

ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

На правах рукопису

БОНДАРЕНКО ЛАРИСА ЮРІЇВНА

УДК 631.362.32

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ
УСТАНОВКИ ДЛЯ КАЛІБРУВАННЯ НАСІННЯ
ПЛОДОВИХ КІСТОЧКОВИХ КУЛЬТУР**

05.05.11 – машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва

Дисертація
на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Науковий керівник
Караєв Олександр Гнатович,
кандидат технічних наук, старший
науковий співробітник

Мелітополь – 2010 рік

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ КАЛІБРУВАННЯ НАСІННЯ ПЛОДОВИХ КІСТОЧКОВИХ КУЛЬТУР.....	10
1.1. Технологія вирощування саджанців плодкових кісточкових культур	10
1.2. Аналіз існуючих способів та засобів механізації для сортування посівного матеріалу сільськогосподарських культур.....	17
1.3. Аналіз конструкцій решіт для сортування сипких матеріалів	26
1.4. Аналіз пристроїв для очищення плоских решіт сортувальних і калібрувальних машин	35
1.5. Огляд досліджень щодо сортування насіння за розмірними ознаками	44
1.6. Мета і завдання досліджень	54
РОЗДІЛ 2. МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАСІННЯ ПЛОДОВИХ КІСТОЧКОВИХ КУЛЬТУР	56
2.1. Розмірно-масові параметри насіння плодкових кісточкових культур	57
2.2. Основні фізико-механічні властивості насіння плодкових кісточкових культур	65
2.3. Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми установки для калібрування	72
2.4. Висновки по розділу.....	76
РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБґРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КУЛЬКОВИХ ОЧИСНИКІВ РЕШІТ.....	77
3.1. Постановка задачі оптимізації і формулювання припущень	77
3.2. Розробка математичної моделі процесу очищення отворів решіт від застряглого насіння.....	81
3.2.1. Визначення залежностей зміни швидкості руху кульки у просторі між решетом і відбивною поверхнею	81

3.2.2. Виведення рівняння, якому задовольняє стаціонарна функція розподілу швидкості кульки	86
3.2.3. Алгоритм чисельного обчислення стаціонарної функції розподілу швидкості кульки.....	90
3.2.4. Формалізація цільової функції.....	91
3.3. Комп'ютерна програма для чисельної оптимізації цільової функції	92
3.3.1. Визначення меж області оптимізації параметрів.....	92
3.3.2. Визначення чисельного методу пошуку оптимуму цільової функції та проведення обчислень	95
3.4. Висновки по розділу.....	97
РОЗДІЛ 4. МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	99
4.1. Програма експериментальних досліджень	99
4.2. Методика проведення пошукових досліджень щодо визначення параметрів отворів решіт для калібрування насіння плодових кісточкових культур.....	100
4.3. Визначення критерію оптимізації для оцінки процесу калібрування	100
4.4. Методика проведення експериментальних досліджень	102
4.4.1 Опис лабораторної установки.....	102
4.4.2. Методи та засоби вимірювання контрольованих параметрів	106
4.4.3. Умови проведення експериментальних досліджень	108
4.4.4. Методика планування експерименту	111
4.4.5. Статистична обробка експериментальних даних	112
РОЗДІЛ 5. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	116
5.1. Визначення параметрів отворів решіт для калібрування насіння плодових кісточкових культур	116
5.2. Вплив конструктивних і кінематичних параметрів на процес розділення насіння на фракції	123
5.3. Результати лабораторних випробувань установки для калібрування	131
5.4. Висновки по розділу.....	133

РОЗДІЛ 6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ КАЛІБРУВАННЯ ПРИ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ САДЖАНЦІВ ПЛОДОВИХ КІСТОЧКОВИХ КУЛЬТУР БЕЗ ПЕРЕСАДКИ ПІДЩЕП.....	135
6.1. Результати господарської перевірки застосування установки для калібрування.....	135
6.2. Економічна ефективність застосування операції калібрування в технологічній схемі отримання насіння	138
6.3. Висновки по розділу.....	141
ВИСНОВКИ	143
ДОДАТКИ	145
ДОДАТОК А	146
ДОДАТОК Б	147
ДОДАТОК В.....	152
ДОДАТОК Д.....	157
ДОДАТОК Е.....	160
ДОДАТОК Ж.....	163
ДОДАТОК З	164
ДОДАТОК И	175
ДОДАТОК К.....	180
ДОДАТОК Л.....	182
ДОДАТОК М.....	185
ДОДАТОК Н	187
ДОДАТОК П	188
ДОДАТОК Р	192
ДОДАТОК С.....	197
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	204

ВСТУП

Членство України у Світовій організації торгівлі передумовлює відповідність продукції розсадництва міжнародним стандартам. Україна є найкрупнішим регіоном промислового садівництва. Цілий ряд регіонів країни відрізняється сприятливими природними умовами для успішного виробництва високоцінних плодів.

Виробництво садивного матеріалу плодових культур в Україні здійснюється у 173 господарствах різної форми власності, кожне з яких щорічно вирощує від 6,0 до 6,5 тис. саджанців. Виробництво саджанців плодових кісточкових культур зросло за період з 2001 року по теперішній час у 1,6 раза, але залишається недостатнім для запланованої заміни старих малопродуктивних садів.

Сучасні ринкові вимоги до якості плодової продукції обумовлюють потребу в закладанні плодових насаджень саджанцями, з показниками якості, що відповідають вимогам ДСТУ 4938. Розвиток промислового садівництва неможливий без використання в плодовому розсадництві нових технологій з тим, щоб підвищити рівень механізації, що дозволить скоротити витрати праці на догляд за посівами, зменшити трудомісткість та знизити собівартість продукції. В такому випадку оптимальним є застосування технології вирощування саджанців плодових кісточкових культур без пересадки підщеп, яка передбачає висів насіння в перше поле розсадника. Для того, щоб зменшити норму висіву насіння, виключити операцію проріджування сходів та підвищити якість сіянців необхідно використовувати для посіву насіння, яке буде вирівняним за розмірними ознаками. Забезпечити це може наявність механізованої операції розділення насіння на однорідні за розмірами фракції.

Технологічний процес такої операції залежить від великої кількості факторів, тому підвищення ефективності протікання процесу за рахунок вибору раціональних параметрів є достатньо складним завданням. Його вирішення

можливо при використанні комплексу теоретичних і експериментальних заходів, розробці яких і присвячена дисертаційна робота.

Актуальність теми. Інноваційним напрямком отримання високоякісного садивного матеріалу є вирощування саджанців за технологією, яка виключає операцію пересадки підщеп, що забезпечує збільшення кількості стандартної продукції з одночасним зменшенням її собівартості. Ця технологія містить операцію підготовки насіння шляхом калібрування за розмірними ознаками.

Відсутність засобів механізації, що забезпечують здійснення даної операції, стримує впровадження згаданої технології у промислове виробництво. У зв'язку з цим розробка установки для калібрування насіння плодкових кісточкових культур є актуальною.

Використання установки в плодovому розсадництві дозволить отримати насіння першого класу з посівними якостями відповідно до ГОСТ 13204, що дасть можливість сертифікації продукції за кодом 01.12.23.220 Насіння кісточкових культур, згідно з Державним класифікатором продукції та послуг ДК 016-97 та поставляти насіння на продаж.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана у Таврійському державному агротехнологічному університеті згідно з держбюджетною темою у межах програми 2 «Розробка технологій і технічних засобів для рослинництва в умовах зрошеного землеробства півдня України», підпрограма 2.3.1 «Обґрунтувати конструктивно-технологічну схему установки для калібрування насіння плодкових кісточкових культур», а також згідно з договором про наукову співпрацю, укладеним між Таврійським державним агротехнологічним університетом та Інститутом зрошеного садівництва ім. М.Ф. Сидоренка УААН за завданням 06.01 «Обґрунтувати параметри сепаратора для калібрування насіння кісточкових культур».

Мета і завдання дослідження. Мета досліджень – отримати однорідний за розмірами посівний матеріал плодкових кісточкових культур шляхом розділення насіння на фракції з відхиленням по масі до 10 % за рахунок

калібрування його на решетах, що здійснюють коливальний рух в горизонтальній площині.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі **завдання**:

- визначити фізико-механічні властивості та розмірно-масові параметри насіння плодкових кісточкових культур і встановити взаємозв'язки між ними;
- обґрунтувати конструктивно-технологічну схему установки для калібрування насіння плодкових кісточкових культур;
- розробити математичну модель процесу оптимізації параметрів кулькових очисників решіт, що використані в установці для калібрування;
- обґрунтувати форму та розміри отворів решіт для калібрування насіння плодкових кісточкових культур і визначити параметр розділення насіння на фракції;
- визначити оптимальні значення конструктивних параметрів і режимів роботи установки для калібрування насіння плодкових кісточкових культур;
- виготовити макетний зразок установки для калібрування, провести виробничі випробування і дати техніко-економічну оцінку ефективності застосування установки в технології вирощування саджанців без пересадки підщеп.

Об'єкт дослідження – процес калібрування сипких матеріалів за розмірними ознаками.

Предмет дослідження – закономірності впливу параметрів і режимів роботи установки на якість калібрування насіння плодкових кісточкових культур.

Методи дослідження. Теоретичні дослідження проведені з використанням механіко-математичного моделювання та базувалось на положеннях теоретичної механіки, теорії удару, методів математичного аналізу, диференціального числення та теорії ймовірності, з подальшою розробкою прикладних програм.

Експериментальні дослідження проводились з використанням методів математичного планування експерименту. Обробка результатів цих досліджень

здійснювалась за допомогою теорії ймовірності, регресійного та кореляційного аналізів з використанням прикладних програм ЕОМ: «Statistica-6», «Mathematica-5», офісний додаток «Microsoft Office Excel» та програмне забезпечення пакету MathCad.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

1. Вперше визначено, що насіння вишні, черешні, абрикоса, аличі і мигдалю доцільно розділяти на три фракції: крупну, середню і дрібну. При цьому середня фракція є найбільш вирівняною за розмірами і складає близько 80% від загального обсягу насіння, та встановлено, що калібрування слід проводити за шириною кісточки.

2. Набуло подальшого розвитку теоретичні положення процесу роботи кулькових очисників решіт у напрямку визначення часу вибивання застряглого насіння із отворів решіт та отримано залежності розподілу енергії кульки при ударі об решето від конструктивних параметрів очисників.

3. Вперше визначено вплив конструктивних і кінематичних параметрів процесу калібрування на якість розділення партій насіння плодкових кісточкових культур на фракції та отримано їх оптимальні значення.

Практичне значення одержаних результатів. Практичне значення дисертаційної роботи полягає в забезпеченні процесу вирощування саджанців плодкових кісточкових культур за технологією без пересадки підщеп однорідним за розмірами посівним матеріалом.

Одержані в дисертаційній роботі результати дозволяють на стадії проектування визначати параметри кулькових очисників решіт, які можуть бути застосовані для калібрування інших видів сипких матеріалів, використовуючи розроблену методику розрахунку із програмуванням на ЕОМ.

Розроблено макетний зразок установки для калібрування, який пройшов випробування в ІЗС ім. М.Ф. Сидоренка УААН. Результати досліджень впроваджені в ДП ДГ «Мелітопольське» і підтвердили свою економічну ефективність.

Запропонований спосіб розділення кісточок і конструкцію установки для реалізації цього способу захищено двома патентами України на корисні моделі (патент № 48823 і патент № 48097).

Особистий внесок здобувача. Автором особисто проведено аналіз сучасного стану питання в плодовому розсадництві щодо отримання однорідної за розмірами фракції насіння плодових кісточкових культур та засобів механізації для сортування сипких матеріалів. Вивчено основні розмірно-масові та фізико-механічні властивості кісточок плодових культур. Визначено ознаку, параметр і спосіб розділення насіння на фракції. Отримано математичну модель процесу оптимізації геометричних параметрів кулькових очисників решіт, які забезпечують якісне протікання процесу калібрування, із програмуванням на ЕОМ.

Розроблено математичні моделі планування експерименту з оптимізації параметрів і режимів роботи установки для калібрування насіння плодових кісточкових культур, які безпосередньо впливають на показник якості розділення насіння на фракції. Дисертантом особисто розроблено макетний зразок установки, що забезпечує отримання якісного посівного матеріалу, для застосування в розсадницьких господарствах.

Апробація результатів дисертації. Основні результати роботи докладалися на науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу, аспірантів, співробітників і магістрів, які проводилися в ТДАТУ впродовж 2005-2009 років та на міжнародних науково-технічних конференціях, які проводилися в смт Глеваха в 2006-2008 роках.

Публікації. Основні результати досліджень за темою дисертаційної роботи опубліковано у 9 наукових статтях фахових видань. Отримано 2 патенти України на корисні моделі. Загальний обсяг наукових праць складає 4,0 друкованих аркушів.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, шістьох розділів, висновків, списку використаних джерел із 211 найменувань та додатків. Загальний обсяг роботи складає 221 сторінку тексту, з якого на 144

сторінках викладено основний текст роботи, на 59 сторінках – додатки, на 18 сторінках – список використаних джерел. Робота включає 58 рисунків (графіки, схеми і фотографії) і 23 таблиці.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ КАЛІБРУВАННЯ НАСІННЯ ПЛОДОВИХ КІСТОЧКОВИХ КУЛЬТУР

1.1. Технологія вирощування саджанців плодкових кісточкових культур

Вирощування повноцінних підщеп – одне з основних завдань садівницької галузі народного господарства країни. Існує пряма залежність між якістю підщеп та щеплених саджанців, а розмноження насінням дозволить отримати сильнорослі підщепи плодкових кісточкових культур.

Для отримання високоякісного садивного матеріалу плодкових кісточкових культур в необхідній кількості призначені спеціалізовані господарства – плодкові розсадники. Вирощені у розсаднику саджанці визначають урожайність, якість продукції, тривалість продуктивного періоду та економічну ефективність садів, що знову закладають [1, 2]. Високі вимоги до садивного матеріалу пред'являє інтенсифікація розсадництва, яка припускає широке використання скороплідних високопродуктивних сортів і сортопідщепних комбінувань. Це спричиняє необхідність суттєвої перебудови системи розсадництва, зорієнтувавши його на підвищення якості та економічної ефективності виробництва садивного матеріалу.

Виробничу структуру конкретного плодового розсадника утворюють з таких структурних одиниць, тобто відділень розсадника (рис. 1.1) [3-5]:

1. Маточних насаджень підщеп генеративних з маточно-насіннєвим садом і шкількою сіянців.
2. Маточних насаджень підщеп вегетативних з маточником вегетативних підщеп і ділянкою укорінення живців.
3. Маточно-сортових насаджень.
4. Шкільки саджанців з відділенням для зимового щеплення.



Рис 1.1. Структурна схема плодового розсадника

Сукупності певних структурних одиниць утворюють технологічні маршрути процесу основного виробництва щеплених саджанців, які

відображені в ДСТУ* «Культури плодів. Процес виробництва продукції розсадництва. Загальні вимоги». Рішення щодо вибору технологічного процесу вирощування саджанців приймає виробник, виходячи із фінансової бази, ресурсного потенціалу та наявності спеціалістів у розсадницькому господарстві.

Відділення маточних насаджень має маточно-насіннєвий сад, де отримують насіння для вирощування підщеп; маточно-сортовий сад, призначений для отримання здорових чистосортних живців прищеп; маточні насадження ягідних культур для вирощування розсади.

До відділення розмноження підщеп входить посівна ділянка (шкілка сіянців), де висівають насіння і за один вегетаційний період вирощують насіннєві підщепи (сіянці); маточник вегетативно розмножуваних підщеп для вирощування відсадків; маточник вегетативно розмножуваних підщеп для заготівлі зелених та здерев'янілих живців, які потім укорінюють.

Для отримання високопродуктивних дерев необхідно, щоб підщепи, по-перше, були стійкими до несприятливих природних умов регіону, де їх використовують; по-друге, мали добру сумісність із сортами, що прищеплюються; по-третє, підвищувати цінні господарські і біологічні властивості прищеп. Догляд за садом має забезпечувати отримання високих урожаїв плодів високої якості [6, 7].

