

**Магістерська кваліфікаційна робота**

**01.01-МКР. 2223 «С» 2023.12.07. 054**

**Скітневський  
Андрій Володимирович**

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
Механіко - технологічний факультет

УДК 631.356.46

**ПОГОДЖЕНО**

Декан механіко – технічного факультету

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри

сільськогосподарських машин та  
системотехніки ім. акад. П.М. Василенка  
(назва кафедри)

\_\_\_\_\_  
(Підпис) Вячеслав БРАТІШКО  
(ПІБ)

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 року

\_\_\_\_\_  
(Підпис) Юрій ГУМЕНЮК  
(ПІБ)

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2024 року

**МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

на тему **Обґрунтування параметрів удосконаленого сепаратора картоплезбиральної машини.**

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»  
(код і назва)

Освітня програма: «Агроінженерія»  
(назва)

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна  
(освітньо-професійна/освітньо-наукова)

**Гарант освітньої програми**

доктор технічних наук, професор  
(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_  
(підпис) Вячеслав БРАТІШКО  
(ПІБ)

**Керівник магістерської кваліфікаційної роботи**

кандидат технічних наук, доцент  
(науковий ступінь та вчене звання)

\_\_\_\_\_  
(підпис) Юрій ГУМЕНЮК  
(ПІБ)

**Виконав**

\_\_\_\_\_  
(підпис) Андрій СКІТНЕВСЬКИЙ  
(ПІБ)

**КИЇВ – 2024**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко - технологічний факультет

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри  
сільськогосподарських машин та  
системотехніки ім. акад.  
П.М. Василенка,

к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ **Юрій ГУМЕНЮК**

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023р.

**ЗАВДАННЯ  
НА ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
СТУДЕНТУ**

Андрію Скітневському  
(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність: 208 Агроінженерія.

Освітня програма: Агроінженерія.

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

Тема магістерської кваліфікаційної роботи: Обґрунтування параметрів удосконаленого сепаратора картоплезбиральних машин

затверджена наказом ректора НУБіП України від «7» грудня 2023р. №2223 «С»

Термін подання завершеного проекту на кафедру 2024.11.15

**Вихідні дані до магістерської роботи:**

базова машина - картоплезбиральний комбайн типу КПК-1, річний наробіток - 100 год,  
робоча швидкість - до 6 км/год, ширина захвату - 0,7 м.

**Перелік питань, які потрібно розробити:**

1. Аналіз конструкцій картоплезбиральних машин і сепарувальних робочих органів.
2. Обґрунтування удосконаленої конструкції сепаратора картоплезбиральної машини.
3. Обґрунтування параметрів удосконаленого робочого органа.
4. Визначення показників економічної ефективності.

**Дата видачі завдання** 14 грудня 2023 р.

**Керівник магістерської роботи** \_\_\_\_\_ **Юрій ГУМЕНЮК**

**Завдання прийняв для виконання** \_\_\_\_\_ **Андрій СКІТНЕВСЬКИЙ**

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>1. ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕХАНІЗОВАНОГО ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ</b> .....	9
1.1. Аналіз сучасних технологій і засобів механізованого збирання картоплі.....	9
1.2. Агротехнічні вимоги до механізованого збирання картоплі.....	16
1.3. Технологічні властивості складових картопляного вороху в період збирання...	17
<b>2. АНАЛІЗ СЕПАРУВАЛЬНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН</b> .....	21
2.1. Основні типи сепарувальних робочих органів картоплезбиральних машин.....	21
2.2. Аналіз робочих органів виносної сепарації в технологічних схемах сучасних картоплезбиральних машин.....	36
2.3. Аналіз конструктивних особливостей і параметрів сепаруючих гірок.....	45
2.4. Обґрунтування удосконаленої схеми робочого органу вторинної сепарації.....	51
<b>3. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ ВДОСКОНАЛЕНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ</b> .....	53
<b>4. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРОБКИ</b> .....	60
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ</b> .....	67
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	69

## РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота на тему: «Обґрунтування параметрів удосконаленого сепаратора картоплезбиральної машини».

Магістерська кваліфікаційна робота виконана на 75 сторінках машинописного тексту пояснювальної записки у форматі А4, містить 30 формул, 2 таблиці, 46 рисунків.

Магістерська кваліфікаційна робота висвітлює питання збирання картоплі з удосконаленням конструкції картоплезбирального комбайна завдяки застосуванню модернізованого сепарувального робочого органу та розрахунком його основних параметрів і режимів роботи.

В першому розділі пояснювальної записки представлено систему машин для збирання картоплі, розглянуто їх основні переваги та недоліки.

В другому розділі розглянуто сепарувальні робочі частини картоплезбиральних машин та обґрунтовано конструктивну схему модернізованого сепарувального робочого органу картоплезбиральної машини.

В третьому розділі розкрито результати теоретичного дослідження основних параметрів і режимів роботи удосконаленого робочого органу.

В четвертому розділі представлено результати розрахунку показників економічної ефективності даної розробки.

**Ключові слова:** картопля, збирання, картоплезбиральний комбайн, сепарувальний робочий орган, параметри і режими роботи.

## ВСТУП

Виходячи із нинішнього стану сільськогосподарського виробництва в світі можна сказати, що картопля наразі є однією з найперспективніших і найпопулярніших сільськогосподарських культур в аграрному секторі. Завдяки високій калорійності, вмісту вуглеводів та крохмалю, мінеральних солей, заліза та вітамінів картопля є популярним продуктом харчування серед населення. Картопля використовується як корм для годівлі тварин, так і в якості сировини для промисловості. Отже, використання картоплі суспільством у майбутньому не просто не зменшуватиметься, а навпаки має тенденцію до збільшення. Саме цим підтверджується стрімке зростання вирощування даної культури та підвищення потреби на неї серед населення та у промисловості.

Завершальною стадією при вирощуванні картоплі є її збирання, якість здійснення якої має вагомий вплив на рентабельність галузі картоплярства загалом. Процес збирання картоплі здійснюється сучасною високоефективною технікою відомих брендів: GRIMME, ROPA, AVR, IMAC, DeWulf, AMAC, KVERNELAND та інші, що мають широкий асортимент конструктивних схем і різні технічні характеристики. Завдяки технічному забезпеченню збирання, змінюється і ефективність виконання даного процесу.

У зв'язку з недосконалістю конструкцій робочих органів картоплезбиральних машин якість отриманого врожаю загалом зменшується, а разом з цим і несумісність з агротехнічними вимогами. Оскільки умови роботи картоплезбиральної техніки і її робочих органів мають змінний характер (працюють у різних ґрунтово-кліматичних умовах), то це потребує їх універсальності. На додаток до цього, також існують агробіологічні чинники зменшення врожаю картоплі через невідповідність технології збирання. Тому основними факторами посилення ефективності аграрного виробництва є вирощування високоврожайних сортів картоплі, використання високоефективних і ресурсозберігаючих технологій та технічне забезпечення усіх процесів.

Науковцями доведено, що затрати праці для збирання картоплі становлять 45-70% від загальних затрат, а для їх зменшення потрібно використовувати сучасні технології і техніку, що відповідають агротехнічним потребам та високому технологічному рівню.

Однак, як показує практика, якість роботи сучасної картоплезбиральної техніки не завжди відповідає вищезазначеним вимогам. Тому одним з найбільш нагальних напрямків удосконалення машин для збирання картоплі є удосконалення робочих органів картоплезбиральних машин, які б забезпечували достатній рівень якості врожаю. І насамперед це стосується сепарувальних робочих органів, тому що саме вони виконують функції, з допомогою яких виділяється бульби із картопляного вороху, частка якого у підкопаній масі становить 2 до 5% .

Але практично жодна із вже існуючих конструкцій сепарувальних робочих органів не надає достатню повноту виділення домішок відповідно до агротехнічних вимог. Отже, питання подальшого удосконалення та розробка сепарувальних робочих органів, які відповідали б вимогам високої продуктивності за низьких значеннях пошкоджень та втрат бульб і високої їх чистоти (тобто, мінімальному вмісту домішок) є актуальним і достатньо перспективним.

**Метою магістерської роботи** є підвищення ефективності роботи картоплезбиральних машин завдяки застосуванню в їх конструктивних схемах удосконалених сепарувальних робочих органів.

**Об'єктом дослідження** є механізований процес збирання та сепарації картоплі картоплезбиральною машиною.

**Предметом дослідження** є взаємодія картопляних бульб з ґрунтом в процесі збирання урожаю.

**Завдання досліджень:**

- провести аналіз конструкцій робочих органів та машин для збирання картоплі;

- на основі аналізу картоплезбиральних машин і сепарувальних робочих органів, обґрунтувати удосконалену схему сепарувального робочого органу;
- теоретично обґрунтувати раціональні параметри та режими роботи удосконаленого сепарувального робочого органу;
- розрахувати показники техніко-економічної ефективності удосконаленої картоплезбиральної машини з удосконаленим сепарувальним робочим органом.

**Методика досліджень.** Теоретичні дослідження здійсненні завдяки положенням теоретичної механіки, землеробської механіки і також засад теорії і розрахунку сільськогосподарських машин.

## РОЗДІЛ 1 ТЕХНІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕХАНІЗОВАНОГО ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ

### 1.1. Аналіз сучасних технологій і засобів механізованого збирання картоплі.

Технологія збирання картоплі складається із послідовного виконання таких основних операцій:

- знищення або вилучення бадилля завдяки хімічній обробці або шляхом скошування з подальшим вивезенням за межі поля;
- безпосереднє збирання бульб за допомогою підкопування рядка та відокремлення від бульб домішок;
- фінальне транспортування бульб до місця післязбиральної обробки і сортування на зберігання.

В процесі механізованого збирання машини та знаряддя виконують всі вищевказані операції послідовно. Спершу підкопувальними робочими органами підкопуються рядки картоплі відповідно до глибини розміщення бульб у гнізді; ґрунтові грудки подрібнюються; дрібний ґрунт просіюється; відділяються рештки рослин та бадилля; каміння та неподрібнені грудки виводяться з робочої зони машини. В більшості випадків при збиранні комбайнами здійснюється також і сортування бульб на групи та завантаження у транспортний засіб.

Серед аграріїв з усього світу широкого використання набули картоплезбиральні машини відомих компаній Grimme, AVR, Kverneland, Holmer, DeWulf, Sampo, Underhaug та інших (Рис. 1.1).

У процесі збирання картоплі механізованим способом використовують систему машин від елементарних начіпних картоплекопалок до високоефективних самохідних комбайнів, продуктивність яких залежить від умов збирання. Система машин для збирання картоплі включає картоплекопачі (роторні чи просіваючі), картоплекопачі-валкоутворювачі, картоплекопачі-навантажувачі та картоплезбиральні комбайни. (рис. 1.2).



*a*



*б*

**Рис. 1.1. Сучасна картоплезбиральна техніка:**

*a* - чотирирядний самохідний комбайн VENTOR 4150 (GRIMME); *б* - самохідний комбайн AVR

Картопляні копалки застосовуються у підкопуванні, зазвичай, одного рядка картоплі з обертанням і переміщенням бульбоносного пласта, при цьому розділення бульб і домішок не відбувається. Для завершення процесу збирання бульб при використанні даного типу машин необхідним є подальше застосування ручної праці, що в свою чергу вимагає значних затрат (до 200...250 люд.- год./га). Сумарні втрати врожаю за цього способу досягатимуть 25 – 30%.

При використанні картопляного копача роторного типу (рис. 1.2, *a*) леміш підрізає бульбоносний шар одного рядка, а ротори, обертаючись, відкидають картопляний ворох перпендикулярно до напрямку просування.

Під час даного процесу здійснюється відокремлення бульб від домішок. Надалі збирання викопаних бульб, очищення їх від сміття та навантаження в тару чи транспорт здійснюється переважно вручну. Також, цей тип машин характеризується істотними пошкодженнями бульб робочим ротором і значною шириною розкидання бульб (до 3 і більше метрів, що, в свою чергу, призводить до зростання затрат праці на підбирання. Загалом, втрати бульб становитимуть за цього способу становлять до 25%, а затрати праці - до 80...160 люд.-год./га. Даний тип машин потрібно використовувати на ділянках невеликого розміру, а також кам'янистих ґрунтах та в умовах високої вологості.



*а*



*б*



*в*



*г*

**Рис. 1.2. Основні конструктивно-технологічні типи картоплезбиральних машин:**

*а* - роторний картопляний копач; *б* - картопляний копач із прутковим елеватором; *в* - причіпний картоплезбиральний комбайн; *г* – самохідний бункерний картоплезбиральний комбайн з перебиральним столом.

Коли рухається картоплекопач просіваючого типу (Рис.1.2, в, Рис. 1.3) лемеші підкопують бульбоносний шар ґрунту з рядка з попереднім його руйнуванням, направляють ворох на просіваючі транспортери, на яких бульби очищаються від ґрунту і укладаються у валок на поверхню поля. Після цього процесу бульби з валка підбираються вручну або підбирачами. Даний тип машин доцільно використовувати на малих площах. Затрати праці за цим способом складають 70...140 люд.-год./га.

Різновидом цього типу машин можна назвати також картоплекопачі-валкоутворювачі з функцією додаткового формування одного чи декількох валків.

Витрати праці у даному випадку знижуються майже вдвоє (до 50–65 люд.год./га).



**Рис. 1.3. Картоплекопач просіваючого типу**

Картоплезбиральні комбайни (Рис. 1.2, в, з, Рис. 1.4) і картоплекопачі-завантажувачі (Рис. 1.5) краще використовувати на полях з довгими гонами за нормальної вологості. Під час такого збирання послідовно здійснюються всі технологічні операції за один підхід, а також знижується кількість проходів машин і знижуються затрати праці.

Картоплезбиральні машини також мають різні компоновальні схеми, що визначає рух технологічного матеріалу.



**Рис. 1.4. Картоплезбиральний комбайн**



**Рис. 1.5. Картоплекопач-навантажувач**

Найпоширенішим типом картоплезбиральних машин є прямоточна (найбільш придатною для картоплекопачів), Г- та П-подібні (застосовується на картоплезбиральних комбайнах) схеми.

Відповідно до способу агрегування з трактором картоплезбиральні машини поділяються на причіпні (картоплезбиральні комбайни) (Рис. 1.6),

напівпричіпні (картоплекопачі просіваючого типу) (Рис. 1.7), начіпні (картопляні копалки і копачі роторного типу) (Рис. 1.8) і самохідні (картоплезбиральні комбайни) (Рис. 1.9). У великих спеціалізованих господарствах найбільшого застосування набули картоплекопачі-навантажувачі та картоплезбиральні комбайни.



**Рис. 1.6. Причіпний картоплекопач-навантажувач**



**Рис. 1.7. Напівначіпний картоплекопач**



**Рис. 1.8. Начіпний картоплекопач**



**Рис. 1.9. Самохідний картоплезбиральний комбайн**

Причіпні картоплекопачі агрегуються з тракторами потужністю 70...130 кВт, самохідні картоплекопачі-навантажувачі потребують потужності 180...230 кВт, а самохідні комбайни - 230...350 кВт. В свою чергу потужність є основним фактором рядності машини (кількість рядків, які підкопуються машиною за один прохід).

Відповідно до кількості рядків, що збиратимуться машиною за один прохід, картоплезбиральні машини поділяють на одно-, дво-, три- і чотирирядні. Більша рядність є недоцільною, оскільки вимагає збільшення

потужності. Всі види картоплезбиральних машин можуть бути однорядними, однак чотирирядними є тільки самохідні картоплезбиральні комбайни.

Враховуючи особливості технології механізованого збирання можна виокремити три основних способи збирання картоплі:

1) збирання найбільш простими машинами - картоплекопачами з наступним ручним збиранням бульб;

2) збирання копачами-навантажувачами з одночасним завантаженням бульб в причіп транспортного засобу;

3) збирання картоплезбиральними комбайнами із завантаженням бульб в бункер.

Більш поширеними та перспективними вважають два останніх способи збирання, тому що поряд зі значною продуктивністю вони потребують мінімальних затрат праці. Копачі-навантажувачі слід використовувати при збиранні бульб для довготривалого зберігання, однак при цьому з'являється потреба перед зберіганням в ході післязбиральної обробки врожаю виконувати значно якісне очищення від ґрунтових і рослинних домішок.

## **1.2. Агротехнічні вимоги до механізованого збирання картоплі**

Необхідна якість зібраного врожаю повинна забезпечуватись повною механізацією процесу збирання бульб картоплі незалежно від марки збиральних машин.

