливість отримання з використанням існуючих насіннеочисних машин високоякісного посівного матеріалу дрібнонасінневих культур; значні втрати в процесі післязбиральної обробки основної культури, необхідність багаторазового пропуску партій насіння через робочі органи тощо [7].

Отриманий в результаті проведення всього комплексу заходів, передбачених післязбиральною підготовкою, насінневий матеріал повинен відповідати вимогам існуючих нормативних документів [6].

В 2010 році був прийнятий новий стандарт на насіння ДСТУ 7160:2010 «Насіння овочевих, баштанних, кормових і пряно-ароматичних культур.

Сортові та посівні якості. Технічні умови», який прийшов на зміну ДСТУ 2240-93 «Насіння сільськогосподарських культур. Сортові та посівні якості. Технічні умови». Він повністю узгоджується з міжнародними вимогами, які ратифікувала Верховна Рада України 22 грудня 2010 року, прийнявши Закон України «Про ратифікацію Конституції Міжнародної асоціації з контролю за якістю насіння (ICQA)».

В 2009 році Україна приєдналась до Організації економічної співпраці і розвитку (ОЕСР), регламентуючої порядок сортової сертифікації насіння.

Схеми сортової сертифікації насіння – це перелік заходів, методів і операцій, за допомогою яких проводиться моніторинг якості насіння в процесі розмноження і які гарантують збереження сортової ідентичності і чистоти. Розроблено 7 схем ОЕСР для злакових трав, бобових, олійних, прядильних, зернових, цукрових і кормових буряків, кукурудзи, сорго і овочевих культур. Відповідно до вищенаведених схем отримані партії насіння поділяються на три категорії:

- добазова (в первинному насінництві);
- базова (оригінальне і елітне насіння);
- сертифіковане насіння (першої-третьої репродукції).

Для двох останніх категорій стандартом [69] встановлено вміст в ньому насіння бур'янів, допустимий вміст яких наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1. Вимоги до посівних якостей насіння.

Культура	*	Вміст насіння				%	%
		основної культури, %	інших видів, %	всього, %	бур'янів, бур'янів, шт/кг		
		3	4	5	6	7	8
Грястиця збірна	ОН	97	0,3	0,3	100	75	15
	ЕН	95	0,5	0,5	200	75	15
	РН-1-3	95	-	0,7	300	65	15
	РН-н	90	-	1	300	60	15
Костриця лучна	ОН	97	0,3	0,3	100	85	15
	ЕН	95	0,5	0,5	200	80	15
	РН-1-3	95	-	0,7	300	75	15
Костриця очеретяна	РН-н	90	-	1	300	70	15
	ОН	97	0,3	0,3	100	75	15
	ЕН	95	0,5	0,5	200	70	15
	РН-1-3	95	-	0,7	300	65	15
Канарник очеретяний	РН-н	90	-	1	300	60	15
	ОН	97	0,3	0,3	120	80	15
	ЕН	95	0,5	0,4	240	75	15
	РН-1-3	95	-	0,6	280	65	15
Райграс багатоукісний	РН-н	90	-	1	320	50	15
	ОН	97	0,3	0,3	100	85	15
	ЕН	95	0,5	0,4	250	80	15
	РН-1-3	95	-	0,6	300	75	15
	РН-н	90	-	1	300	70	15

* ОН – оригінальне насіння; ЕН – елітне насіння; РН – 1-3 насіння першої, другої, третьої репродукції; РН-н – насіння наступних репродукцій.

Для більшості сільськогосподарських культур вміст насіння бур'янів у посівному матеріалі обмежується відсотковим вмістом. Проте з аналізу табл.1.2.

видно, що для дрібнонасіневих сумішей крім відсоткового вмісту насінин бур'янів, який повинен становити 0,2...1 %, стандартом регламентовано ще й їхню кількість в 1 кг посівного матеріалу – від 100 до 400 штук. Це можна пояснити тим, що процес очищення посівного матеріалу дрібнонасіневих сільськогосподарських культур є достатньо складний і не завжди може забезпечити якість насіння відповідно до вимог стандарту.

За таких умов необхідно вирішувати питання доведення до позитивних кондицій дрібнонасіневих сумішей шляхом удосконалення існуючих та розробки нових технологій післязбиральної обробки і технічних засобів для їх реалізації.

1.2. Огляд існуючих технологій і технічних засобів пневмосепарування насінневих сумішей

На даний час в підприємствах, які продукують посівний матеріал дрібнонасіневих 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"

Розділення в них на складові компоненти здійснюється за :

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

За даними [87, 64] 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 [55].

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 нарусності, який характеризує здатність частинки здійснювати опір повітряному потоку [15].

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 [33].

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. 1.4., 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. 1.4., б, в) легкі домішки вороху, який переміщується по решету 2, засмоктуються (рис. 1.4., б) або підхоплюються (рис. 1.4., в) і виносяться в осаджувальну камеру. Важка фракція переміщується по поверхні решета [20].

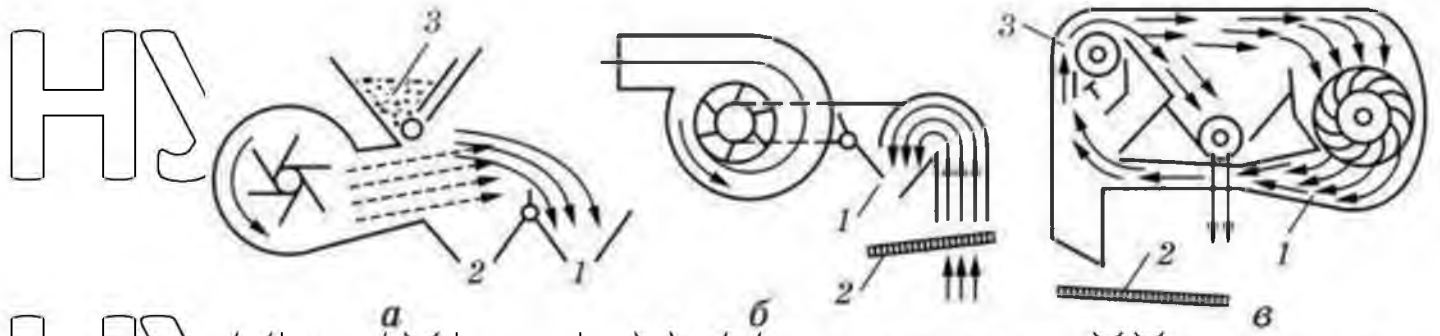


Рисунок 1.4. Розподіл насіння за аеродинамічними властивостями в повітряних потоках :

a – 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.

Розділення насіннєвих сумішей за сукупністю аеродинамічних, вагових властивостей і станом поверхні здійснено у пневматичних сортувальних столах (рис. 1.5).

Відокремлення на ньому насіння з найповнішою фізіологічною зрілістю відбувається за рахунок розміщення в просторі (поздовжнього і поперечного кута нахилу), коливань сітчастої деки і повітряного потоку, створеного вентилятором 5, що спрямований під неї. Шар насіннєвого матеріалу, який

надійшов на деку, продувається повітряним потоком і перебуває на ній у

зваженому «киплячому» стані.

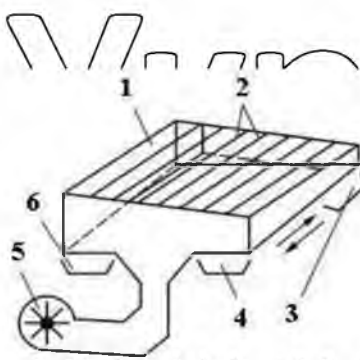


Рисунок 1.5. Пневматичний сортувальний стіл: 1 – сітчасте решето; 2 – рифи деки; 3, 4 і 6 – лотки для насіння легкої, середньої і великої питомої ваги; 5 – вентилятор

Відбувається вертикальне розшарування матеріалу. Легка фракція піднімається вище, а важка знаходиться на сітчастій поверхні деки. Зворотньоколивальний рух сітчастої похилої поверхні деки зумовлює розподіл зернового матеріалу по поверхні стола і він сходить з неї за фракціями [20].

Машина попереднього очищення зернового матеріалу МПО-50.

Складається з приймальної камери і пневмосепарувальної системи. До пневмо-сепарувальної системи входять діаметральний вентилятор, напірний і всмоктувальний канали, камера осідання, шнек домішок і дросельна заслінка.

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 крапцю 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 і далі шнеком 10 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.

В табл. 1.5. подано порівняльну характеристику наведених вище пневмосепараторі, в якій наведено їх основні переваги та недоліки.

Наявні технічні засоби не забезпечують якісного очищення посівного матеріалу дрібнонасіненних 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 утруднює ефективне розділення.

Таблиця 1.4. Переваги та недоліки пневматичних сепараторів.

№	Види пневмо-сепараторів	Переваги	Недоліки
1	Lasti	<ul style="list-style-type: none"> - незначна витрата електроенергії для приводу вентилятора; - простота конструкції; - легкість в експлуатації; - довговічність роботи. 	<ul style="list-style-type: none"> - не може працювати в безперервному режимі; - недостатня якість очищення; - нерівномірний повітряний потік.
2	ПСМК	<ul style="list-style-type: none"> - достатня точність очистки дрібнонасінневих культур завдяки рівномірному повітряному потоку в сепарувальному каналі; - очистка і сортування насіння проходять одночасно; - простота конструкції; - довговічність роботи. 	<ul style="list-style-type: none"> - сепарування тільки за аеродинамічними властивостями; - не може працювати в безперервному режимі.
3	МПО-50	<ul style="list-style-type: none"> - можливість попереднього очищення насіннєвої суміші; - встановлено відбивник для покращення сепарації; - регулювання швидкості повітряного потоку частотою обертання вентилятора; - висока продуктивність 	<ul style="list-style-type: none"> - складність конструкції; - значна металомісткість; - важкість очищення і перелаштування на сепарування іншої культури.

1.3. Сучасні зерноочисні машини.

На світовому ринку техніки представлено широкий спектр зерноочисних машин з різними конструкційно-технологічними рішеннями.

Основне завдання очистки зернового матеріалу полягає у відділенні від потоку вороху всіх домішок та шуплого, битого і пошкодженого зерна основної

культури. За умови якісного очищення підвищуються поживні і смакові властивості продовольчого і фуражного зерна. Очищене насіннє зерно сортують і калібрують для одержання насінного матеріалу, однакового за розмірами (товщиною, шириною і товщиною), вагою або іншими ознаками.

Білоруська компанія «Зерно ВУ Очистка» для попереднього очищення зерна пропонує сепаратор СВН-70 (рис. 1.6).

Під час виконання технологічного процесу зерновий ворох надходить у приймальну камеру, в якій рівномірно розподіляється по ширині сепаратора і подається на решітну систему очищення, яка відділяє від потоку зерна великі домішки: соломку, колоски тощо. Зерновий матеріал, який просипався через сито на піддон, переміщується у канал аспіраційної камери і самопливом у пневмоканал аспірації. Висхідний потік повітря виносить легкі домішки (легке колосся, насіння бур'янів, недоброякісне насіння тощо) в камеру осідання,

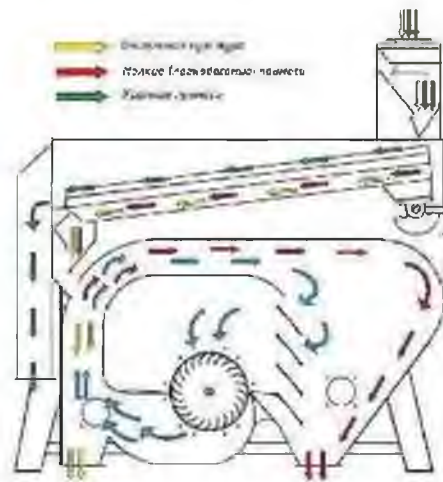


Рис. 1.6. Загальний вигляд (а) та схема технологічного процесу (б) сепаратора попереднього очищення зерна СВН-70

Внизу камери відбувається осідання дрібних домішок, а повітря спрямовується до вентилятора для повторного використання.

Для первинної очистки зерна фірма Kongskilde пропонує барабанні сепаратори зернових культур KDC4000 і KDC8000 (рис. 1.7).

Зерноочисні машини серії KDC обладнані обертовими барабанами, внаслідок чого не виникає вібрація, властива механізмам зі зворотнопоступальним

рухом решіт. Перфоровані барабани виготовлені з листової сталі на обладнанні з комп'ютерним керуванням, що забезпечує високу точність і однорідність отворів. Використання індивідуальних перфорованих металевих решіт для різних зернових культур дозволяє очищати максимально вологе зерно без відчутної втрати потужності сепаратора.



Рис. 1.7. Загальний вигляд (а) та схема технологічного процесу (б) барабанного сепаратора зернових культур.

Під час роботи потік зерна через завантажувальну воронку подається у внутрішній обертовий конусний барабан. На решетах внутрішнього барабана затримуються великі домішки, а продукт очищення, проходячи через перфоровані отвори, потрапляє на робочу решітчасту поверхню зовнішнього барабана. На решетах зовнішнього барабана затримується зерно, а дрібні домішки просіюються і випадають у колектор, розташований у нижній частині сепаратора. На виході з нього зерно надходить в аспіраційну камеру, в якій методом вакууму видаляються легкі домішки.

Пневматичні зернові сепаратори. Для очищення зерна

застосовуються пневматичні, повітряно-ситові, трієрні, відцентрово-вібраційні, барабанні зерноочисні сепаратори.

Український виробник ТОВ «НВП «Аеромех»™ пропонує модельний ряд пневматичних зерноочисних сепараторів САД (рис. 1.8.) продуктивністю від 4 до

150 т/год, які можуть застосовувати під час попереднього та первинного очищення і калібрування зерна.



Рис. 1.8. Пневматичний зерноочисний сепаратор САД

Пневматичні зерносепаратори САД складаються із бункера-живильника, регулятора подачі зерна, віброжолоба, вентилятора високого тиску, струйного генератора, камери сепарації, циклону, жолобів та патрубків-насінепроводів для різних фракцій зерна, бункера повернення, електричної системи з електродвигунами для різних та ящика керування.

Робота сепаратора базується на принципі взаємодії бокового потоку повітря та зерна, яке подається у цей потік повітря (рис. 1.9 б). Зерно 1 подається у бункер-живильник 2, а потім за допомогою регулятора подачі 3 направляється на віброжолоб 4, де відбувається розпушування і вирівнювання потоку зерна по ширині камери сепарації 7.

В камері сепарації проходить розділення зерна за масою внаслідок дії на нього повітряних потоків 8, створених вентилятором високого тиску 5 та утворених струйним генератором 6.

Після сепарування зерно розподіляється по жолобах різних фракцій насіння 10 і направляється у приймальні бункери 11 або фасується у мішки.

Під час виконання високоточного калібрування частина зерна через пристрій зворотних фракцій 12 попадає у бункер повернення 13, з якого подається у бункер-живильник для повторної сепарації. Циклон 9 утворює пил, легкі домішки та мілко дисперсні частини.

Принцип роботи сепаратора — це поділ зерна за вагою із точністю $\pm 3\%$.

Однак якщо частинки зерна, землі або стебел однієї ваги з зерном, то вони будуть в одному лотку з поправкою на парусність. Тому попередня, а іноді й первинна очистка обов'язкова.

Решітні сепаратори. Підприємство ТОВ «НВФ «Аеромех» виготовляє також решітний сепаратор попереднього очищення моделі СПО, призначений для відділення великих домішок. Він може використовуватись як окрема машина або працювати в комплексі з пневматичним зерносепаратором САД.