Відділення вирощування прищеплених саджанців має три ділянки: перше поле, де висаджують підщепи и прищеплюють на них бруньки культурних сортів; друге поле – для вирощування однорічних саджанців; третє поле – для дворічних саджанців.

Фумігаційна камера необхідна для знезараження садивного матеріалу. Її будують за типовим проектом і розташовують на прикопувальній ділянці, яка призначена для тимчасового зберігання та підготовки саджанців до реалізації.

Продукцією маточних насаджень підщеп генеративних є насіння та сіянці, отримання яких забезпечується такими видами робіт: збирання плодів,

* у розробці

видобування насіння, стратифікація і сівба насіння, догляд за сіянцями, викопування та сортування підщеп.

Маточно-насінніві сади розміщують на ґрунтах, придатних під плодові культури. При цьому використовують саджанці апробованих диких форм або районованих сортів насінневих підщеп, що вирощені в розсадниках науково-дослідних закладів [1, 2].

У маточно-насінневих садах посилюють боротьбу зі шкідниками насіння (плодожерка, мигдальний насіннеїд) [8]. Особливу увагу приділяють заходам захисту плодів і насіння від пошкоджень і хвороб. Хворі, пошкоджені, слаборозвинені дерева, та такі, що мають підмерзання викорчуюють і спалюють. Для заготівлі насіння залишають тільки сильнорослі, зимостійкі дерева, що мають добре розвинену кореневу систему [9].

Заготовляють насіння з плодів високої якості, тому що розвиток насіння залежить від розвитку оплодня: у дрібних плодів насіння часто буває недорозвиненим, щуплим, дає погані сходи та гірші сіянці. Насіння абрикоса, черешні дикої та вишні заготовляють під час повного досягання плодів, коли вони починають опадати. Насіння антипки й аличі краще заготовляти на початку побуріння шкірки оплодня.

Зібрані плоди відразу пресують і відокремлюють від м'якоті холодним способом. При цьому не допускається підвищення температури плодів або м'язги з насінням вище ніж 35-40⁰С [3, 4]. Кісточки та м'язгу промивають у проточній воді та розділяють за допомогою металевих сит у спеціальних коритах [10]. Промиті кісточки просушують у сухому добре провітрюваному приміщенні або в сушарнях при температурі не вище 30-35⁰С, а в теплу погоду – на відкритому повітрі. Товщина шару не повинна перевищувати 5 см. Краще, щоб було не більше двох – трьох шарів кісточок. Вологість насіння має бути не більше 10-11%. Вихід кісточок з плодів (% від ваги сировини) приблизно такий [6, 7, 8]: вишня – 6-12 %; черешня, алича – 8-10 %; абрикос – 12-14 %; мигдаль – 5-10 %.

Численні дослідження, проведені з насінням плодових кісточкових культур у різних зонах України, вказують на те, що чим крупніше насіння і чим більша їх питома вага, тим вища у них схожість, дружніше проростання, більший вихід підщеп першого сорту. Тому виправдано сортування насіння за питоною вагою. Дрібне, але добре виповнене насіння дає багато якісних сіянців, але в меншій кількості. Сортування за питоною вагою проводять в сольових розчинах (насіння, що занурюється на дно має високу життєздатність, енергію проростання та інтенсивний ріст сіянців, а ті, що спливли на поверхню – навпаки). Це дозволить підвищити однорідність посівів [1, 8, 9].

Насіння плодових культур проростає після періоду спокою, під час якого в зародках відбуваються складні якісні зміни, що зумовлюють перехід насіння до активного стану. Для того, щоб підготувати насіння до пророщування, проводять стратифікацію. Насіння розміщують у дерев'яних ящиках з отворами у дні, перешаровуючи їх гігроскопічним субстратом (чистим річковим крупнозернистим вологим піском або торфом, мохом, керамзитом, тирсою, вермикулітом) у співвідношенні 1:3. Суміш викладають шаром завтовшки 35-40 мм. Протягом стратифікації (при температурі до 10⁰С) періодично перемішують і рівномірно зволожують для того, щоб пісок мав вологість близько 40-50 % [8].

Застратифіковане насіння зберігають у холодному підвалі або траншеї. Строки стратифікації у кісточкових культур варіюють у межах від 80 до 100 діб – у мигдалю та абрикоса та 100-180 діб – у аличі, вишні, черешні. Насіння кісточкових порід висівають на весні в достатньо вологий і добре підготовлений ґрунт у перші 3-4 дні після початку польових робіт [11].

Схожість і життєздатність насіння перед сівбою обов'язково перевіряють у спеціальних контрольно-насінневих лабораторіях. Життєздатність насіння визначають двома методами: забарвлення ядра (витримують насіння в розчинах деяких анілінових фарб, які здатні проникати у мертві тканини) і прискорене пророщування зародків [1, 2, 9-11].

Догляд за сіянцями включає проріджування їх у фазі 2-5 справжніх листків так, щоб відстань між сіянцями складала від 2 до 4 см в рядку. Після закінчення росту здійснюють викопування сіянців підрізанням їх коренів на глибині не менше 20 см. Отримані сіянці сортують за показниками якості згідно з [12].

Продукцією маточних насаджень підщеп вегетативних є відсадки, укорінені живці та окулянти. Для отримання відсаджів укорочують здерев'янілі пагони маточних кущів на чверть довжини, укладають їх горизонтально та підгортають ґрунтом нижню половину пагона. Для укорінення використовують живці різної міри здерев'яніння, їх відокремлюють від маточної рослини, застосовуючи стимулювання коренеутворення. Викопування укорінених живців проводять після закінчення їх росту і сортують згідно з [12].

Продукцією маточно-сортових насаджень є живці. В цьому відділенні проводять формування крони та обрізування дерев. При формуванні крони залишають штаб не більше 50 см, а при обрізуванні на гілках залишають 4-5 бруньок. Відокремлення живців проводять у стані їх найбільшого обводнення.

Закладати плодовий розсадник починають зі шкілки сіянців, де з насіння вирощують сіянці насінневих підщеп і доглядають за ними на протязі вегетаційного періоду (один рік). За цей час підщепи неодноразово проріджують. Далі їх викопують, сортують і висаджують в першому полі розсадника, де їх вирощують і доглядають на протязі одного року. За цей час сіянці набувають певного розміру і їх окулірують, тобто проводять щеплення прищепою районованого сорту плодової культури. На другий рік перше поле стає так званим другим полем розсадника, а прищеплені підщепи – саджанцями. Протягом одного року продовжується догляд за саджанцями. В кінці цього періоду їх викопують, сортують, тимчасово прикопують і надалі вивозять для закладки саду.

Розмноження садивного матеріалу насінням найпростіше і менш трудомістке. Рослини, що виростили з насіння, краще пристосовані до умов навколишнього середовища, розвивають могутню, глибоко проникаючу

кореневу систему, відрізняються довговічністю. При розмноженні насінням у насінневих порід інфекція вірусних хвороб в потомстві не передається. Доведено [2, 13], що більш крупніше насіння забезпечує не тільки підвищену енергію проростання і високу схожість, але і покращує зростання сіянців та підвищує вихід якісного садивного матеріалу.

Одним із способів вирощування щеплених саджанців плодових кісточкових культур у плодовому розсадництві безпосередньо із насіння є технологія без пересадки підщеп, впровадження якої дозволяє виключити операцію проріджування сходів, тим самим скорочуючи витрати праці на догляд за посівами. За цією технологією насіння висівають у перше поле розсадника. Аналіз існуючих технологій [1, 3, 9-11] вказує на те, що при використанні вище згаданої технології зменшуються витрати праці на обсяг робіт біля 1500 люд/год на 1 га. Крім того, скорочуються витрати на паливно-мастильні матеріали, а цикл виробництва саджанців зменшується на один рік.

Для сівби насіння плодових кісточкових культур з 1962 року Семфіропольський плодмашпроект випускав спеціальну сівалку СПН-4 [3, 14], яку в теперішній час не випускає. Разом з тим, для посіву насіння дрібнокісточкових і насінневих порід, використовують сівалки марок СО-4,2; СОН-2,8А; для висіву крупних кісточок – ЛС-4А. Однак всі наведені сівалки не можуть бути використані для сівби насіння плодових кісточкових культур при технології вирощування саджанців без пересадки підщеп. Головною причиною цього є не відповідність способу висіву сівалок до пунктирного, а також той факт, що розміри кісточок, норми висіву, глибина сівби, та ширина міжряддя – різноманітні.

Одним із вагомих факторів ефективного розвитку рослин за вказаною технологією є оптимальна та однакова відстань між рослинами в рядку від 15 до 20 см, що забезпечує пунктирний спосіб сівби із використанням сівалок з висівними апаратами точного висіву. Насіння повинно бути посіяно з шириною міжряддя від 70 до 90 см, на глибину від 4 до 7 см. Ці вимоги регламентує

ДСТУ* «Культури плодови. Процес виробництва продукції розсадництва. Загальні вимоги».

В теперішній час в ДП ДГ «Мелітопольське» використовується дослідний зразок сівалки ССК-4, що потребує удосконалення. На ньому передбачено використання механічного висівного апарату дискового типу. Для попередження забивання чарунок висівних апаратів насінням і забезпечення ефективної роботи потрібно, щоб насіння кісточкових культур було вирівняним за розмірними ознаками.

Аналіз останніх досліджень показує, що стосовно розробки сортувальних або калібрувальних машин для насіння плодових кісточкових культур дані відсутні. Тому виникла необхідність у розробці механізованої технологічної операції сортування насіння на однорідні за розмірами фракції, щоб забезпечити поштучний висів, зменшити норму висіву насіння, скоротити витрати праці та собівартість вирощування саджанців, а також отримати більш вирівняні за розмірами сіянці [13, 14, 15].

1.2. Аналіз існуючих способів та засобів механізації для сортування посівного матеріалу сільськогосподарських культур

Сортування посівного матеріалу є складний процес, який засновується на відокремленні найбільш цінної (якісної) частини насіння, що буде використана для посіву. Насіння плодових кісточкових культур значно відрізняються між собою за розмірними ознаками. Отже, для підвищення якості сівки насіння потрібно сортування його на однорідні за розмірами фракції.

Конструктивні особливості технічних засобів сортування насіння сільськогосподарських культур ураховують їх розмірно-масові характеристики та фізико-механічні властивості, які визначаються для кожної культури окремо. Найбільш розповсюдженим прийомом сортування є розділення за розмірами у залежності від маси матеріалу. Показником мінливості того чи іншого параметру є варіаційні криві, складені шляхом вимірювання насіння одного виду [16, 17].

* у розробці

Основними показниками, які характеризують насіння плодкових кісточкових культур, є (рис.1.2):

- фізико-механічні властивості посівного матеріалу, такі як: питома вага, коефіцієнт зовнішнього тертя по різних матеріалах поверхонь, кут природного укусу, коефіцієнт внутрішнього тертя, а також маса тисячі кісточок, які використовують для обґрунтування параметрів робочих органів машин;

- розмірно-масові характеристики, які використовують для обґрунтування розмірів отворів решіт для калібрування;

- біологічні властивості, такі як: енергія проростання, життєздатність, схожість, доброякісність, які характеризують посівні якості насіння.

У свою чергу, ці показники суттєво впливають на обґрунтування параметрів роботи пристроїв, які забезпечують якість процесу розділення.

Аналіз літературних джерел [1, 2, 3-11, 13, 18] дозволив встановити, що в основному багато уваги приділялося визначенню розмірно-масових параметрів та фізико-механічних властивостей плодів кісточкових культур, а щодо їх насіння, то ці показники мало досліджені. На цей час – це не вивчена область у галузі промислового садівництва.

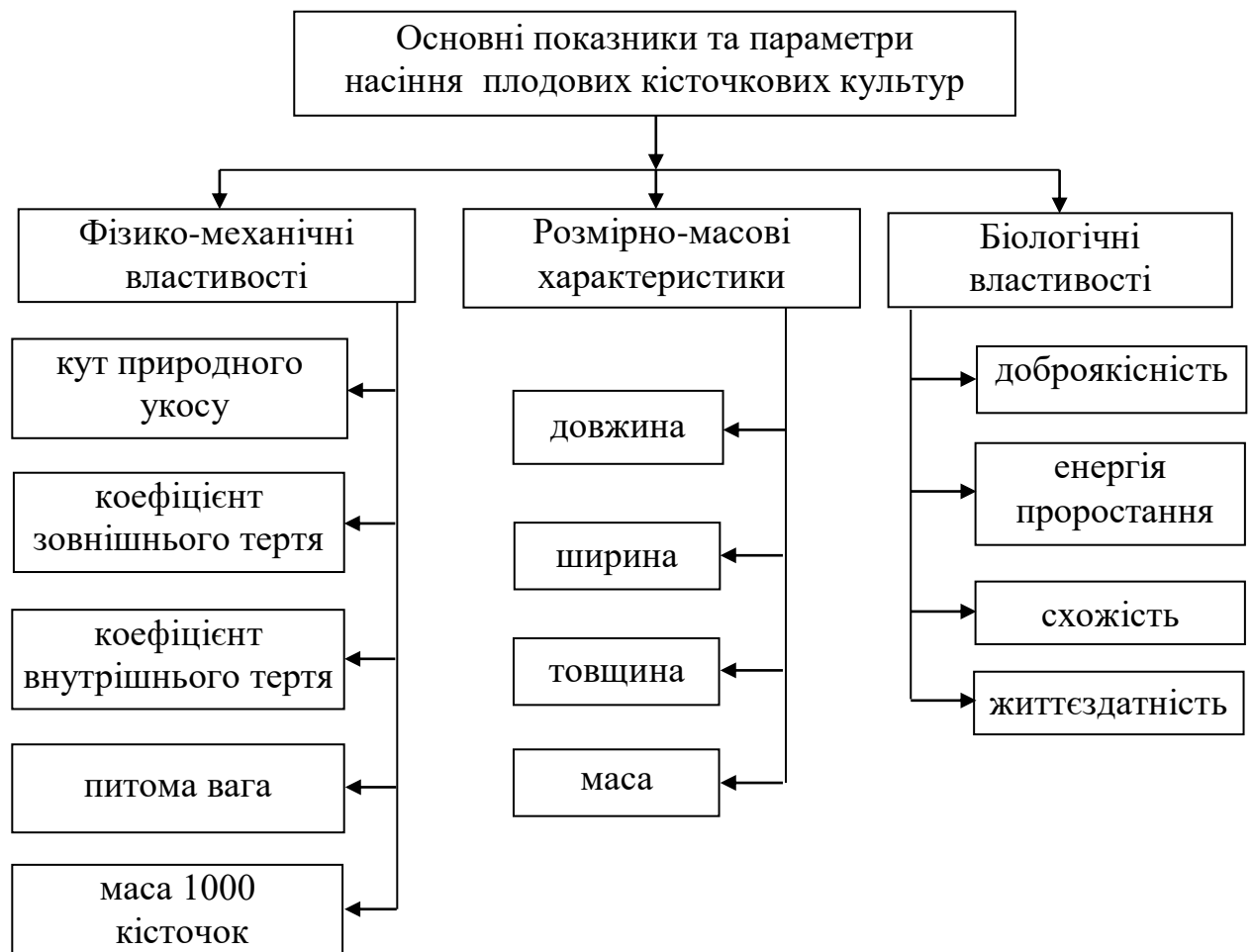


Рис. 1.2. Основні показники та параметри насіння плодових кісточкових культур

Для того, щоб визначитися із способом розділення насіння кісточкових культур розроблено класифікацію машин для сортування насіння за ознаками розділення (рис. 1.3).

В основу процесу сортування насіння покладено такі його основні ознаки: розміри (довжина, ширина і товщина), щільність, колір, питома вага, коефіцієнт тертя, форма і властивості поверхні. Кожній з наведених ознак відповідає окрема технологічна операція [14, 16-22].