Якісні показники роботи загалом мають відповідати агротехнічним вимогам до збирання коренебульбоплодів, а саме:

- повнота зрізання бадилля картоплі повинна бути більше 80%. Тому що від якості видалення бадилля буде залежати рівень ушкодження бульб сепарувальними органами та їх чистота. Допустима довжина решток бадилля - не більше 20 см;

- загальні втрати бульб не повинні перевищувати 3% від загального врожаю бульб;

- рівень ушкодження бульб не повинен перевищувати 12%. До пошкодженої відноситься картопля, бульби якої: роздушені, роздушені і надрізані з довжиною тріщин і порізів у межах 20 см по хорді, з виривами м'якоті на глибину більше 5 мм, з обідраною шкіркою, площа якої становить  $\frac{1}{4}$  поверхні бульби. Допустима частка порізаних бульб повинна не бути більшою 1%;

- картоплесортувальні машини повинні забезпечувати точне сортування бульб за рівня втрат не більше 0,5 % та ушкодження бульб не більше 5%. [3, 13, 19, 21, 26, 30].

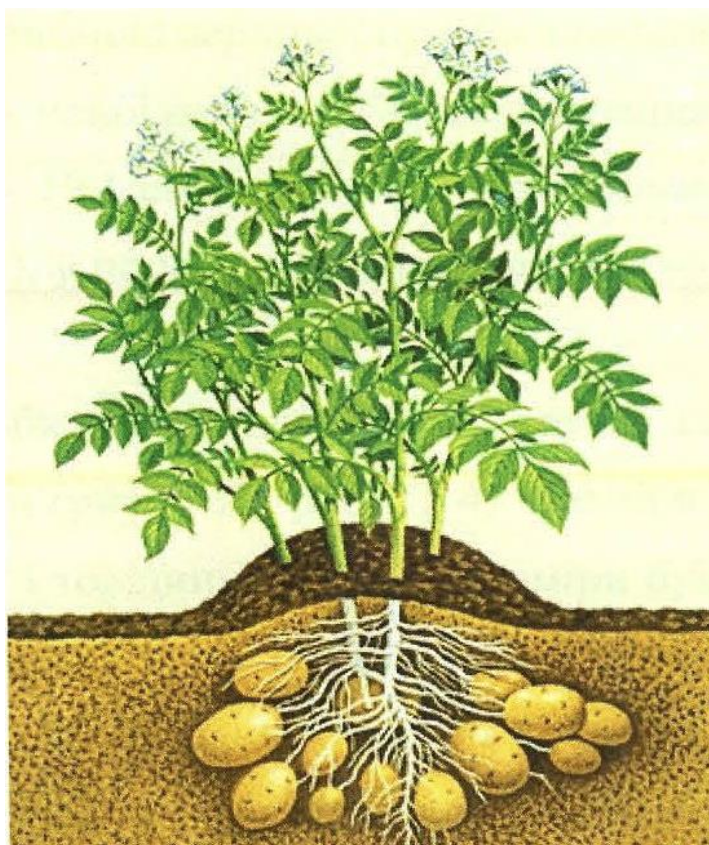
### **1.3. Технологічні властивості компонентів картопляного вороху в період збирання**

Картоплю вирощують із шириною міжряддя 70 см (популярна практика використання міжряддя 90 см) та відстанню між бульбами в рядку - 30 см, завдяки чому зберігається густина посадок до 50 тис./га (Рис. 1.10).



**Рис. 1.10. Посадка картоплі**

Врожай бульб формується у вигляді гнізд (Рис. 1.11,1.12), основними параметрами яких є: найбільша глибина закладання нижньої бульби і найменша глибина закладання верхньої бульби і також ширина гнізда.



**Рис. 1.11. Куц картоплі**



**Рис. 1.12. Врожай куца картоплі**

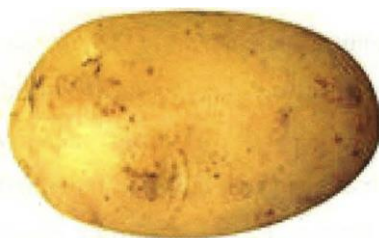
Значення вищезазначених параметрів залежить від характеристик сорту, ґрунтових умов, агротехніки вирощування.

Для більшості сортів, які вирощуються в Україні рекомендованими параметрами є:

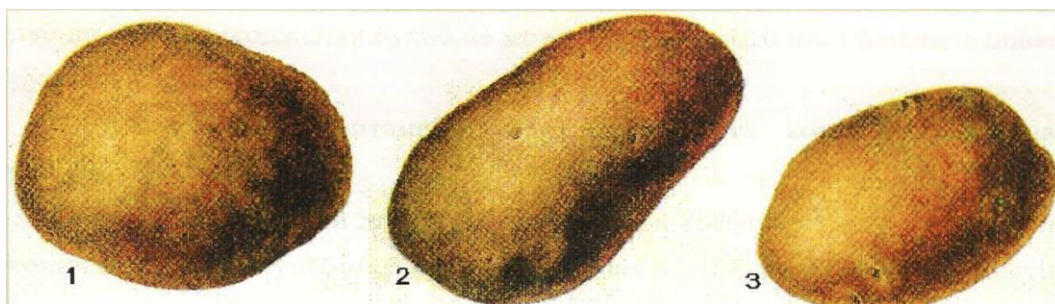
- глибина залягання верхньої бульби - від 2,0 до 10 см ( 4,7 - 5,3 см);
- найбільша глибина закладання нижньої бульби від 14 до 24 см (18,5 - 19,1 см);
- ширина куща вздовж рядка - від 9,0 до 38,0 см (23,8 - 27,8 см), у поперечному напрямі - від 7,0 до 31 см (18,5 - 22,5 см).

За формою картопляні бульби бувають: круглі, еліпсоїдні, продовгуваті та неправильної форми (Рис. 1.13, Рис. 1.14). Розміри бульб розраховуються за їх довжиною, шириною і товщиною. Форма і розміри бульб є відповідними для певного сорту, однак також залежать від умов росту та розвитку агротехніки.

Зі зростанням врожайності більшими будуть також і бульби. При формуванні бульб неправильної форми значний вплив має коливання температур. Середнє значення маси бульби коливається від 40 - 100 г.



**Рис. 1.13. Одиначна бульба**



**Рис. 1.14. Форми бульб картоплі: 1 - кругла; 2 - продовгувата; 3 – овальна**

Стебла картоплі мають довжину від 53 до 92 см (інколи досягають 110 см), діаметр в нижній частині - 9 - 13 мм, кількість стебел у кущі - 3-10 шт., а їх врожайність 60 - 120 ц/га.

Показник об'ємної маси бульб картоплі складає 600 - 700 кг/м<sup>3</sup>, а бадилля - 130 - 140 кг/м<sup>3</sup>.

Для відокремлення бульб від бадилля потрібно докласти зусиль в межах 3,5 до 12 Н. Збирання бульб способом брання за бадилля релевантне тільки для ранніх сортів, під час збирання більш пізніх сортів такий спосіб не є ефективним.

Пошкодження бульб картоплі може виникати під час стискання або удару. Під час дозрівання міцність бульб збільшується. Також, характерною особливістю є те, що більші бульби є міцнішими ніж дрібні. В свою чергу міцність бульб залежить від сорту картоплі.

В ході розрахунків беруть до уваги, що за швидкості співудару бульб до 3 м/с ушкодження бульб не спостерігається, а при 10 м/с і більше – відбувається повна їх руйнація.

Бульбам більш притаманне тертя ковзання, кочення, перекидання.

Найбільш характерними для бульб є параметри коефіцієнтів тертя кочення бульби по бульбі - 0,5 - 0,6, і коефіцієнтів ковзання - 0,8. Варіація коефіцієнтів тертя та кочення сприймається через різницю форми бульб, а ковзання - насамперед, через їх вологість.

Однак аналіз табличних значень коефіцієнтів тертя вказує на те, що величина коефіцієнта тертя кочення є меншою ніж величина тертя ковзання.

## **РОЗДІЛ 2 АНАЛІЗ СЕПАРУВАЛЬНИХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН**

### **2.1. Основні види сепарувальних робочих органів картоплезбиральних машин**

В ході забезпечення потрібної якості отриманого врожаю під час процесу механізованого збирання картоплі після підкопувальних робочих органів картоплезбиральних машин, в роботу вступають органи для очищення і сепарації з подальшим переміщенням маси транспортом.

Керуючись експериментальними даними, в підкопаному бульбоносному шарі ґрунту вміст бульб картоплі становить всього 3-5%, а решта 95-97% - подрібнений ґрунт, каміння, маточні бульби та рослинні домішки.

Використання сепарувальних робочих органів дає змогу забезпечити потрібну якість картоплі, а саме відповідність агровимогам, які передбачають отримання чистої картопляної маси з вмістом домішок, який не перевищує 3%, тому що підвищений вміст домішок впливає на термін зберігання урожаю.

Відповідно до типу домішок сепаратори бувають:

- для сепарації ґрунту;
- для відокремлення рослинних решток;
- сепаратори від грудок та каміння.

Основними методами відокремлення домішок є:

- 1) дискретний (ручне перебирання);
- 2) поточний.

За ручного перебирання можливо виправити роботу попередніх очищувальних пристроїв і забезпечити потрібну якість кінцевого відділення домішок від картоплі.

Для здійснення ручного перебирання використовуються стрічкові, пруткові та роликові транспортери. Досить широко застосовується стрічкові столи, конструкція яких забезпечує рух домішок без їх застрягання. При цьому

відсутня небезпека травмування операторів та знижується навантаження на їх органи зору.

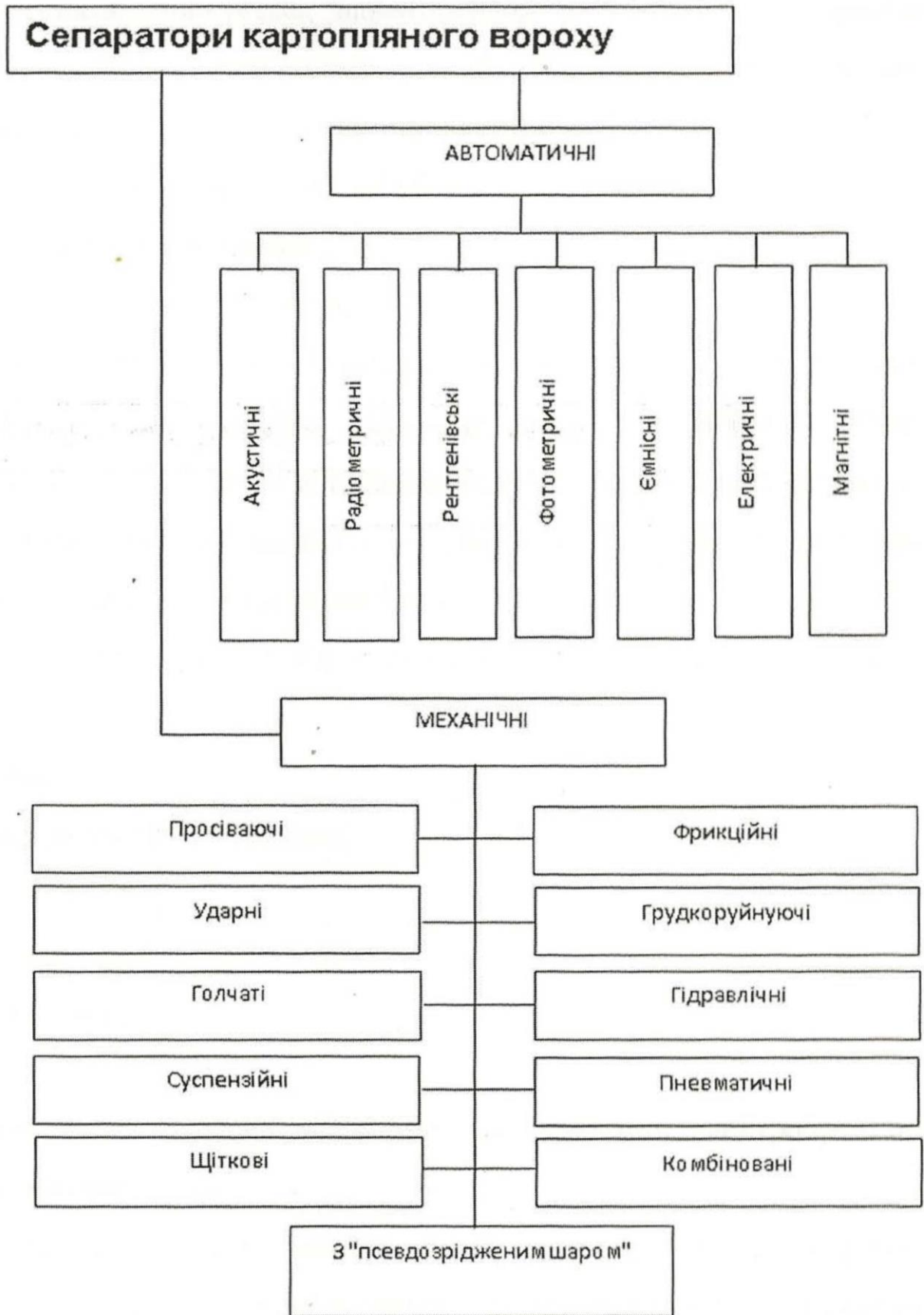


Рис.2.1. Класифікація сепараторів картопляного вороху

Однак значним мінусом при цьому є різке збільшення затрат праці на отримання одиниці продукції.

Сепаратори картопляного вороху поділяються на два основні типи (рис. 2.1): механічні та автоматичні.

Характерною особливістю під час автоматичного відокремлення домішок є поштучний контроль безконтактним датчиком кожної бульби, що сприяє зниженню пошкодження бульб. Однак такі машини мають знижену продуктивність.

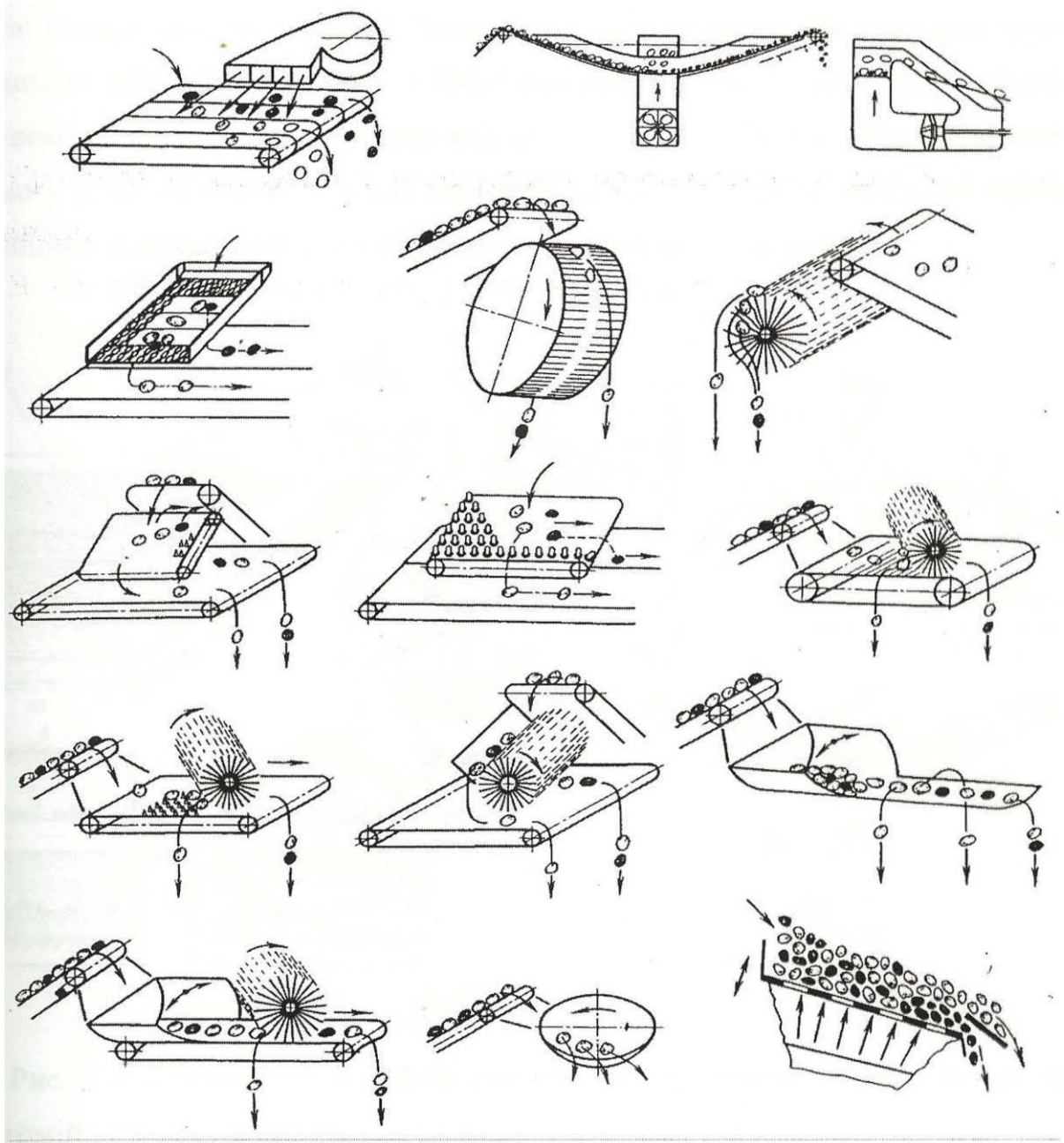
Автоматичні сепаратори поділяються на:

- акустичні,
- радіометричні і рентгенівські,
- фотоелектричні,
- радіохвильові,
- фотометричні,
- ємнісні,
- сепаратори, що працюють на принципах магнітної проникності тощо.