Сепаратор СПО (рис. 1.9. б) складається із патрубку для відведення великих домішок 1, сепаратора 2, зонта 3, повітропроводу 4, циклона 5, завантажувального бункера 6, рами циклона 7 і рами сепаратора 8 та пристрою для відведення очищеного зерна 9, решітного стану 10, вентилятора пневмосистеми 11. Решітний сепаратор складається із сита з круглими отворами, скребка та щітки.

Принцип роботи решітного сепаратора базується на зворотнопоступальних рухах сита як у горизонтальному, так і у вертикальному напрямках. Для більш рівномірного і стабільного проходу зерна над ситом рухаються скребки, які розподіляють зерно по ширині сита і не дозволяють йому зійти у відходи. Слідом за скребком розташована щітка, яка змитає великі домішки, що не прийшли крізь

сіто.

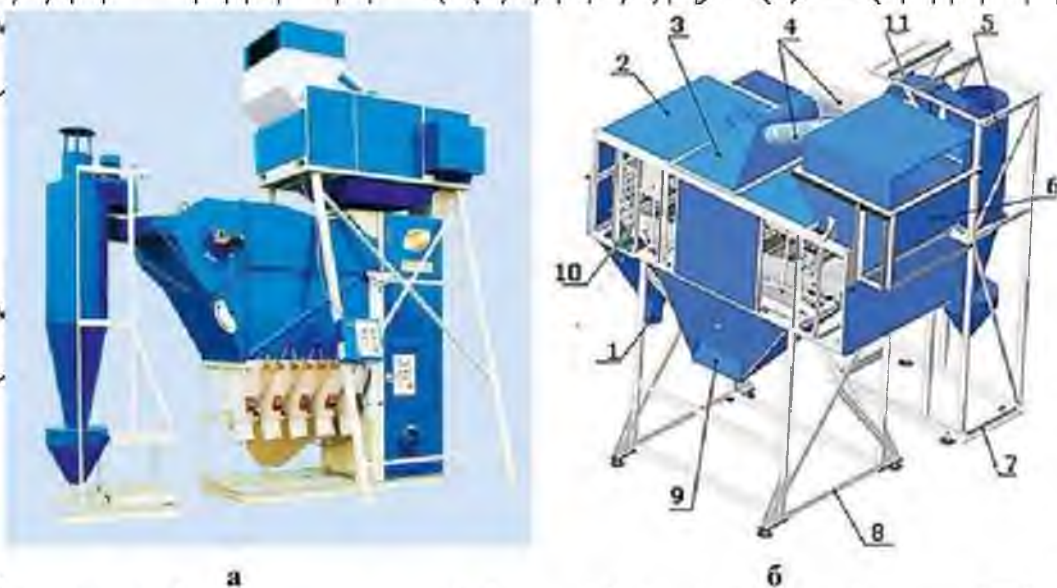


Рис. 1.9. Решітний сепаратор попереднього очищення моделі СПО.

а – зерноочисний комплекс – решітний + пневматичний сепаратори; б – схема решітного сепаратора: 1 – патрубок для відведення великих домішок; 2 – сепаратор; 3 – зонтик; 4 – повітропровід; 5 – шаклон; 6 – завантажувальний бункер; 7 – рама циклона; 8 – рама сепаратора; 9 – приєдрій для відведення очищеного зерна; 10 – решітний стан; 11 – вентилятор

Пневмостоли. Машини з очищення зерна представлені на ринку України багатьма фірмами: «ТОР», «Агросепмаш», «Сад», «Алмаз» тощо.

Пневматичні столи складаються з аспіраційної системи та вібростола з сітчастою повітропроникною площиною. Зерновий матеріал безперервно подається на робочу сітчасту поверхню вібростола так, щоб поверхня була повністю покрита шаром матеріалу. Нахил столу може бути відрегульований у поперечному і поздовжньому напрямках. Через отвори площини стола подається рівномірний потік повітря у вертикальному напрямку. Під дією повітряного

потoku зерновий матеріал, який знаходиться на столі, розшаровується на декілька горизонтів з різними питомими масами зернин. В результаті коливального руху стола важкі зернини переміщуються до розташованих вище виходів, а легкі частинки — до нижче розташованих виходів. Для досягнення точного розподілу різних матеріалів забезпечена можливість плавного налаштування подачі матеріалу, нахилу поверхні і частоти коливань стола.

Застосування різних типів механічних, пневматичних та комбінованих зерносортувальних машин дозволяє добротно розділити зерно за його розмірами, масою, парусністю тощо. Проте такі машини не здатні відібрати від зернового матеріалу зернини, пошкоджені грибок та іншими хворобами. Пошкоджені хворобами зернини зазвичай відрізняються від здорових за кольором. Для відділення хворих зернин зарубіжні фірми пропонують фотосепаратори, також їх називають фотоелектронні сепаратори, або оптичні сортувальники.

Фотосепаратор зерна здатний провести розділення зернової суміші за кольором, структурою, формою і розмірами. Вони можуть відділяти від зерна чужорідні і подрібнені частини та недостиглі, підгнилі, зіпсовані зерна, домішки насіння бур'янів тощо. За інформацією виробників техніки, фотосепаратор

здійснює ідеальне очищення зерна від дрібного сміття, видаляє зерна з грибком, комах та інші домішки з ефективністю 99,9–100%.

На сьогодні фотосепаратори представлені різними моделями під торговими марками багатьох компаній світу. Попри те, що в конструкції фотоелектронних сепараторів застосовуються сучасні інноваційні технології у галузі фотоелектроніки, пневмомеханіки, оптики тощо, в цілому ж фотосепаратор є досить простий в експлуатації, компактний та універсальний, що дозволяє сортувати великий спектр різноманітних продуктів (рис, соняшник, пшениця, овес та ін.).

На ринку представлені три види фотосепараторів: монохромні — оптичні сортувальники, бікромні оптичні сортувальники сортують сільськогосподарські культури за кольором і формою; лазерні оптичні сортувальники відбирають зерно не тільки за кольором і формою, а й за внутрішньою структурою, що запобігає потраплянню зіпсованих зсередини зерна в кінцеву масу сільськогосподарських культур.

Фотосепаратори, як правило, однотипні за конструкцією і складаються із приймального бункера 4, вібраторів 3, жолоба подачі зернового матеріалу 2, переднього 1 і заднього 6 оптико-електронних відсіків сортувальної камери, патрубків виведення чистого зерна 7 і відходів 8, сенсорного екрану 5 та пневмосистеми, процесора управління 11 (рис. 6).



Рис. 6. Фотосепаратор зернового матеріалу: 1 — передній оптикоелектронний відсік сортувальної камери; 2 — жолоб подачі зернового

матеріалу; 3 – вібратор; 4 – приймальний бункер; 5 – сенсорний екран; 6 – задній оптикоелектронний відсік сортувальної камери; 7 – патрубок виведення чистого зерна; 8- патрубок виведення відходів; 9 – освітлювальна лампа; 10 – сенсорна камера; 11 - процесор; 12 - ежектор

Під час виконання технологічного процесу зерновий матеріал подається у приймальний бункер 4. Звідти за допомогою вібраторів 3 насіння тонким рівномірним потоком подається у жолоби машини 2. Жолоб – мініатюрний канал, по якому рухається зерно. По них воно потрапляє в активну зону освітлення лампами 9, яких приблизно до 4 шт. на канал. У цій зоні проходить обстеження, що дозволяє отримувати реальне зображення зернини на сенсорній відеокамері 10. Відеокамери, скануючи насіння, отримують відповідне відображення світла, і реагуючи на нестандартний відтінок кольору зернини, утворюють електричний сигнал, який йде на процесор 11. Отримавши електричний сигнал від відеокамери, процесор передає сигнал вмикання у роботу ежектора, яке призводить до відкриття його заслінки 1, відповідно, потоку повітря, що здуває розізнаний нестандартний елемент зернового потоку в патрубок відходів 8. Відсепароване чисте зерно через патрубок 7 подається у сховище або відповідну тару.

1.4. Напрями підвищення ефективності роботи зернових пневмосепараторів

На сьогоднішній день Україна є одним з найбільших виробників зерна та входить у трійку світових експортерів зернових культур, що суттєво впливає на економічний стан держави та її продовольчу безпеку. Проте, незважаючи на збільшення обсягів вирощування зернових, для забезпечення конкурентоспроможності вітчизняної зернової продукції на внутрішньому і зовнішньому ринках зерна, пріоритетними є її якість, яка здебільшого не відповідає вимогам стандартів до чистоти продовольчого зерна.

Необхідність швидкої обробки свіжозібраного зернового вороху, в багатьох випадках значно засміченого й вологого, обумовлює специфічні вимоги до сепараторів попереднього очищення. Вони мають бути в 2-3 рази продуктивнішими, ніж наступні машини в поточній лінії, і очищувати ворох із

вихідною вологістю до 35% і вмістом домішок — до 20%, в тому числі крупних — до 5%. Втім, повнота виділення домішок має бути не менш ніж 50%, а втрати зерна — не більше як 2%.

Передумови збільшення виробництва зерна та зазначені вимоги обумовлюють необхідність впровадження новітніх технологій виробництва зерна, які здатні забезпечити високу якість очищення та відповідність його кондицій за чистотою та вологістю.

Попереднє та первинне очищення зерна в господарствах у багатьох випадках проводять за допомогою зерноочисних комплексів ЗАВ-20 та очисників вороху ОВН-20, ОВС-25. Для калібрування та підготовки насінного матеріалу в господарствах широкого застосування набули повітряні сепаратори САД («ІПФ «Аеромех»») продуктивністю від 4 до 150 т/год, а також сепаратори марки ІСМ (Харківський завод зерноочисного обладнання) продуктивністю від 5 до 200 т/год.

На зернопереробних підприємствах широко використовують стаціонарні повітряні сепаратори марки АСХ продуктивністю від 2,5 до 10 т/год та БСХ продуктивністю від 3 до 100 т/год (Хорольський механічний завод).

Незважаючи на паспортні технічні характеристики зазначених сепараторів, на практиці їхні показники суттєво знижуються, що не дає змогу отримати потрібну якість зерна для подальшої обробки або реалізації.

Основною причиною зменшення показників якості очищення зерна є низька ефективність повітряної сепарації, внаслідок чого знижується й якість решітного очищення та машини в цілому.

Через складність пневмосепараційного процесу важливим його завданням є забезпечення максимально однакових умов розділення частинок зернового матеріалу, в результаті чого можна отримати його високу якість.

Вагомим чинником, який має вплив на якість пневмосепарації, є нерівномірність поля швидкостей повітряного потоку, що виникає внаслідок збільшення аеродинамічного опору в зонах введення та виведення матеріалу. Досягти зменшення впливу цього фактору можна шляхом використання живильних пристроїв, які зменшують опір повітря в зоні сепарації за рівномірної

подачі зернового матеріалу та, як наслідок, сприяють вирівнюванню поля швидкостей повітряного потоку.

Аеродинамічний зерновий сепаратор ІСМ-5. Сепаратор призначений для очищення від будь-якого виду сміття, і сортування за щільністю, насіння зернових, зернобобових, кормових, олійних і трав'яних культур. Сепаратор

ІСМ-5 (Рис. 1.12.) розділяє зерно на фракції методом аеродинамічної подачі повітря в камеру сепарації. Зерно поділяється на фракції з точністю $\pm 3\%$, що дозволяє отримати товарний і посівний матеріал високої якості. Поділ частинок зернової суміші відбувається за двома параметрами - щільності і парусності.



Рис. 1.5. Аеродинамічний зерновий сепаратор ІСМ-5

Обробка зерна на сепараторі ІСМ-5 може відбуватися в 4 режимах:

- Попереднє очищення зерна;
- Первинна очистка зерна;
- Калібрування зерна (сортування зерна);
- Змішаний режим (одночасна очищення та калібрування).

Застосування частотного конвертора дозволяє здійснювати плавний пуск / стоп електродвигуна, плавне регулювання обертів мотора, реверсний хід (для самоочищення), захист від короткого замикання, "кидків" напруги і прогрівів, можливість підключення 220 / 380В.

При використанні сепаратора у складському приміщенні, його потрібно додатково обладнати завантажувачем і зробити пристосування для відводу каліброваного зерна з фракції.

Технічна характеристика сепаратора ICM-5

Продуктивність при первинному очищенні зерна*: 5 т/час

Продуктивність при калібрування посівного матеріалу:

3 т/час

0,2-0,55

Споживання електроенергії:

0,2-0,55 кВт, 380В, 50 Гц

Довжина:

2080 мм

Ширина:

400 мм

Висота:

1720 мм

Маса:

130 кг

*

Продуктивність сепаратора від культури та її вологості і засміченості

Принцип роботи

Вихідний матеріал (зерно), подається в приймальний бункер, де під власною вагою розподіляється по всій його ширині і рівномірним потоком надходить в камеру сепарації. Завдяки потужному ламінарному повітряному потоку в першу чергу відсіваються важкі домішки і каміння, які випадають в першу фракцію. Насіннєве зерно потрапляє у другий і третій лотки. Четвертий і п'ятий лотки використовуються для товарного зерна. Не зернові домішки, всі пошкоджені і січені зерна відносяться повітряним потоком в шостий і сьомий лотки, а легкі домішки і пил разом з відпрацьованим повітрям виходять через повітропровід сепаратора.

Калібрування і підготовка насіннєвого матеріалу проводиться за рахунок поділу за масою і парусністю культури, що робить можливим виділити найбільш

велике зерно (з більшою масою) і в наслідку цього гарантує наявність здорової зародкової частини в зерні. Тим самим забезпечує високу схожість.

Дозволяє зменшити кількість посадкового матеріалу і збільшити врожайність.

Особливості конструкції сепаратора ICM-5.

Застосування імпеллера в якості силової установки вперше дозволяє звести до мінімуму на машинах подібного типу втрату потужності повітряного потоку, створюваного крильчаткою: машина не має повітроводів, на подолання опору

яких затрачається значна частина потужності електродвигуна. Конструктивним

рішенням - розташований у повітряозабірника у верхній частині - виключено попадання в повітряозабірник пристрою дрібних домішок.

Застосування крильчатки імпеллера правильної аеродинамічної форми, виготовленої спеціально для машин «ICM» фірмою - виробником авіаційної техніки, дозволило істотно знизити енергоспоживання електродвигуна, стабілізувати повітряний потік і виключити вібрації.

На основі аналізу досліджень пневмосепарації на кафедрі сільськогосподарського машинобудування Центральноукраїнського

національного технічного університету розроблені повітряні сепаратори, в яких

застосовано живильні пристрої з багатоструменевим та багаторівневим способом введення зерна в пневмосепараційний канал. В результаті використання багатоструменевого способу забезпечується розділення суцільного вхідного

зернового потоку на декілька струменів, які утворюються за допомогою

ділильників, що встановлюють перед введенням в повітряний канал.

За застосування багаторівневого введення відбувається розділення зерна на декілька обмежених за продуктивністю потоків, які надходять у різні робочі зони по висоті пневмосепараційного каналу, що дозволяє рівномірно розподіляти

матеріал в зоні сепарації пневмосепараційного каналу. Це сприяє зниженню опору

повітряному потоку в зоні введення і виведення зернового матеріалу та вирівнюванню швидкостей.

Багатоструменевий спосіб введення зернового матеріалу, реалізований на зерноочисній машині ЗМПШ-10 «Дельта», виробничі випробування якої дали змогу встановити, що за очищення вероку пшениці та продуктивності 10 т/год, ефективність очищення становить 65-70%, із принудимим вмістом повноцінного зерна у відходах не більше ніж 2%.