Для розділення посівного матеріалу за формою і властивістю поверхонь використовують:

- фрикційні сепаратори, які розділяють зернову суміш за коефіцієнтом тертя, при цьому використовують рухому або нерухому похилу поверхню (гірку), яка може бути поздовжньою або поперечною;

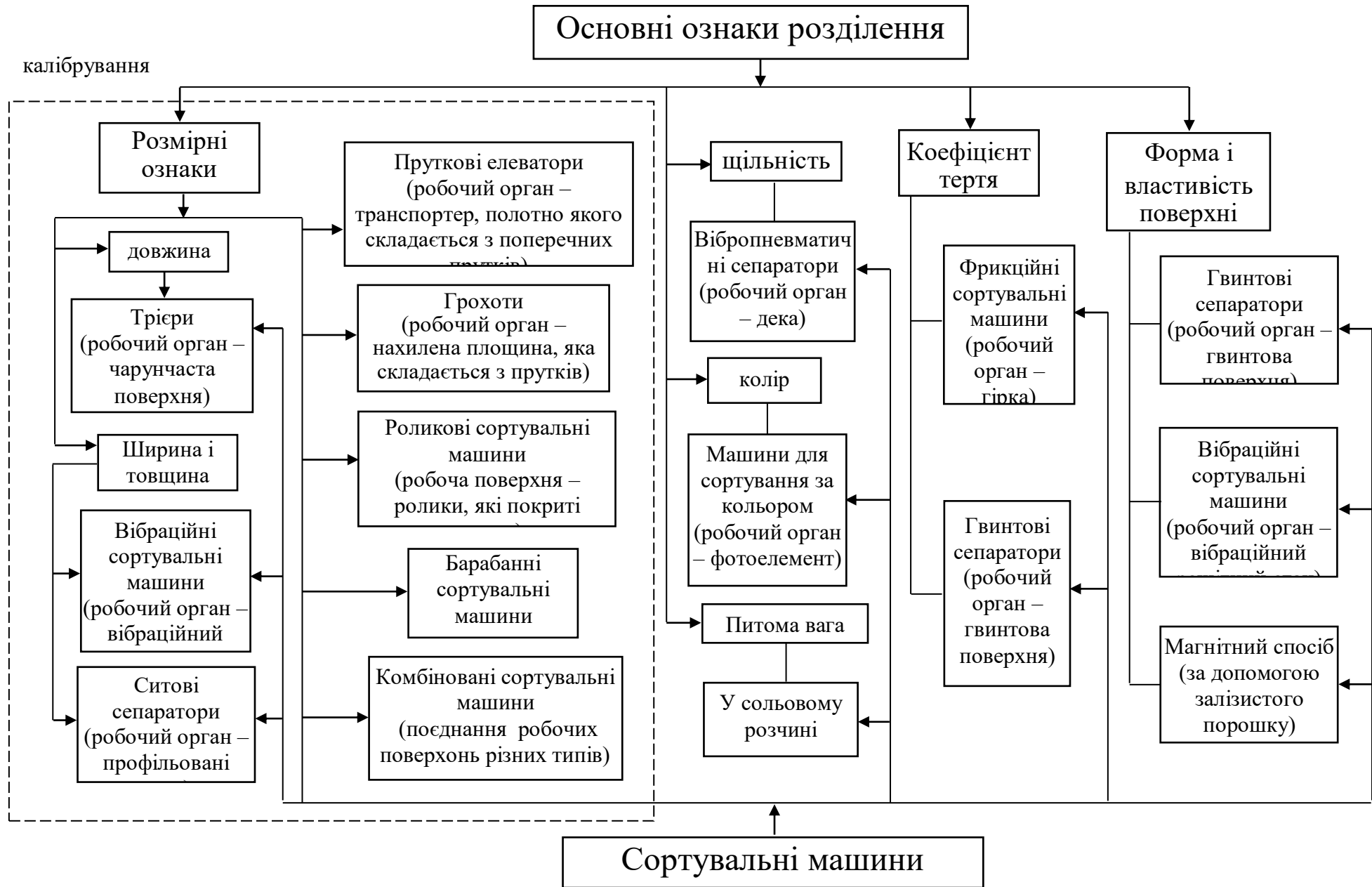


Рис. 1.3. Класифікація машин для сортування насіння за ознаками розділення

- гвинтові сепаратори, в яких робочим органом є гвинтова поверхня, при цьому сепарація здійснюється за рахунок відцентрових сил різної інтенсивності, що розвиваються при вільному падінні.

- магнітний спосіб (рис. 1.4, 1.5), сутність якого полягає у вибірній здатності насіння затримувати на своїй поверхні різну кількість залізного порошку, що залежить від ступеня шорсткості поверхні часток суміші;

- вібраційні сортувальні машини, що працюють за принципом вібраційного руху робочих органів (решітний стан), характеризуються високою частотою і низькою амплітудою коливань решіт.

Сортування за ознакою щільності відбувається на вібропневматичних сепараторах, робочим органом яких є похила ділильна поверхня – дека. Зерновий матеріал приводиться в коливальний рух і одночасно продувається повітрям.

Для сортування насіння за кольором використовують спеціальні машини (рис. 1.6), у яких матеріал подається до оцінюючого пристрою послідовно, ланцюжком, по одній частинці з визначеною швидкістю, щоб датчик встиг передати сигнал на виконавчий механізм (фотоелемент), а останній встиг виділити частку з потоку.

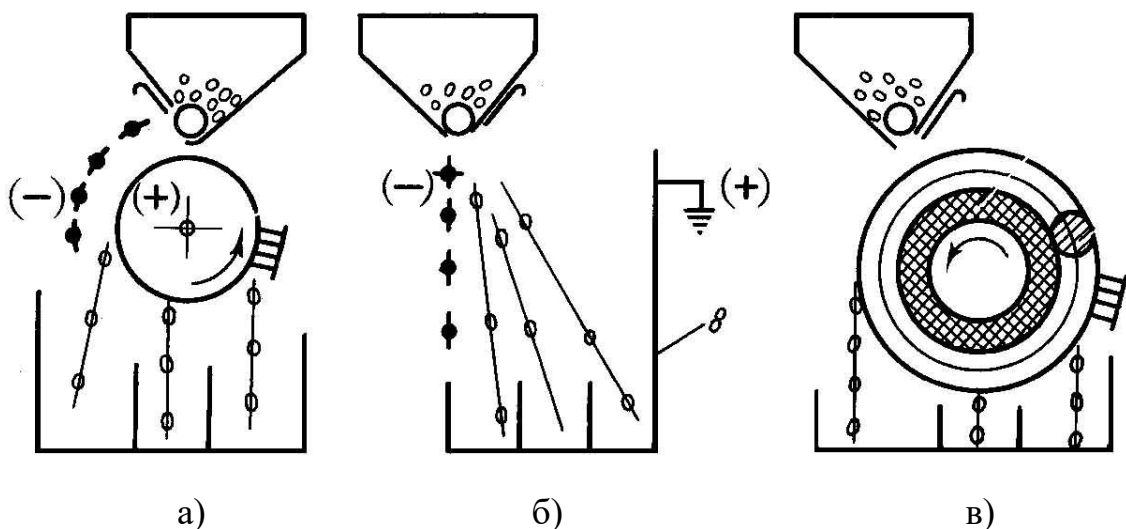


Рис. 1.4. Схема пристроїв для розділення матеріалу за електричними властивостями:

а – у статичному полі;

б – у полі коронного розряду;

в – за діелектричною проникністю.

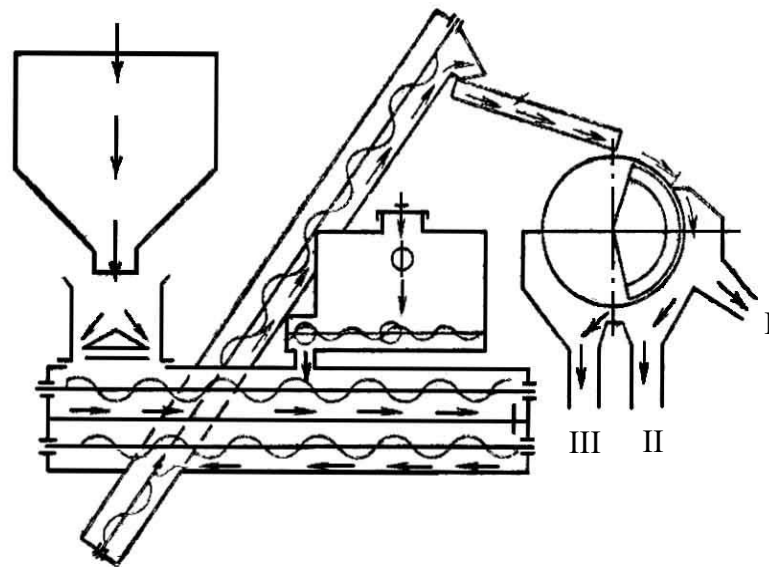


Рис. 1.5. Схема електромагнітної зерноочисної машини:

I – повноцінне насіння (I сорт);

II – щупле і малошорстке насіння (I сорт);

III – щупле, бите і пом'яте насіння; насіння, що загнило або пошкоджене шкідниками (III сорт).

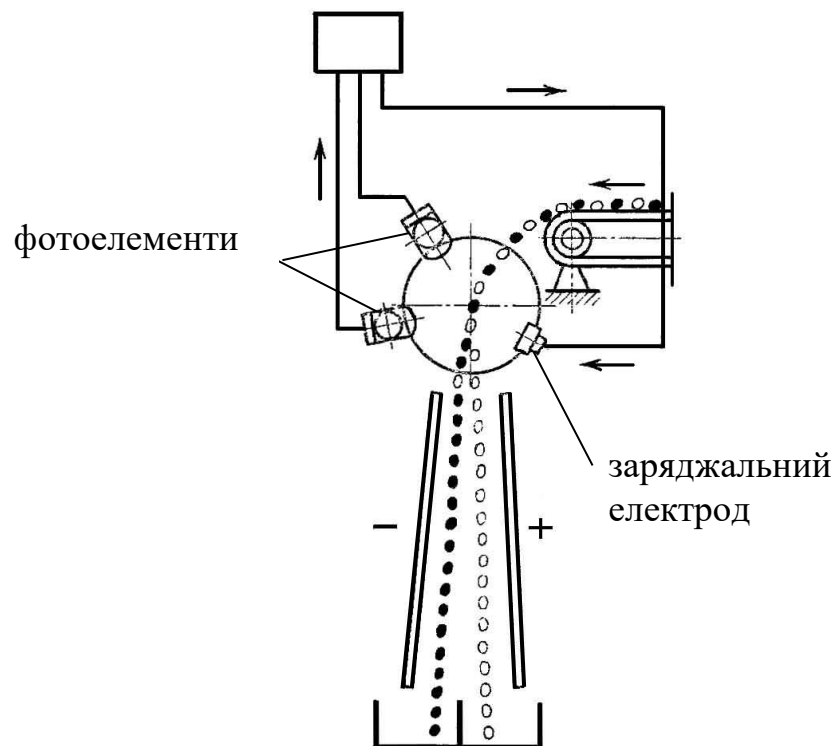


Рис. 1.6. Схема фотоелектричного апарату, що розділяє частинки за ознакою кольору

Сортування насіння за питомою вагою [1, 8] проводять зануренням його у сольовий розчин, що передбачає відбір щуплого, ненаповненого насіння із загального об'єму, як некондиційного, тобто непридатного для посіву.

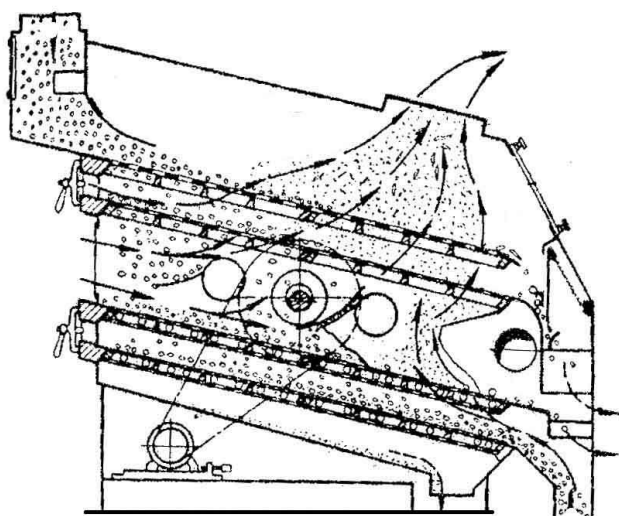
Цей спосіб можна застосовувати і для сортування насіння плодкових кісточкових культур, але його недоліком є те, що він не забезпечує вирівняності насіння за розмірами. Тому для покращення ефективності сівби насіння він не має особливого значення [14].

Окремо можна виділити спосіб розділення насіння за розмірними ознаками – калібрування [16-23].

Для розділення насіння за довжиною використовують трієри, у яких робочим органом є поверхня, що складається із чарунок, які є робочим елементом. Залежно від довжини насіння підбирається робочий розмір чарунки.

Сортування насіння за шириною і товщиною відбувається на:

- вібраційних сортувальних машинах (рис. 1.7, а), робочим органом яких є вібраційний решітний стан;
- ситових сепараторах, робочим органом яких є профільовані плоскі (рис. 1.7, б) або циліндричні (рис. 1,8) решета.



а)



б)

Рис. 1.7. Сортувальні машини:

а – повітряно-вібраційна сортувальна машина;

б – решітний сепаратор.

Для сортування коренеклубнеплодів за розмірами використовують:

- пруткові елеватори – транспортер, полотно якого складається з поперечних прутків, шарнірно з'єднаних один з одним по краях;
- грохоти, що являють собою похилу площину, шарнірно-закріплену на чотирьох підвісках, яка приводиться в коливальний рух кривошипно-шатунним механізмом. Робоча поверхня складається з прутків, розташованих уздовж руху маси, що сортується.
- роликові сортувальні машини, що мають круглі або квадратні отвори, утворені поперечними фігурними роликами певної форми, куди проходять бульби відповідних розмірів. Поверхня роликів покрита гумою.
- барабанні сортувальні машини, які бувають конусними (з горизонтальним розташуванням осі) і циліндричними, з нахилом осі в напрямку технологічного процесу;
- з комбінованими робочими органами, у яких об'єднані різні типи поверхонь, що сортують.

У машині для калібрування насіння кукурудзи КСК-1, робочим органом є профільовані сита з круглими воронкоподібними отворами та жолобчасті сита з продовгуватими отворами [24]. На даний час у Росії рекомендується застосовувати машину для калібрування насіння кукурудзи марки КСК-3 (рис. 1.8), в якій насіння калібрується за рахунок використання циліндричних поверхонь, що просівають із горизонтальною віссю [25]. У таких машинах продуктивність залежить від діаметра циліндра, його довжини і частоти обертання.

Сортування за розмірними ознаками також відбувається на сортувальних машинах іноземних фірм, таких як «Rotex incorporation» (США) [26], яка показана на рис. 1.9, Петкус (Німеччина) [27], Кімбрія (Данія) [28].

Машини цієї фірми знайшли своє використання у великій кількості галузей, таких як сільське господарство – для сортування насіння зернових

культур, гірничорудній промисловості – для сортування піску, вапняку, коксу, графіту, глини, добрив та ін., а також у харчовій і хімічній промисловості.