Автоматичні сепаратори є достатньо складними і дорогими, тому їх доцільно використовувати в умовах стаціонару, у приміщеннях або під накриттям, оскільки на якість їх роботи значний вплив мають вологість та запиленість середовища. Значним обмежувальним чинником щодо їх застосування є потреба в спеціально підготовлених операторах, які контролюють виробничий процес, здійснюють технологічне обслуговування та ремонт. Для досягнення високої ефективності роботи автоматичні сепаратори слід використовувати в комбінації з механічними сепараторами.

Для механічного сепаратора притаманними є простота конструкції і легкість експлуатації.

В основу механічного відокремлення покладено принцип який базується різниці фізико-механічних властивостях бульб, рослинних решток і ґрунту. (рис. 2.2).

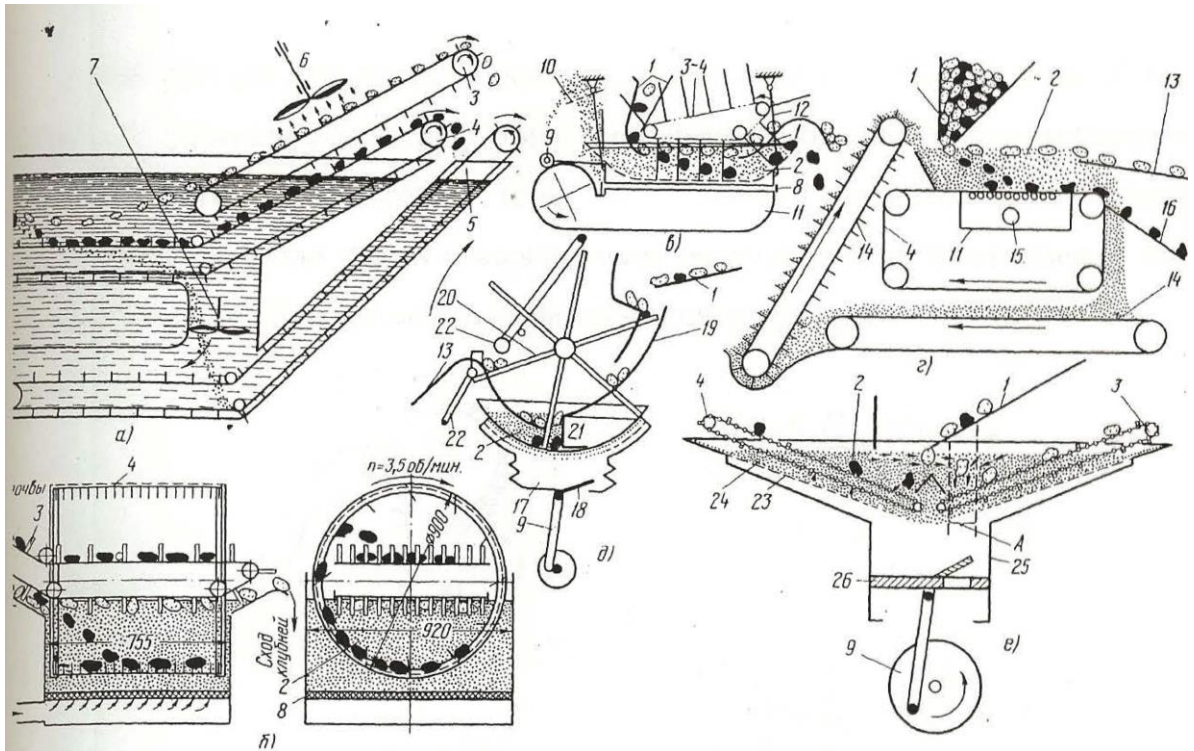


**Рис. 2.2. Робочі органи для механічного відокремлення складових картопляного вороху**

Одним із таких параметрів є питома вага складових вороху, завдяки чому є можливим відокремлення від нього картопляних бульб (рис. 2.3).

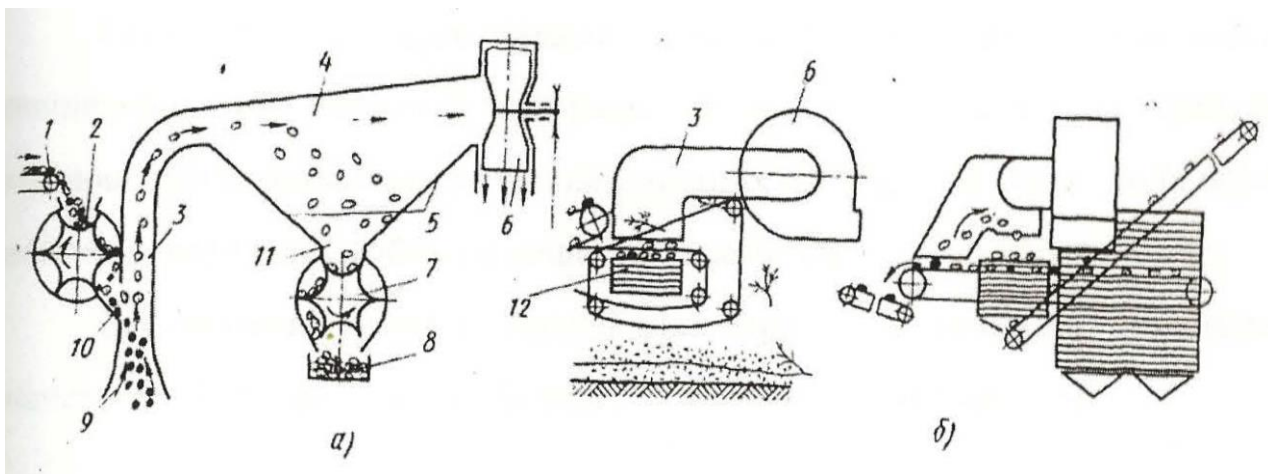
До очисників, що працюють за принципом питомої ваги належать щіткові сепаратори, суспензійні та сепаратори з «псевдорозрідженим шаром» (рис. 2.4).

Ефективність роботи даних сепараторів сягає 92-97%. Однак через ряд причин, їх найбільш доцільно використовувати тільки у стаціонарних пристроях.



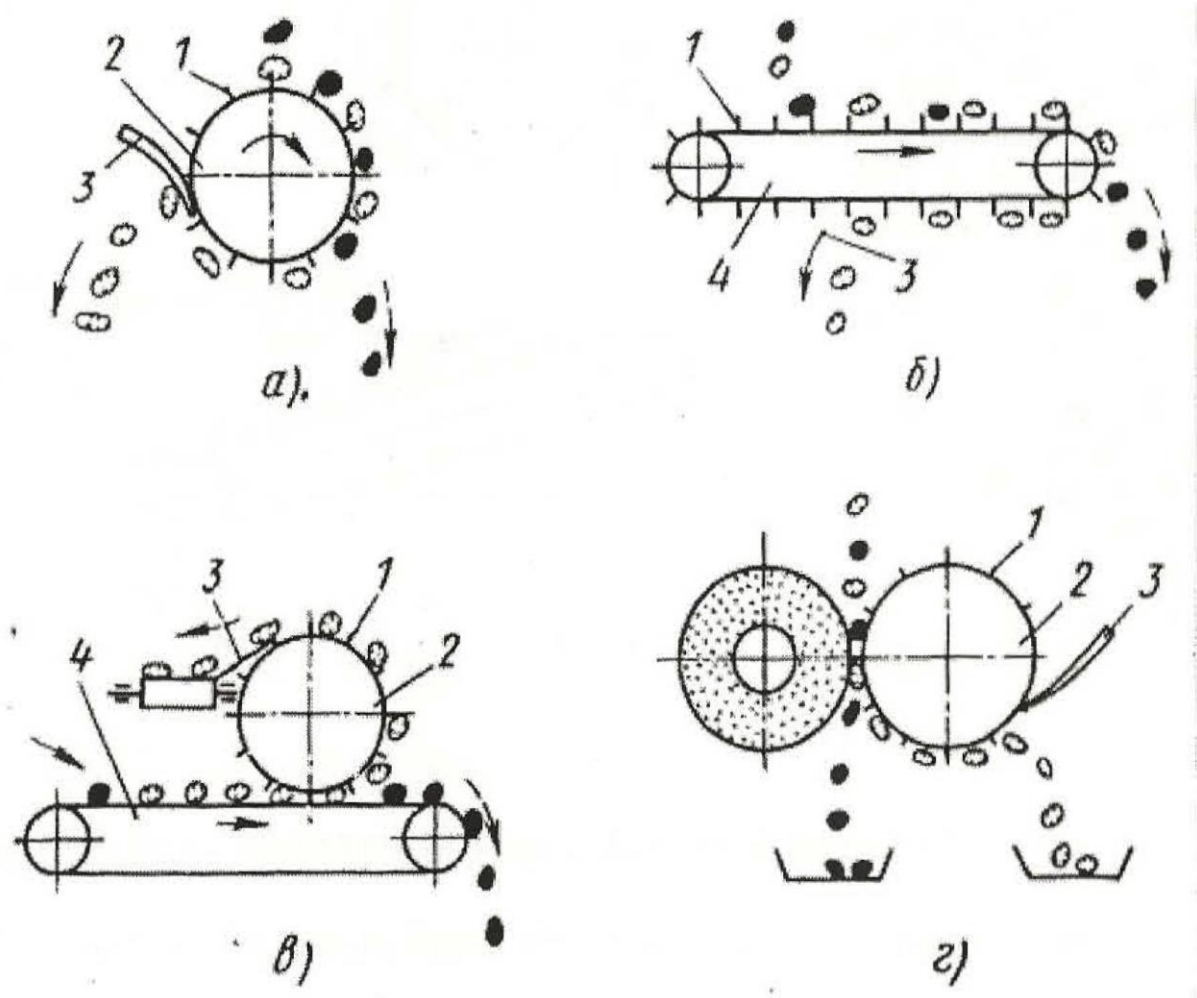
**Рис. 2.3. Сепарувальні робочі органи для картопляного вороху основані на питомій вазі**

За принципом пружності матеріалу працюють сепаратори у вигляді відбивного стержня або сфери. Це дає змогу відокремити до 90,5% бульб від загальної маси картоплі, до 100% грудок і до 70% каміння.



**Рис. 2.4. Аеродинамічні сепаратори картопляного вороху**

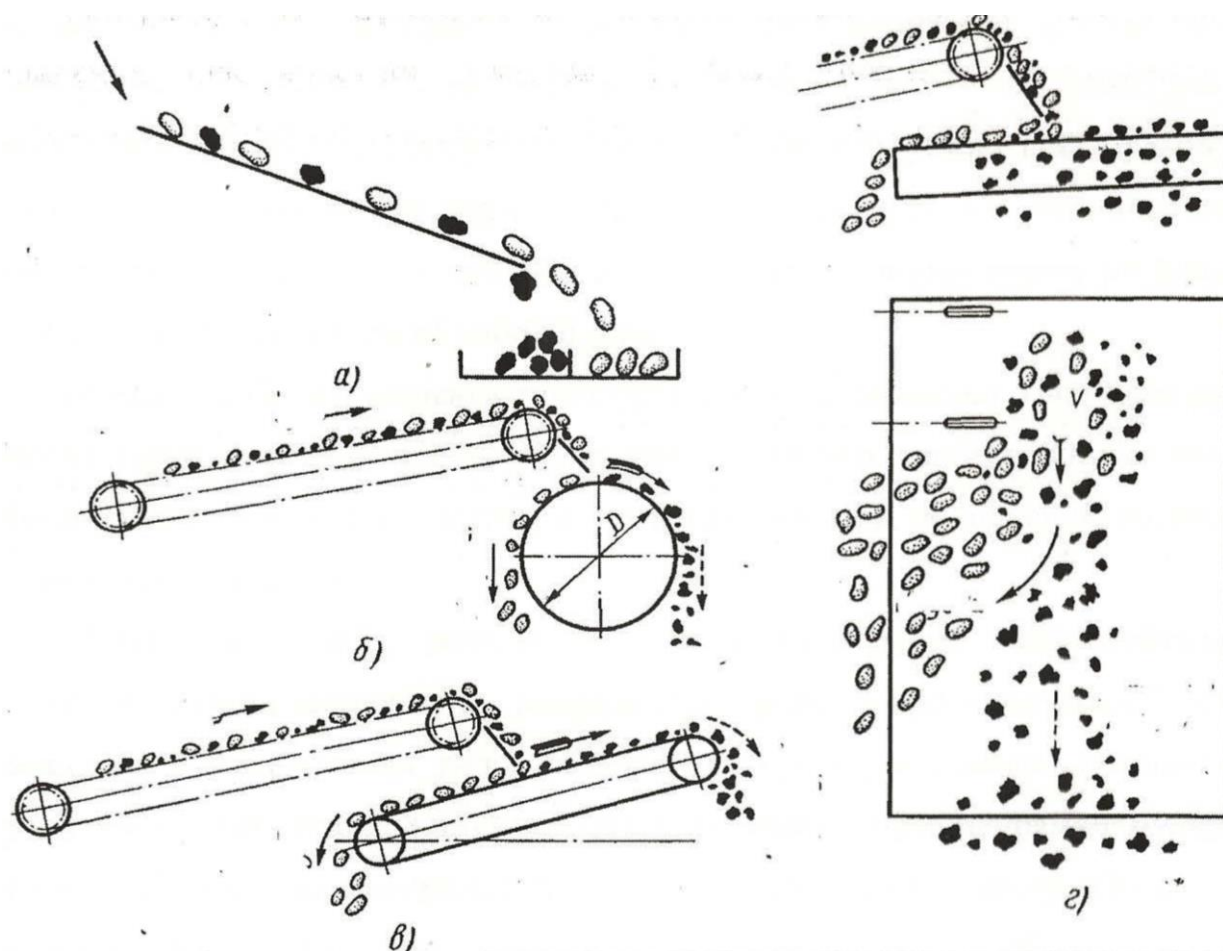
Сепаратори, які забезпечують повноту відокремлення до 88-92% і робота яких базується на різниці фізико-механічних властивостей картоплі та ґрунту, а також характером їх взаємодії з металевими голками барабану чи голчатого транспортера (рис. 2.5). Однак такий спосіб сепарації викликає значне пошкодження бульб, що свою чергу створює умови до швидкого їх загнивання, а тому таку картоплю можна використовувати тільки для подальшої швидкої переробки.



**Рис. 2.5. Сепаратори картопляного вороху на основ різниці твердості поверхонь**

Сепарація за фракційними властивостями набула найбільшого поширення. В таких очисниках відокремлення компонентів вороху здійснюється на основі різниці їх коефіцієнтів тертя. Перевагою таких сепараторів є мізерний відсоток пошкоджених бульб від їх загальної кількості.

До фракційних сепараторів належать поздовжня і поперечна гірки, фракційний барабан, скочуючий лоток (рис. 2.6).



**Рис. 2.6. Фракційні сепаратори картопляного вороху:**

а - скочувальний лоток; б - фракційний барабан; в - поздовжня гірка; г - поперечна гірка

Для сепарації (рис. 2.6 а), раціональним кутом нахилу робочих поверхонь до горизонту є кут  $15 - 22^\circ$ . За більшого вмісту грудок – сепаруючу поверхню доцільно встановлювати під кутом  $20 - 30^\circ$ .