За результатами господарчих випробувань дослідного пневмосепаратора з багаторівневим живильним пристроєм визначено, що завдяки використанню запропонованого вдосконалення пневмосепараційного каналу підвищується якість очищення на 14-22% у порівнянні з базовим сепаратором А1-БМС-6.

Перевага запропонованих конструкцій живильних пристроїв полягає в тому, що для їхньої реалізації в діючих пневмосепараторах із вертикальними повітряними каналами потрібні незначні конструктивні зміни.

Отже, для підвищення ефективності роботи сепараторів насамперед потрібним є інтенсифікація повітряної сепарації шляхом розробки або модернізації конструктивних елементів, які забезпечують рівномірну та тонкошарову подачу зернового матеріалу в повітряний канал.

Висновки за розділом

1. Традиційна технологія післязбиральної обробки зернових сумішей с.г. культур потребує удосконалення. Отриманий в результаті її проведення насіннєвий матеріал не відповідає вимогам існуючих стандартів через підвищений вміст домішок важковідділюваних бур'янів.

2. Більшість насінин дрібнонасінневих сільськогосподарських культур та їх важковідділюваних домішок є суттєво подібними за геометричними розмірами, станом і формою поверхні, що свідчить про певні труднощі в процесі їх розділення.

3. Дослідження на теоретичному і експериментальному рівнях процесу пневмоелектросепарування дозволить оптимізувати параметри та удосконалити конструкцію пневмоелектросепаратора.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПНЕВМАТИЧНОГО СЕПАРУВАННЯ НАСІННЯ.

2.1. Теоретичні основи сортування насіння.

Зібраний насінневий матеріал являє собою багатокomпонентну суміш. Крім насіння основної культури, серед комноентів - різні домішки сміття органічного і мінерального походження, насіння інших рослин, частинки насіння і т.д. Тому насінневий матеріал після збирання сепарують, тобто механічно-ським шляхом поділяють на окремі компоненти (фракції).

Існують різні способи сепарації: просіювання суміші на ситах і грієрих поверхнях, обробка на гравітаційних-ційних столах, електромагнітних і оптичних сепараторах; просіювання в повітряному потоці. Останній спосіб відноситься до так званого аеродинамічного сепарування, за яким розподіл відбувається внаслідок різних аеродинамічних властивостей окремих комноентів суміші.

Аеродинамічний сепарування застосовують в основному для очищення і виділення з багатокomпонентної суміші легких домішок [1-3]. Останнім часом рекомендується також аеродинамічний сепарування для сортування калібрування однокомпонентной суміші з метою виділення найбільш повноцінних фракцій з основних насіння [4-5].

До однокомпонентной прийнято відносити суміш основних насіння, яка містить різні фракції за розміром, масою, питомою масою, тобто за якістю. Однак процес поділу однокомпонентной суміші досліджений недостатньо і в літературних наукових джерелах пояснюється суперечливо. За нашими даними на процес аеродинамічного сепарування діє комплекс таких ознак, які можуть впливати на характер поділу суміші: форма, величина, маса, характер зовнішньої поверхні насіння. Виходячи з впливу комплексу ознак, аеродинамічний сепарування може мати різну ефективність, яка залежить від фізико-механічних і сортових особливостей насіння різних культур.

Метою роботи було вивчити процес аеродинамічного сортування-калібрування однокомпонентної зернової суміші, встановити його вплив на вихід і якість насіння кукурудзи. Дослідження проводили з однокомпонентної сумішшю насіння гібридів кукурудзи, яку отримували після їх

очистки на кукурудзообробних заводах. Дослідженню полежали такі гібриди селекції Інституту сільського господарства степової зони НААН: Ушицький 167 СВ, Пятихатський 270 СВ, Борозенському 277 МВ, Солонянський 298 СВ, Збруч.

Процес аеродинамічного сепарування-калібрування здійснювали в повітряному потоці при швидкості 10-15 м / с і різної тривалості сепарування в залежності від крупності і маси гібридів кукурудзи. В процесі сепарування відбирали 3 фракції - умовно легку, важку і середню з різним виходом і масою 1000 насінин.

У лабораторних умовах визначали якість насіння: їх схожість, силу росту по «холодного» тесту, масу, питому масу, обсяг, лінійний розмір відповідно до чинних методами [7-9]. Схожість ще визначали в польових умовах за методикою проведення польових дослідів з кукурудзою [10]. Якість фракцій, отриманих в процесі аеродинамічного сепарування-калібрування, було різним і в першу чергу залежало від гібридів.

Перевага окремих фракцій було стабільним, тобто однозначного впливу сепарування не виявлялося. З усіх досліджуваних гібридів тільки при сепаруванні гібрида Ушицький 167 СВ отримували важку фракцію з більшою схожістю насіння в порівнянні з легкою (табл. 1). В інших гібридах важка фракція за якістю (схожості) не відрізнялася від легкої або характеризувалася більш

низькою якістю насіння. З огляду на нестабільність аеродинамічній зерносепарації в режимі просовання однокомпонентної суміші насіння, рекомендується її попереднє сепарування на ситах, щоб сформувати більш вирівняні фракції і вести їх подальшу обробку в повітряному потоці [1]. Тому в наших дослідах однокомпонентну суміш насіння гібридів кукурудзи сепаровано на ситах з отворами 7-9 мм, отримували дві фракції (сход, прохід), які обробляли окремо в потоці повітря.

Незважаючи на попередню подрібнку насінного матеріалу, результати досвіду знову були близькі до попереднього і відображали в першу чергу

особливості гібридів як об'єкта сепарування. З усіх гібридів тільки схожість насіння важкої фракції гібрида Ущизький 167 СВ закономірно підвищувалася на 3-6% в порівнянні з легкою (табл. 2). В інших гібридах закономірності не виявлені, польова схожість насіння коливалася незалежно від фракції, сформованої по аеродинамічних властивостях. При цьому більше вплинуло ситова сепарування за ознакою ширини насіння, схожість насіння сходових фракцій з сита 0 7-9 мм була на 6-15% вище в порівнянні з фракцією проходу. Отже аеродинамічний сепарування є нестабільним процесом і не завжди забезпечує ефективність поділу однокомпонентної суміші насіння в режимі їх сортування-калібрування.

Ефективність залежить від взаємодії, яка складається між параметрами повітряного потоку і аеродинамічними властивостями насіння. перебуваючи в повітряному потоці, насіння відчувають тиск (R) в залежності від форми, розміру, характеру поверхні насіння за формулою:

$$R = KFpV^2, \quad (2.1.)$$

де/ K – коефіцієнт аеродинамічного опору (для кукурудзи 0,162–0,236);
 F – площа проекції насіння на поверхні, перпендикулярній повітряному потоку, м²; p – щільність повітря, кг/м³;
 V – швидкість повітря відносно насіння, м/с.

З боку насіння діє сила тяжіння (G), яка поєднує масу (m) і прискорення вільного падіння (g), тобто

$$G = mg \quad (2.2.)$$

Ефективність сортування насіння залежить ще і від напрямку повітряного потоку, який може бути вертикальним або горизонтальним. У вертикальному потоці можливі такі співвідношення:

$G > R$ – насіння рухається вниз вниз,

$G < R$ – насіння рухається на зовні,

$G = R$ – насіння зависає.

Швидкість повітря при якій насіння зависає, є критичною (C) і визначається за формулою:

$$C = \sqrt{\frac{g}{KFp}} \quad (2.3.)$$

Тому для забезпечення в висхідному потоці ефективності сепарування суміші насіння, наприклад на дві фракції зі швидкістю витання $C_1 > C_2$, необхідно підібрати таку робочу швидкість повітряного потоку (V), яка відповідала б співвідношенню:

$$C_1 > V > C_2 \quad (2.4.)$$

При сепарації в горизонтальному повітряному потоці насіння рухаються в напрямку рівнодіючої сил R і q , траєкторія такого руху має вигляд параболі. Насіння з напрямком рівнодіюча, близькою до вертикалі, випадають з потоку на початку його руху, з напрямком, близьким до горизонталі - пізніше. Тому при сепаруванні в горизонтальному повітряному потоці ефективність розділення суміші (E) залежить від питомої парусності насіння, а саме:

$$E = G / KF \quad (2.5.)$$

Таким чином, з огляду на закономірності (1-5), можна пояснити нестабільність процесу аеродинамічного сепарування однокомпонентної суміші насіння. Нестабільність виникає внаслідок зміни показників, а саме: показника F - через різної орієнтації (положення) насіння в повітряному потоці і коефіцієнта K (аеродинамічного опору насіння). Змінюється також концентрація маси насіння по довжині (висоті) повітряного потоку, а також швидкість і щільність потоку повітря (показники V і ρ). Насіння важкої фракції характеризувалося дещо більшою площею геометричної поверхні (на 16,6 мм², або 6,6%) і об'ємом (на 33 мм³, або 12,0%) в порівнянні з легкою. Однак визначальні ознаки аеродинамічного сепарування насіння - його питома поверхня (S / V) і питома маса - були близькими для різних фракцій.

Тому розподіл суміші на фракції відбувалося, в більшій мірі, в результаті варіювання параметрів лінійного розміру, форми, поверхні, обсягу насіння і в меншій мірі від її питомих показників - поверхні і маси. Графічне зображення процесу зерносепарації по швидкості витання (C) однокомпонентної суміші, яка складається з основних насіння, але містить різні фракції, наприклад важку і легку, представлено на малюнку.

Виходячи з варіаційної кривої, розподіл суміші повинно бути по лінії А, по ліву сторону від якої знаходиться легка фракція зі швидкістю C_1 , по праву - важка зі швидкістю C_2 .

В такому випадку робоча швидкість повітряного потоку (V) повинна бути більше, ніж швидкість витання насіння легкої фракції, і менше, ніж

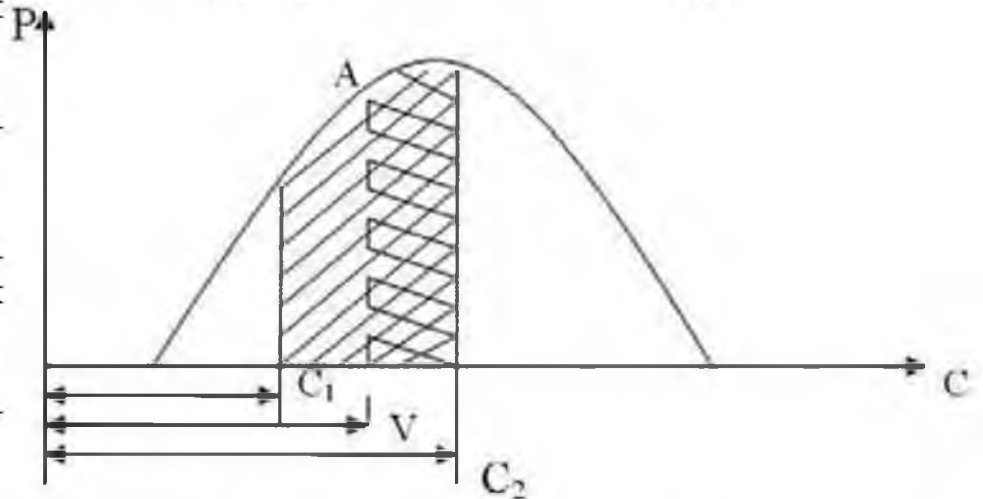


Рис. 2 і. Варіаційна крива аеродинамічного розподілу однокомпонентної суміші насіння: легка фракція зі швидкістю C_1 важка фракція зі швидкістю C_2 важкою.

Однак чіткого розподілу фракцій не відбувається внаслідок безперервної зміни показників F , V і ρ (швидкість і щільність повітря щодо насіння). Частина насіння на ділянці А, маючи швидкість витання C_1 і C_2 , близьку до швидкості повітряного потоку, можуть з однаковою ймовірністю потрапляти в будь-яку з фракцій. Теоретично, щоб досягти чіткості розподілу, необхідно частину насіння на ділянці А виділити і повторно просепарувати. Але практично межі ділянки встановити неможливо, до того ж це призводить до зайвої втрати повноцінного насіння.

Відзначимо, що подібні втрати схожих насіння спостерігалися і в дослідженнях аеродинамічної сепарації зернобобових культур [11]. Автори повідомляють, що при аеродинамічному сортируванні втрачається у відходах від 20 до 60% повноцінного насіння. При цьому досліджувалася сепарація насіння практично правильної форми. Можна вважати, що кількість відходів буде збільшуватися при сепаруванні насіння складної форми, наприклад кукурудзи.

Таким чином, аеродинамічний сепарування однокомпонентних насінневих сумішей є нестабільним процесом при його проведенні як у висхідному (вертикальному), так і горизонтальному повітряному потоці. До дестабілізації призводить значна спонтанність розподілу суміші в повітряному потоці, зміна в ній показників парусність насіння в залежності від їх орієнтації, а також швидкості і щільності повітря.

Особливо ускладнюється аеродинамічний сепарування насіння культур з геометрично неправильною формою і значною різновидністю, наприклад, кукурудзи. Насіння гібридів в повітряному потоці розподілялися залежно від форми, розміру, обсягу, маси 1000 насінин і набагато менше - від показників питомої поверхні і маси (щільності). Не виявлено достовірної прямолінійної зв'язку між фракціями і схожістю насіння більшості досліджених гібридів. З огляду на викладене, недоцільно проводити аеродинамічний сепарування однокомпонентної суміші насіння, наприклад кукурудзи, з метою їх сортування-калібрування.

Цей спосіб рекомендується застосовувати для очищення насіння з наступним їх більш глибоким ситовим і гравітаційним сепаруванням на відповідних машинах. На підставі проведених досліджень і узагальнення раніше отриманих даних вважаємо, що процес сепарування повинен виконуватися на комплексі машин, що діють на різних принципах подільності зернових мас: просіювання через решето - за ознаками лінійних розмірів насіння; повітряної обробці - за ознаками парусність; гравітаційної обробки - за ознаками питомої маси. Залежно від цих ознак сепарування проводиться в режимах очищення, сортування, калібрування, збагачення насіння.

При такому підході можна забезпечити також фракційну обробку насінневого матеріалу як найбільш ефективне техніко-технологічне рішення. Поєднання в одній машині різних ознак і режимів суперечить теорії і практиці сепарування зернових мас, особливо насінневого призначення. У зв'язку з цим рекомендуємо більш об'єктивно оцінювати машини, сунроводжувані рекламою про їх універсальності, можливість проводити на них попередню очистку,

первинне очищення, калібрування, а також змішаний режим (калібрування і очищення одночасно).

В крайньому випадку, цього можна досягати лише при надмірно великому відході повноцінного насіння, отже при неприпустимо низькому виході готової продукції. Аналіз сучасних, в тому числі зарубіжних зерносепараторов показує, що їх конструювання і створення також ведеться, виходячи з окремих принципів і ознак теорії сепарування.

2.2. Аналіз результатів теоретичних досліджень процесу аеродинамічного сепарування

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

$$R = K \rho_n F (V_n - u)^2, \quad (2.6)$$

Теоретичним дослідженням процесу аеродинамічної сепарації насіння сільськогосподарських культур присвячено роботи низки вчених і дослідників.

Найважливішими питаннями, які ними ґрунтовно вивчалися, були аеродинамічні властивості компонентів насінневої суміші, до яких належать критична швидкість витання $V_{кр}$, коефіцієнт опору повітря K і коефіцієнт парусності K_p [20].

Їх визначення стало можливим завдяки дослідженню руху частинки у вертикальному повітряному потоці (рис. 2.2.).