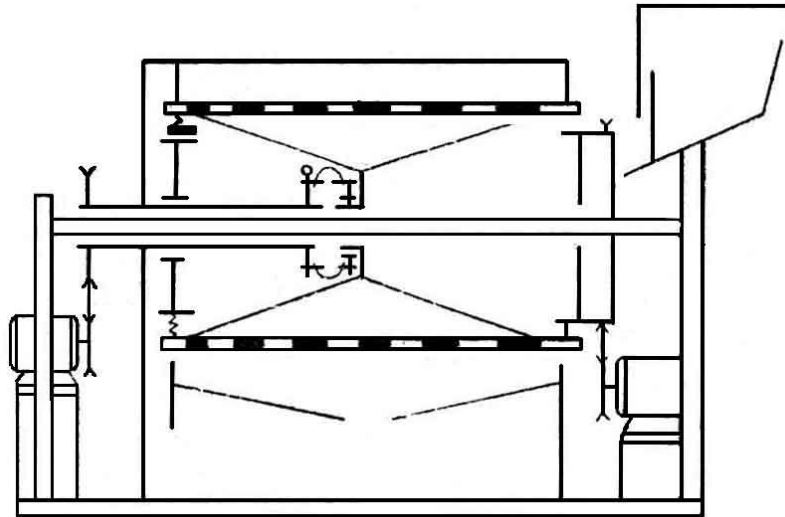


Рис. 1.8. Конструктивно-технологічна схема машини КСК-3 з циліндричним решетом для калібрування кукурудзи

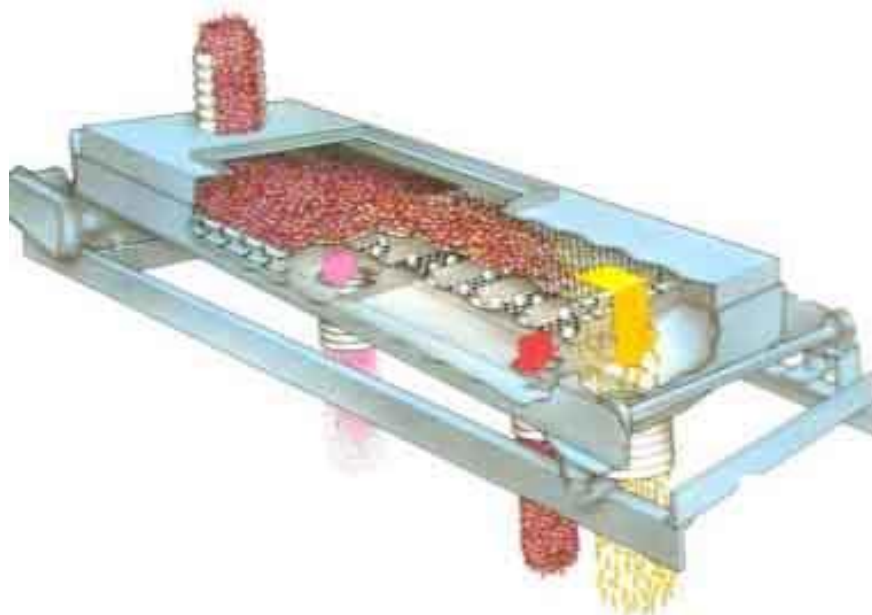
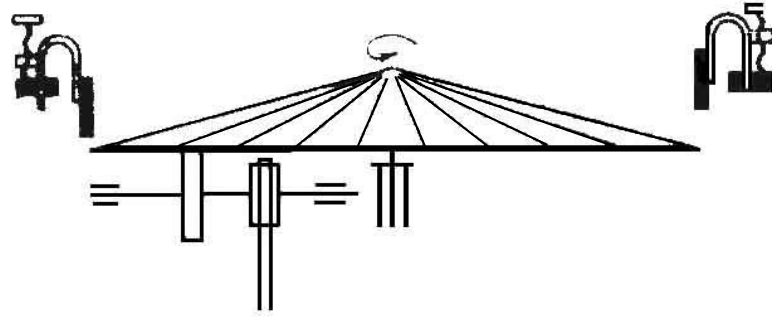
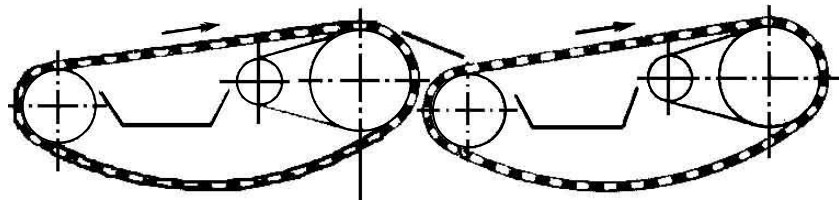


Рис. 1.9. Сепаратор насіння фірми «Rotex» (США).

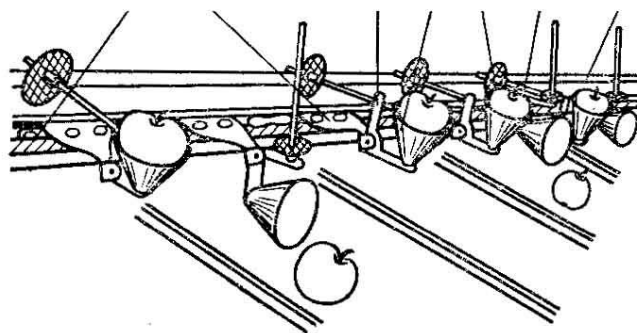
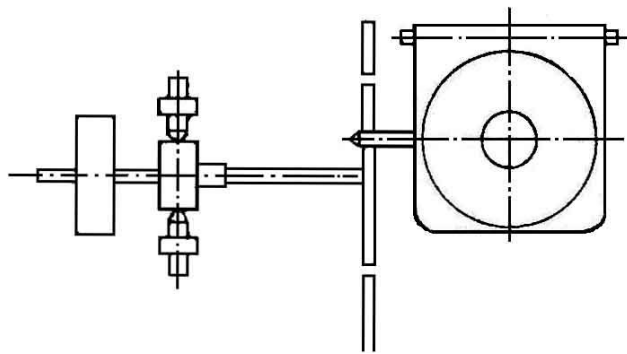
Для калібрування плодів за розмірами, що відрізняються між собою на 4-6 мм, призначені певні пристрої. Машини, які створені за розмірним принципом (рис. 1.10, а і б), простіші, надійні в експлуатації і мають порівняно невелику вартість. Ваговий принцип калібрування (рис. 1.10, в) дозволяє розділити плоди різних форм на фракції з великим ступенем точності.



а)



б)



в)

Рис. 1.10. Схема пристроїв для калібрування плодів:

а – с автоматичною орієнтацією плоду;

б – без орієнтації плоду;

в – вагового типу.

Сортування насіння кісточкових культур за розмірами проводять вручну на металевих ситах [2, 13, 29, 30], розміри і форму отворів яких не обґрунтовано, також не відомо – на скільки фракцій відбувається калібрування і які з них використовують для посіву. Основним недоліком є громіздкість, додаткові витрати праці. А головне, що цей спосіб не забезпечує потрібної якості розділення, а отже призводить до підвищення собівартості продукції розсадництва.

На підставі проведеного узагальненого аналізу складено таблицю (додаток А), де наведені ознаки і способи розділення та галузеве застосування машин для сортування сипких матеріалів.

Встановлено, що для розробки засобів механізації для розділення насіння плодових кісточкових культур на однорідні за розмірами фракції необхідно вивчити їх основні розмірно-масові параметри та фізико-механічні властивості.

З аналізу існуючих способів сортування посівного матеріалу за ознаками розділення можна зробити висновок про доцільність розробки установки для калібрування, яку буде застосовано для сортування посівного матеріалу плодових кісточкових культур на однорідні за розмірами фракції [15, 31], що дозволить забезпечити ефективність роботи висівних апаратів сівалок точного висіву, а також підвищити рівень механізації робіт у плодovому розсадництві та впровадити технологію вирощування саджанців без пересадки підщеп.

1.3. Аналіз конструкцій решіт для сортування сипких матеріалів

Велике значення має сортування насіння на однорідні за розмірами фракції, які відповідають розмірам чарунок висівних апаратів сівалок точного висіву. Основним робочим органом пристроїв для сортування і калібрування різних культур є решета. Для того, щоб визначитися з тим, яка конструкція решета буде оптимальною для калібрування насіння плодових кісточкових культур, проаналізовано існуючі конструкції решіт сортувальних машин у різних галузях народного господарства [32-38].

Розроблено класифікацію решіт для сортування і калібрування різних матеріалів (рис. 1.11), згідно якої решета можна класифікувати у такий спосіб [39]:

- за способом виробництва;
- за конструктивним оформленням;
- за характером руху;
- за формою отворів;
- за призначенням.

За способом виробництва решета підрозділяються на штамповані, ткані, струнні та гофровані.

Штамповані (пробивні) решета виготовляють зі сталевих оцинкованих листів (рис. 1.12). Їх застосовують у сільськогосподарській (для розділення насіння сільськогосподарських культур) і гірничорудній промисловості (для розділення мінеральної сировини). Пробивні решета відрізняються досить низькою металоємністю (приблизно 6-14 кг/м²) та вартістю виготовлення, хоча й мають ряд недоліків: невелика площа «живого перерізу», забивання отворів [16, 32-34, 37]. Штамповані решета можуть бути збірними (рис. 1.13), які набираються з окремо штампованих смуг листової сталі гнутого профілю, що вставляють у загальну раму. Перевагою такого решета є легка заміна зношених ділянок.

Дротові решета виготовляють зі сталевого низьковуглецевого термічно обробленого дроту. Застосовують для розділення матеріалів по крупності. Вони бувають з гладким переплетенням, плетені, стержневі і гумові штамповані (рис. 1.14). Для підвищення довговічності решіт, їх виготовляють із литої гуми. Такі решета застосовують у гірничорудній промисловості для розділення мінеральної сировини (руда, гірська маса). При цьому в таких решетах отвори виконують довгастої або квадратної форми. Встановлено, що термін служби гумових решіт у 10-20 разів довший, ніж металевих сит [16, 32-34, 37].

Струнні (щілинні) решета (рис. 1.15) виготовляють із відрізків сталевого дроту, який розташовують по всій довжині сита. Іноді замість дроту застосовують гумові нитки діаметром 3-6 мм [37, 38].

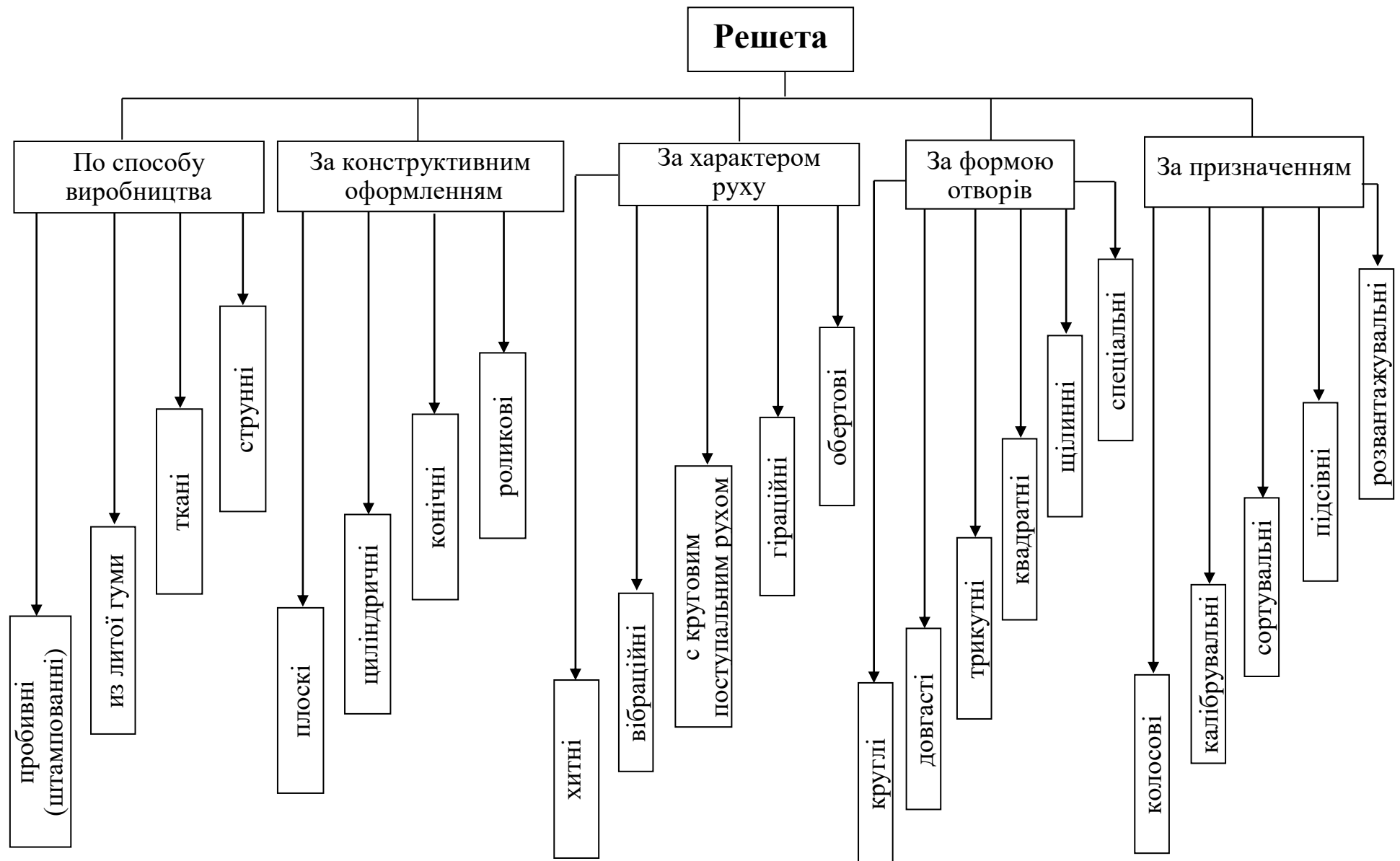


Рис. 1.11. Класифікація решіт

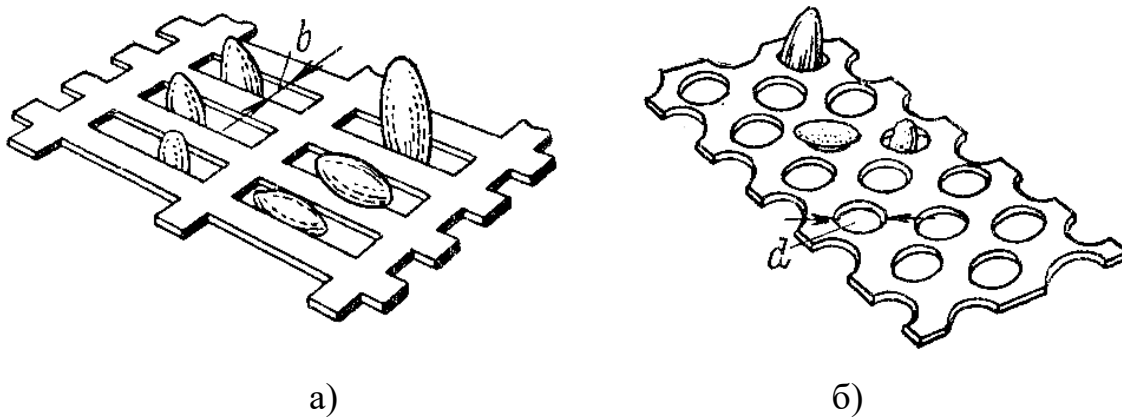


Рис. 1.12. Штамповані решета:

а – з довгастими отворами;

б – з круглими отворами.

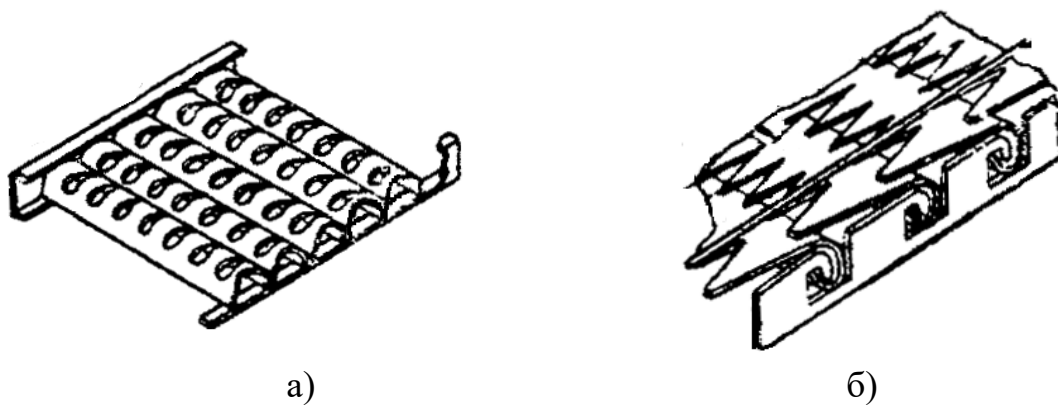


Рис. 1.13. Збірні решета:

а – ступінчасте;

б – гребінчасте.