При використанні поздовжньої гірки (рис. 2.6 в) фракції рухаються за напрямом поступального руху стрічкового транспортера. Раціональним кутом нахилу гірки є кут  $19^\circ$ , а швидкість полотна  $0,5-0,6$  м/с. При збільшенні кута нахилу і подачі, сепарувальна здатність сепаратора стає гіршою (значна кількість домішок утримується в воросі), а при збільшенні швидкості зростає

винос бульб разом з домішками, що в подальшому потребує додаткових затрат ручної праці для їх вилучення з вороху.

На поперечних гірках (рис. 2.6 з) відділяються бульби та круглі домішки. Сепарувальна секція переміщається поперек подачі вороху, при цьому рослинні рештки та грудки неправильної форми (їх більша кількість) виносяться за межі робочої зони, а картопля скочується в бік нахилу гірки. Однак якість роботи даних сепараторів істотно погіршується при збільшенні вологості картопляного вороху.

Відомим також є сепаруючий конус, відокремлення домішок в якому здійснюється за принципом різниці коефіцієнтів тертя кочення і тертя ковзання. Граничний кут тертя кочення досягається зміною частоти обертання конуса. Ворох розділяється на два напрямки: бульби і домішки. Помилково відокремленні бульби можуть мати плоску або сильно витягнуту форму. Показник ефективності таких сепараторів знаходиться у межах 0,4 – 0,5, а затрати робочого часу на ручне перебирання зменшуються на 40-50%.

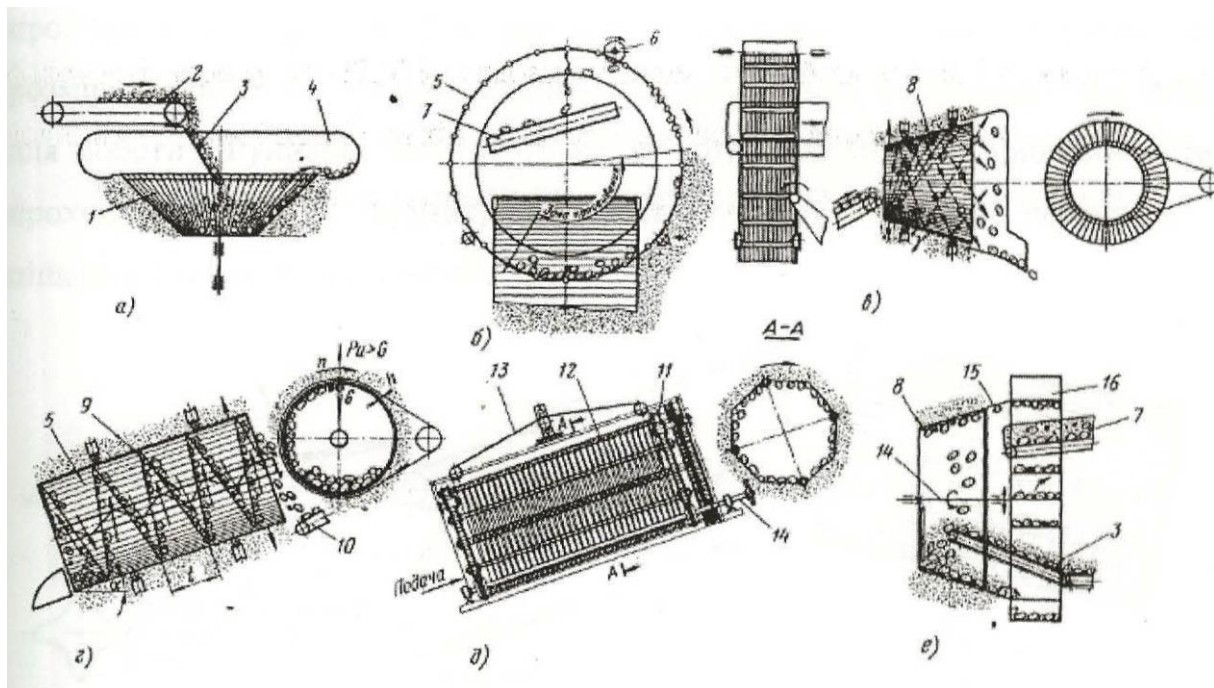
Фракційний сепаратор, як окремий робочий орган, під час роботи в мобільному збиральному агрегаті свою ефективність показує не завжди, однак може бути використаний ефективно на кінцевому етапі очищення.

До значних недоліків можна включити низький рівень якості виконання сепарації за вологості вороху 25 - 27,5%, наявності великих грудок та істотної кількості рослинних домішок.

При використанні барабанних сепараторів (рис. 2.7) процес сепарації здійснюється за рахунок обертання барабану, а інтенсивність сепарації можна змінити збільшуючи або зменшуючи частоту обертання барабана. Однак максимальну частоту обертання барабанів обирають такою, щоб усунути негативний вплив статичного навантаження на бульби.

При роботі барабанних сепараторів, мілкі домішки, які подолали верхню просіваючу поверхню, скупчуються в середині барабану. Інтенсифікація процесу досягається завдяки збільшення діаметру барабану та зміни розташування прутків не паралельно осі барабану, а під кутом до неї.

Найбільшого ефекту можна досягнути за рахунок чергування напрямку нахилу прутків. Для видалення ґрунту, який накопичується в середині барабану, установлюють транспортуючі шнеки або прутки у вигляді вальців, що обертаються.



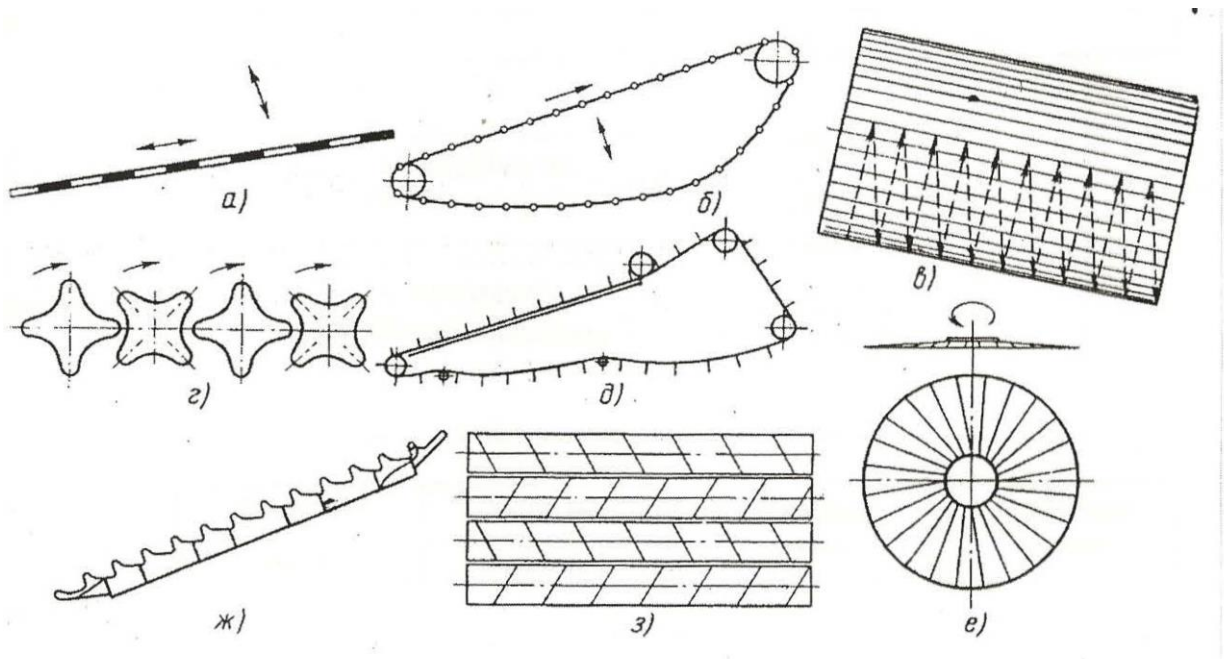
**Рис. 2.7. Барабанні сепаратори картопляного вороху**

Для збільшення осьової швидкості виведення ґрунту, накопиченого у середині барабану, запропоновано варіанти встановлення скребкового транспортеру замість спірального шнека.

При потраплянні у барабан картопляного вороху, він починає обертатись разом барабаном, частина ґрунту відсепарується, а залишок здійснюється до третього квадранта і під дією сили тяжіння падає на скребки транспортера поздовжнього переміщення маси. Однак при високій швидкості барабана виникає ефект «товстостінного ґрунтового циліндра» на стінках барабана, що є результатом нестачі відносного переміщення.

Сепаратори просіваючого типу є найбільш поширеними, завдяки простоті конструкції (рис. 2.8, рис. 2.9). Просівання можливе за умови, коли розмір частинок, що просіваються є меншим ніж розмір зазорів сепарауючих органів. Подрібнення ґрунту на дрібніші частинки, відбувається краще на

грунтах, що мають оптимальну вологість, а також такі сепаратори добре підходять для піщаних та супіщаних ґрунтів.

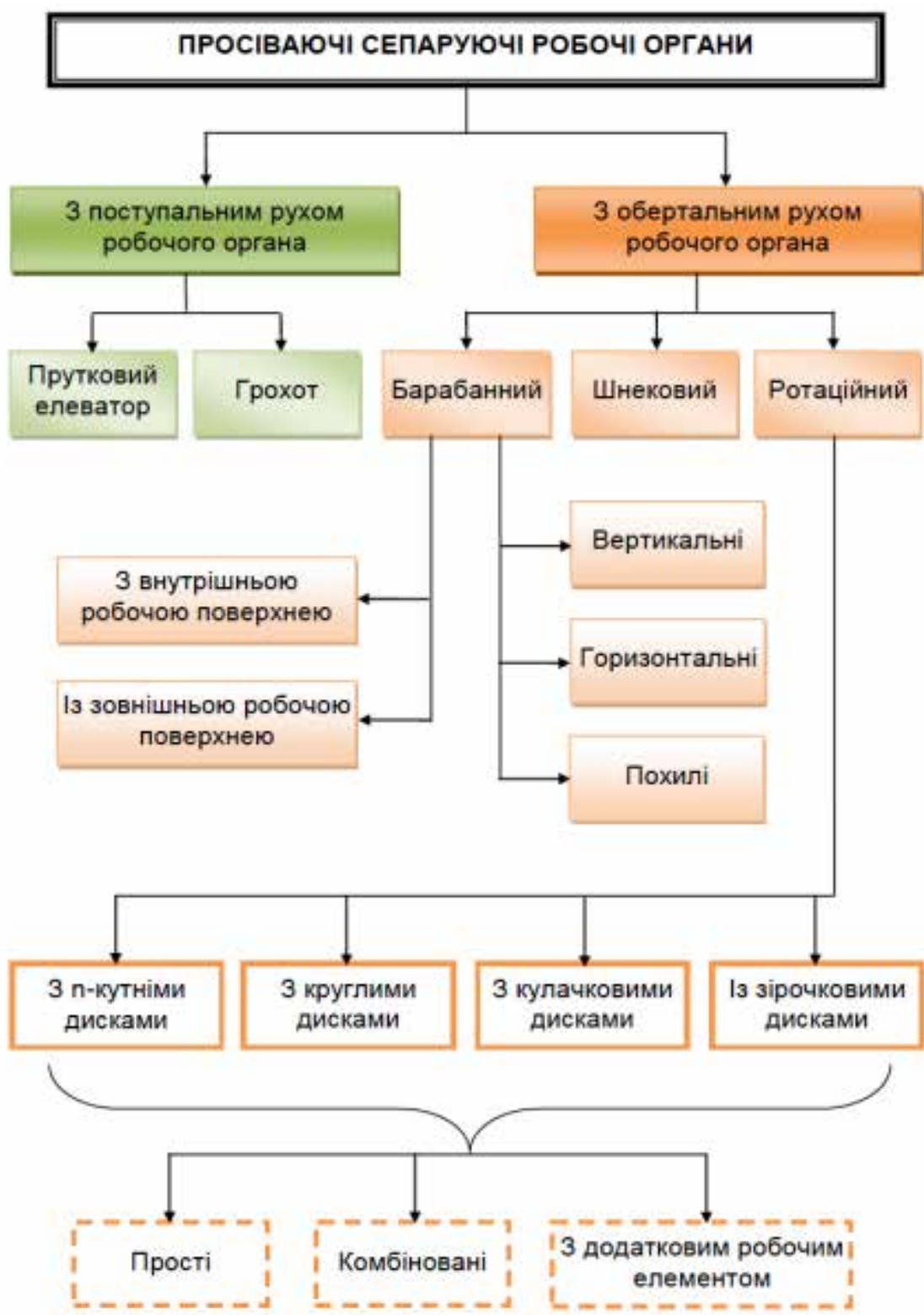


**Рис. 2.8. Сепаратори картопляного вороху просівального типу:**

*а, ж* - коливні грохоти; *б, д* - прутковий елеватор; *в* - барабанний грохот; *г* - ротаційний очисник; *з* - шнековий очисник; *е* - роторний очисник

Найбільш розповсюдженим сепаратором просівального типу є прутковий сепаратор (рис. 2.10), виготовлений з двох ведучих ланцюгів, з'єднаних між собою поперечними прутками. Вказаний тип сепараторів здатний транспортувати ворох під максимальним кутом до горизонту в  $25^\circ$ . Вони чудово виконують свої функції на легких та середніх ґрунтах за помірної вологості.

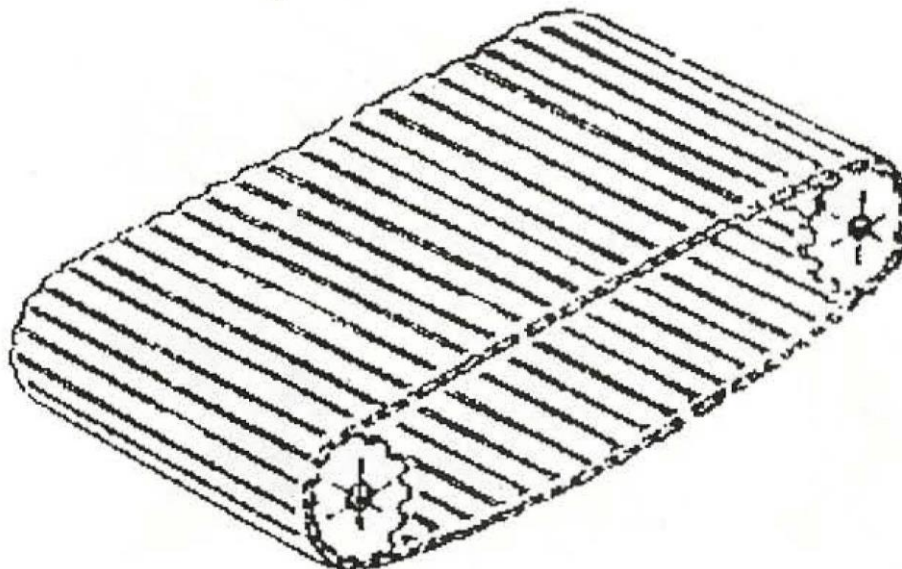
Зменшення ефективності сепарації за підвищеної вологості ґрунту (більше 26%) відбувається через зростання налипання ґрунту до робочих органів, яке в значній мірі залежить від вологості ґрунту, а на ґрунтах з зменшеною вологістю (до 15%) – спостерігається зростання щільності грудок. Підвищення швидкості пруткового елеватора має різний вплив на сепарацію ґрунту за різного рівня вологості.



**Рис. 2.9. Класифікація сепараторів картопляного вороху просівального типу**

Сепарація вологого ґрунту (28-29%) буде збільшуватися із зростанням швидкості пруткового елеватора. При підвищенні швидкості до певної межі,

процес сепарації зупиняється. Ріст інтенсивності сепарації припиняється за збільшення лінійної швидкості більше 2,5 м/с. За вологості ґрунту 15-23% ефективність сепарації відбувається при швидкості транспортера від 1,5 до 2,3 м/с.

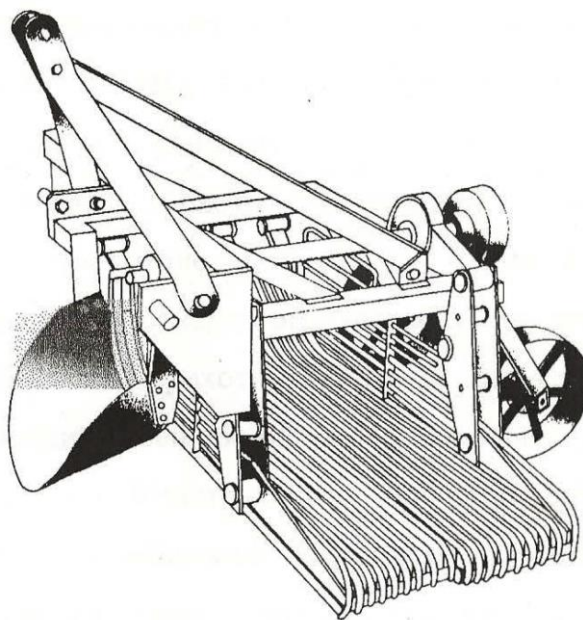


**Рис. 2.10. Прутковий елеватор**

Суттєвим недоліком такого робочого органу є низька зносостійкість, тому що шарнірні сполучення транспортера виконують роботу в зоні абразивної дії ґрунту. Полотно транспортера необхідно замінювати кожні 25-30 га зібраної площі.