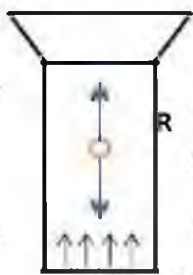


Рис. 2.2. Схема для визначення аеродинамічних властивостей частинки

ρ_n – щільність повітря;

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

v – 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, $v = 0$ і $R = G$. Виходячи з цієї умови, визначають критичну швидкість:

$$V_{кр} = \sqrt{\frac{G}{K r_n}} \quad (2.7)$$

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:

$$K_n = V_{кр} \frac{9,8 K r_n F}{G} \quad (2.8)$$

Розв'язавши вирази (1.2) і (1.3), отримаємо:

$$K_n = \frac{9,8}{V_{кр}^2} \quad (2.9)$$

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 $V_{кр}$ 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.

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

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

$$u_{max} = V_n - V_{кр} \quad (2.10)$$

Робочу швидкість V_p вертикального повітряного потоку вибирають залежно від критичної швидкості компонентів, які входять у зернову суміш [5, 4].

Вона повинна бути більшою за критичну швидкість домішок і меншою від критичної швидкості основного насіння, тобто:

$$V_{кр.дом} < V_p < V_{кр.зер} \quad (2.11)$$

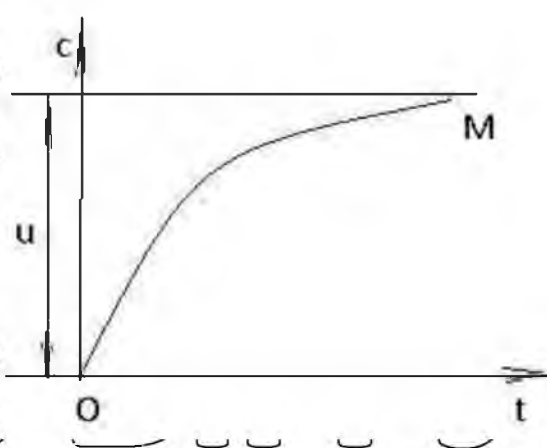


Рис. 2.3. Зміна швидкості руху часточки у вертикальному каналі залежно від часу польоту.

У [7] 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.

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 $D_{хк}$. Проте за таких умов збільшується робоча довжина каналу. За $V_n = 20 \text{ м/с}$ довжина каналу ще не перевищує прийнятних значень ($x_{ккх} \gg 1,5 \text{ м}$). Найбільші значення $D_{хк}$ відповідають мінімальній

швидкості подачі суміші до каналу. При цьому, збільшеною є також і середня швидкість транспортування. Якщо епюра швидкості повітряного потоку відхиляється від рівномірного розподілу ($d \neq 0$), то при збільшенні швидкості у верхній частині (коли $d > 0$) 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 миделевого 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 [36].

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

Це дозволяє горизонтальному потоку діяти на питоמו-легкі насінини більший час, зміщуючи їх у горизонтальному напрямку якнайдалі від питоמו-важких.

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

$$m\ddot{a} = m g - k F V^2, \quad (2.12)$$

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

$$V = (V_n + V), \quad (2.13)$$

V_n – швидкість зустрічного потоку, м/с.

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:

$$dV = V_{nv} - V_{nl} = \text{const max}, \quad (2.14)$$

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 дрібнонасінних сумішей. Оскільки маса їх тисячі насінин не перевищує 5 грам, а різниця у вагових характеристик є дуже малою, то щоб збільшити загальну якість поділу необхідно

крім вагових, вивчати інші характеристики, які б слугували ознакою подібності.

Одним із шляхів вирішення цього питання є, як підтверджують дослідження приведені в [35, 36], 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 по-різному сприймають силу повітряного потоку. Отже, під час

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

Похилій повітряний потік поділяє зернову суміш за принципом розсіювання траєкторій окремих часточок у напрямку швидкості повітряного потоку.

Схему роботи похилого повітряного каналу, в якому початкова швидкість зерна дорівнює нулю, показано на рис. 2.4.

На зерно діють сила ваги зерна mg і сила дії повітряного потоку R , яка діє в напрямку швидкості потоку. Напрямок абсолютної швидкості збігається з напрямком рівнодійної $mg + R$. Відхилення абсолютної швидкості на початку руху від вертикалі β .

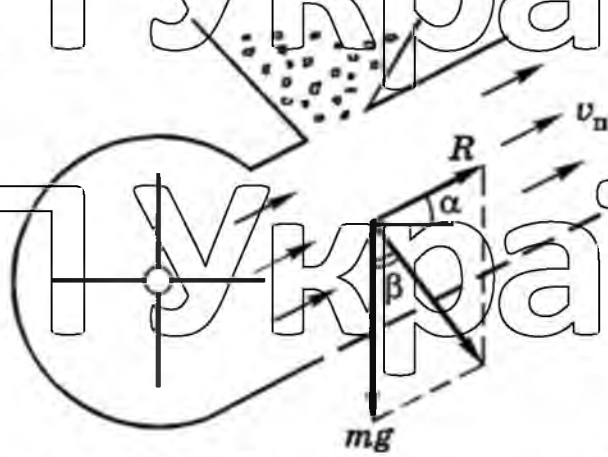


Рис. 2.4. Схема роботи похилого повітряного каналу

Розглянемо випадок (рис. 2.5), коли зернова суміш потрапляє до повітряного потоку з деякою початковою швидкістю u_0 .

Зернову суміш розділяє повітряний потік за умови, що вертикальна складова v_z швидкості повітряного потоку менша за критичну швидкість часточки $v_{кр}$, тобто $v_z < v_{кр}$.

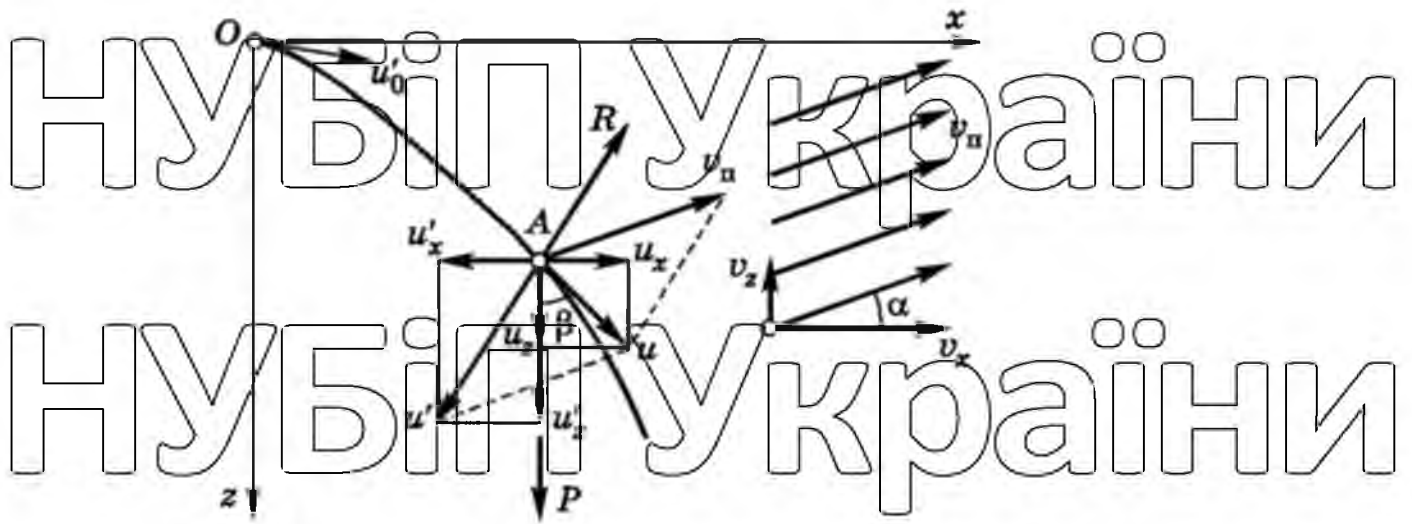


Рис. 2.5. Дія похилого повітряного потоку на часточку

Рух часточки в повітряному потоці залежить від багатьох чинників: властивості компонентів, значення і рівномірності напору повітряного потоку, а також від швидкості, з якою часточка входить у повітряний потік.

Якщо вважати, що повітряний потік ламінарний, сталий за значенням і напрямком швидкості, то на часточку діють сила тяжіння $P = mg$ і сила діючого повітряного потоку R , спрямована в бік, протилежний відносній швидкості руху часточки.

Під дією цих сил часточка рухається в потоці певною траєкторією, причому повний рух складається з переносного руху з потоком і відносно нього.

Нехай u'_x і u'_z — складові швидкості відносного руху в певній точці і траєкторії OA . Тоді проекції швидкості абсолютного руху на осі нерухомих координат x і z будуть: $u_x = v_x - u'_x$; $u_z = u'_z - v_z$, де v_x і v_z — проекції швидкості повітряного потоку на осі x і z .

Значення проєкцій v_x і v_z відносно однакові:

$$v_x = v_p \cos \alpha, \quad v_z = v_p \sin \alpha.$$

Відхилення швидкості абсолютного руху u від вертикалі визначає кут β ,

значення якого знаходять за виразом:

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{u_x}{u_z} = \frac{v_p \cos \alpha - u'_x}{u'_z - v_p \sin \alpha} \quad (2.15)$$

У міру переміщення часточки відносна швидкість u' змінюється за значенням і напрямком, намагаючись досягти граничного значення, за якого

вертикальна складова $u'_{z\text{ гр}}$ досягає критичної швидкості $v_{\text{кр}}$ вертикального напрямку, тобто $u'_{z\text{ гр}} \rightarrow v_{\text{кр}}$; $u'_x \rightarrow 0$.

Ураховуючи попередній вираз і підставивши в (2.16), отримаємо:

$$\operatorname{tg} \beta_{\text{гр}} = \frac{v_n \cos \alpha}{v_{\text{кр}} - v_n \sin \alpha} \quad (2.16)$$

Для часточок які надходять у повітряний потік, критична швидкість змінюється від $v_{\text{кр min}}$ до $v_{\text{кр max}}$. У такому разі траєкторія часточок однієї й тієї самої суміші будуть деяким пучком, який визначають кути $\operatorname{tg} \beta_{\text{гр min}}$ і $\operatorname{tg} \beta_{\text{гр max}}$.

Значення кутів знаходять із співвідношення

$$\operatorname{tg} \beta_{\text{гр min}} = \frac{v_n \cos \alpha}{v_{\text{кр max}} - v_n \sin \alpha}$$

$$\operatorname{tg} \beta_{\text{гр max}} = \frac{v_n \cos \alpha}{v_{\text{кр min}} - v_n \sin \alpha}$$

Розсіювання пучка траєкторії можна охарактеризувати різницею $\beta_{\text{гр min}}$ і $\beta_{\text{гр max}}$, яку визначають за виразом:

$$\operatorname{tg}(\beta_{\text{гр max}} - \beta_{\text{гр min}}) = \frac{\operatorname{tg} \beta_{\text{гр max}} - \operatorname{tg} \beta_{\text{гр min}}}{1 + \operatorname{tg} \beta_{\text{гр min}} \operatorname{tg} \beta_{\text{гр max}}}$$

Замінивши $\operatorname{tg} \beta_{\text{гр min}}$ і $\operatorname{tg} \beta_{\text{гр max}}$ відповідними співвідношеннями, матимемо

$$\operatorname{tg}(\beta_{\text{гр max}} - \beta_{\text{гр min}}) = \frac{v_n \cos \alpha (v_{\text{кр max}} - v_{\text{кр min}})}{v_{\text{кр max}} v_{\text{кр min}} - v_n \sin \alpha (v_{\text{кр max}} + v_{\text{кр min}}) + v_n^2}$$

Із цього виразу випливає, що розсіювання траєкторії руху частинок залежить від різниці критичних швидкостей і від кута α напрямку швидкості v_n повітряного потоку. Зі збільшенням різниці $v_{\text{кр max}} - v_{\text{кр min}}$ гранична критична швидкість розсіювання зростає. Зменшення кута α скорочує розсіювання. Горизонтальний потік ($\cos \alpha = 1$) зумовлює менше розсіювання, ніж похилій, тобто ($\cos \alpha < 1$).

Зміну $\operatorname{tg}(\beta_{\text{гр max}} - \beta_{\text{гр min}})$ залежно від швидкості v_n повітряного потоку за $v_{\text{кр min}} = 8,5 \text{ м/с}$, $v_{\text{кр max}} = 11,5 \text{ м/с}$ і різних значеннях кута $\alpha = 15, 20$ і 25° показано на рис. 2.6.

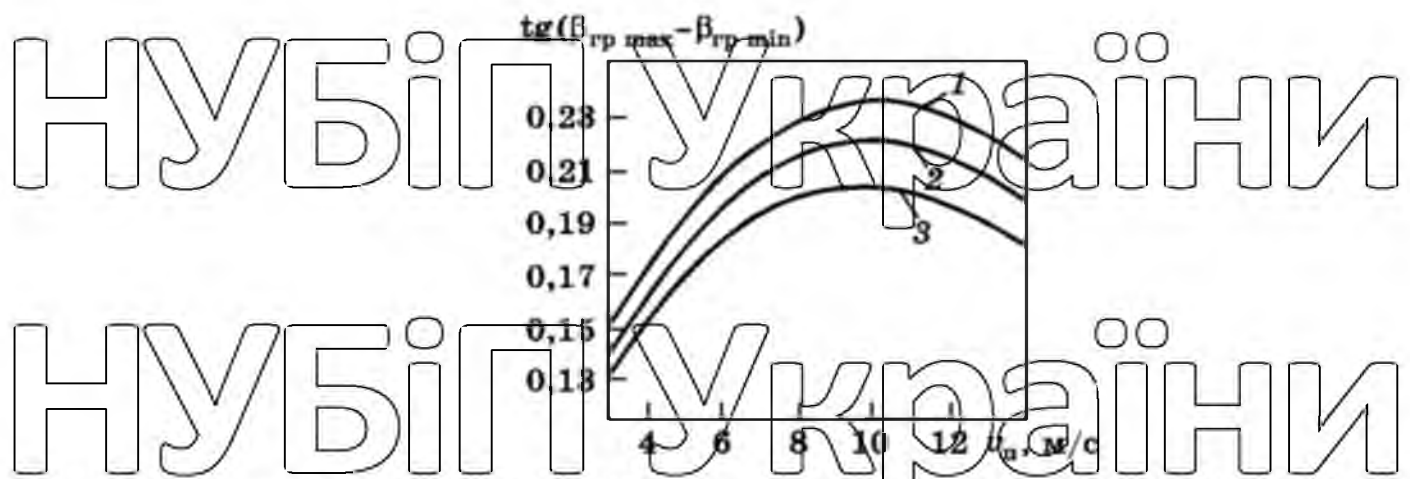


Рис. 2.6. Зміна функції $\text{tg}(\beta_{\text{гр max}} - \beta_{\text{гр min}})$ залежно від швидкості повітряного потоку, за кута нахилу:

1 — $\alpha = 25^\circ$; 2 — $\alpha = 20^\circ$; 3 — $\alpha = 15^\circ$

Із графіка випливає, що зі збільшенням швидкості $v_{\text{п}}$ розсіювання зростає до певного максимального значення, а потім спадає. Найбільше розсіювання буде

тоді, коли похідна від $v_{\text{п}}$ функції $(\beta_{\text{гр max}} - \beta_{\text{гр min}})$ дорівнюватиме нулю, тобто

$$\frac{d \text{tg}(\beta_{\text{гр max}} - \beta_{\text{гр min}})}{d v_{\text{п}}} = 0.$$

Диференціювавши вираз (2.17), отримаємо, що максимальне розсіювання траєкторії руху часточок відповідатиме такій швидкості:

$$v_{\text{п max}} = \sqrt{v_{\text{кр max}} v_{\text{кр min}}} \quad (2.17)$$

Отже, робоча швидкість похилого потоку $v_{\text{п роб}} = v_{\text{п max}}$, за якого зернова суміш отримує найбільшу розсіюваність, дорівнює середній геометричній з крайніх значень критичних швидкостей. Найкращі результати роботи повітряного потоку під час розділення зернових сумішей, злакових культур отримують за кута нахилу до горизонту $18 \dots 30^\circ$ і швидкості потоку повітря в робочій камері $4,5 \dots 8,5$ м/с.