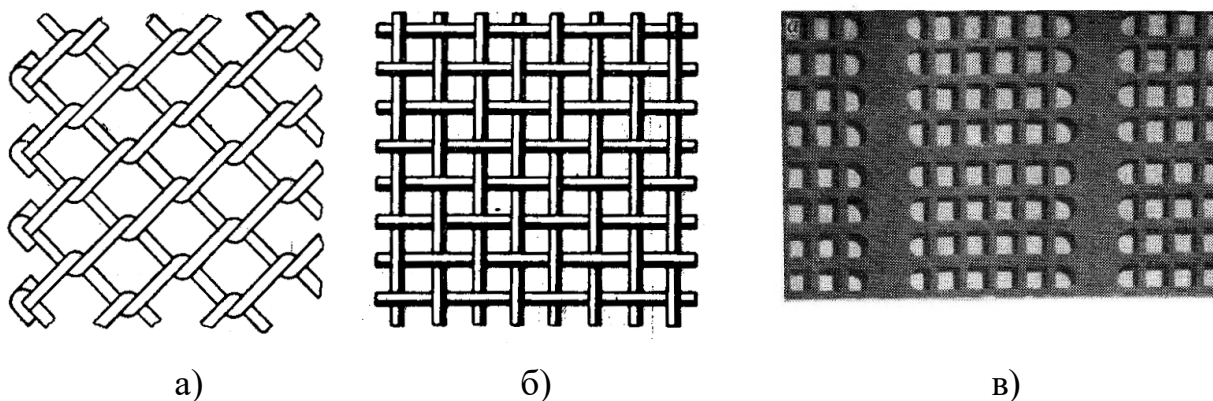


Рис. 1.14. Дротові решета:

а – плетене;

б – ткане гладке простого плетіння;

в – гумове штамповане.

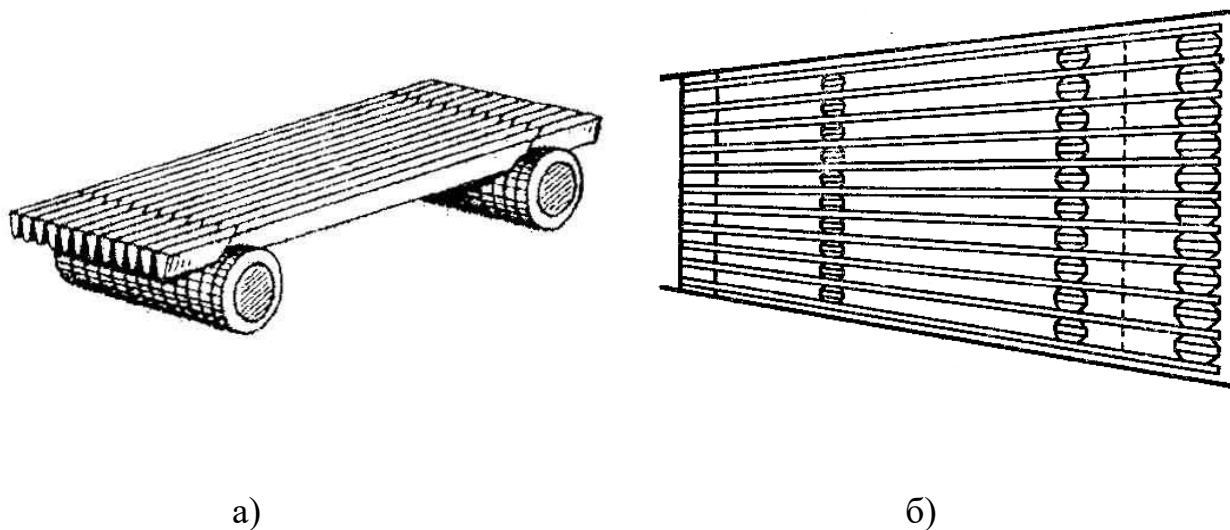


Рис. 1.15. Струнні решета:

а – загальний вигляд решета із дроту трапецеїдального перерізу;

б – стрічкова сортувальна поверхня з отворами, що розширюються.

Для збереження розмірів щілин струнне полотно підтримується проміжними стержнями або поперечними гумовими планками. Такі решета застосовують у гірничорудній промисловості для розділення мінеральної сировини, розміри якої від 1 до 8 мм, а також у сільському господарстві для сортування насіння зернових культур, зокрема баштанних культур і коренеклубнеплодів.

Основною характеристикою струнного решета є здатність орієнтувати насіння, яка разом з коефіцієнтом живого перерізу призводить до збільшення продуктивності. Недоліком такого решета є великі зусилля натягу і великі габаритні розміри [34, 40-44].

Гофровані решета (рис. 1.16) є різновидом струнних. Їх застосовують для очищення зерна від великих домішок. Перевагою використання таких решіт є те, що вони самоочисні і значно поліпшують орієнтацію зерен. Дослідження, проведені в РУСГМ Ю.І. Єрмольєвим, показали, що гофровані решета завдяки раціональній геометрії стержнів, а також більшій площі живого перерізу

дозволяють істотно збільшити продуктивність у порівнянні з пробивними решетами [16, 45].

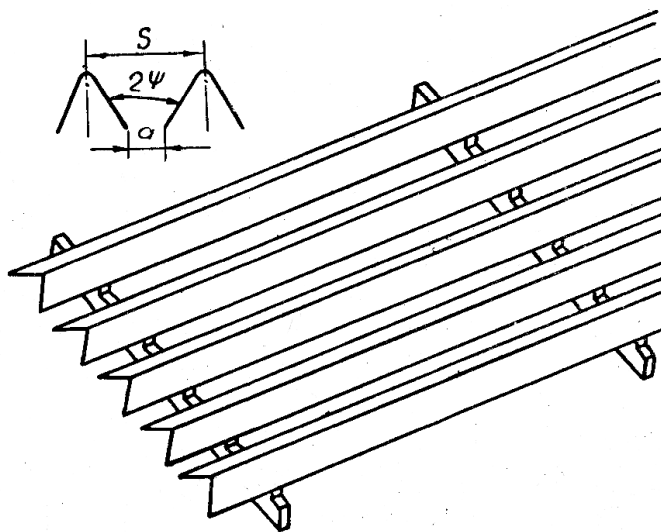


Рис. 1.16. Вид гофрованого решета

Плюске за конструктивним оформленням решето складається з полотна й рамки, на яку його набивають. Це звичайно штаповані і тканні решета. Останнім часом решета роблять без рамок. У такому разі решітні полотна вставляють в особливі рамки – касети, які закріплюють у решітному стані затискувачами, або безпосередньо в решітний стан [35].

Циліндричні решета (рис. 1.8) застосовують як для попереднього очищення, так і як підсівні й сортувальні решета. Їх роблять діаметром 350-1000 мм. Недоліком таких решіт є низька питома продуктивність у порівнянні з плоскими, а перевагою – те, що вони не потребують врівноважування, відрізняються плавністю руху й простим приводом. Робота решета полягає в розділенні зернового матеріалу на дві фракції за розмірними ознаками. Циліндричні решета використовують в сільськогосподарській промисловості для калібрування насіння зернових культур, зокрема кукурудзи [24], а також в лісних господарствах для калібрування насіння деревних порід [46].

Конічні решета (рис. 1.17, а) – призначені для калібрування картоплі за розмірами. Виконуються з віялоподібно розташованих стержнів у формі конуса

під кутом 20 градусів до обрїю й представляють набір сталевих Г-подібних прутків, один кінець яких приварений до загального вузла в центрі калібрувальної поверхні і являє собою вершину конуса, а інший – до торця основи найбільшого переверненого конуса. Кут між прутками становить 5 градусів [47].

Роликові решета (рис. 1.17, б і в) складаються з похило розташованих в одній площині обертаючих циліндричних роликів. При цьому утворюються однакові за формою й розмірами отвори. Кожний ролик виготовляється із пластмаси або сталі і являє собою втулку із шайбою. Взаємне розташування роликів таке, що між ними утворюються зазори прямокутної форми, через які може просипатися матеріал, що сортується. Застосовують для первісної очистки вороху від грубих домішок, а також сортування картоплі на фракції по крупності. Вони є самоочисними решетами [20].

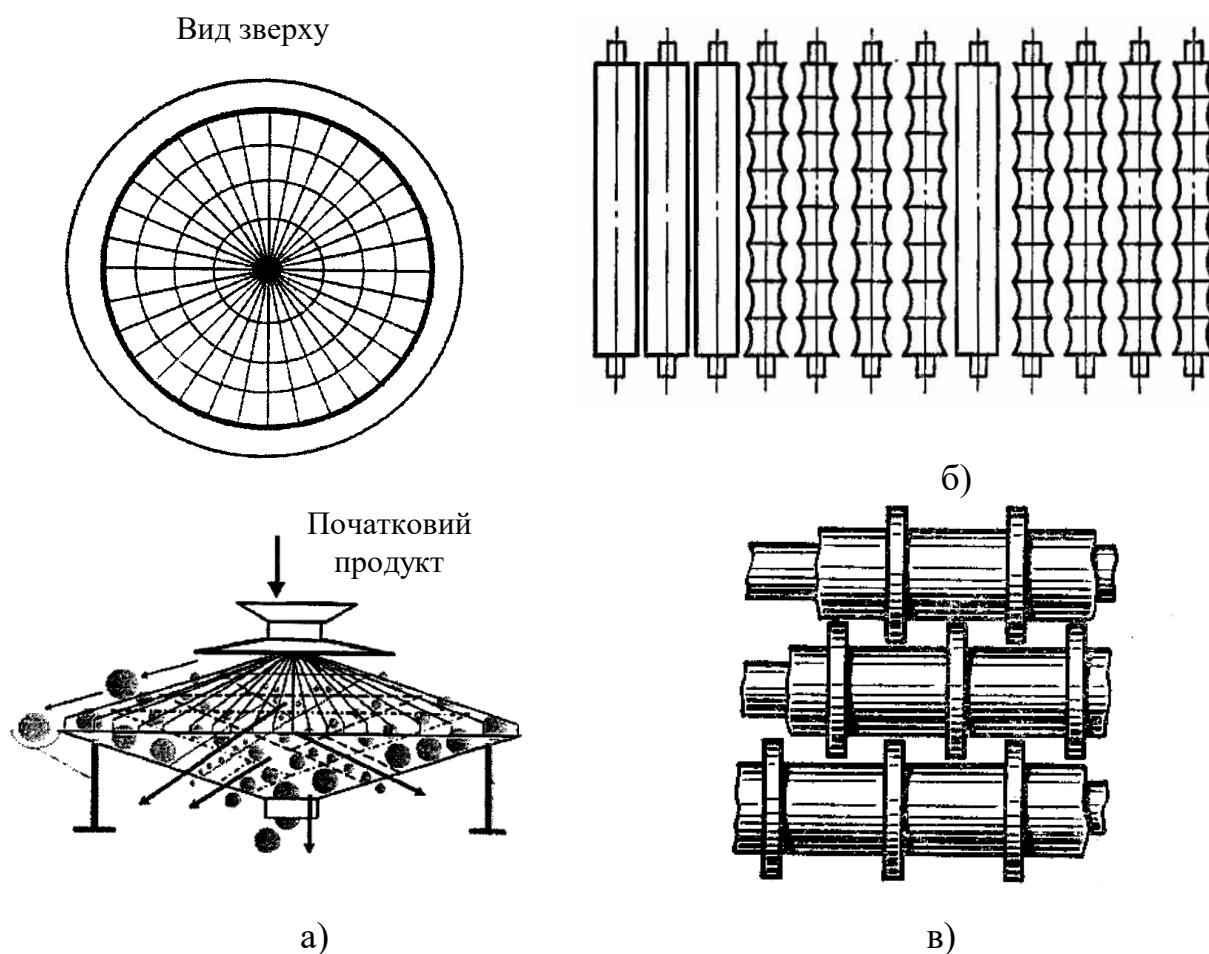


Рис. 1.17 Види решіт:

а – конічне решето для калібрування картоплі;

б – роликові поверхні для калібрування картоплі;

в – загальний вигляд роликового решета для зерна.

За характером руху решета бувають з коливальним, із круговим поступальним рухом, гіраційні, вібраційні та обертові решета.

Решета з коливальним рухом називаються хитними, вони здійснюють прямолінійні коливання й приводяться в рух ексцентриком або інерційним коливальником. При цьому решета розташовують як похило, так і горизонтально. Застосовують для калібрування коренеклубнеплодів і в гірничорудній промисловості (руда, каміння). Хитні решета доцільно виконувати з довгастими отворами, тоді їх продуктивність буде вища в порівнянні з гіраційними.

Вібраційні за характером руху решета відрізняються від хитних значно більшою частотою й меншою амплітудою коливань. Їхні коливання можуть бути спрямовані по вертикалі, під деяким кутом до вертикалі або круговими у вертикальній площині. Решітні стани таких решіт приводяться в коливання від інерційних вібраторів, у яких вібрації спричиняються обертовими вантажами. Отже, стани не мають жорстких зв'язків, і параметри їх коливань визначаються динамічними факторами. Тому амплітуда коливань решітних станів залежить від їхньої ваги, завантаження, частоти коливань тощо.

Гіраційними називаються решета із круговими коливаннями від ексцентрика у вертикальній площині. Кожна точка решета здійснює рух по колу радіусом, що дорівнює ексцентриситету. Вони можуть бути повністю врівноважені і забезпечують добру якість сортування при високій продуктивності. Їх доцільно виконувати із круглими отворами, тоді продуктивність буде вищою в порівнянні з хитними. Використовують для калібрування коренеклубнеплодів і в гірничорудній промисловості.

Решета із круговим поступальним рухом роблять прямолінійні зворотно-поступальні переміщення в горизонтальній площині, що підкоряються

гармонійному закону. В основному – це ситові корпуси, що підвішені на пружних підвісках. Використовуються в борошномельній та круп'яній промисловості, а також у сільгоспвиробництві.

Обертові решета – до них відносяться циліндричні й конічні, що обертаються навколо вертикальної або горизонтальної осі, характеризуються максимальною величиною середньої питомої просіюваності при відсутності втрат повноцінного зерна. Використовуються для насіння сільськогосподарських культур.

За формою отворів решета бувають із круглими, довгастими і трикутними отворами, які роблять у штампованих решетах [48].

Решета з довгастими отворами та щілинні призначені для розділення матеріалу за товщиною. При цьому довгасті отвори розміщують так, щоб довга сторона отвору розташовувалася за напрямком руху частинок. Щілинні решета є більш ефективними в порівнянні з решетами із довгастими отворами.

Решета із круглою формою отворів призначені для розділення за шириною. Решета із трикутними отворами призначені для розділення за формою насіння, наприклад, гречка. Трикутні отвори визначаються стороною трикутника.

Решета із квадратними отворами призначені для розділення матеріалу за геометричними ознаками. Квадратні отвори роблять у тканих решетах.

Спеціальні решета, до яких відносяться воронкоподібні й жолобчасті отвори, забезпечують спрямований рух насіння. Такі отвори роблять у штампованих решетах [20, 22, 32].

За призначенням решета бувають колосові, підсівні, сортувальні, калібрувальні та розвантажувальні. Колосові решета використовують для відділення великих домішок. Підсівні – для відділення дрібних домішок. Сортувальні – для поділу матеріалу на сорти з метою виділення найбільш якісної частини. Калібрувальні – для розділення матеріалу за розмірами. Розвантажувальні – використовують при фракційному методі, коли зерновий

матеріал попередньо розділяється на дві фракції, кожна з яких потім оброблюється окремо.

Проведений аналіз конструкцій решіт дозволив вибрати конструкцію решета для калібрування насіння плодкових кісточкових культур – це є плоске решето, що здійснює коливальний рух за допомогою ексцентрика.

1.4. Аналіз пристроїв для очищення плоских решіт сортувальних і калібрувальних машин

Під час роботи отвори плоских решіт сортувальних і калібрувальних машин забиваються насінням, розміри яких близькі до розмірів отворів. Якщо їх не очищувати, то розділення матеріалу може зупинитися. Періодичність видалення з отворів решіт частин, що застрягли, інтенсифікує процес сепарування сипучих сумішей. Тому можливість тривалого й безперебійного функціонування робочих органів сортувальних і калібрувальних машин знаходиться у прямій залежності від очистки решіт [37, 49, 50].