За сухих умов не завжди можна зруйнувати міцні грудки, тому що для цього потрібні великі зусилля, а це може призвести до істотного пошкодження бульб. Підвищити зусилля можна за допомогою збільшення швидкості руху елеватора, однак це призводить до підвищеного зношення ланок пруткового елеватора та значні втрати потужності. Найбільше зазнають шкоди бульби при ударі по металевій прутковій решітці та падінні з висоти 0,25 м. Здатність ґрунту до руйнації зростає із прискоренням швидкості удару та залежить від вологості ґрунту. Грудки важкого суглинка при вологості приблизно 20% руйнуються за швидкості удару 4,43 м/с, а середній суглинок при вологості ґрунту 3,92% - 7 м/с. За допустимої швидкості удару 2,21 м/с може бути

пошкоджено до 30% грудок, а за швидкості 3,13 м/с – до 40%. Якість подрібнення (руйнації) значно зростає за попереднього розрихлення ґрунтової маси.



**Рис. 2.11. Картоплекопач із коливним грохотом**

Одним з типів просіваючих робочих органів є коливальні грохоти (рис. 2.11). В процесі роботи такого сепаратора ворох піддається інтенсивному відносному переміщенню. Завдяки зміні амплітудно-частотних характер сепаруючої поверхні досягається активізація маси картопляного вороху. Інтенсивність коливань залежить від частоти обертання кривошипа і його радіусу. При зростанні кутової швидкості обертання кривошипа до  $45-50 \text{ с}^{-1}$  можна досягти покращення якісних параметрів сепарації. Коливаючий грохот є простим за конструкцією, має відмінні експлуатаційні показники за відсутності деталей, які швидко зношуються. Однак за підвищенні подачі вороху на сепаратор, його сепаруюча здатність значно зменшується, а також при роботі сепаратора на вологих ґрунтах і в умовах значної забур'яненості.

Робота барабанних грохотів характеризується відсутністю незрівноважених сил, простотою конструкції і надійністю. Основною

сепаруючою поверхнею даних сепараторів є барабан, виготовлений з металевих прутків, іноді прогумованих. Барабанні грохоти поділяються на грохоти з внутрішнім шнеком для переміщення маси в середині барабана або без нього, з нахилом у напрямку руху, з комірками для підняття маси. Конструктивно барабанні сепаратори поділяють на циліндричні, конічні, комбіновані. Основним параметром для підбору кінематичних характеристик даних робочих органів є те, щоб картопляний ворох не підіймався на велику висоту (більше 25 см), тому що при падінні та ударі по прутках бульби будуть пошкоджуватися. Проте основною негативною рисою вказаного сепаратора є те, що за виконання функцій на вологому ґрунті, як і на прутковому елеваторі, просвіти між прутками барабанів забиваються ґрунтом у зв'язку з чим сепарація істотно погіршується.

Дані робочі органи ефективно виконують роботу на легких і середніх ґрунтах за умов оптимальної вологості. Однак за перевищення оптимального показника вологості вони стають менш ефективними.

У барабанно-шнековому сепараторі, який працює від дії відцентрової сили, картопляний ворох подається в барабан сепаратора, а частина відсепарованого ґрунту транспортується на вихід шнеком, що розташований всередині барабана. Завдяки дії відцентрової сили ворох притискається до стінки барабану, при цьому невеличкі ґрунтові домішки просіюються крізь щілини в його решітці. Бульби картоплі виходять з протилежного боку барабану. Такий тип сепаратора дає змогу сепарувати як пластичну, так і тверду масу ґрунту. Однак він має значний недолік: бульби картоплі пошкоджуються за одночасної дії шнека і барабана.

Високими показниками якості роботи володіють ротаційні сепаратори (рис. 2.12), які являють собою батареї дисків, що розташовані на валах. Під час роботи вали обертаються в одному напрямку. Диски виготовляються круглими або у вигляді багатогранника, зірочки, кулачка. Замість дисків також можуть встановлюватись циліндричні гладкі або рифлені труби. При установленні на картоплезбиральні машини батареї розміщують так, щоб

диски перекривали середину просвіту. Таким чином ґрунт, потрапляючи у міждисковий простір виводиться з робочої зони.

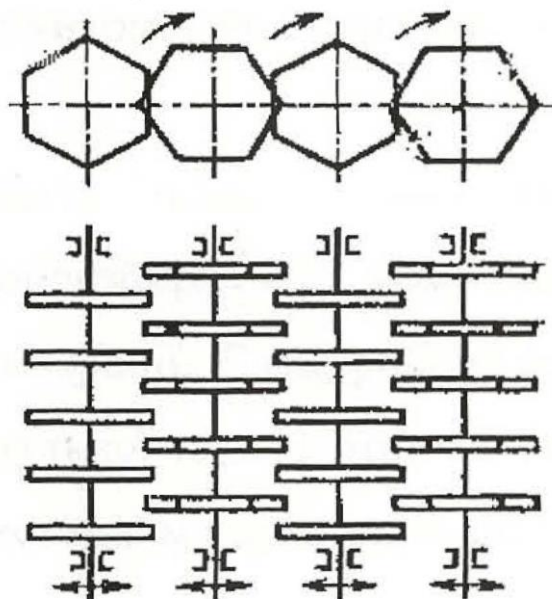


Рис. 2.12. Ротаційний сепаратор

Допустимими режимами роботи, під час яких чистота картопляних бульб набуває максимального показника, а їх пошкодження мінімального, є кут нахилу батарей до горизонту  $12^\circ$ , а кутова швидкість обертання  $18,5 \text{ с}^{-1}$

Якщо диски виготовлені у вигляді багатогранника, то для покращення ефективності роботи, рекомендується їх секційно-ексцентрично встановлення. В цьому випадку відношення швидкостей сусідніх валів доцільно обирати в межах 1,0-1,4.

Однак при цьому, слід зазначити, що дана конструкція має істотний недолік, який полягає у намотуванні рослинних решток на вали ротаційних сепараторів.

Просівання дрібних домішок ефективно здійснюється на вальцевих очисниках, які набули поширеного використання в конструкціях бурякозбиральних машинах. Інтенсивне просівання на вальцевих сепараторах відбувається в їх передній частині. Далі, завдяки контакту бульб із спіральною

навивкою шнеків відбувається очищення від налиплого ґрунту поверхні бульб.

Шнекові очисники мають просту конструкцію, високу транспортуючу здатність та задовільні якісні показники сепарації. Однак за вологості вороху більше 24% поверхня шнеків забивається вологим ґрунтом, а це спричиняє суттєве зменшення якості сепарації.

Таким чином, проведений аналіз вказує на необхідність використання в технологічній схемі картоплезбиральних комбайнів, як органів для роботи просіваючої, так і виносної сепарації. Саме робочі органи виносної сепарації дають змогу досягнути оптимальної якості отриманого врожаю в мобільному збиральному процесі із використанням картоплезбиральних комбайнів.

## **2.2. Аналіз робочих органів виносної сепарації в технологічних схемах сучасних картоплезбиральних машин.**

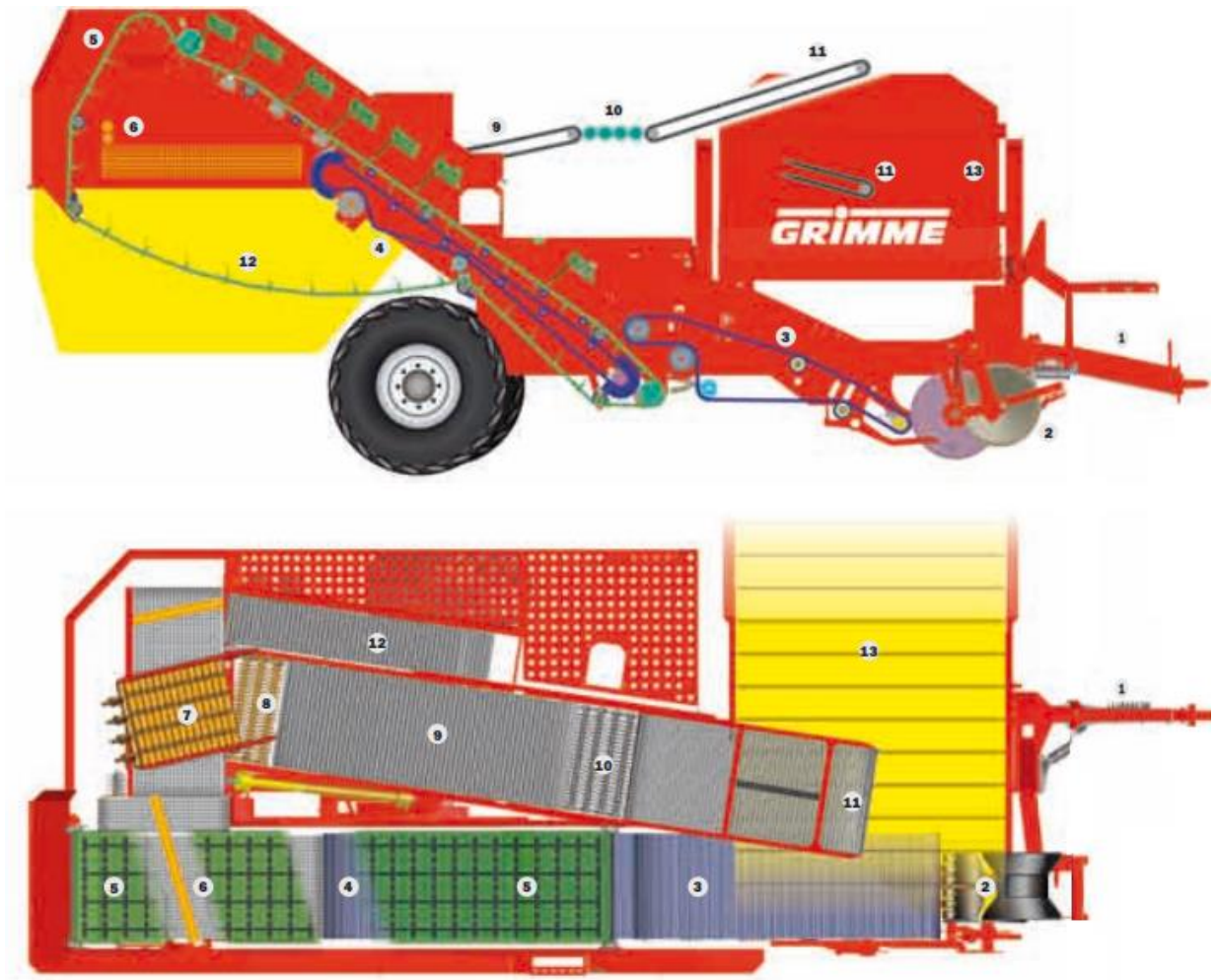
Найбільшої популярності та широкого використання в сучасних картоплярських господарствах набули картоплезбиральні машини німецької фірми Grimme. В компоновці однорядних картоплезбиральних комбайнів Grimme SE (75 і 140) (рис. 2.13, рис. 2.14) з метою інтенсифікації очищення бульб від домішок установлюють сепаруючі пристрої, що забезпечують можливість рівномірності потоку маси.



**Рис. 2.13. Однорядний картоплезбиральний комбайн Grimme SE**

**75-20**

Для попереднього очищення з відокремленням решток бадилля і дрібних домішок установлюють голчастий транспортер у поєднанні з вальцевим ущільнюювачем ряду.



**Рис. 2.14. Схема компоновальна однорядного картоплезбирального комбайна Grimme SE 140:**

1 – зчіпка; 2 – підкопувальний пристрій; 3 - перший короткий просівальний транспортер; 4 - другий просівальний транспортер; 5 – транспортер для відділення крупного бадилля; 6 – перший сепарувальний пристрій; 7 – другий сепарувальний пристрій; 8 – попередня вальцева сортувалка; 9 – інспекційний транспортер; 10 – сортувалка з чотирма вальцями; 11 – бункеро-завантажувальний транспортер; 12 – транспортер для домішок; 13 – бункер з донним транспортером

Вальці необхідні для попереднього руйнування грудок і забезпечують можливість контролю глибини підкопування бульб. Для якісного процесу сепарації вороху передбачена можливість зміни кута нахилу сепарувальної поверхні.

Від першого очисника ворох переходить до другого. Другий сепарувальний модуль складається з двох контурів, для відділення бадилля та окремо ґрунту і каміння.

В картоплезбиральній машині можна установити один з трьох типів сепаруючих пристроїв:

- 1) для ґрунтів з незначною кількістю грудок і каміння – рекомендована комбінація пальчастої гірки з очисним валиком;
- 2) для легких і середніх ґрунтів - голчастого вальця та пластинчастого транспортера;
- 3) для важких ґрунтів - пруткового транспортера.

Поєднання щіткового транспортера з розташованим над ним транспортером для відведення домішок пропонується на полях з підвищеним вмістом каміння, а на легких ґрунтах, за відсутності каміння і ґрунтових грудок, варто використовувати очисний валець.

За наявності невеликих грудок, каміння, рослинних решток і дрібних бульб варто використовувати вальцевий пристрій із 3 або 5 вальців, відстань між якими можна змінювати безступінчасто в діапазоні 0-40 мм.

Дворядний комбайн Grimme SE 150/170 відрізняється від попереднього компонуванням сепарувальних пристроїв і вдвічі збільшеною шириною сепарувальних поверхонь.

Перший сепаратор зі спареними вальцями та з кутовим розташуванням просіваючого транспортера після виконання ним початкової стадії сепарації передає масу до наступного просіваючого транспортера, який додатково обладнаний рідкопрутковим транспортером для відокремлення бадилля.

Для покращення продуктивності додатково встановлено голчастий транспортер із розміщеним над ним вальцями і столом для перебирання.

Рештки бадилля і малі домішки відділяються спареними очищувальними валками і голчастими транспортерами.

Голчасті транспортери та валки регулюються гідравлічно і безступінчасто та мають здатність до самоочищення.

Щоб відокремити від бульб невеликі грудки, каміння, рештки і дрібні бульби, встановлюють сепарувальну поверхню із 3 або 5 вальців.

У дворядному комбайні Grimme DR 1500-SM (рис. 2.12) під виглядом вторинного сепаратора задіяна гірка, кільцевий елеватор і вальці з набірними зірочками.



**Рис. 2.15. Дворядний комбайн Grimme DR 1500-SM**

Ефективна робота за різних видів ґрунтів, досягається установленням пальцевої гірки із розташованими над нею циліндричними щітками з пружним ворсом. Це дає змогу якісно виконувати роботу за незначного вмісту у воросі невеликого бадилля, грудок та малого каміння, а також в умовах підвищеної вологості ґрунту.

Очищена бульба від гірки подається в кільцевий елеватор та з допомогою підтримуючої стрічки спрямовується до бункера.

В комбайні Grimme TECTRON 410 (рис. 2.16) другий сепарувальний модуль представлений у вигляді 5 пар валів із спіральними фрагментами з

поліуретану або з гумовим покриттям задля ефективного очищення вороху від дрібного каміння, грудок ґрунту і рослинних решток. Потім ворох транспортером переходить до першого голчатого транспортера для відокремлення бадилля і інших домішок.

На кінцевому етапі очищення ворох подається кільцевим елеватором до сепаратора фінішної очистки та другого голчастого транспортера, який подає бульби в бункер об'ємом 10 т.



**Рис. 2.16. Комбайн TECTRON 410**

Для легших ґрунтово-кліматичних умов збирання, призначений картоплезбиральний комбайн TECTRON 415, в якому бульби після завершення процесу сепарації подаються в бункер об'ємом до 15 т. Вищезазначені марки машин доцільно використовувати передусім за високої врожайності картоплі. Як у малих фермерських господарствах та і у великих агрохолдингах, які спеціалізуються на картоплярстві, можуть використовуватися різні марки картоплекопачів фірми Grimme.