2.3 Обґрунтування удосконаленої схеми аеродинамічного сепаратора

Принцип роботи сепаратора полягає в зміні повітряним потоком траєкторії вільного падіння зерна. Далі початковий матеріал розподіляється за фракціями в залежності від маси, розміру та форми.

Принцип роботи

Вихідний матеріал (зерно), подається в приймальний бункер, де під власною вагою розподіляється по всій його ширині і рівномірним потоком надходить в камеру сепарації. Завдяки потужному ламінарному повітряному потоку в першу чергу відсіваються важкі домішки і каміння, які випадають в першу фракцію. Насіннєве зерно потрапляє у другий і третій лотки. Четвертий і п'ятий лотки використовуються для товарного зерна. Не зернові домішки, всі пошкоджені і січені зерна відносяться повітряним потоком в шостий і сьомий лотки, а легкі домішки і пил разом з відпрацьованим повітрям виходять через повітропровід сепаратора.

Калібрування і підготовка насіннєвого матеріалу проводиться за рахунок поділу за масою і парусністю культури, що робить можливим виділити найбільш велике зерно (з більшою масою) і в наслідку цього гарантує наявність здорової зародкової частини в зерні. Тим самим забезпечує високу схожість.

Дозволяє зменшити кількість посадкового матеріалу і збільшити врожайність.

Особливості конструкції сепаратора ICM-5.

Застосування імпеллера в якості силової установки вперше дозволяє звести до мінімуму на машинах подібного типу втрату потужності повітряного потоку, створеного крильчаткою: машина не має повітроводів, на подолання опору яких затрачається значна частина потужності електродвигуна. Конструктивним рішенням - розташований у повітрозабірника у верхній частині - виключено попадання в повітрозабірник пристрою дрібних домішок.

Принцип роботи сепаратора полягає в зміні повітряним потоком траєкторії вільного падіння зерна. Далі початковий матеріал розподіляється за фракціями в залежності від маси, розміру та форми.

Зерно подається в бункер, розподіляється по ширині лотка під власною вагою, і, таким чином, надходить рівномірним потоком в камеру сепарації, де і відбувається його поділ за масою, розміром та формою. Розподілене по фракціях зерно потрапляє у відповідні лотки. На відміну від аналогічних сепараторів, ICM

за один сезон окупується 2-3 рази. Це стає зрозумілим після нескладних підрахунків.

На сепараторі зерна ICM можна очищати і калібрувати насіння таких культур: пшениця, кукурудза, соняшник, ячмінь, сорго, просо, рис, овес, горох, сочевиця, соя, ріпак, гречка, люпин, гірчиця, льон, кава боби, насіння трав, насіння овочів та насіння баштанних. Обробка зерна в сепараторах ICM може

проходити в 4 режимах – Попереднє очищення зерна; – Первинна очистка зерна; – Калібрування зерна (сортуння зерна); – Змішаний режим (одночасна очищення та калібрування). ICM не є самохідним. Він може бути

укомплектований колесами, для можливості його переміщення, або встановлюватися стаціонарно. При використанні сепаратора ICM в складському приміщенні, його потрібно додатково обладнати навантажувачем і зробити пристосування для відводу каліброваного зерна з фракцій. Зерновий сепаратор

ICM-30 не вимагає складного технічного обслуговування. Іноді слід проводити зовнішню очистку, внутрішнє очищення сепаратор проводить сам, при роботі в реверсному режимі.

Одним з недоліків сепаратора ICM це відсутність завантажувального пристрою для подачі зернової суміші в бункер.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

НУБІП України

Експериментальні дослідження спрямовані на отримання необхідних даних для математичного моделювання процесу пневмосепарування зернових сумішей, перевірку теоретичних закономірностей руху частинок сумішей у пневматичному вертикальному та похилому каналі, вибір геометричних розмірів робочого органу та оптимальних режимів роботи сепаратора, визначення ефективності його роботи на підставі аналізу результатів очистки основних зернових культур від важковідділюваних домішок та біологічно неповноцінних (без зародків) насінин культури.

НУБІП України

3.1. Програма експериментальних досліджень

Відповідно до поставленого завдання лабораторні та експериментальні дослідження включали:

НУБІП України

- визначення основних фізико-механічних (геометричних розмірів, маси 1000 насінин, коефіцієнтів зовнішнього та внутрішнього тертя) та аеродинамічних (критичної швидкості витання, коефіцієнта парусності) властивостей компонентів сумішей зернових і технічних культур;

НУБІП України

- дослідження наявності в насіннєвій суміші неповноцінних (без зародків) насінин;
- здійснення пошуку нових ознак подільності компонентів сумішей та встановлення можливості відділення з них неповноцінних насінин;

НУБІП України

- перевірку розробленої математичної моделі поведінки частинок насіннєвої суміші, в сепарувальному каналі пневмоелектричного сепаратора;
- дослідження подільності насіннєвих сумішей у каналі аеродинамічного сепаратора за аеродинамічними властивостями компонентів сумішей;

НУБІП України

3.2. Методика визначення посівних якостей насіння

Посівні якості насіння – це чистота насіння, його схожість, енергія проростання, маса 1000 насінин, посівна або господарська придатність, вологість, зараженість хворобами та шкідниками тощо [69].

Для дослідження якості насіння згідно ДСТУ 4138-2002 „Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості відбирався середній зразок і проводилось його дослідження. Середній зразок повинен характеризувати всі особливості великої насінної партії. Партією насіння називають певну кількість однорідного насінного матеріалу однієї культури, сорту, репродукції, року врожаю та походження тощо.

Середній зразок брався з партії насіння відповідної величини (для злакових трав – 10 центнерів), яке після збирання було очищене та підсушене. Пробу відбирали спеціальними щупами у різних місцях партії насіння.

Чистота насіння – це вміст у відсотках в досліджуваному посівному матеріалі основної культури. Для її визначення відважений насінний матеріал розбирали на фракції:

- а) повноцінне насіння основної культури;
- б) пошкоджене насіння основної культури;
- в) насіння інших культурних рослин;
- г) насіння бур'янів, сміття.

Маса 1000 насінин характеризує натуру насіння і є важливим показником його посівної якості. Також цей показник суттєво впливає на аеродинамічні властивості. Визначення маси 1000 насінин проводили за допомогою аналітичних терезів WA – 31 з точністю зважування 0,001 гр.

Згідно ДСТУ 4138-2002 за умов використання певної кількості насіння використовують один із двох методів: вісім повторів по сто насінин або два повтори по 500 насінин. Однак через малу масу насінин і для підвищення точності досліджу відбирали 5 проб по 1000 насінин, зважували кожену із точністю 0,001 гр, після чого обчислювали середньарифметичне мас 5 проб, їх суму, а також фактичну розбіжність між ними. Якщо фактична розбіжність перебувала в межах допустимого – 3 % від середньарифметичного значення, аналіз вважали

достовірним. За його результат вважали середнє значення із заокругленням до другого десяткового знака. У випадку, коли фактична розбіжність перевищувала допустиму, брали ще одну пробу. Кінцевий результат обчислювали за тими пробами, фактичні розбіжності між якими перебували у допустимих межах.

3.3. Методика визначення фізико-механічних властивостей компонентів зернових сумішей

3.3.1 Визначення геометричних параметрів насінин

Геометричні параметри компонентів сумішей, які піддавались сепаруванню, визначали з метою їх використання як ознаки подільності досліджуваних насінневих сумішей.

Під час проведення експериментів досліджувались основні геометричні параметри (довжина, ширина, товщина) насіння кукурудзи і соняшника. Дослідження проводились за температури навколишнього середовища 18°C і вологості не більше 80 % двостороннім штангенциркулем ШЦ-1 (рис. 3.1).



Рисунок 3.2. Вимрювання розмірів насінини 1 – штангенциркуль ШЦ-1, 2 – насінини

За досліджуваними геометричними розмірами – товщиною, шириною та довжиною склали варіаційні ряди розподілу насінин багаторічних злакових трав та їх засмічувачів. Підсумувавши частоти кожного із цих рядів, будували емпіричні інтегральні криві розподілу. За перекриттям цих кривих робили

висновок щодо можливості використання основних геометричних розмірів як ознак подільності [27].

Отримані результати використовували також як вихідні дані для теоретичного моделювання насінин. Результати визначення геометричних розмірів досліджуваних насінин злакових насіння наведені в розділі 3.4.

3.3.2. Дослідження розділення зернової суміші на решеті.

При роботі решета, що коливається, із зернової суміші одні компоненти сходять з нього, а інші проходять крізь отвори ("схід", "прохід"). Сходять більш крупні компоненти, а проходять ті, товщина чи ширина яких менша, ніж розмір отвору решета (довгастого чи круглого).

Якість роботи зерноочисних машин оцінюють коефіцієнтом повноти розділення ϵ_P , який визначають за формулою:

$$\epsilon_P = \frac{q_p}{q_u},$$

де q_p - маса (вага) компонентів (домішок, фракцій) зернової суміші, що пройшли крізь отвори решета ("прохід"); q_u - маса (вага) всіх домішок (некондиційних фракцій), що знаходяться у вихідній зернової суміші.

Теоретично і практично доведено, що із збільшенням довжини решета коефіцієнт повноти розділення ϵ_P зернової суміші зростає. Якщо $\epsilon_P = 0,8$,

то це вважається висока якість очистки; $\epsilon_P = 0,65$ - середня; $\epsilon_P = 0,5$ - низька.

Задавшись значенням коефіцієнта повноти розділення, можна експериментальним шляхом визначити необхідну довжину решета для певних умов роботи.

Обладнання і прилади. Для виконання роботи передбачено: спеціальна установка, зернова суміш, секундомір, ваги, мірна лінійка

Установка (рис. 3.3.) має три решета 5, 6 і 10, ложки 9, бункер 3 з регульованою заслінкою 4, електродвигун, механізм привода решітного стану і раму 1, що спирається на колеса А і В.

Зернову суміш засипають у бункер 3, а подачу на колосове решето 5 регулюють зміною ширини щілини заслінкою 4.

При включенні електродвигуна за допомогою пасової передачі, кривошипно-шатунного механізму і підвісок 2 решета приводяться в коливальний рух.

"Схід" І крупних домішок з колосового решета 5 поступає в лоток 9 (q_1), "схід" q_5' з сортувального решета 10 — це є зерно, що очищають; "прохід" II дрібних домішок через підвісне решето 6 і сортувальне 10 поступає в лотки 9 (q_1, q_2, q_3, q_4). Кут нахилу α решета до горизонту регульований.

Зерно зважувалив кожній місткості окремо (q_1, q_2, q_3, q_4, q_5') і результати занести в табл.3.1.

Наважку зерна q_5' засипати в бункер і досліди повторити.

Результати q_1, q_2, q_3, q_4, q_5' занести в табл. 3.1.

Досліди повторювати до повного розділення (воно відбудеться тоді, коли не буде проходу зерна в лотки). Сума наважок проходів і буде вага домішок (некондиційних фракції), що знаходяться у вихідній зерновій суміші, тобто

$$q_1 + q_2 + q_3 + \dots + q_7 + q_8 + \dots + q_n = q_n$$

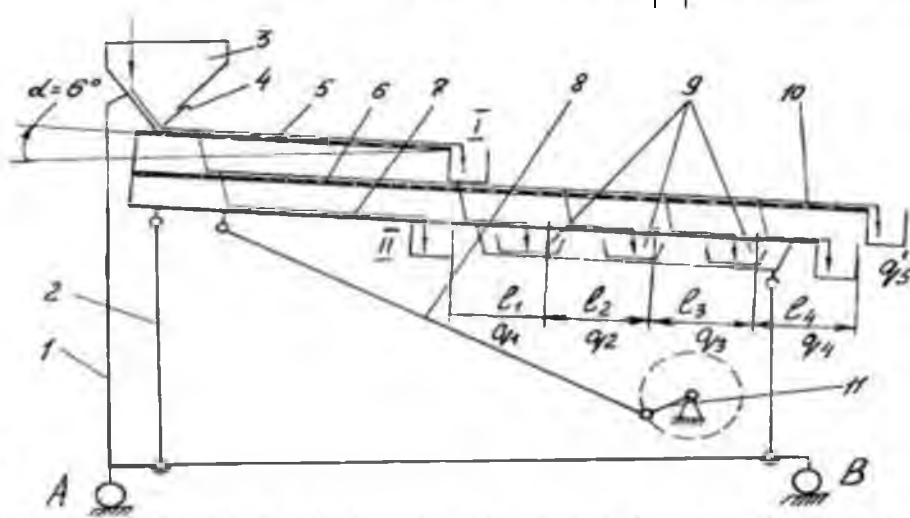


Рис. 3.3. Схема експериментальної установки:

I - „схід” крупних домішок; II - „прохід” дрібних домішок; 1 - рама; 2 - підвіска; 3 - бункер; 4 - заслінка; 5 - колосове решето; 6 - підсівне решето; 7 - скатна дошка; 8 - шатун; 9 - лотки; 10 - сортувальне решето; 11 - кривоцили; А і Б - колеса; q_1, q_2, q_3, q_4 - вага домішок; q_5' - вага зерна, що очищають („схід”); l_1, l_2, l_3 і l_4 - довжина ділянок решіт.

За результатами табл. 1.1 визначити вагу домішок, що знаходиться у вихідній зерновій суміші (q_u), і визначити коефіцієнт повноти розділення залежно від довжини решета (див. табл. 2) за формулою:

$$\varepsilon_{pn} = \left(\sum_{i=1}^n q_i + q_n \right) / q_u$$

Результати розрахунків занести в таблицю 1.2. В таблиці 1.2 прийняті позначення:

l_1, l_2, l_3 і l_4 - довжини ділянок решета, під якими встановлені лотки (див. рис. 1.1); $l_1 = 0,1$ м; $l_2 = 0,17$ м; $l_3 = 0,135$ м; $l_4 = 0,135$ м; $q_1, q_2, q_3 \dots q_n$ - маса (вага) домішок в певному лотку; q_u - вага домішок „проходу” у вихідній зерновій суміші.

За результатами таблиці 1.2 побудувати графік „Залежність коефіцієнта повноти розділення зернової суміші від довжини решета при $\alpha = \dots^\circ$, тобто

$$\varepsilon^p = f(L)$$

З графіка визначити довжину решета, яка забезпечує високу ($\varepsilon^p = 0,8$), середню ($\varepsilon^p = 0,65$), низьку ($\varepsilon^p = 0,5$) якість розділення зернової суміші.

3.3.3. Визначення оптимальної швидкості повітряного потоку в каналі пневмоколони

Оптимальна швидкість - це така швидкість повітряного потоку в каналі, при якій легкі домішки із зернової суміші виділяються у відходи повністю, а лише один відсоток (1%) зерна, що очищається, попадає у відходи, тобто

$$V_0 < V_n < V_3$$

де V_0 - критична швидкість легких домішок (0,75... 5,25 м/с);

V_n - швидкість повітряного потоку в каналі;

V_z - критична швидкість зерна (для пшениці 9,0... 11,5 м/с).