Для того, щоб визначитися з тим, який пристрій для очищення решіт буде оптимальним при калібруванні насіння плодкових кісточкових культур проведено аналіз існуючих пристроїв для очищення плоских решіт [16, 19-21, 32, 36, 49] та розроблено їх класифікацію (рис. 1.18), за такими ознаками [51]:

- за способом очистки: самоочисні та з примусовим очищенням, які підрозділяються на приводні та інерційні;
- за способом дії: натискної та ударної дії;
- за типом приводу: кривошипно-шатунний, ланцюговий, привод із гнучким зв'язком;
- за напрямом руху: із поздовжнім, поперечним, зворотно-поступальним і поступальним рухом.

Найбільш поширеними засобами очищення решіт є очисники нажимної дії, до яких відносяться щіткові, роликові та пластинчасті пристрої.

У зерноочисних машинах використовують, головним чином, очисники з плоскими щітками та кривошипно-шатунним приводом для очистки хитних решіт (рис. 1.19, а). Щітки встановлюють на рухомих рамах і розташовують у поперечному напрямку. Вони здійснюють зворотно-поступальний рух уздовж решета. Довжина решета у кілька разів перевищує розмах коливань щіток, тому їх кількість обирають залежно від співвідношення розмірів, з урахуванням перекриття зон дії кожної щітки.

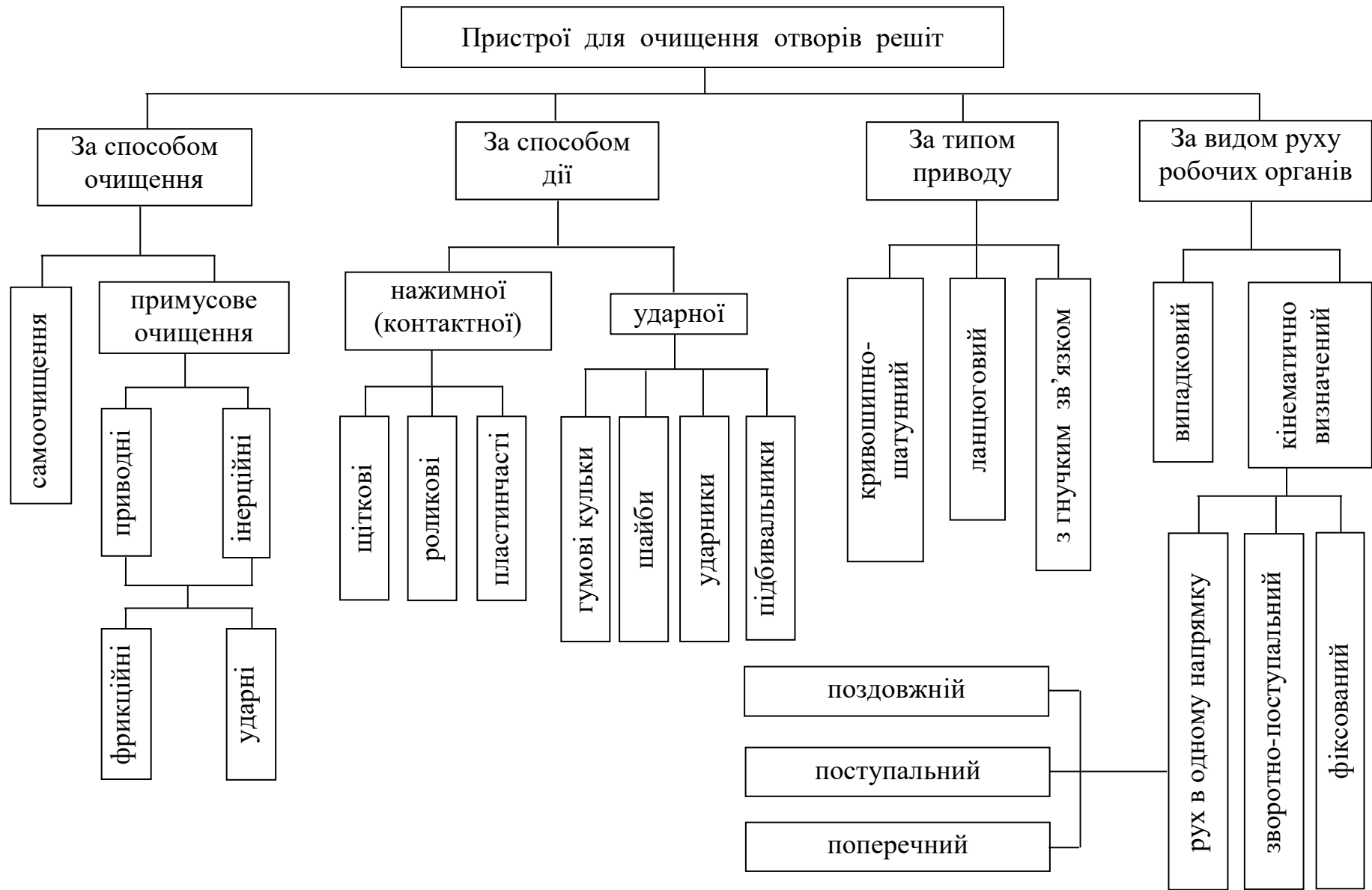


Рис. 1.18. Класифікація пристроїв для очищення плоских решіт

Для того, щоб отримати задану якість очищення отворів, їх піджимають до решета таким чином, щоб щетина виступала над поверхнею решета не більш як на 1-2 мм [32, 36, 49, 50].

У деяких зернових сепараторах використовують щіткові очисники з циліндричними щітками (рис. 1.19, б), які кріпляться на щітковому візку і в яких робочою частиною є зблоковані щітки, що піджимаються до решета пружиною та перекочуються по його робочій поверхні. Виготовляють щітки із щетини, кінського волосся або штучного волокна.

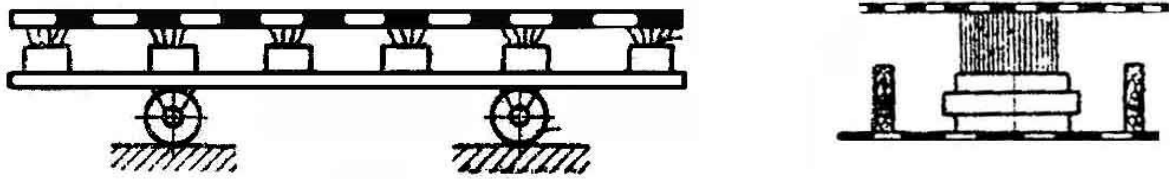
Щіткові очисники забезпечують зниження ступеня забивання решіт до 10% – при обробці крупнозернистих матеріалів і до 7% – при обробці дрібнозернистих сумішей. До недоліків можна віднести швидке зношування кінчиків волосся через крайки отворів решіт, втрата пружних властивостей волосків, нерівномірність очищення, складність приводу [32, 37, 49].

У деяких зерноочисних машинах замість щіток використовують гумові ролики і пластини, які відносяться до класу фрикційних очисників.

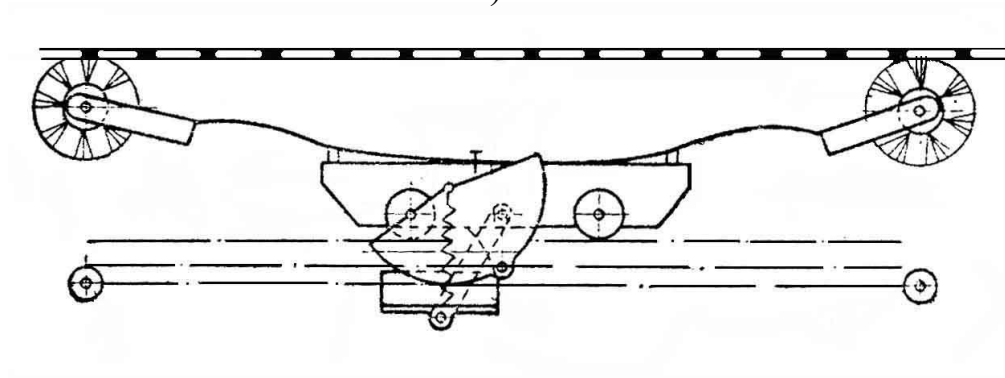
Гумові ролики (рис. 1.20, а) здійснюють під решетами зворотно-поступальний рух. Вони перекочуються по нижній поверхні решета, обертаючись навколо своїх осей і виштовхують насіння, що застрягло, частково повертаючи їх в отворах. Роликові очисники краще очищують решета із прямокутними отворами. Якщо решето провисло, то ролики нерівномірно очищують і не усувають забивання отворів дрібними частками.

Існують очисники, робочим органом яких є гумові пластини, які закріплюються в два ряди на плоских пружинах і встановлюються на пересувній каретці (рис. 1.20, б). Кожна з пластин встановлюється на окремій пружині, що забезпечує добре копіювання поверхні решета навіть при великому його провисанні. Пластинчасті очисники, із-за малої товщини пластини у порівнянні з роликовими або щітковими, перекривають набагато менше отворів, але якість очистки – нижча.

До очисників ударної дії можна віднести гумові кульки, шайби, ударники і підбивальники.



а)

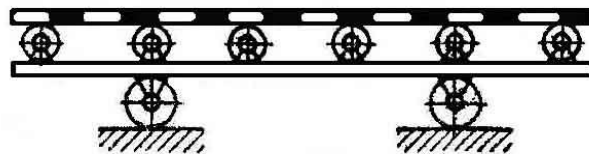


б)

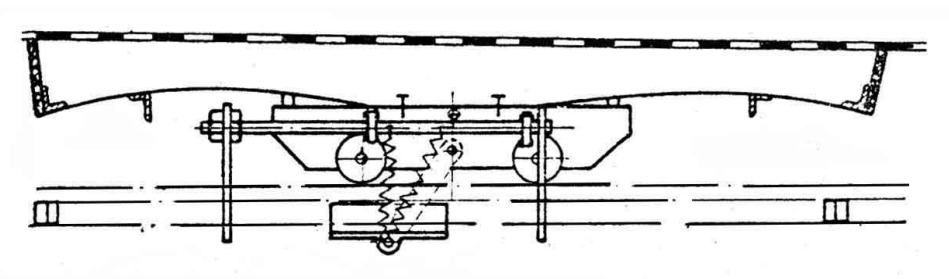
Рис. 1.19 Види щіткових очисників:

а - плоскі щітки;

б - циліндричні щітки.



а)



б)

Рис. 1.20. Види гумових очисників:

а - роликові;

б - пластинчасті.

Найбільш поширеними засобами очищення решіт є інерційні очисники ударної дії: гумові кульки та шайби різних модифікацій. Вони здійснюють непрямий удар разом із прикладанням ударного імпульсу сили тертя.

Очистка гумовими кульками здійснюється без приводного механізму (рис. 1.21, а). Очисники розміщують під решетом на рамці з відбивною поверхнею, яка розділена поздовжніми та поперечними перегородками на секції, в кожній з яких розміщується декілька гумових кульок [16, 32, 37, 52].

При роботі решета кульки підстрибують, здійснюючи між відбивною поверхнею і решетом періодичний рух. Регулярні удари кульок по нижній частині решета вибивають застрягле насіння з отворів.

Кулькові очисники виготовляють із жорсткої і пружної гуми. Для зменшення зношування кульки повинні контактувати зі стороною штампованого решета, що не має задирок.

Шайби, які виконані із листової гуми або прогумованої тканини створюють перервний, але надійний контакт із решетом, який не порушується навіть при значному зношуванні тканини (рис. 1.21, б і в). Із подібними очисниками випускає розсиви англійська фірма «Robinson».

Комбіновану дію на частини, які застрягли, чинять очисники виконані у вигляді пластин або шайб, що доповнені щітковою частиною. Крім удару волосся щіток додатково прочищає отвори. Такі очисники використовує фірма «Miag» (ФРГ) (рис. 1.21, г).

Кулькові очисники використовують у вітчизняних зерноочисних машинах з вібраційними решетами і в мірошницьких сепараторах з круговим поступальним рухом решіт, а також у машинах зарубіжних фірм, таких як «Rotex» (США) (рис. 1.22, а), Кімбрія (Данія) (рис. 1.22, б), Buller (Швейцарія) [28, 37, 49, 52].

У порівнянні зі щітковими очисниками до переваг використання гумових кульок можна віднести: відсутність приводного механізму, простоту конструкції, зменшення габаритних розмірів решітної частини, більш висока надійність і довговічність, простота в експлуатації, дешевизна. [52].

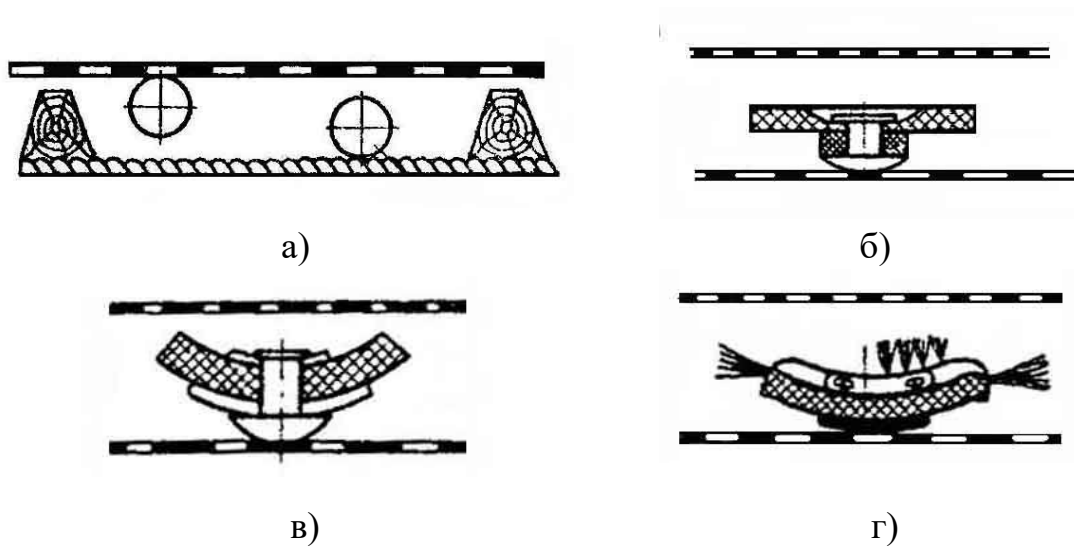


Рис. 1.21. Інерційні очисники ударної дії:

а - гумові кульки;

б, в - шайби;

г - комбіновані.



а)



б)

Рис. 1.22. Кулькові очисники ударної дії вібраційних машин:

а - фірми «Rotex»;

б - фірми Кімбрія.

Ударники і підбивальники очищують решета ударами зверху або знизу. Вони приводяться в рух коливаннями решітних станів. Використовуються в машинах вітчизняного виробництва для очищення і калібрування зерна кукурудзи ОС-1, КСК-1 та в машинах англійської фірми «Робінзон», німецької фірми «Гомпфер», машинах Пектус фірми «Ребер» та калібрувальних машинах американської фірми «Сьюперіор» [50].

Пружні ударники (рис. 1.23, а) монтують на валиках, які встановлено на боковинах решітної частини. При русі решітного стану тяга приводить в коливальний рух ударники, які ударяють по поверхні решета. Кількість ударів кожним кінцем ударника дорівнює кількості коливань решітної частини. Сила удару залежить від пружності пружини ударника і кута розмаху, який регулюється.

Підбивальники (рис. 1.23, б) приводяться в коливальний рух також від решітної частини. Для цього загнутий кінець валика, на якому вони закріплені, з'єднується з рамою машини за допомогою шарніра. Ударники та підбивальники очищують решета гірше, ніж щітки. Тому їх використовують лише для очистки решіт, які відділяють великі і грубі домішки [21, 32, 37, 49].