В конструкції картоплекопача Grimme GT 170 (рис. 2.17), що використовується для роботи на легких ґрунтах, вторинна сепарація виконується сепаратором із зірчастими роликками. Сепаратор складається із трьох валів, на кожному з яких 12 або 18 пальчикових зірочок. Між зірчастими валами встановлені гладкі вальці, які обертаються у протилежному напрямку.

Допустима зміна сепаратора елеватором для короткого бадилля з роликками в поєднанні з рідкопрутковим транспортером для видалення довгого бадилля і рослинних решток.

Для ефективного видалення домішок за відсутності втрат бульб на липких і грудкуватих ґрунтах засмічених дрібним камінням доцільно застосовувати поверхні з 5-ма парами вальців (один з яких має спіральний сегмент з поліуретану або з гумовим покриттям).



**Рис. 2.17. Картоплекопач-навантажувач Grimme GT 170**

Для досягнення ефективної роботи машини, вали зі спіралями з висотою навивки 8 мм застосовують в процесі збирання середніх та крупних бульб та за високої вологості ґрунту. Для збирання великих бульб картоплі за умов високої вологості застосовуються спіралі, висота навивки яких складає 16 мм.

Універсальність даної машини досягається шляхом використання вальців з 4-ма спіралями, а для достатньо складних умов збирання і на липких ґрунтах - сепаратора з роликами, що складається із 9 поздовжніх прогумованих пар валів (один спіральний і один гладкий) із можливістю регулювання швидкості, кута нахилу та відстані між валами.

В трирядному картоплекопачі Grimme GT 300, причіпному чотирирядному картоплекопачі Grimme GV 3000 та самохідному чотирирядному картоплекопачі Grimme SF 3000 технологічна компоновка є подібною до Grimme GT 170.

У дворядному картоплекопачі Grimme WR 200 з бічним чи центральним укладанням бульб у валок застосовуються п'ять варіантів сепараторів (рис. 2.18).

Найбільшого поширення набули два з них:

- 1) з одним елеватором для просівання, відривним пристроєм та транспортером для бадилля і можливістю укладання картоплі в центрі гону з шириною валка 50 см з голчастим транспортером і поворотним модулем вивантаження. Подальше підбирання валка здійснюється однорядним картоплезбиральним комбайном;
- 2) з двома елеваторами з просіювачами, відривним пристроєм та поперечним транспортером. В процесі роботи машина формує валок з лівого або правого боку відносно напрямку руху. За потреби на машині може бути встановлено голчастий елеватор для дрібного бадилля з розміщеним над ним гладеньким відбійним вальцем.

В начіпному дворядному картоплекопачі Grimme GVR 1700 для досягнення високої ефективності роботи встановлено вальці, які рухаються

проти напрямку руху транспортеру і відокремлюють дрібне бадилля з подальшим його виведення поперечним транспортером.



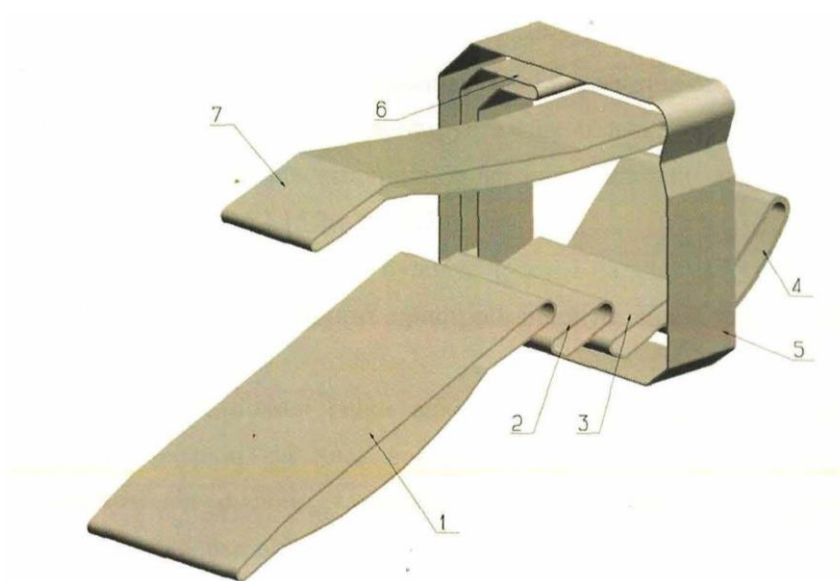
**Рис. 2.18. Дворядні картоплекопачі-валкоукладачі Grimme WR 200 з центральним або бічним укладанням бульб у валки**

Додатково встановлюють транспортер для відокремлення домішок з подвоєним, поворотним 4 рядним пальцевим гребенем. При роботі на кам'янистих ґрунтах замість пальцевого гребеня встановлюють щітковий.

В комбайна AVR 220 BK Variant (рис. 2.19) картопляний ворох спершу потрапляє на першу гірку з активним відбивним вальцем, а далі - ковшовим транспортером подається на другу гірку, для очищення бульб від невеликих домішок. Потім бульби подаються на стіл для перебирання, а далі до бункера.

Схожий принцип роботи в конструктивних схемах одно- і дворядного комбайнів фірми ROPA (Рис. 2.20).

Виходячи із даних аналізу можна зробити висновок, що основним сепарувальним робочим органом вторинної сепарації в більшості сучасних картоплезбиральних машин є похила пальчаста гірка, яка використовується як самостійно, так і у поєднанні із додатковими пристроями, що, в свою чергу, сприяє зростанню ефективності роботи в цілому.



**Рис. 2.19. Загальний вигляд і схема системи сепарації картоплезбирального комбайна А VR 220 ВК Variant:**

1 – перший транспортер картопляного вороху, 2 – проміжний транспортер картопляного вороху, сепаратор картопляного вороху, 4 – пальчаста гірка, 5 – кільцевий елеватор картоплі, 7 – завантажувальний транспортер

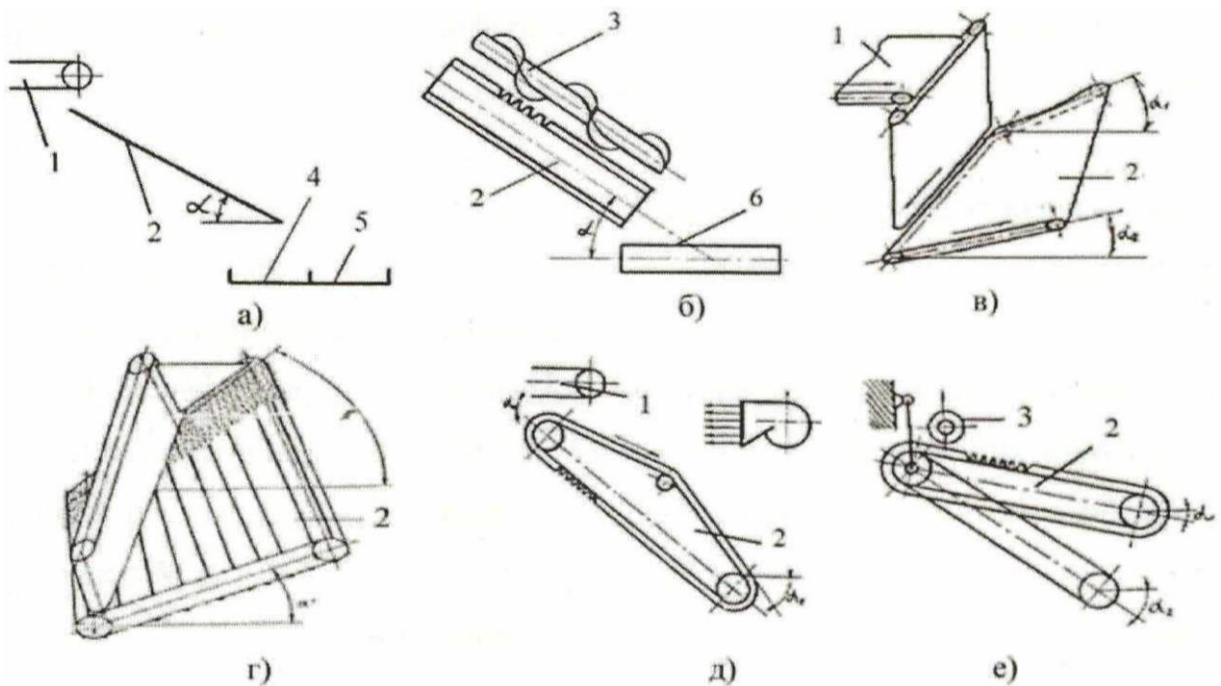


**Рис. 2.20. Дворядний комбайн фірми ROPA**

### 2.3. Аналіз конструктивних особливостей і параметрів сепаруючих гірок

Широкого використання в конструктивних схемах картоплезбиральних машин у ролі сепараторів вторинної сепарації використовуються пальчасті похилі гірки (рис. 2.21). Загалом гірки мають просту будову, високу надійність і не вимагають попередньої підготовки до роботи.

Як відомо, робота похилої гірки базується на різниці форми і характеристик поверхні складових вороху (тобто, бульб картоплі, ґрунтових грудок, рослинних решток, каміння тощо). Гірки найефективніше виконують функцію виділення рослинних решток і ґрунтових грудок від бульби.



**Рис. 2.21. Схема робочих органів виносної сепарації**

Гірки існують як з нерухомою, так з рухомою робочою поверхнею. За нерухомої поверхні гірки високий ефект досягається при роботі з бульбою круглої форми і домішками неправильної форми, що трапляється не часто. На додаток, нерухомі гірки важко поєднувати в конструктивних схемах збиральних машин. Тому похилі гірки з рухомою робочою поверхнею, робота яких базується на принципі різниці коефіцієнтів тертя компонентів картопляного вороху є досить популярними в картоплезбиральних машинах.

При потраплянні на рухому поверхню похилої гірки складових вороху: ґрунту, бульб, каміння та рослинних решток, полотно гірки взаємодіє з ними по-різному, що і спричиняє розподіл компонентів вороху за напрямками.

Ґрунтові грудки, каміння і домішки лишаються на робочій поверхні гірки і переміщуються разом з нею у напрямку її руху. Бульби, завдяки округлості форми скочуються в протилежному напрямку. Тому, домішки виносяться поверхнею гірки поза межі збиральної машини, а бульби завантажуються у бункер чи транспорт.

Поверхня, з якої виготовлена гірка може бути гладенькою або пальчастою. Через вагомі недоліки пов'язані зі специфікою взаємодії гірки з гладенькою поверхнею, в конструкції картоплезбиральних машин такі гірки не набули широкого розповсюдження.

В конструкціях картоплезбиральних машин поширеного використання набули пальчасті гірки у вигляді похилого транспортера, гумове полотно якого виготовлене з виступами конічної форми. Перевагою таких гірок є передусім достатньо точне відокремлення домішок при низькому рівні пошкодження бульб. Однак оптимальні значення параметрів і режимів роботи гірки різняться для різних умов роботи та вимагають постійного регулювання.

В конструктивних схемах картоплекопачів та комбайнів пальчасті гірки встановлюються як з поздовжнім, так і поперечним нахилом робочої вітки. При поперечному нахилі гірки картопляний ворох, що подається згори, виконує складний рух: до низу - під дією сили тяжіння, і у поперечному напрямку - під дією сили тертя. В результаті різниці коефіцієнтів тертя

складові вороху рухаються різними траєкторіями. Очевидно, що бульби і домішки округлої форми скочуються, а рослинні рештки та грудки неправильної форми виносяться гіркою в бік. Частина складових вороху, яким притаманні подібні фізико-механічні властивості, можуть сходити по всій довжині полотна гірки.

В результаті досліджень доведено, що поперечна гірка більш якісно виконує роботу ніж повздовжня при швидкості подачі бульб до 10 шт./с. Однак при цьому можливі високі втрати бульб, а також забивання робочої поверхні гірки. На додачу при підвищеному вмісті домішок у воросі, якість роботи гірки стає істотно гіршою. Тому вищезазначені робочі органи вторинної сепарації, установлюють після первинного очищення на сепараторах просіваючої дії.

Повздовжні гірки ефективно виконують свою роботу навіть при встановленні їх в схемі картоплезбиральних машин за прутковими елеваторами. В такій компоновці, в процесі роботи з бульбами скочується менше ґрунту і рослинних домішок. На додаток до цього, на таких сепарувальних поверхнях практично не виникає накопичування вороху.

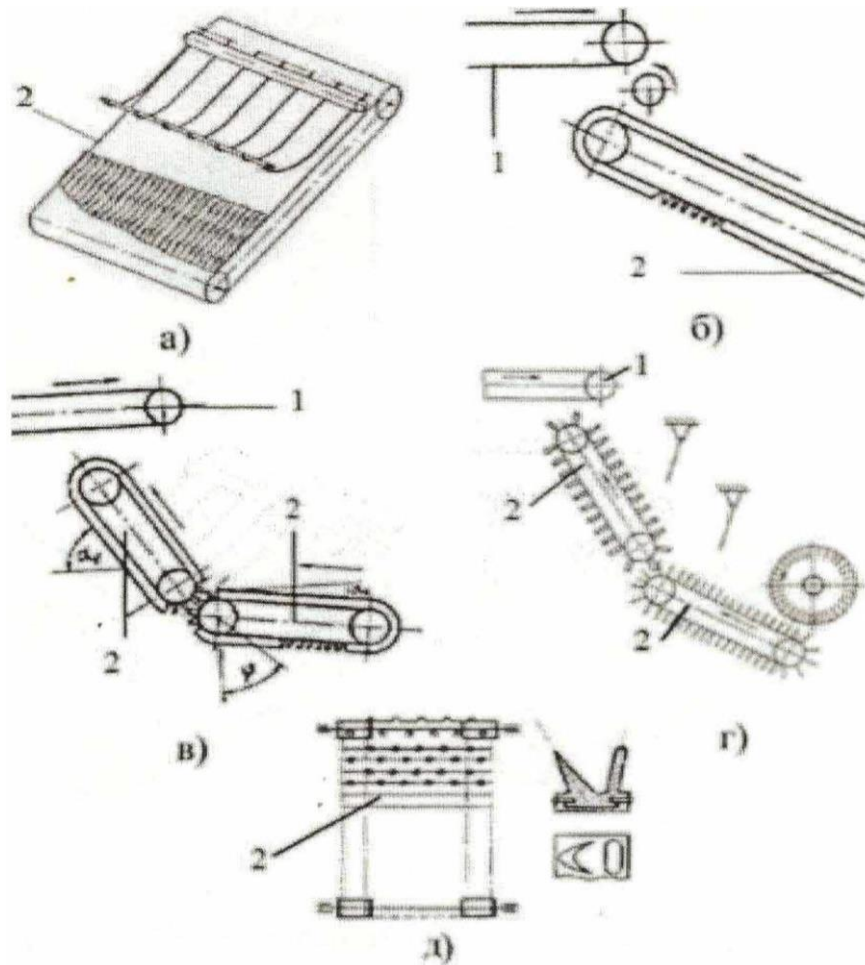
У відповідності до напрямку подачі маси на поверхню поздовжні гірки поділяють на прямоточні і протипотокові.

Ефективність роботи гірки значно залежить від робочої швидкості руху полотна. За умови зростання швидкості, якість роботи зменшується (оптимальними параметрами лінійної швидкості полотна гірки є 0,5-0,6 м/с). При зростанні швидкості гірки більша частина бульб не встигає скотитися вниз і виносяться поза межі сепарувальної зони разом із домішками.

В реальних умовах збирання, картоплезбиральні машини виконують роботу за несприятливих умов експлуатації, що часто спричиняє зниження точності розділення і збільшення рівня втрат бульб.

Для вирішення проблеми якісного розділення компонентів вороху використовують різні варіанти налаштувань кута нахилу полотна гірки та комбінацій різних типів гірок: наприклад, комбінації частково пальчикової та

гірки з поперечними планками (рис. 2.22). Однак дана схема має низьку продуктивність, але загалом може ефективно виконувати свою функцію за легких умов роботи і при рівномірній подачі вороху.