Швидкість повітряного потоку в каналі визначають експериментально при паспортній продуктивності пневмоколонки ОПС-2 (для пшениці 2 т/год) за допомогою витратоміра 3 (рис.2.1).

Так, як витрата повітря дорівнює

$$Q = V_n \cdot \frac{\pi d^2}{4} \cdot L$$

де $d = 10$ мм - діаметр отвору трубки 10 (рис. 2.1).

Швидкість повітряного потоку можна визначити і по манометру 8. В даній роботі передбачено використовувати витратомір.

Обладнання і прилади. Для виконання роботи передбачені: спеціальна установка (пневмоколонка ОПС-2), ваги, секундомір, мірна лінійка та зернова суміш, наприклад - неочищена пшениця при загальній масі (вазі) - 2кг.

Схема пневмоколонки показана на рис. 2.1.

Процес очистки пшениці від легких домішок проходить так. Зернова суміш із бункера 7 поступає через щілину, що регулюють заслінкою 6, на похилу решітку 9. Завдяки повітряному потоку, що створюється вентилятором 1, легкі домішки виносяться в лоток 4. Повітря і пил виходять у трубу 5. Очищене зерно (пшениця) з решітки сходять в лоток 2.

Швидкість повітряного потоку регулюють зміною ширини щілини між заслінкою 11 і кожухом вентилятора.

Подачу зернової суміші (продуктивність пневмоколонки) регулюють зміною ширини щілини між заслінкою 6 і днищем бункера 7.

Витрату повітря (л/с) контролюють по витратоміру 3. При цьому на показнику витратоміра використовують шкалу, яка відповідає діаметру ($d = 10$ мм, чи $d = 20$ мм) трубки 10.

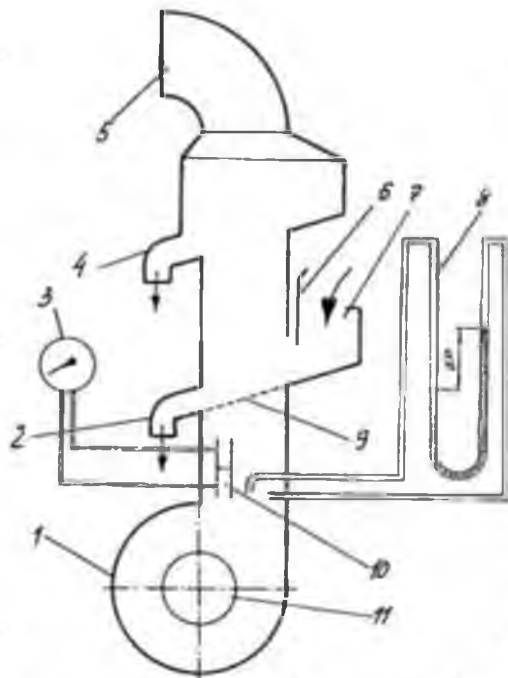


Рис. 3.4. Схема експериментальної установки (пневмоколони ОПС-2).

1 – вентилятор; 2 – лотік очищеного зерна; 3 – витратомір; 4 – лотік легких домішок; 5 – труба; 6 – заслінка бункера; 7 – бункер; 8 – манометр; 9 – решітка; 10 – трубка витратоміра; 11 – заслінка вентилятора

3.3.4. Визначення оптимальної швидкості повітряного потоку в каналі аеродинамічного сепаратора.

Вихідний матеріал (зерно), подається в приймальний бункер, де під власною вагою розподіляється по всій його ширині і рівномірним потоком надходить в камеру сепарації. Завдяки потужному ламінарному повітряному потоку в першу чергу відсіваються важкі домішки і каміння, які випадають в першу фракцію. Насіннєве зерно потрапляє у другий і третій лотки. Четвертий і п'ятий лотки використовуються для товарного зерна. Не зернові домішки, всі пришкоджені і січені зерна відносяться повітряним потоком в шостий і сьомий лотки, а легкі домішки і пил разом з відпрацьованим повітрям виходять через повітропровід сепаратора.

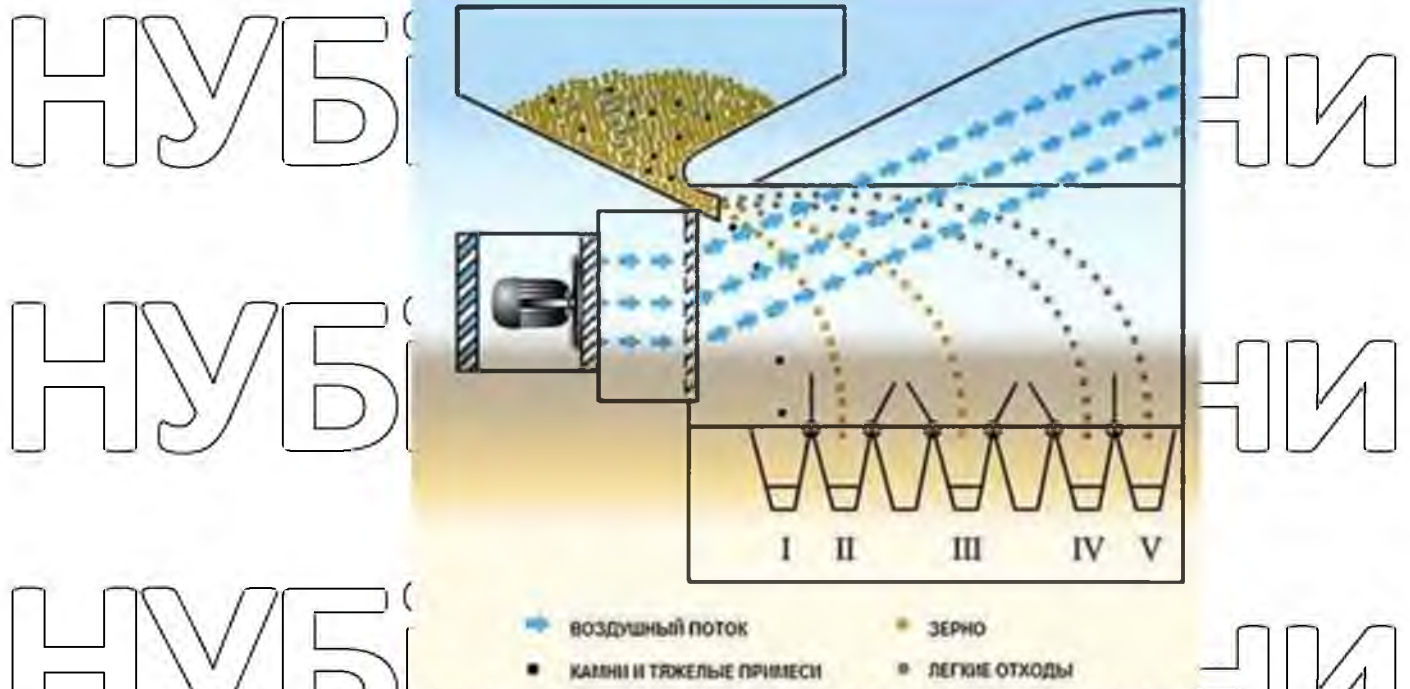


Рис. 3.5. Принцип роботи аеродинамічного сепаратора ІСМ-5

3.3.5. Визначення фізико-механічних властивостей зернового матеріалу

Короткі теоретичні відомості. Згідно закону Амонтона (1699 р.) силу тертя F одного матеріалу по другому визначають по формулі:

$$F = fN,$$

де f - коефіцієнт тертя;

N - нормальна реакція.

Якщо тіло рухається рівномірно по горизонтальній площині під дією сили P (рис. 4.1), то виникне при цьому сила тертя F . Нормальна реакція буде дорівнювати силі ваги mg тіла, тобто

$$N = mg.$$

Рівнодійна сил F і N є R , а кут між P і N - φ (кут тертя).

Із формули (1) маємо

$$f = \frac{F}{N}$$

а із рис. 4.1.

НУБІП УКРАЇНИ

Отже, виходить, що коефіцієнт тертя дорівнює тангенсу кута тертя

НУБІП УКРАЇНИ

Отже, виходить, що коефіцієнт тертя дорівнює тангенсу кута тертя

Коефіцієнт f , в даному випадку зовнішнього тертя, можна визначити, розмістивши матеріал на площині, кут нахилу α якої регульований (рис. 3.4.).

Збільшуючи кут нахилу площини до початку ковзання матеріалу по поверхні, заміряють його кутоміром.

$$\alpha = \varphi .$$

Залежність знаходять із таких міркувань.

В момент початку ковзання (див. рис. 3.4.) сила, що зрушує матеріал буде $mg \sin \alpha$ (складова розкладання сили ваги mg).

Умова рівномірного руху

$$mg \sin \alpha = F = N \operatorname{tg} \varphi .$$

НУБІП УКРАЇНИ

Так, як

рівняння матиме вигляд

$$N = mg \cos \alpha$$

$$mg \sin \alpha = mg \cos \alpha \operatorname{tg} \varphi$$

НУБІП УКРАЇНИ

або

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \varphi ,$$

$$\alpha = \varphi$$

Кут внутрішнього тертя φ_0 (наприклад, пшениця по пшениці) ще називають

кутом природного укосу β , тобто $\beta = \varphi_0$

Визначення φ_0 базується на тому, що будь яка частина утримується на схилі в рівновазі із-за умови (рис. 3.5)

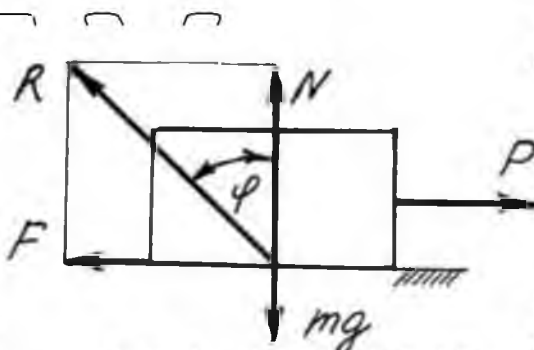
$$mg \sin \beta = mg \cos \beta \operatorname{tg} \varphi_0$$

звідки

НУБІП України

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \beta &= \operatorname{tg} \varphi_0, \\ \beta &= \varphi_0. \end{aligned}$$

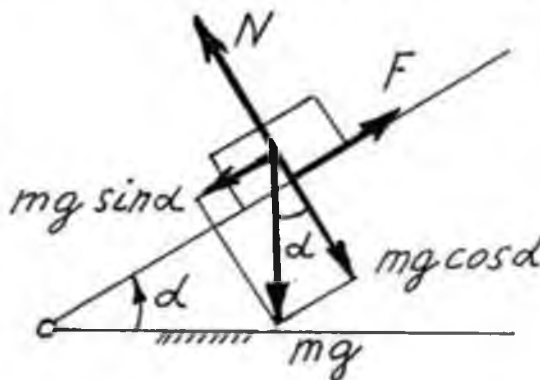
НУБІГ іїни



НУБІГ іїни

Рис. 3.5. До визначення коефіцієнта зовнішнього тертя

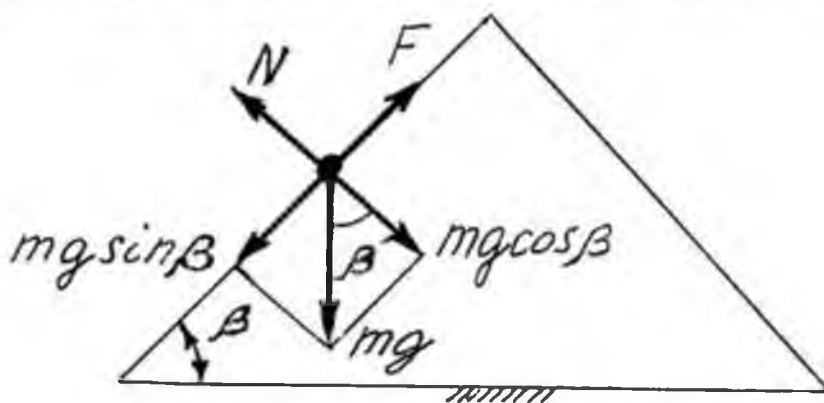
НУБІГ іїни



НУБІГ іїни

Рис. 3.6. До визначення кута зовнішнього тертя

НУБІГ іїни



НУБІГ іїни

Рис. 3.7. До визначення коефіцієнта внутрішнього тертя

Обладнання і прилади. Для проведення дослідів передбачені: установка для визначення зовнішнього кута тертя, установка для визначення внутрішнього

коєфіцієнта тертя, мірний стакан для визначення об'ємної ваги матеріалу, ваги, зерновий матеріал (бажано п'ять видів).

Установка для визначення зовнішнього кута тертя має станину 1 (рис. 3.8), гвинтовий механізм 4, платформу 3 для кріплення різних видів поверхонь (сталь, дерево і ін.) та кутомір 2 для визначення кута нахилу платформи.

Обертаючи гвинт маховичком гвинтового механізму 4 змінюють кут нахилу платформи.

Зерновий матеріал укладають на поверхню платформи.

Момент руху зернового матеріалу фіксують по куту нахилу платформи

кутоміром

Установка для визначення внутрішнього коєфіцієнта тертя складається з циліндра 1 (рис. 3.9), гвинта 2 з маховичком 5, диска 3 з гайкою і напрямним отвором та мірної лінійки 4.

Коли обертати гвинт, диск з лінійкою переміщується уверх чи вниз впоодовж напрямного штиря 5, що жорстко закріпленний до днища циліндра.

Мірний стакан виготовлений із металу, має масу (вагу) 520г і об'єм 2 л (2000 см^3).

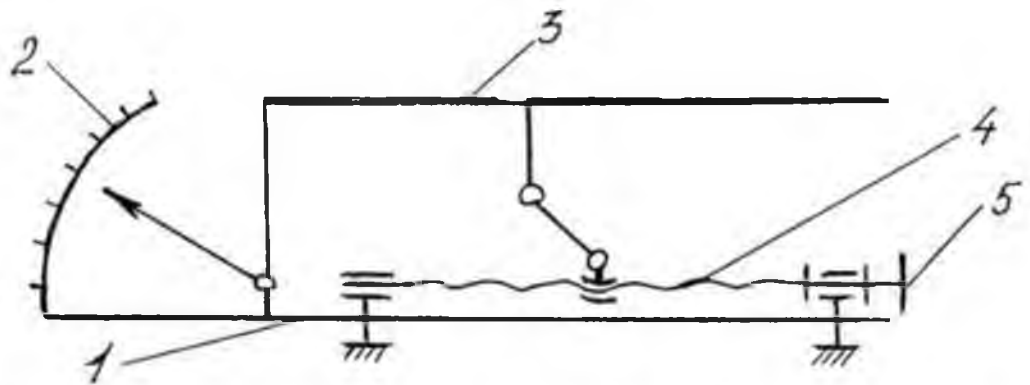
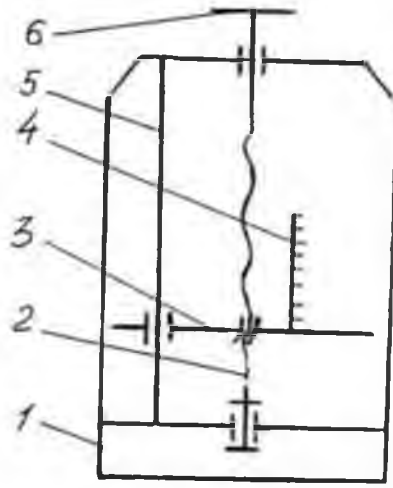


Рис.3.8. Схема установки для визначення кута зовнішнього тертя.