Ударники і підбивальники очищують решета ударами зверху або знизу. Вони приводяться в рух коливаннями решітних станів. Використовуються в машинах вітчизняного виробництва для очищення і калібрування зерна кукурудзи ОС-1, КСК-1 та в машинах англійської фірми «Робінзон», німецької фірми «Гомпфер», машинах Пектус фірми «Ребер» та калібрувальних машинах американської фірми «Сьюперіор» [50].

У машинах для калібрування кукурудзи КСК-1 використовують очисники решіт, в яких удари по решету поєднуються із зворотно-поступальним рухом (рис. 1.23, в). Вони виконані у вигляді молоточків, що розташовані під решетами і потрібні для того, щоб очищувати гофровані решета з довгастими отворами. Ударні частини покриті гумою і завдовжки як ширина решета. Очисники змонтовані на рамі, яка приводиться у зворотно-коливальний рух за

допомогою кривошипно-шатунного механізму. Підбивальники оброблюють всю поверхню решета [32, 37, 49].

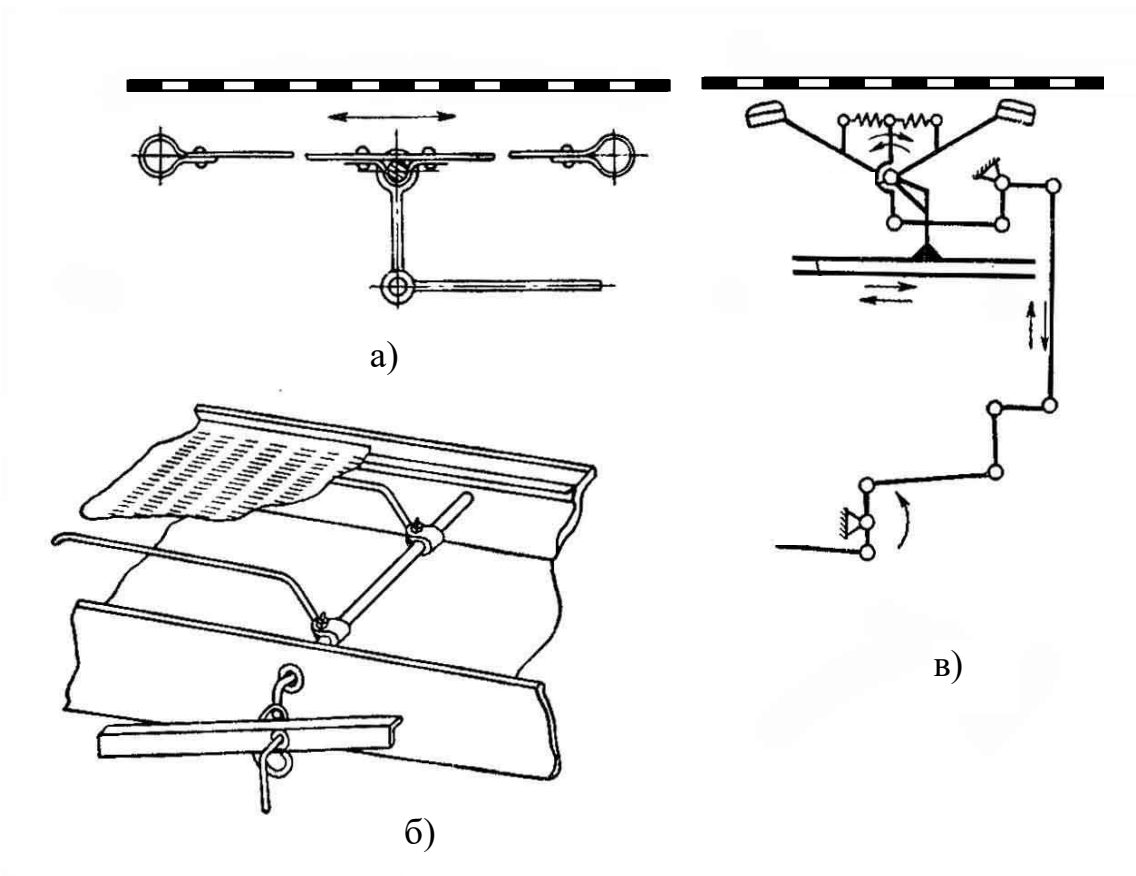


Рис. 1.23. Приводні очисники ударної дії:

а - ударники із пружинними молоточками;

б - підбивальники;

в - ударники із зворотно-поступальним рухом.

Комбінований спосіб очищення полягає у сумісній дії контактних та ударних робочих органів. Комбіноване очищення здійснюють інерційні очисники у вигляді пружних кульок або шайб, а також різного виду киянки і підбивальники.

Вібраційні решета при певних кінематичних параметрах працюють без будь-яких засобів очищення. Самоочищення решіт відбувається тоді, коли режими руху решіт, що відповідають оптимальним значенням ефективності калібрування, збігаються з режимами їх самоочищення [53].

До очисників із кінематично визначеним рухом робочих органів відносяться такі, у яких зазначений рух здійснюється за законом, що припускає визначення положення робочих органів щодо поверхні решета у будь-який момент часу. Це очисники плоских решіт із примусовим рухом робочих органів. Вони здебільшого мають кривошипно-шатунний привод, що надає робочому органу зворотно-поступальний рух. Інші очисники переміщуються по поверхні решета в одному й тому ж напрямку, за рахунок інерційного руху або застосування відповідного приводу. Сюди можна віднести очисники, такі, як киянки, підбивальники та інші, що встановлюються на нерухомих опорах, їхня взаємодія з решетом можлива лише у фіксованих точках.

Клас очисників із випадковим рухом робочих органів відрізняється тим, що вони розміщені вільно в системі решітного стану – гумові кульки, шайби, тощо. На їх рух впливає багато випадкових чинників, тому положення розглянутих робочих органів при роботі машини непередбачені. На відміну від очисників із кінематично визначеним рухом зазначені положення можуть бути оцінені лише мірою об'єктивної можливості, тобто ймовірністю.

Проведений аналіз дозволив встановити, що доцільно проводити очищення решіт установки, що розроблюється за допомогою кулькових очисників ударної дії. Інерційний хаотичний рух останніх буде сприяти якісному вибиванню застряглих в отворах кісточок.

Перевагою використання зазначених очисників є простота конструкції та експлуатації. Важливим показником також є висока надійність, довговічність і дешевизна виготовлення.

Особливістю конструкції кулькових очисників є відсутність спеціального приводу, рух їм надається коливанням решітного стану машини. Тому необхідною умовою для забезпечення ефективного очищення решіт є відповідність конструктивних параметрів кулькових очисників коливальному руху решітної частини.

Зважаючи на невеликий обсяг матеріалу, який буде підлягати калібруванню, установка, що розроблюється, має бути невеликою за розмірами,

забезпечувати надійність і довговічність процесу, при відносно невеликій її вартості.

1.5. Огляд досліджень щодо сортування насіння за розмірними ознаками

Процеси вібросепарації решетами привертала увагу багатьох вітчизняних дослідників, які вивчали вплив різних чинників на основні елементи процесу: вібропереміщення, самосортування, сегрегацію, просіювання насіння через отвори та очищення останніх від застряглих зерен.

При цьому слід обмовитися, що вважати плоским решетом, а що – ситом. У працях багатьох авторів немає ясності з цього питання. Найбільш вдале формулювання запропонував Н.Г. Гладков, висловивши, що «в практиці сільськогосподарського машинобудування решетом називається робочий орган з металевим листом, що має пробивні (штамповані) отвори, а ситом – робочий орган, що має поверхню з дротяної сітки» [33].

Впродовж багатьох років у нашій країні та за її межами проводилися дослідження щодо підвищення продуктивності плоских решіт шляхом визначення раціональних знань кінематичних параметрів їх коливань.

Вивченням кінематичних параметрів роботи плоских решіт, що здійснюють гармонійні коливання, займалися: М.Н. Летошнєв, Г.Д. Терсков, І. Г. Воронов, І.Є. Кожуховський, В.М. Цециновський, А.О. Айдарбеков, Н.Г. Гладков, В.С. Биков, С.С. Ямпілов та інші дослідники [17, 21, 32, 33, 34, 54-66].

І. Г. Вороновим і І. Е. Кожуховським [17, 32] закладено основи очищення й сортування насіння основних сільськогосподарських культур, розроблено методику та визначено фізико-механічні властивості насіння, а також способи очищення й сортування насіння понад 40 видів культур. Це дозволило підвищити ефективність зерноочищувальних машин, а також отримувати насіння високої якості.

І.Е. Кожуховським [32, 35] досліджувався вплив на продуктивність завантаження решіт, характеру розташування отворів, «живої» площі решета та кінематичних режимів його роботи. Встановлено, що продуктивність процесу прямо пропорційна «живій» площі, що визначається прискоренням коливань решета $\omega^2 \cdot A$, де A – амплітуда, ω – частота коливань.

Широкі експериментальні дослідження процесу сепарації зерна плоскими хитними решетами були проведені Г.Д. Терсковим [54, 55], який встановив, що прямий вплив на переміщення зерна по решету чинять кінематичні фактори, такі як: напрямок, амплітуда і частота коливань, максимальне прискорення решета, коефіцієнт тертя зерна об решето. Не чинять прямого впливу на переміщення зерна по решету його ширина і довжина, початкове завантаження, співвідношення розмірів частинок і отворів. До додаткових чинників автор відніс такі як: форма отворів, фізико-механічні властивості зернових сумішей, повітряний потік, очисники, технічний стан решіт і тощо.

Експериментальними і теоретичними дослідженнями роботи похилих решіт, що здійснюють коливальні рухи, займався Н.Г. Гладков [33]. Він встановив, що оптимальне прискорення для решіт з довгастими отворами вище, ніж для решіт з круглими. Основними параметрами, що впливають на ефективність роботи решіт, є: їх розміри, кут нахилу до горизонту, амплітуда й частота коливань, розміри і форма отворів, питомі навантаження на одиницю ширини або площі решета. Рекомендована область значень параметрів роботи решіт: амплітуда коливань $A = 5-10$ мм, частота коливань $n = 350-500$ об/хв. Оптимальне максимальне прискорення $\omega^2 \cdot A$ зумовлюється граничною швидкістю руху зерна по решету та оптимальною його прохідністю крізь отвори.

Встановленню закономірностей елементів процесу сепарації присвячені роботи С.А. Васильєва [67, 68]. Ним встановлено аналітичні залежності для маси зерна, що просіялося, на даній довжині решета, витягнення прохідної фракції, прискорення коливань решета.

Таким чином, із приведених досліджень виходить, що інтегральним чинником, який визначає оптимальне протікання процесу сепарації на коливальних решетах є прискорення коливань решета, діапазон змін якого достатньо великий. Проте існують інші дослідження, в яких стверджується, що основний вплив на процес сепарування має відносна швидкість прохідних частинок по решету, яка залежить від швидкості $\omega \cdot A$ його коливань.

Так, при вивченні процесу сепарування віброрешетом П.І. Леонт'євим [69] встановлено, що фізичну суть процесу відображає швидкісний чинник $\omega \cdot A$, а не динамічний $\omega^2 \cdot A$, як для хитних. Їм було встановлено, що як зниження відносної швидкості зерна, так і її збільшення призводять до погіршення показників процесу. Середня відносна швидкість частинок зернової суміші при малих значеннях амплітуди має пряму залежність від частоти вібрацій, а при великих – залежить від них обох.

У своїх фундаментальних працях В.М. Цециновський [56-59] створив теоретичні основи для розрахунку технологічної ефективності процесу сепарування на хитних решетах. Встановлено, що при сепарування зернової суміші відносна швидкість переміщення частинок по решету має бути такою, щоб забезпечувалося найбільше попадання прохідних частинок в його отвори.

Проте відносна швидкість руху частинки в інтервалі отвору не залишається постійною. Критичне значення її величини, при наявності опору середовища, уточнене П.М. Василенком [70].

Параметри відносного руху зерна по решету істотно впливають на якісну й кількісну сторони роботи решета. Так, Н.М. Летошнєв [21] дійшов висновку, що повнота розділення залежить від швидкості переміщення матеріалу по поверхні плоского решета та від загального шляху, що проходить кожна окрема частинка по решету.

У своїх дослідженнях А.С. Сергєєв, В.М. Солов'йов, Г.Н. Павліхін [71] відзначають, що при кожному рівні завантаження плоского хитного решета існує оптимальна швидкість зернової суміші, величина якої знаходиться між зонами перевантаження і недовантаження. У зв'язку з цим зона найкращого

просіювання на решеті є малою. Тому Ю.І. Баженов [72] запропонував збільшувати кут наряду коливань від початку решета до його кінця, або виготовляти решето із змінною кривизною. Це дозволить забезпечити максимально можливі показники процесу сепарування по всій довжині решета шляхом додержання величини оптимальної відносної швидкості переміщення частинок, яка залежить від завантаження.

Аналогічні дослідження проведені А.Н. Зюліним [73, 74]. Для забезпечення рівномірного розподілу зернової суміші ділянки поверхні решета були виконані з різним кутом нахилу, що приводило до зниження відносної швидкості переміщення частинок. Їм було отримано рівняння форми поверхні решета, на якому істотно підвищилася продуктивність процесу сепарування.

Х.А. Ксифіліновим [75] встановлено, що по одному з визначальних чинників – кінематичному режиму – є розбіжності, і його значення у різних авторів різні. Це потребувало дослідити процес сепарування окремо для олійних культур. Встановлено, що максимальна ефективність не залежить від амплітуди коливань. При даній амплітуді оптимальне значення середньої відносної швидкості не залежить від кута нахилу хитного решета.

Вивченням впливу спрямованості коливань решіт на якість сортування займалися І.Є. Кожуховський [35], Г.С. Дьомін [76], В. Ф. Євтягін [77]. При цьому І.Є. Кожуховський відзначає, що продуктивність решета залежить від кута спрямованості коливань α . Причому у решіт з довгастими отворами вона із збільшенням α зменшується, у решіт з круглими отворами – збільшується.

У вищенаведених дослідженнях переміщення зернової суміші ототожнюється з рухом матеріальної частинки, рівняння якого автори, як правило, складають, ґрунтуючись на ранніх роботах І.І. Блехмана [78, 79], Б.А. Берга [80], П.М. Василенка [70]. Проте такий підхід виключає розгляд самосортування зернової суміші, яке найчастіше визначає ефективність процесу сепарування.

Численними роботами В.В. Гортинського [81-83] створено основи теорії процесу сепарування зернової суміші як сипкого тіла. Автор взяв за основу

модель пошарового руху елементарних шарів суміші. Отримано залежності, які характеризують рух точок будь-якого елементарного шару, залежно від кінематичного режиму решета та динамічних коефіцієнтів зсуву шарів. Отримано вирази для визначення часу переміщення частинок з будь-якого вищерозміщеного елементарного шару до поверхні сита. Встановлено, що час прямо пропорційний частоті коливань і обернено пропорційний товщині шару. Автор робить висновок про те, що при масовому процесі самосортування істотно виявляються риси стохастичності процесу внаслідок імовірнісного характеру розподілу прохідних частинок за розмірами і формою.

Вібраційний метод є одним з найбільш істотних чинників інтенсифікації процесу сепарування. Розробці основ вібросепарації присвячені дослідження Г.Є. Листопада [84, 85]. В основу математичної моделі зернового шару автор заклав ідею Рейнольдса про єдність перенесення теплової і механічної енергії. Під дією енергії коливань відбувається «розрідження» зернової суміші, яка поводить себе подібно до системи з в'язким опором, тобто як рідина. Характерні режими вібрацій істотно впливають на коефіцієнт в'язкості зернової суміші. Автор визначив вплив на ефект процесу сепарування амплітуди і частоти коливань незалежно один від одного, тоді як результати багатьох інших робіт свідчать про їх поєднання.

Фундаментальними дослідженнями П.М. Заїки [86-90] створено механіко-технологічні основи теорії вібросепарації зернової суміші. Розроблена теорія елементів процесу: вібраційного переміщення, сегрегації насіння в шарі, просіювання насіння через отвори решіт й очищення останніх від застряглих частинок. Встановлено оптимальні закони руху решіт, а також рекомендовані режими їх руху. З погляду порушення рівноваги шару оптимальним буде кут коливань, рівний куту внутрішнього тертя.