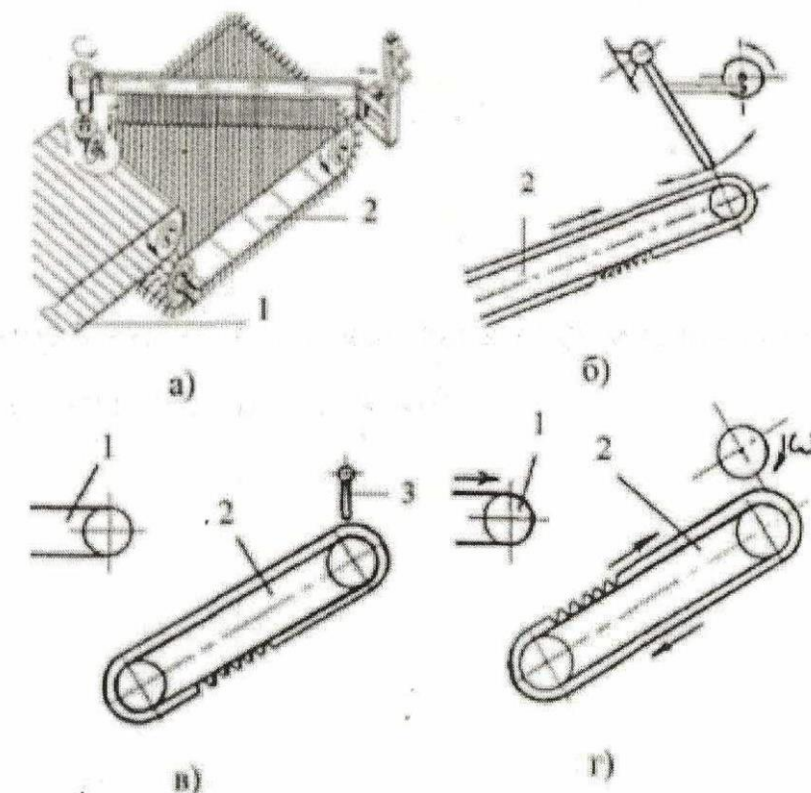
**Рис. 2.22. Схеми різних типів похилих гірок**

Для досягнення ефективного розділення компонентів вороху поздовжня похила пальчаста гірки може використовуватись у поєднанні з дією повітряного потоку, однак це вимагає достатньо високих енергозатрат.

В конструктивних схемах деяких картоплезбиральних машин кути нахилу гірок основної та додаткової ділянками сепарації є різними. Додатково, у верхній частині основної ділянки сепарації встановлюється шнек, який спрямовує бульбу на наступну сепарувальну ділянку.

Компанією Grimme представлено пальчасту гірку із установленим над її полотном, під кутом до напрямку подачі компонентів вороху, екраном з коливною та підвісною рамками (рис. 2.23). Використання даного пристрою

забезпечує роботу машин з мінімальною втратою бульб, однак і має малу продуктивність.

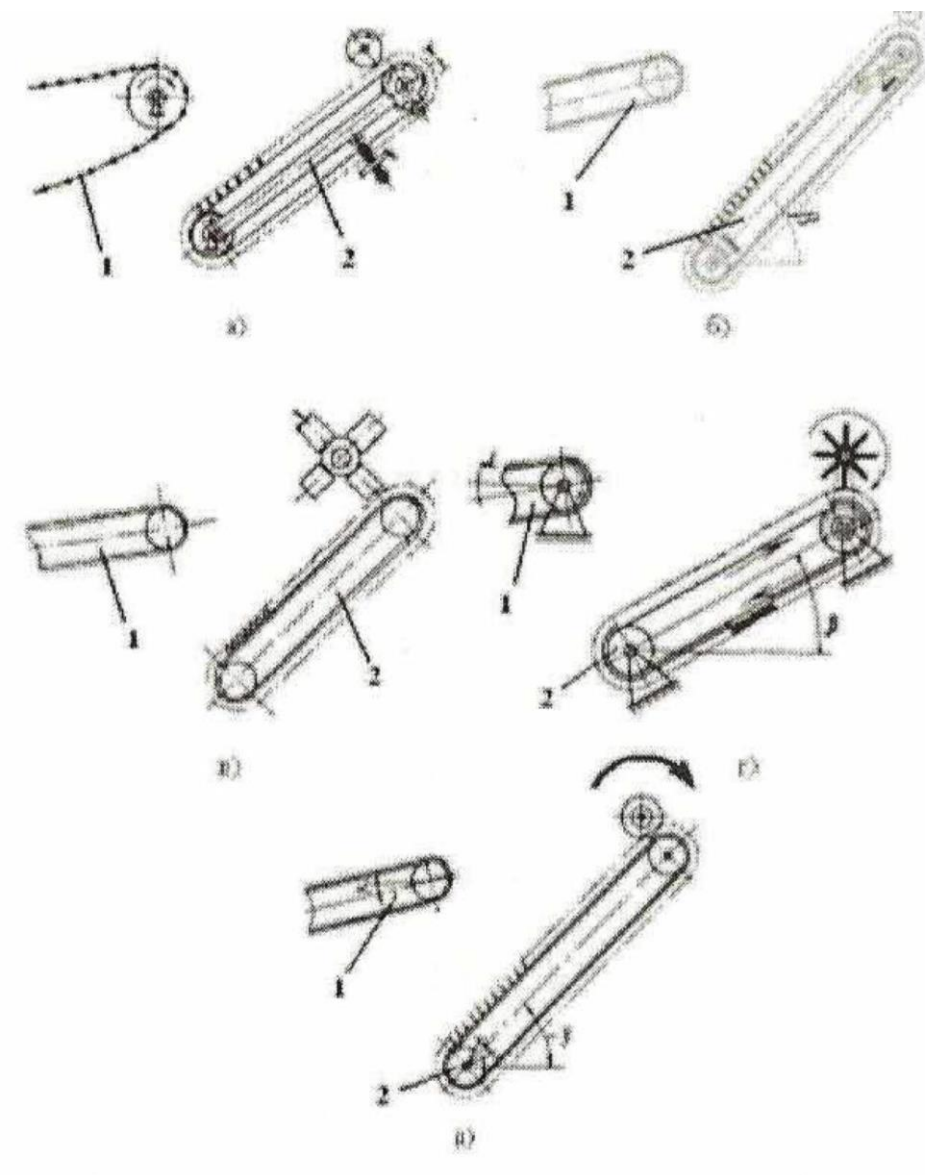


**Рис. 2.23. Пальчасті гірки з допоміжними пристроями**

Загалом, в широкому різноманітті робочих органів виносної сепарації найбільш продуктивними вважаються поздовжні пальчасті гірки з установленими над ними додатковими пристроями різної конфігурацію та призначення. Даним пристроям притаманні простота конструкції та достатньо високі показники якості сепарації за інтенсивної подачі вороху.

В конструкції деяких машин установлюють підпружинені пластини (копач-навантажувач UN-2212 Kvemeland, комбайн AVR-220B і т.д.) або відбійні елементи і багатозахідні шнеки (комбайн Grimme DR-1500), що запобігають винесенню бульби разом з домішками (рис. 2.24). Однак, не зважаючи на значні переваги робочих органів виносної сепарації у вигляді пальчастої гірки, вони не завжди забезпечують виконання процесу згідно агротехнічних вимог. Попри широкий вибір конструктивних схем і пристроїв для вторинної сепарації, проблеми якісної сепарації, наразі, не є остаточно

вирішеними. Актуальним залишається питання підвищення продуктивності, покращення якості та зниження пошкодження бульб у процесі сепарації.



**Рис. 2.24. Схеми різних типів бульбовідбивачів в комбінації з пальчастою гіркою**

Одним із можливих шляхів вирішення даного питання може стати розробка та впровадження в конструкції картоплезбиральних машин бульбовідбивачів, активних скидачів, пристрої контролю якості виконання технологічного процесу сепарації.

## 2.4. Обґрунтування удосконаленої схеми робочого органу вторинної сепарації.

Задля покращення ефективності роботи картоплезбирального комбайна пропонується в його конструктивній схемі здійснити удосконалення очищувального робочого органу - похилої пальчастої гірки, що використовується для відділення рослинних домішок, грудок і каміння від бульб.

Удосконалений очищувальний робочий орган картоплезбирального комбайна (рис. 2.25) являє собою похилу гірку  $1$  з гумового пальчастого полотна замкнутого контуру. Контур полотна натягнутий між приводним  $3$  і напрямним  $4$  барабанами, приводиться в дію від ВВП трактора. Робоча вітка пальчастого полотна рухається вгору і має нахил під кутом  $\alpha$  до горизонту. Компоненти вороху подаються до поверхні робочої вітки пальчастої гірки, на якій відбувається часткове їх розділення на групи: бульби, маючи більш округлу форму, скочуються вниз, а грудки, каміння та домішки від рослин просуваються полотном гірки і виносяться поза межі машини.

Завдяки подібності фракційних характеристик бульб і грудок, частина грудок може разом з бульбами скочуватися вниз по ділянці вітки пальчастої гірки. Для їх відокремлення пропонується в нижній частині гірки встановити валець  $2$  із еластичними щітками, що розташований із невеликим зазором до робочої вітки гірки і нахилом до горизонту під кутом  $\beta$ .

В процесі роботи бульби, які скочуватимуться вниз, потраплятимуть у русло між щітковим вальцем і пальчастою гіркою та під впливом власної ваги, а також через кутове розташування вальця, певний час утримуватимуться на ділянці еластичного ворсового валика. Бульби, при скочуванні вниз по робочій вітці гірки контактуючи з поверхню валика «втоплюватимуться» у його еластичному ворсі та в подальшому направлятимуться за межі очисника на органи транспортування та сепарації.

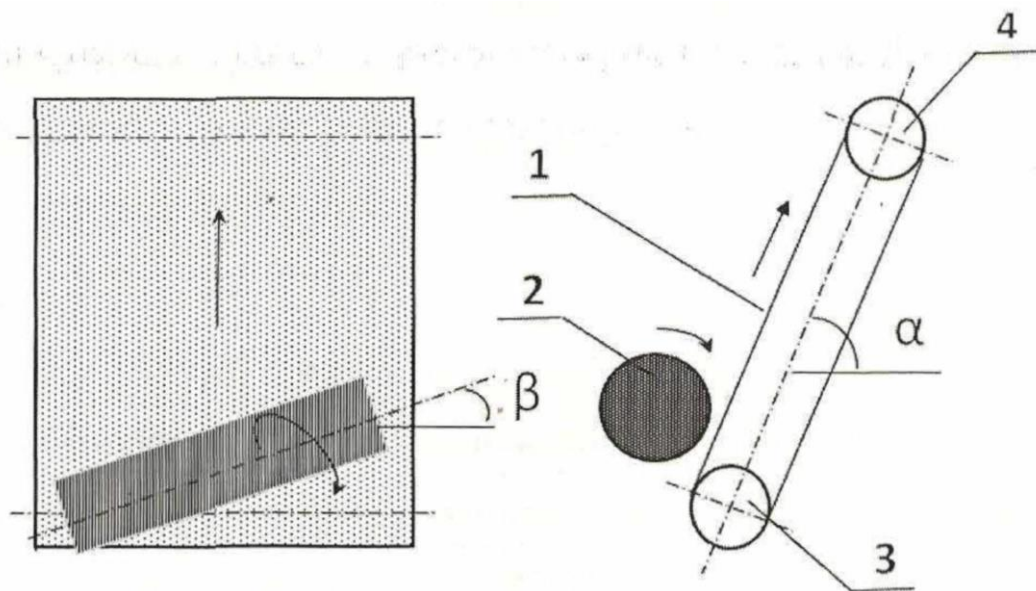


Рис. 2.25. Схема удосконаленого очищувального робочого органу картоплезбирального комбайна: 1 - похила пальчаста гірка; 2 - валець з еластичною щіткою; 3 - нижній приводний барабан; 4 - верхній напрямний барабан

### РОЗДІЛ 3 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ УДОСКОНАЛЕНОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ

Для гарантування ефективної роботи поліпшеного робочого органу потрібно обґрунтувати його основні характеристики і правила роботи:

- швидкість переміщення пальчастої гірки;
- робоча довжина вітки пальчастої гірки;
- ширина пальчастої гірки;
- кут нахилу гірки до горизонту;
- діаметр валика;
- кут нахилу валика до горизонту;
- частота обертання валика.

Розглянемо взаємодію бульби круглої форми заданого радіуса та ваги з поверхнею робочої вітки пальчастої гірки та щітковим валиком. Параметри кута нахилу робочої ділянки вітки до горизонту  $\alpha$  визначатимуться фрикційними властивостями компонентів вороху, а саме коефіцієнтами тертя бульб та грудок по матеріалу поверхні гірки.

$$\alpha = \arctg\left(f_1 + \frac{f_2}{2}\right), \quad (3.1)$$

де  $f_1, f_2$  - коефіцієнти тертя бульб та грудок по матеріалу поверхні похилої гірки, відповідно.

Під час руху бульб по поверхні полотна гірки потрібно забезпечити кочення без зсуву, якого можна досягнути при виконанні умови:

$$3,5tg\phi - 2,5tg\phi\phi_k > a > \phi\phi_k \quad (3.2)$$

Експериментальні дослідження вказують на те, що рекомендованими показниками кута нахилу робочої вітки знаходяться в межах  $10 \dots 25^\circ$ .

Одним із важливих параметрів очисної гірки є міжосьова відстань між ведучим і веденим барабанами, що визначається із виразу:

$$L \geq 2l_1, \quad (3.3)$$

де  $l_1$  - відстань від точки початкової взаємодії компонентів картопляного вороху з віткою похилої гірки і верхнім барабаном.

Відстань від точки початкової взаємодії компонентів картопляного вороху з віткою похилої гірки і верхнім барабаном описується залежністю:

$$l_1 = \frac{V_T^2}{2g \sin \alpha \left( \frac{f_2}{\operatorname{tg} \alpha} - 1 \right)}, \quad (3.4)$$

де  $V_T$  – робоча швидкість полотна пальчастої гірки ( $V_T = 0,5 \dots 1,5$  м/с).

Оцінку ефективності роботи пальчастої гірки визначають за величиною її подачі  $Q$ , яка визначається за формулою:

$$Q = kB, \quad (3.5)$$

де  $B$  – ширина пальчастої гірки, см;

$k$  - питома подача технологічного матеріалу на поверхню гірки на 1 м ширини полотна гірки (рекомендована величина  $k = 4$  кг/(см)).

Для вибору раціональних значень ширини полотна гірки керуються умовою:

$$B \geq \frac{0,01Q(1 + \lambda)}{(\lambda q_1 + q_2)}, \quad (3.6)$$

де  $\lambda$  - масовий вміст домішок у воросі;

$q_1, q_2$  - середній арифметичний показник ваги одиниці маси сміття та бульб.

За показника насипної ваги технологічного матеріалу  $\gamma$  (у розрахунках приймають  $\gamma = 660 \dots 680 \text{ кг/м}^3$ ) і кута тертя технологічного матеріалу  $\theta$  продуктивність гірки визначається:

$$Q = \frac{B^2 \gamma V_T \text{tg} \theta}{6} \quad (3.7)$$

Для розрахунку швидкості, за якої тіло при скочуванні по вітці буде досягати поверхні щіткового вальця визначимо переміщення одиничного тіла по поверхні гірки (рис. 3.1).

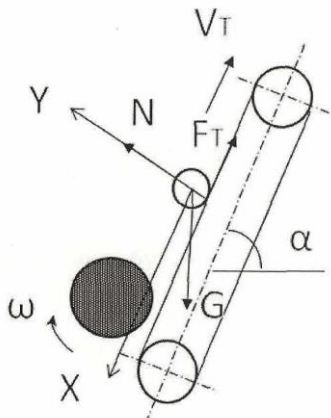
На тіло будуть впливати:

$G = mg$  - сила тяжіння бульби;

$N$  - нормальна реакція поверхні ділянки гірки;

$F_T = fN$  - сила тертя ковзання;

$M_R$  - момент опору переміщення тіла.