НУБІП



АІНИ

НУБІП

АІНИ

Рис. 3.9. Схема установки для визначення коефіцієнта внутрішнього тертя:

1-циліндр; 2-гвинт; 3-диск; 4-мірна лінійка; 5-пап'ямний штир; 6-маховичок.

НУБІП України

3.4. Результати досліджень.

3.4.1 Геометричні розміри насіння досліджуваних культур

Важливим показником посівної якості насіння є маса 1000 насіння. Він характеризує вагові характеристики, їх виповненість, а також суттєво впливає на

аеродинамічні, електричні властивості. Крім цього, він служить для розрахунку

визначення норми висіву і виражається у грамах. Визначення маси 1000 насіння

проведено за методикою, наведеною в п. 3.3. Точність зважування становила 0,001 гр.

НУБІП України

Результати зважування та середнє значення маси 1000 насіння подано у

табл. 3.1.

Розміри насіння соняшнику знаходяться в межах: довжина 5-25 мм; ширина 4,3-10 мм; товщина 4-7 мм в залежності від сорту насіння і агротехнічних умов.

Маса 1000 насіння соняшнику знаходиться в межах 40-100г в залежності від

сорту і умов вирощування. В. В. Белобородов провівши дослідження, вказав, що

критична швидкість насіння соняшнику в залежності від абсолютної маси і

розмірів насіння знаходиться в межах 3,2-8,9 м/с. Також він відмітив, що із

підвищенням вологості загальна маса насіння соняшнику збільшується. На

таблиці 1.1 представлена характеристика насіння соняшника [2].

НУБІП України

Таблиця 3.1 Характеристика насіння соняшника

Найменування	Маса 1000шт, г	Насінна щільність, г/л	Питома маса, г/см	Еквівалентний діаметр, мм
Одеський 122	61,66	404	0,728	5,45
Харьковський	67,00	410	0,748	5,55
Запорізький 9	58,46	421	0,745	5,31
Запорізький 10	52,28	430,9	0,738	5,13
Запорізький 12	57,62	426,9	0,741	5,30
Запорізький 14	62,73	419,5	0,735	5,46
Запорізький 16	56,15	436,9	0,753	5,22
Запорізький 18	43,87	462,8	0,779	4,76

В таблиці 3.2 представлені вимоги до посівного матеріалу соняшника першого покоління [2, 3].

Таблиця 3.2 Вимоги до посівного матеріалу соняшника першого покоління

Показник	Якість сорту	
	I клас	II клас
Чистота насіння, %	99	98
Насіння інших рослин на 1кг, шт	7	20
Енергія проростання, %	90	85
Схожість, %	95	90

Вологість насіння, % (не більше)	8	10
Вологість насіння страхового фонду, %	7	7
Маса насіння 1000 шт, г	90-110	80-100

В таблиці 3.3 представлені результати дослідження насіння соняшника.

Таблиця 3.3 – Характеристика досліджувального насіння соняшника

Найменування	Маса 1000 шт, г	Насипна щільність, г/л	Питома маса, г/см ³	Еквівалентний діаметр, мм
Одеський 122	58,42	392	0,725	5,44
Харьковський 49	62,76	403	0,738	5,50
Запорізький 14	59,23	413,6	0,729	5,40

Основні геометричні розміри насінини (довжина, ширина, товщина) були визначені відповідно до розробленої методики (див. підрозділ 3.4.1).

На основі проведених вимірювань побудовано варіаційні ряди розподілу, та сформовано емпіричні накопичені частоти насінин багаторічних злакових трав та їх важковідділюваних домішок за основними геометричними розмірами – товщиною (табл. 4.3), шириною, довжиною.

Таблиця 3.4. Фізико-механічні властивості зерна кукурудзи

Кукурудза	Розмір, мм			Об'єм, V , мм ³	Площа зовнішньої поверхні, F , мм ²	Питома поверхня зернівки, F/V	Сферичність, φ	Об'єм на маса, кг/дм ³
	Довжина, l	Ширина, a	Товщина, b					
Гібрид ПР39Б58	11,90	7,90	4,60	216,20	274,07	1,27	0,63	0,70

За даними джерел літератури	5,50–13,50	5,00–11,50	2,50–11,50	167,00–232,00	192,40–243,40	1,00–1,40	0,58–0,80	0,63–0,75
	10,20*	7,60*	4,70*	180,40*	228,00*	1,10*	0,68*	0,73*

Таблиця 3.5. Емпіричні накопичені частоти насінин багаторічних злакових трав та засмічувачів за товщиною.

Досліджувана культура				
Розміри, мм	Грястиця збірна	Пирій повзучи	Канарник й очеретний	Костриця
0,45...0,5	0	0	0	0
0,55...0,6	27	0	18	5
0,61...0,65	65	9	43	18
0,66...0,7	87	30	73	46
0,71...0,75	100	75	95	85
0,76...0,8		100	100	100

3.4.2. Вимірювання швидкості повітряного потоку в каналі аеродинамічного сепаратора.

Швидкість повітряного потоку у вертикальному каналі пневмоелектросепаратора регулювали частотою обертання вентилятора змінюючи частоту струму живлення приводу перетворювачем АСФ 110.

Значення даного показника на вході і виході сепаратора при зміні частоти струму живлення електродвигуна приводу вентилятора із кроком 0,5 Гц, подано в табл. 3.6.

Таблиця 3.6. Швидкість повітряного потоку на вході та виході сепаратора

№ дослідів	Частота струму живлення приводу вентилятора, Гц	$V_{вх},$ м/с	$V_{вих},$ м/с
1	9,0	2,41	1,21
2	9,5	2,63	1,28
3	10,0	2,63	1,30

4	10,5	2,77	1,50
5	11,0	3,00	1,62
6	11,5	3,23	1,72
7	12,0	3,45	1,82
8	12,5	3,67	1,92
9	13,0	3,89	2,02
10	13,5	4,11	2,12
11	14,0	4,33	2,22
12	14,5	4,55	2,32
13	15,0	4,77	2,42
14	15,5	4,99	2,52
15	16,0	5,21	2,62
16	16,5	5,43	2,72
17	17,0	5,65	2,82
18	17,5	5,87	2,92
19	18,0	6,09	3,02
20	18,5	6,31	3,12

За даними, табл. 3.6. побудовано залежність швидкості повітряного потоку на вході та виході сепаратора від частоти струму, що подається на електродвигун приводу вентилятора (рис. 3.1).

Аналіз отриманих залежностей засвідчив наступне:

при лінійній зміні частоти струму, що живить електродвигун приводу вентилятора повітряного сепаратора, швидкість повітряного потоку змінюється майже лінійно, але не прямопропорційно;

- швидкість повітря на вході у сепаратор менша на 90 %, ніж на виході із нього, незважаючи на те, що повітряний потік проходить через два сепарувальні канали та фільтрувальну секцію;

- збільшення швидкості повітряного потоку на виході із пневмосепаратора відбувається внаслідок зменшення поперечного перерізу, що збільшує опір проходження повітряного потоку;

- необхідна для ефективного сепарування швидкість повітряного потоку на вході в сепарувальний канал, яка повинна бути більшою 4,5 м/с, досягається при частоті струму 24 Гц.

НУБІП України

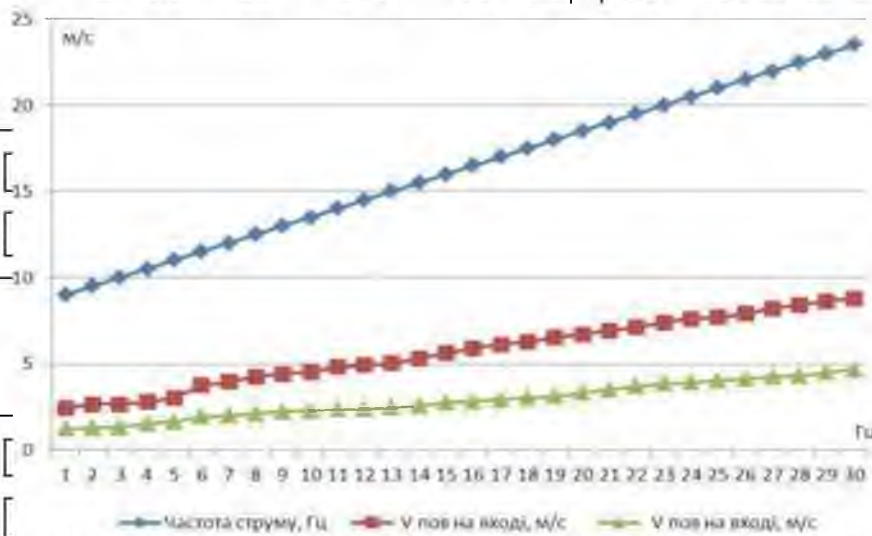


Рисунок 3.1. Залежність швидкості повітряного потоку від частоти струму, що подається на електродвигун приводу вентилятора Гц., м/с

3.4.3. Результати визначення аеродинамічних властивостей

Дослідження аеродинамічних властивостей досліджуваних компонентів насінневої суміші проведено відповідно методики наведеної в п.3.8.

Результати визначення аеродинамічних властивостей досліджуваних культур та їх важковідділюваних бур'янів подано в табл. 3.7.

Таблиця 3.7. Аеродинамічні властивості досліджуваних культур та їх важковідділюваних бур'янів

№	Культура	Частота струму, що подається на привід вентилятора, Гц	Швидкість повітряного потоку, м/с		Коефіцієнт парусності, K_p	
			від	до	від	до
Багаторічні злакові трави						
1	Костриця червона	22...23	2,1	2,3	2,22	1,82

2	Райграс пасовищний	31	3	3,3	0,1	0,9
3	Стоколос безостий	20...24	2,3	2,7	1,85	1,34
4	Костриця лучна	20...23	2,2	2,7	2,03	1,34
5	Капарник очеретяний	19...22	2,2	2,5	0,2	1,57
6	Костриця очеретяна	22...23	2,5	2,8	1,56	1,25
7	Грястиця збірна	18...22	2,1	2,5	2,2	1,57
Важковідділювані бур'яни						
8	Медунка	21...23	2,1	2,3	2,22	1,82
9	Гирій	18...24	2,1	1,8	2,24	1,26

Проаналізувавши результати отриманих значень коефіцієнта парусності, можна зробити висновок, що його значення є дуже близьким для більшості досліджуваних культур та основних важковідділюваних бур'янів. Це підтверджує гіпотезу про неможливість їх ефективного розділення в повітряному потоці та доцільність інтенсифікації даного процесу, використовуючи додатковий силовий вплив на насінини культури і бур'яну.

Таблиця 3.8. Аеродинамічні параметри домішок, що засмічують склад зернового вороху (ЗВ) кукурудзи

Домішки	Швидкість витання, м/с	Коефіцієнт парусності
Просо півняче	2,2...4,4	0,51...2,02
Лобода біла	2,1...5,5	0,32...2,22
Рослинні рештки	1,8...10,0	0,1...3,02
Зерно кукурудзи повноцінне	12,4...14,0	0,06...0,07
Кукурудза шунна	7,3...9,8	0,1...0,18

Кукурудза бита вздовж	7,7...10,5	0,09...0,16
Кукурудза бита впоперек	10,5...11,8	0,06...0,09

НУБІП України

Опираючись на дані таблиці можна зробити наступний висновок: повну очистку зернового вороху кукурудзи, який містить вищесписані домішки, можна здійснити на повітряних та аеродинамічних сепараторах, де забезпечується

наступна умова: швидкість повітряного потоку в пневмосепаруючому каналі

НУБІП України

повітряного сепаратора та в робочій зоні сепаратора повинна знаходитися в межах 10...12 м/с. При швидкості руху повітряного потоку вище 6...7 м/с можлива сепарація двох видів бур'янів (дані щодо швидкості витання ширші звичайної відсутні), ґрунту та частини зернових і рослинних решток.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗРОБКИ

Оцінку економічного ефекту від використання модернізованого аеродинамічного сепаратора проведемо в порівнянні приведених затрат серійної та модернізованої конструкції машин з урахуванням комплексу технікоексплуатаційних та економічних показників, таких як: продуктивність агрегату, чисельність обслуговуючого персоналу, енергетичні витрати, балансова вартість трактора та сільськогосподарських машин в агрегаті, експлуатаційні витрати з розрахунку на одиницю роботи, питомі капіталовкладення, а також приведені витрати.

Для порівняння беремо серійний аеродинамічний сепаратор (серійна машина) ІСМ-5 та удосконалений нами (модернізована машина).

Так, експлуатаційні витрати по агрегату при виконанні технологічної операції з розрахунку на одиницю роботи будемо визначати за формулою:

$$C_{\text{з.с.т.}} = A \quad (6.1)$$

де $З$ – оплата праці (основна і додаткова) з нарахуваннями, грн;

G – вартість електроенергії, кВт

T_p – витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн; A – амортизаційні відрахування, грн.

Показники, які входять до складу формули (6.1), будемо визначати в наступному порядку.

Оплата праці персоналу, що обслуговує машинно-тракторний агрегат:

$$(6.2)$$

де $З_0$ – тарифна ставка за зміну оператору, грн;

N – кількість операторів;

K – коефіцієнт додаткової оплати;

$W_{\text{зм}}$ – змінна норма виробітку, т;

НУВБІП УКРАЇНИ

Підставимо значення у формулу (6.2) і проведемо розрахунок для серійної та модернізованої машини:

для серійної машини:

НУВБІП УКРАЇНИ

де $Z_0 = 200$ грн; $N = 2$; $K = 1.2$; $W_{зм} = 40$ т.

для модернізованої машини:

де $Z_0 = 200$ грн; $N = 1$; $K = 1.2$; $W_{зм} = 40$ т.

НУВБІП УКРАЇНИ

При цьому оплата праці визначається виходячи з мінімальної заробітної плати, встановленої законодавчо. Дану заробітну плату повинні одержувати працівники, зайняті на ручних роботах в рослинництві, що виконують роботу за першим тарифним розрядом. Для визначення тарифних ставок інших розрядів використовуються міжрозрядні коефіцієнти. Додаткова оплата праці встановлюється залежно від фінансового стану підприємств. Нарахування на фонд оплати праці (пенсійне забезпечення, соціальне страхування, страхування від нещасного випадку на виробництві та інші заходи) встановлюються в розмірі 37,2% (для сільськогосподарських товаровиробників, що не є платниками фіксованого сільськогосподарського податку).

НУВБІП УКРАЇНИ

Додаткова оплата праці встановлюється залежно від фінансового стану підприємств. Нарахування на фонд оплати праці (пенсійне забезпечення, соціальне страхування, страхування від нещасного випадку на виробництві та інші заходи) встановлюються в розмірі 37,2% (для сільськогосподарських товаровиробників, що не є платниками фіксованого сільськогосподарського податку).

НУВБІП УКРАЇНИ

фіксованого сільськогосподарського податку).

Вартість електроенергії витраченої на одиницю роботи агрегату:

$$G = q \cdot Ц, \quad (6.3)$$

де q – витрати електроенергії на одиницю роботи, кВт·год/т;

$Ц$ – ціна на електроенергію (відповідно до ринкових умов), грн/кВт·год.