Основні положення кінетичної теорії сепарації вперше розроблені Є.А. Непомнящим [91-95]. Для виявлення закономірностей процесу сепарування на ситах та встановлення залежності ефективності процесу розділення за розміром і щільністю частинок від параметрів механічного режиму й навантаження автор застосував апарат теорії випадкових процесів.

«Блукання» частинок у шарі подається безперервним випадковим процесом Марківського типу та описується диференціальним рівнянням Колмогорова-Фоккера-Планка:

$$\frac{\partial w}{\partial t} = -\frac{\partial}{\partial z}(cw) + \frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial z^2}(bw)\theta,$$

де $w(z,t)$ - щільність імовірності, яка за сенсом визначає імовірність для частинки у момент t опинитися у вказаному об'ємі;

c - коефіцієнт сепарації;

b - коефіцієнт перемішування, що має сенс коефіцієнта дифузії.

Автором викладена кінетика сепарації по розмірах насіння при неускладненому та ускладненому просіюванні частинок у напівбезмежному шарі зернової суміші, у шарі кінцевої і змінної товщини. Описано кінетику сепарації по щільності насіння при відсутності їх «віднесення». Ефективність витягнення прохідних частинок визначається єдиним універсальним параметром $H = \frac{h}{\sqrt{2bt}}$. Отримано рівняння кінетики просіювання, по аналогії з класичним завданням математичної фізики про потік тепла в кулі.

Фундаментальними роботами І.І. Блехмана, В.Я. Хайнмана і інших дослідників [78, 82, 96-99] встановлено, що занурення (спливання) частинки в середовищі можуть обумовлювати три взаємодіючі чинники: відмінність щільності частинки від «щільності» середовища; несиметрія сил опору і несиметрія закону коливань середовища.

Для ефективного протікання процесу сепарування на віброрешеті Г.З. Файбушевич [100, 101] знайшов для кожного елемента процесу оптимальні значення кінематичних параметрів.

Відшукав оптимальних кінематичних режимів вібраційних решіт присвячені роботи А.І. Петрусова, А.В. Міняйло, А.І. Тарана, А.Г. Пузанкова, Ю.І. Трофимченка, М.В. Півня, М.Я. Кирпи [50, 102-109].

Н.М. Захаров [99] у своїх дослідженнях підтвердив аналогію шару зерна з в'язкою рідиною. Автор розглянув вплив сил внутрішнього тертя та опору відносному зсуву елементарних шарів сипкого матеріалу, що піддається інтенсивним вібраціям, на рух зернової маси при вібраційному переміщенні. Для визначення сил внутрішнього тертя використано метод вільних крутильних коливань тонкостінного циліндра. Отримано емпіричні залежності ефективного коефіцієнта динамічної в'язкості по глибині шару від режимів вібрації.

Л.Н. Тищенко реалізував нову концепцію моделювання внутрішньосферних процесів у сумішах, що сепарувалися, і підтвердив аналогію процесів внутрішньосферної динаміки зернових сумішей [110, 111].

В.М. Дринча запропонував нову схему плоскорешітного сепаратора, в якому зернівки «притискаються» до поверхні решета низхідним повітряним потоком. На думку автора, таке конструктивне рішення дозволить підвищити ефективність очищення насіння в 2-3 рази у порівнянні з традиційним плоскорешітним сепаратором [112, 113]. Проте автор не враховує, що створення повітряного потоку є одним з найенергоємніших процесів. Це може підвищити витрати на очищення зерна. Крім того, герметизація решітного стану зерноочисної машини – достатньо складна операція.

Одним з перспективних напрямків розробки фракційних технологій займався С.С. Ямпілов [66, 67], який запропонував використовувати універсальний каскадний решітний сепаратор, як машину для очищення і сортування зерна. Це дозволяє на першому етапі очистити до 80 % зерна від всіх домішок одночасно. Решета, які використовуються в універсальному каскадному сепараторі мають велику пропускну спроможність через великий розмір отворів. У такому сепараторі може бути встановлено до 25 ярусів решіт одночасно.

W.E. Brenchly [114] встановив, що визначальним показником біологічної повноцінності насіння є їх індивідуальна маса, яка в абсолютних цифрах виражає запас поживних речовин.

Наукові основи фракційної технології очищення насіння розроблені Н.Н. Ульрихом понад 60 років тому [115]. Він так само був прихильником сепарації насіння за індивідуальною масою і стверджував, що вона є ознакою, яка найбільшою мірою характеризує врожайність і продуктивність насіння. Але оскільки не існує способу сортування насіння за цією ознакою, то, щоб вирівняти насіння по масі, доводиться розділяти їх за шириною і товщиною.

Удосконаленням фракційної технології очищення насіння займався В.І. Оробинський [116], який запропонував реалізувати її на двохаспіраційних легкорешітних машинах. На першому етапі в пневмосепаруючому каналі першої аспірації за аеродинамічними властивостями виділяються незернові компоненти легкої ваги, які надалі складають основу відхідної фракції. Далі на сортувальних решетах зерно розділяють за товщиною на основну і фуражну фракції. На другому етапі з основної фракції за аеродинамічними властивостями у другому пневмосепаруючому каналі виділяють частину біологічно неповноцінного зерна легкої ваги.

Пильну увагу приділяють зарубіжні фірми, що випускають зерноочисні машини, при розробці нових конструкцій і технології очищення зерна, зниженню витрат на його виробництво і переробку [26-28, 117-123].

На підставі проведеного аналізу, враховуючи дані літературних джерел [124-129], складено порівняльну характеристику основних показників роботи машин для сортування насіння і зернових сумішей на плоских хитних і вібраційних решетах. Це дозволило зробити висновок про те, що розкид значень конструктивних та кінематичних параметрів роботи решітних станів незначний, що говорить про загальну тенденцію вибору цих параметрів для розробки нових технологічних засобів сортування насіння на фракції.

Протікання процесу сортування на решетах неможливе без очищення їх отворів від застряглих частинок. Отвори миттєво забиваються зернами, розміри яких близькі до розмірів отворів, і процес сортування припиняється [27, 49, 52]. Тому виправдано, що при розробці нових пристроїв для сортування (сепарації)

посівного матеріалу необхідно враховувати всі чинники, які забезпечать якісне протікання процесу.

Очищення плоских решіт, що коливаються, здійснюється способом, при якому робочі органи очищують отвори решета тільки при контакті із застряглими частинками. Протікання процесів забивання та очищення отворів решіт вивчено недостатньо, а без цього неможливе вирішення питань щодо вибору й оптимізації функціонування очисників. Тому зазначена проблема завжди привертала пильну увагу багатьох вчених.

Найбільш розповсюдженим засобом очищення решіт є клас очисників із випадковим рухом робочих органів, який відрізняється тим, що вони розміщені вільно в системі решітного стану – гумові кульки, шайби різних модифікацій та ін. На їх рух впливає багато випадкових чинників: нестабільність режиму коливань решітного стану, похибки виготовлення елементів конструкції очисника, нерівномірність зносу. Тому положення розглянутих робочих органів при роботі машини непередбачені. На відміну від очисників із кінематично визначеним рухом зазначені положення можуть бути оцінені лише мірою об'єктивної можливості – ймовірністю.

Сприятливі умови для застосування інерційних очисників ударної дії мають вібраційні зерноочисні машини, характерною особливістю яких є наявність нормальної складової амплітуди коливань.

Вивченням зв'язку між насінною, що заклинила, і крайками отворів займався Г.З. Файбушевич [130-131]. Ним теоретично отримана умова заклинювання, виходячи з рівноваги сил, що прикладені до зерна у вертикальному напрямку. Але автор не враховує сили інерції і сили зчеплення насіння із крайками отворів.

С.А. Васильєв [68], вивчаючи умови заклинювання насіння в отворах решіт, що здійснюють коливальний рух в горизонтальній площині, враховує тільки сили інерції і приходять до висновку, що самоочищення таких решіт неможливе.

П.М. Заїка, В.Ф. Рідний, А.В. Міняйло [132-134] провівши теоретичні дослідження заклинювання часток в отворах решіт вібраційних машин, встановили, що розклинювання зерен відбувається в результаті перекидання. Тому для повного вивчення явища недостатньо розглядати тільки умови розклинювання, які отримані з урахуванням вертикальних складових діючих сил. У співавторстві зі Н.В. Слоновським [135-137] було визначено силу зчеплення з крайками отворів із урахуванням пружної деформації зерна в процесі заклинювання. Встановлено, що зчеплення частки з крайкою зростає при підвищенні інтенсивності коливань, зменшенні ширини частки та при збільшенні ширини кромки.

В.Ф. Рідним [138-140] обґрунтовано процес очищення вібраційних решіт гумовими кульками. Розглядається вивчення явища розклинювання з урахуванням вертикальних складових діючих сил. Отримані аналітичні залежності, які дозволяють визначити силу, з якою кулька виштовхує застрягле насіння, а також конструктивні параметри кулькових очисників. Але щодо швидкості руху кульки в міжрешітному просторі [141], вона розглядається тільки в момент удару об решето.

Д.І. Мазоренко і Л.Н. Тищенко [142] провели порівнюючий аналіз методів динамометрирування і вібрування щодо визначення міцності зв'язку зерен, що застрягли, з крайками отворів. Невідповідність вимірювання сил цими методами полягає у тому, що час дії на застрягле насіння різний, а тому опір їх вилучення неоднаковий. Однак встановлено, що метод вібрування дозволяє отримати більш точні значення сил на робочих режимах, у зв'язку з тим, що саме динамічні сили утримують застрягле насіння в отворах при роботі решета.

О.І. Завгороднім [49, 143, 144] розроблена математична модель процесу забивання решета для очисників, робочі органи яких випадковим чином переміщуються в підрешітному просторі. При випадковому русі робочих органів очисника процес очищення також стабілізується, при цьому граничне значення коефіцієнта забивання, яке підтримується очисником, дорівнює:

$$\delta_{\text{гр}} = \frac{\lambda \mu p}{\lambda \mu + a} + \frac{\lambda q}{\lambda + a},$$

де p – ймовірність улучення кульок по частинках;

q – ймовірність струшування решета без попадання по частинкам;

λ – початкова швидкість забивання решета, що не очищується.

Отримано вираз:

$$G = \frac{a}{\lambda T} \left(p \frac{1 - e^{-\lambda \cdot t}}{a + \lambda \mu} + q \frac{1 - e^{-\lambda \cdot T}}{a + \lambda} \right)$$

для оцінювання ефективності роботи очисників із випадковим рухом робочих органів за технологічним критерієм якості – коефіцієнтом ефективності живого перерізу решета, який може бути використаний для вибору раціональних параметрів очисників.

1.6. Мета і завдання досліджень

На підставі узагальнення проведеного огляду та аналізу новітніх технологій сортування насіння можна зробити такі **висновки**:

1. Одним із перспективних напрямків вирощування саджанців плодкових кісточкових культур є технологія без пересадки підщеп, застосування якої дає можливість знизити витрати праці на вирощування саджанців та знизити їх собівартість на 15-20 %.

2. На якість механізованого процесу висіву насіння плодкових кісточкових культур істотно впливає його вирівняність за розмірними ознаками.

3. Впровадження в плодovому розсадництві технології вирощування саджанців без пересадки підщеп передбачає наявність операції калібрування, яка дозволить отримати однорідний за розмірами посівний матеріал.

4. На сьогоднішній день не існує механізованої операції калібрування посівного матеріалу плодovих кісточкових культур, тому доцільно розробити та

впровадити у виробництво установку для калібрування насіння плодових кісточкових культур.

5. Фізико-механічні властивості та розмірно-масові характеристики кісточок плодових культур мало вивчені, що ускладнює розробку засобів механізації калібрування.

6. Із відомих типів пристроїв для калібрування переважним для розділення кісточок є плоскі штамповані решета, що здійснюють коливальний рух за допомогою ексцентрика, а за очисники решіт доцільно використовувати гумові кульки.

Об'єкт дослідження – процес калібрування сипких матеріалів за розмірними ознаками.

Предмет дослідження – закономірності впливу параметрів і режимів роботи установки на якість калібрування насіння плодових кісточкових культур.

Мета досліджень – отримати однорідний за розмірами посівний матеріал плодових кісточкових культур шляхом розділення насіння на фракції з відхиленням по масі до 10 % за рахунок калібрування його на решетах, що здійснюють коливальний рух в горизонтальній площині.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі **завдання**:

- визначити фізико-механічні властивості та розмірно-масові параметри насіння плодових кісточкових культур і встановити взаємозв'язки між ними;
- обґрунтувати конструктивно-технологічну схему установки для калібрування насіння плодових кісточкових культур;
- розробити математичну модель процесу оптимізації параметрів кулькових очисників решіт, що використані в установці для калібрування;
- обґрунтувати форму та розміри отворів решіт для калібрування насіння плодових кісточкових культур і визначити параметр розділення насіння на фракції;
- визначити оптимальні значення конструктивних параметрів і режимів роботи установки для калібрування насіння плодових кісточкових культур;

- виготовити макетний зразок установки для калібрування, провести виробничі випробування і дати техніко-економічну оцінку ефективності застосування установки в технології вирощування саджанців без пересадки підщеп.

РОЗДІЛ 2

МЕХАНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАСІННЯ ПЛОДОВИХ КІСТОЧКОВИХ КУЛЬТУР

Якість насіння є одним із найбільш вагомих факторів підвищення врожаю плодів квіткових культур [1, 2, 4, 13, 14, 30] при використанні технології вирощування саджанців без пересадки підщеп.

Насіння плодів квіткових культур значно відрізняються за розмірними ознаками, тому розробка засобів механізації з калібрування потребує вивчення їх основних розмірно-масових параметрів і фізико-механічних властивостей, які дотепер мало вивчені [18] і носять суперечливий характер.

До числа факторів, що впливають на процес розділення відносяться розміри і маса m насіння. Повний опис форми насіння квіткових культур, як

природного об'єкта, практично неможливий. Тому в якості геометричних характеристик використані довжина, ширина і товщина кісточок.

Зважаючи на те, що для отримання якісних плодів кісточкових культур дерева повинні мати міцну і добре розвинену кореневу систему, то для отримання підщеп бажано використовувати насіння диких форм. Тому дослідження проводили використовуючи насіння таких культур як мигдаль гіркий, вишня магалебська (антипка), абрикос, алича та черешня диких форм (рис. 2.1). Відбір зразків для досліджень проводили відповідно до ГОСТ 13056.1 [145].

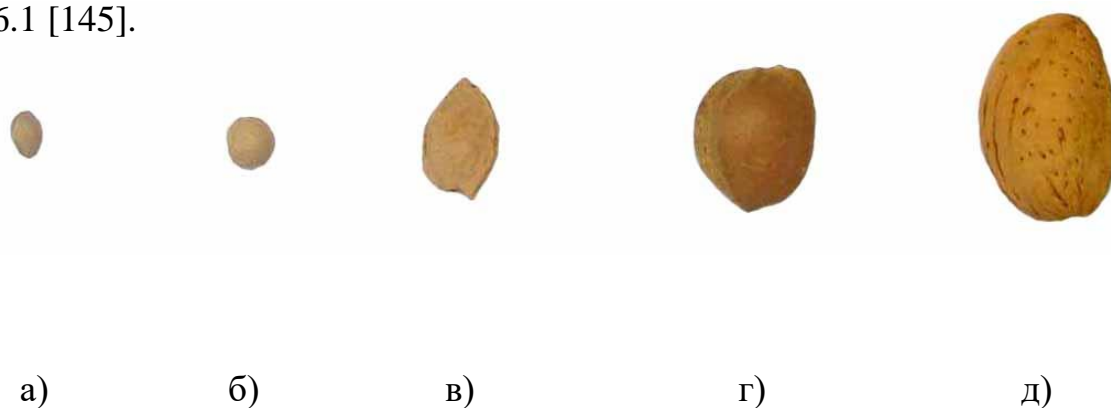


Рис. 2.1. Загальний вигляд насіння плодових кісточкових культур:
а – вишня; б – черешня; в – алича; г – абрикос; д – мигдаль.