НУВБІП УКРАЇНИ

Підставимо значення у формулу (6.3) і проведемо розрахунок для серійної та модернізованої машини:

для серійної машини:

$$G_c = 0.11 \cdot 2.23 = 0.25 \text{ грн/т}$$

НУВБІП УКРАЇНИ

де $q = 0.11$ кВт·год/т; $Ц = 2.23$ грн/кВт·год, для модернізованої машини:

$$G_m = 0.26 \cdot 2.23 = 0.58 \text{ грн/т}$$

де $q = 0.26$ кВт·год/т; $Ц = 2.23$ грн/кВт·год.

Витрати на ремонт і технічне обслуговування агрегату в розрахунку на одиницю роботи:

НУБІП України (6.4)

де B – балансова вартість агрегату, грн;

C – норма відрхувань на ремонт і технічне обслуговування, (5 %);

W – продуктивність агрегату за 1 год змінного часу, т/год; T – річна зайнятість агрегату, год.

НУБІП України

Підставимо значення у формулу (6.4) і проведемо розрахунок для серійної та модернізованої машини:

для серійної машини:

НУБІП України

де $B = 29000$ грн, $C = 5\%$; $W = 5$ т/год; $T = 550$ год.

для модернізованої машини:

НУБІП України

де $B = 36000$ грн, $C = 5\%$; $W = 5$ т/год; $T = 550$ год.

Амортизаційні відрхування (грн/т) по агрегату:

(6.5)

де a – норма амортизаційних відрхувань по агрегату, (20 %);

Амортизаційні відрхування визначаються відповідно до тривалості використання основних засобів на вирощуванні окремої культури, їх балансової вартості та нормативів відрхувань. Згідно з діючим в Україні податковим

законодавством норми амортизації встановлюються у відсотках до балансової

вартості кожної з груп основних засобів на початок звітного періоду у таких

розмірах: для першої групи - 5%, для другої групи - 25% та для третьої групи -

15%

НУБІП України

Підставимо значення у формулу (6.5) і проведемо розрахунок для серійної і модернізованої машини:

для серійної машини:

НУБІП України

для модернізованої машини:

НУБІП України

Після виконання розрахунків за формулами (6.2-6.5) за допомогою формули (6.1) визначаємо експлуатаційні витрати по агрегату:

Підставимо значення у формулу (6.1) і проведемо розрахунок для серійної та модернізованої машини:

для серійної машини:

для модернізованої машини:

НУБІП України

Питомі капіталовкладення (грн/т) відносно агрегату розраховують за формулою:

(6.6)

Підставимо значення у формулу (6.6) і проведемо розрахунок для серійної та модернізованої машини:

для серійної машини:

для модернізованої машини:

НУБІП України

Приведені витрати (грн/т) щодо агрегату розрахуємо за формулою:

$$\Pi = S + E_H \cdot K_n, \quad (6.7)$$

де E_H – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень, ($E_H = 0.15$);

Підставимо значення у формулу (6.7) і проведемо розрахунок для серійної та модернізованої машини:

для серійної машини:

для модернізованої машини:

НУБІП України

Як походить з наведеної методики розрахунку економічної ефективності сільськогосподарського агрегату, критеріальним показником при визначенні економічної ефективності варіанту комплектування агрегату є приведені витрати.

Покращення економічної ефективності розроблюваного агрегату спостерігається за рахунок підвищення його продуктивності. Підвищення годинної продуктивності агрегату відбувається за рахунок покращення технологічних параметрів, коефіцієнта використання часу зміни 0,9

Економічний ефект від впровадження розроблюваного агрегату визначимо за формулою:

$$E = (P_c - P_m) \cdot Q, \quad (6.8)$$

$$E = (16.47 - 11.81) \cdot 2750 = 12815 \text{ грн}$$

де Q – об'єм виробництва на рік, ($Q = 2750$ т).

Результати техніко-економічних показників аеродинамічних сепараторів заносимо в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 Техніко-економічні показники порівнюваних аеродинамічних сепараторів

Техніко-економічні показники машини	Значення показників	
	Аеродинамічний сепаратор ICM-5	Удосконалений аеродинамічний сепаратор
Годинна продуктивність агрегату, т/год	5	5
Норма виробітку за зміну, т	40	40
Витрата електроенергії, кВтгод/т (вартість електроенергії, грн/кВтгод)	0.11 (2.23)	0.26 (2.23)
Оплата праці, грн/т	12	6
Експлуатаційні витрати, грн/т	14.89	9.85

Дітомі капіталовкладення, грн/т	10,54	13,09
Приведені витрати, грн/т	16,47	11,81

Отже отриманий економічний ефект при експлуатації удосконаленої машини складатиме 12815 грн/рік. Що дозволить повністю окупили вкладення на удосконалення аеродинамічного сепаратора за 1 рік.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

ВИСНОВКИ

Сучасні технологія і комплекс машин для виробництва соняшника застарілі і не в повній мірою відповідають сучасним вимогам науково – технічного прогресу.

Критеріями оптимізації складу машинних агрегатів і комплексів машин прийнято мінімуми приведених витрат і затрат робочого часу.

Проаналізувавши результати аеродинамічних властивостей отриманих значень коефіцієнта парусності, можна зробити висновок, що його значення є дуже близьким для більшості досліджуваних культур та основних важковідділюваних бур'янів.

Розроблений нами механізований процес виробництва соняшника базується на сучасній техніці і технології. Зокрема передбачено використання комбінованих агрегатів для суміщення операцій, поєднання механічних і хімічних способів боротьби з бур'янами, механізоване збирання і післязбиральну обробку врожаю у встановлені агростроки.

Попередній економічний розрахунок свідчить про економічну доцільність впровадження проєктованого механізованого процесу аеродинамічного сепаратора. Обсяг беззбиткового виробництва насіння становить 100 т, середній прибуток від реалізації продукції 413149 грн/рік, а рівень рентабельності 47%.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Оптимізація комплексів машин і структури машинного парку та планування технічного сервісу / [Мельник І.І., Гречкосій В.Д., Бондар С.М. та ін.]. – К.:

Видавничий центр НАУ, 2004. – 151с.

2. Машиновикористання в землеробстві / Дльченко В.Ю., Нагірний Ю.П., Джолос П.А. та ін.]; за ред. В.Ю.Ільченка і Ю.П.Нагірного. – К.: Урожай, 1996. – 384 с.

3. Завалишин Ф.С. Основы расчета механизированных процессов в растениеводстве / Завалишин Ф.С. – М.: Колос, 1973. – 319 с.

4. Основи проектування технологічних процесів. Навчальний посібник / [Гречкосій В.Д., Шагров Р.В., Василюк В.І., Шейко Л.О.]. – Ніжин: «МІЛАНІК», 2009. – 111с.

5. Наукові основи агропромислового виробництва в зоні Степу України / Редкол.: М.В.Зубень, В.П.Ситник, В.О.Круть та ін.. – К.: Аграрна наука, 2004. – 844 с.

6. Економічний довідник аграрника / За ред. Ю.Я.Лузана і П.Т.Саблука. – К.: Преса України, 2003. – 800 с.

7. Троценко В.С. Соняшник: селекція, насінництво, технологія вирощування: Монографія / В.І.Троценко. – Суми: Унів. книга, 2001. – 184с.

8. Мельник І., Гречкосій В., Марченко В. Комплексна механізація виробництва соняшнику / Ж. „Пропозиція”, 2004, №11. – С. 40-41.

9. Саблук П.Т. Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур / За ред. П.Т.Саблука, Д.П. Мазоренка, Г.Є.Мазнева. – К.: ННЦ ІАЕ, 2005. – 402 с.

10. Механізовані польові роботи. Норми виробітку та витрати палива на внесення добрив, хімічний захист сільськогосподарських культур та методика їх розрахунку / Українська центральна нормативно-дослідна станція по праці: К., 1997. – 275 с.

11. Типові норми продуктивності і витрат палива на передпосівну обробку ґрунту / [Вітвіцький В.В., Лобастов І.В., Кислеченко М.Ф. та ін.]. – К.: «Укагропромпродуктивність», 2005. – 672 с.

12. Типові норми продуктивності і витрат палива на сівбі, садінні та догляді за посівами / [Вітвіцький В.В., Демчак І.М., Пивівар В.С. та ін.]. – К.: НДІ «Укагропромпродуктивність», 2005. – 544 с.

13. Типові норми продуктивності і витрат палива на збиранні

сільськогосподарських культур / [Вітвіцький В.В., Демчак І.М., Пивівар В.С.

та ін.]. – К.: НДІ «Укагропромпродуктивність», 2005. – 544 с.

14. Нормативи технологічної потреби у сільськогосподарській техніці: Рекомендації до застосування в галузі аграрного виробництва /

[Войтюк В.Д., Мельник І.І., Гречкосій В.Д. та ін.]. – Ніжин: «MILANIK», 2009. – 287с.

15. Пастухов В.І. Обґрунтування оптимальних комплексів машин для механізації польових робіт: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора

техн. наук : спец. 05.05.11. «Машини і засоби механізації

сільськогосподарського виробництва» / В.І.Пастухов. – Харків: 2004. – 38 с.

16. Танчик С.П. No Till і не тільки. Сучасні системи землеробства. – К.: Юні вест Медія, 2009. – 160 с.

17. Проектування технологічних процесів у рослинництві. Навчальний посібник / Гречкосій В. Д., Войтюк В.Д., Шатров Р.В., Мельник І.І., Михайлович

Я.М., Опалко В.Г. Видавничий центр НУБіП України, 2011. – 364 с.

18. Павліський В.М., Нагірний Ю.П., Мельник І.І. Проектування технологічних систем рослинництва. Навчальний посібник. – Тернопіль.

«Збруч», 2003, - 260 с.

19. Гречкосій В., Шука В. Комплексна механізація вирощування та збирання сояшнику / Ж. „ Агробізнес сьогодні” / 2011, №6. – С. 45 – 48

20. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.; іл.

21. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 454 с.; іл.

22. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: Навч. посібник. За ред. Д.Г. Войтюка. – Суми: ВТД Університетська книга, 2006. - с.: іл.

23. Підйомно-транспортні машини: Підручник / Ю.Г. Козуб, С.В. Маслійов – Старобільськ: вид-во ДЗ „ЛНУ імені Тараса Шевченка”, 2018. – 277с.

24. Машини непрерывного транспорта: Учебное пособие / Н.Е. Ромакин, Д.Н. Ромакин. Саратов. гос. техн. ун-т. Саратов, 1998.

25. Деталі машин : [Навчальний посібник] / В. С. Ловейкін, В. М. Рибалко, Ю. О. Ромасевич, Н. В. Магухно, А. П. Ляшко – К.: ЦН «Компринт», 2017. – 635 с.

26. Сисолін П.В. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Машини та обладнання для переробки зерна та насіння / П.В. Сисолін, М.М. Петренко, М.О. Свірень // - К.: Фенікс, 2007. - 432

с.
27. Соломахова Т.С. Центробежные вентиляторы: аэродинамические схемы и характеристики / Т.С. Соломахова, К.В. Чебышева. // - М.: Машиностроение, 1980.- 176 с.

28. Царенко О.М. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк, В.М. Швайко та ін. // - К.: Мета, 2003.-448 с.

29. Гладков Н.Г. Зерноочистительные машины. Конструкция, расчет, проектирование и эксплуатация / Н.Г. Гладков // - М: Машгиз, 1961. — 368с.

30. Нелюбов А. И. Пневмосепарирующие системы сельскохозяйственных машин / А. И. Нелюбов, Е. Ф. Ветров. – М.: Машиностроение, 1977. – 190 с.

31. Барский М. Д. О механизме воздушной гравитационной классификации / М. Д. Барский, Е. А. Долганов // Изв. вузов «Горный журнал», 1969, № 1, 153—156с.

32. Бурков А.И. Зерноочистительные машины./ А.И. Бурков, Н.П. Сычугов // Конструкция, исследование, расчет и испытание. - Киров: Изд-во НШИСХ Северо-Восток, 2000. - 258с.

33. Чебанов А.Б. Обґрунтування конструктивно- технологічних параметрів пневмосепаратора рушанки рицини з пиловловлюючим пристроєм: автореф. дис. на здоб. наук. ступеня канд. тех. Наук : спец 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / А.Б. Чебанов. – Мелітополь, 2013. – 15 с.

34. Дідур В. А. Оптимізація параметрів пневмосепаратора для сепарації рушанки рицини / В. А. Дідур, А. Б. Чебанов // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь, 2010. - Вип. 10, т. 8.

35. Подготовительные процессы переработки масличных семян / под ред. В. В. Белобородова. - М.: Пищевая промышленность, 1974. - 337 с.

36. Перспективні напрямки розвитку зерноочисної техніки [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.snt-kntu.ho.ua>

37. Ямпілов С.С. Технологическое и техническое обеспечение ресурсоэнергосберегающих процессов очистки и сортирования зерна и семян / С.С. Ямпілов, - Улан-Удэ.: ВСГТУ, 2003, - 115с.

38. M. Y. Braginets, V. T. Dmutriv, V. S. Khmelovskyi, O. V. Bogomolov, O. O. Bogomolov, Сепарація насіння ріпаку
URL : <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnica/article/view/14077>

39. О. О. Bogomolov, Моделювання процесу сепарації насіння ріпаку сепаратором ударної дії
URL : <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Tekhnica/article/view/14126>

40. Сенчук М. М., Насінне очисні машини
URL : <http://rep.btsau.edu.ua/bitstream/BNAU/4737/1/nasinyeochysni%20mashyny.pdf>

41. Аеродинамічні сепаратори зерна ІСМ
URL : <https://hzzo.com.ua/products/aerodinamichni-separatori-zerna-ism-f39908190/>

42. БЕЯЖКИ ДЛЯ ЗЕРНА, АЭРОДИНАМИЧЕСКИЕ СЕПАРАТОРЫ
URL : <https://agrosep mash.ua/shop/aerodynamic-separators/>

43. Аеродинамічні сепаратори САД URL : <https://aeromechcad.com.ua/>

44. АПК-Інформ, Як зі сміття отримати дохід, або Робимо гроші зі сміття URL : <https://www.apk-inform.com/uk/exclusive/topic/1518905>

45. Аеросепаратори. Реклама, реальність і трохи теорії, URL : <https://mehzavod.com.ua/Materials/aeroseparatory/.pdf>

46. Л. Тищенко, С. Харченко, Ф. Харченко, О. Василенко, В. Пуха, Нові можливості сепарації та калібрування зерна

URL : <https://propozitsiya.com/ua/novi-mozhливosti-separaciyi-ta-kalibruvannya-zerna>

47. M Hauhout, O'hara, B-R Griner, G H Brusewitz, J B Solie, Selected physical characteristics and aerodynamic properties of cheat seed for separation from wheat

URL : https://www.researchgate.net/publication/268413024_Selected_physical_characteristics_and_aerodynamic_properties_of_cheat_seed_for_separation_from_wheat

48. Aerodynamic properties of lentil seeds URL : <http://www.international-agrophysics.org/Aerodynamic-properties-of-lentil-seeds,104151,0,2.html>

49. Jerzy Bieniek, Piotr Komarnicki, Jerzy Detyna, Innovative aerodynamic grain separation system for plant harvesting in sloped areas: problems, research and optimization of parameters

URL : <https://link.springer.com/article/10.1007/s43452-021-00174-x>

50. Smittle D.A., Williamson R.E., Stansell J.R., Response of snap bean to seed separation by aerodynamic properties

URL : <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=US19770134438>

51. Grain Separator aerodynamic CAD-30, URL : <https://aeromech.net/en/grain-separator-aerodynamic-ad-30-g12911839>

НУБІП УКРАЇНИ