**Рис. 3.1. Еквівалентна схема руху бульби по робочій вітці пальчастої гірки**

Складемо рівняння відносного і переносного переміщення тіла в проекціях на осі декартової плоскої системи координат:

$$\begin{aligned} m \frac{dV}{dt} &= G \sin \alpha - F_T; \\ N - G \cos \alpha &= 0; \\ J \frac{d\omega}{dt} &= M_R - F_T r. \end{aligned} \quad (3.8)$$

З другого рівняння системи (3.8) випливає:

$$N = G \cos \alpha \quad (3.9)$$

Тоді перше рівняння системи після заміни буде мати вигляд:

$$m \frac{dV}{dt} = mg \sin \alpha - fmg \cos \alpha \quad (3.10)$$

Якщо  $m \neq 0$ , то

$$\frac{dV}{dt} = g \sin \alpha - fg \cos \alpha \quad (3.11)$$

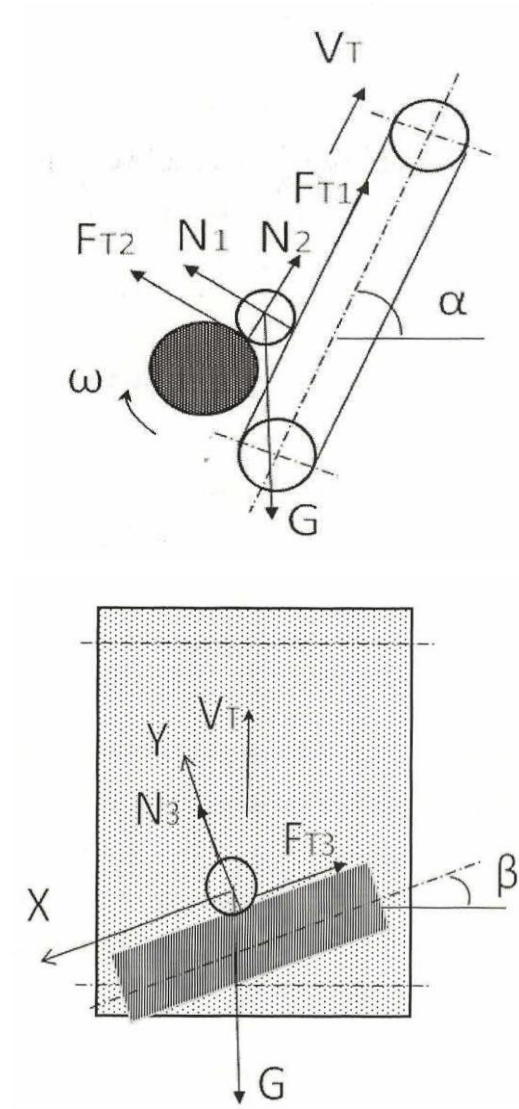
Тоді швидкість переміщення бульб буде:

$$V = gts \sin \alpha - fgtc \cos \alpha - V_T, \quad (3.12)$$

а положення бульби на поверхні робочої вітки пальчастої гірки буде мати вигляд:

$$X = l_1 + \frac{1}{2}gt^2 \sin \alpha - \frac{1}{2}gt^2 \cos \alpha - V_T t \quad (3.13)$$

Визначимо раціональний показник кута нахилу осі щіткового вальця до горизонту (рис. 3.2).



**Рис. 3.2.** Схема взаємодії тіла з поверхнею гірки і вальцем

Умова потрапляння бульби у русло між робочою віткою гірки і вальцем буде мати вигляд:

$$\begin{aligned} G \sin \beta - F_{T3} &> 0, \\ N_3 &= G \cos \beta \end{aligned} \quad (3.14)$$

Після заміни перше рівняння системи буде мати вигляд:

$$\sin \beta - (f_1 + f_2) \cos \beta > 0, \quad (3.15)$$

звідки

$$tg\beta > (f_1 + f_2) \quad (3.16)$$

Умовою нормального просування домішок через зазор між робочою віткою гірки є:

$$A \geq \frac{D}{2} + \delta - r \quad (3.17)$$

де  $A$  - значення глибини проникнення домішок в еластичний елемент щіткового вальця;

$D$  - діаметр еластичного щіткового вальця;

$\delta$  - зазор між поверхнею вальця та віткою пальчастої гірки по нормалі;

$r$  - радіус одиничного тіла у воросі.

Кутова швидкість вальця розраховується за умови проштовхування домішок через зазор:

$$\omega < \sqrt{\frac{1}{m(0,5D+r)} (mg - f_1 N \sin\alpha - N \cos\alpha - N \sin\varepsilon - f_2 N \cos\varepsilon)} \quad (3.18)$$

Значення кута  $\varepsilon$  розраховується із виразу:

$$\varepsilon = -\frac{\pi}{2} + \alpha + \arccos \left[ \frac{D+2\delta-2r}{D+2r-2\delta} \right] \quad (3.19)$$

Після обрахунку отримаємо раціональні параметри і режими роботи поліпшеного робочого органу для очищення:

- швидкість переміщення робочої вітки пальчастої гірки - 1,2...1,5 м/с;
- найменша довжина робочої вітки пальчастої гірки - 75...90 см;
- найменша ширина пальчастої гірки - 0,5...0,6 м;

- кут нахилу гiрки до горизонту - 10...15 град.;
- дiаметр щiткового вальця - 200... 300 мм;
- кут нахилу вальця до горизонту - 22...27 град.;
- частота обертання вальця - 200...240 об/хв;
- зазор мiж поверхнею робочої вiтки пальчастої гiрки i щiтковим вальцем -20... 30 мм.

## РОЗДІЛ 4. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ УДОСКОНАЛЕННЯ МАШИНИ

Економічні показники, які характеризують ефективність застосування, визначимо згідно із ДСТУ 2155-93 за загальноприйнятими формулами.

За базову модель приймемо машинно-тракторний агрегат у складі трактора УТО 1024 NLX і причіпного картоплезбирального комбайна КПК-1. За модернізовану машину приймемо картоплезбиральний комбайн з інтегрованою в його конструкцію пальцеву гірку з щітковим вальцем.

Вихідні дані для розрахунків наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

### Початкові умови для розрахунку економічної ефективності

Показник	Базова машина	Модернізована машина
Урожайність бульб, т/га	20	20
Робоча ширина захвату машини, м	0,7	0,7
Робоча швидкість переміщення машини, км/год	6	6
Питома витрата пального, кг/кВт год	0,215	0,215
Кількість персоналу для обслуговування, чел.	1	1

Комбайн КПК-1 призначений для збирання картоплі механізованим способом на легких та середніх ґрунтах, засмічених камінням до 28 т/га. Система відділення бадилля, грудок і каміння із поліпшеним елеватором і пальчастими полотнам забезпечує збирання врожаю навіть за несприятливих погодних умов з найменшим пошкодженням бульб.



**Рис. 4.1. Картоплезбиральний комбайн КПК-1**

Таблиця 4.2

**Технічна характеристика причіпного комбайна КПК-1**

<b>Характеристика</b>	<b>Значення показника</b>
Агрегатування, тяг.кл.	1,4
Кількість рядів, шт.	1
Ширина міжрядь, см	60-75
Ширина захвату, м	0,6-0,75
Продуктивність, га/год	0,28
Місткість бункера, кг	800
Робоча швидкість, км/год	до 6
<b>Габаритні розміри і маса</b>	
Маса, кг	2150
Довжина, мм	6400
Ширина, мм	2700
Висота, мм	2700

**Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності  
використання удосконаленого картоплезбирального комбайна КПК-1**

Показник	Значення показників для МТА	
	УТО 1024 NLX +КПК-1 (базовий)	УТО 1024 NLX + КПК-1 (удоск.)
1	2	3
Вартість картоплезбирального комбайна КПК-1, грн	130 000	143 000
Вартість трактора, грн	1 358 300	1 358 300
Річне завантаження трактора, год.	1500	1500
Річне завантаження комбайна КПК-1, год.	100	100
Кількість обслуговуючого персоналу	1	1
Вартість палива, грн/кг	53,00	53,00
Норма відрахувань на амортизацію трактора	15	15
Норма відрахувань на технічне обслуговування	6,5	6,5

Розрахунки здійснимо згідно з даних таблиць 4.1, 4.2, 4.3.

Прогнозується, що економічний ефект від використання удосконаленої конструкції комбайна відбудеться внаслідок підвищення продуктивності агрегату при збільшенні швидкості руху та зменшення втрат і пошкодження бульб.

Зменшення приведених експлуатаційних затрат визначається за формулою:

$$E_{зат} = (P_б - P_м), \text{ грн/га}, \quad (4.1)$$

де  $P_б$ ,  $P_м$  – приведені експлуатаційні затрати базової і модернізованої машини грн/га.

Приведені експлуатаційні затрати розраховуються:

$$P=e \cdot K+C, \text{ грн/га}, \quad (4.2)$$

де  $e$  – нормативний коефіцієнт ефективного використання капітальних вкладень ( $e=0,15$ );

$K$  – розмір капітальних вкладень, грн/га.

$$K = B_T / (W_T T_T) + B_A / (W_T T_A), \text{ грн/га}, \quad (4.3)$$

де  $B_T, B_A$  – балансова вартість трактора і картоплезбирального комбайна КПК-1, грн (для трактора УТО 1024 NLX – 1 358 300 грн, для базового картоплезбирального комбайна КПК-1, – 130 000 грн, для удосконаленого – 143 000 грн);

$T_T, T_A$  – нормативне річне завантаження трактора і агрегату відповідно, год, (для картоплезбирального комбайна КПК-1  $T_T$  становить 100 год,  $T_T=1500$  год);

$W_T$  – годинна продуктивність машинно-тракторного агрегату, га/год.

$$W_T=0,1B_p V_p \tau, \text{ га/год}, \quad (4.4)$$

де  $\tau$  – коефіцієнт ефективного використання часу зміни ( $\tau=0,85$  для базового машинно-тракторного агрегату,  $\tau=0,8$  – для удосконаленого машинно-тракторного агрегату);

$B_p$  – робоча ширина захвату картоплезбирального комбайна КПК-1, м;

$V_p$  – робоча швидкість поступального руху МТА, км/год.

У формулі (4.2)  $C$  – прямі експлуатаційні затрати, грн/га. Вони визначаються як сума затрат на оплату праці  $C_1$ , затрати на паливо-мастильні

матеріали  $C_2$ , амортизаційні затрати на комбайн і енергетичний засіб (трактор)  $C_3$ , а також затрати на їх ремонт і технічне обслуговування  $C_4$

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \text{ грн/га} \quad (4.5)$$

Затрати на оплату праці:

$$C_1 = (n_i T_i) / W_3, \text{ грн/га}, \quad (4.6)$$

де  $n_i$  – кількість робітників відповідного класу, зайнятих на цій роботі, чол. (в нашому випадку – 1 тракторист-машиніст);  $T_i$  – погодинна ставка робітника цього класу (в нашому випадку – тарифна ставка тракториста-машиніста 5-го розряду, грн/год;  $T_i = 150$  грн/год.),

Затрати на паливо-мастильні матеріали:

$$C_2 = Q C_{\text{п}}, \text{ грн/га}, \quad (4.7)$$

де  $Q$  – витрата палива, кг/га;  $C_{\text{п}}$  – комплексна вартість паливно-мастильних матеріалів, грн/кг (53 грн/кг).

$$Q = (N_e q_e k) / W_{\Gamma}, \quad (4.8)$$

де  $N_e$  – номінальна потужність двигуна, кВт;

$q_e$  – питома витрата палива кг/кВт год;

$k$  – коефіцієнт використання потужності трактора, ( $k = 0,85$ )

Амортизаційні затрати на комбайн і енергетичний засіб (трактор):

$$C_3 = \frac{B_T a_T}{100 W_T T_T} + \frac{B_A a_A}{100 W_A T_A}, \text{ грн/га}, \quad (4.9)$$

де  $a_T, a_A$  – норма амортизаційних відрахувань трактора і картоплезбирального комбайна КПК-1 ( $a_T = a_A = 15\%$ ).

Затрати на ремонт і технічне обслуговування трактора і комбайна:

$$C_4 = \frac{B_T P_T}{100 W_T T_T} + \frac{B_A P_A}{100 W_A T_A}, \text{ грн/га}, \quad (4.10)$$

де  $P_T, P_A$  – норма відрахувань на ремонт і технічне обслуговування трактора та картоплезбирального комбайна КПК-1 ( $P_T = P_A = 6,5\%$ ).

Річний економічний ефект визначається:

$$E_p = E_{заг} T_A W_T, \text{ грн} \quad (4.11)$$

Результати розрахунків занесемо до таблиці 4.4.

Таблиця 4.4

**Розрахунок показників економічної ефективності використання удосконаленого картоплезбирального комбайна КПК-1**

Показник	Значення показників для МТА	
	УТО 1024 NLX +КПК-1 (базовий)	УТО 1024 NLX + КПК-1 (удоск.)
1	2	3
Амортизаційні відрахування на машинно-тракторний агрегат, <i>грн/га</i>	11,81	11,29
Продуктивність за годину змінного часу, <i>га</i>	2,24	2,48

продовження таблиці 4.4

1	2	3
Приведені затрати на оплату праці, <i>грн/год.</i>	66,96	60,48
Приведені затрати на ПММ, <i>грн/га</i>	2524,92	2280,83
Відрахування на технічне обслуговування машинно-тракторного агрегату, <i>грн/га</i>	5,11	4,88
Сумарні прямі затрати на роботу машинно-тракторного агрегату, <i>грн/га</i>	2608,80	2357,48
Приведені експлуатаційні затрати, <i>грн/га</i>	3988,33	3687,57
Зменшення приведених експлуатаційних затрат, <i>грн/га</i>	300,75	
Річний економічний ефект, <i>грн</i>	932338,95	

Отже, в результаті розрахунків встановлено, годинна продуктивність удосконаленого картоплезбирального комбайна КПК-1 збільшилась на 10,7% порівняно з базовим, зменшення приведених експлуатаційних витрат становить 300,75 *грн/га*, а це, в свою чергу, призводить до річного економічного ефекту при річному завантаженні картоплезбирального комбайна КПК-1 - 100 *год.* –932338,95 *грн.*

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Внаслідок здійсненого аналізу конструктивних схем і робочого процесу сучасних машин для збирання картоплі доведено, що на якість роботи картоплезбиральних комбайнів значний вплив має ефективність роботи робочих органів виносної сепарації. З поміж вже існуючих видів робочих органів виносної сепарації завдяки надійності роботи і простоти конструкції широкого застосування набули пальчасті похилі гірки. Однак в результаті дії різних ґрунтово-кліматичних чинників виконання процесу сепарації бульб не завжди відповідають агротехнічним вимогам.

2. Для підвищення ефективності роботи картоплезбиральних машин нами здійснено удосконалення конструктивної схеми робочого органу виносної сепарації, у вигляді похилої пальчастої гірки. Пропонується в нижній частині похилої пальчастої гірки установити валець із еластичними щітками, який монтується із незначним зазором до робочої вітки гірки і має нахил до горизонту. В процесі роботи бульби, які скочуватимуться вниз, потраплятимуть у русло між щітковим вальцем і пальчастою гіркою та під впливом власної ваги, а також через кутове розташування вальця, певний час утримуватимуться на ділянці еластичного ворсового валика. Бульби, при скочуванні вниз по робочій вітці гірки контактуючи з поверхню валика «втоплюватимуться» у його еластичному ворсі та в подальшому направлятимуться за межі очисника на органи транспортування та сепарації.

3. Згідно теоретичних досліджень і проведених розрахунків руху компонентів вороху по робочій вітці пальчастої похилої гірки отримано раціональні параметри поліпшеного робочого органу:

- швидкість переміщення робочої вітки пальчастої гірки - 1,2...1,5 м/с;
- найменша довжина робочої вітки пальчастої гірки - 75...90 см;
- найменша ширина пальчастої гірки - 0,5...0,6 м;
- кут нахилу гірки до горизонту - 10...15 град.;
- діаметр щіткового вальця - 200... 300 мм;
- кут нахилу вальця до горизонту - 22...27 град.;

- частота обертання вальця - 200...240 об/хв;
- зазор між поверхнею робочої вітки пальчастої гірки і щітковим вальцем -20... 30 мм.

4. За даними обрахунку показників техніко-економічної ефективності удосконаленого картоплезбирального комбайна, річний економічний ефект від застосування покращеного сепарувального робочого органу однорядного картоплезбирального комбайна КПК-1, за річного навантаження 100 год., становить 932 338,95 грн. (беручи до уваги зниження втрат і пошкодження бульб під час процесу збирання).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аністратенко В.О. Математичне планування експериментів в АПК: навчальний посібник / В.О. Аністратенко, В.Г. Федоров. – К.: Вища школа, 1993. – 375 с.
2. Булгаков В.М. Синтез спіральних сепараторів картоплезбиральних машин: Монографія /В.М. Булгаков, С.В. Смолінський. - К.: НУБіП України, ЦП «КОМПРИНТ», 2016. - с. 132.
3. Булгаков В.М. Основы научных исследований. /В.М. Булгаков, Д.Г. Войтюк, В.А. Костюченко. – К.: Видавництво НАУ, 1999. – 326 с.
4. Василенко, П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин /П. М. Василенко - Киев: УАСХН, 1960. - 284 с.
5. Василенко П.М. Динамические предпосылки определения параметров шнековых транспортеров: доклады ВАСХНИЛ /П.М. Василенко. – 1970. – № 7. С. 41-43.
6. Грушецький С. М. Обґрунтування конструкції і параметрів лемішно-полицевого картоплекопача з барабанним сепаратором картопляного вороху. Дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11. ВНАУ, Вінниця, 2008. – 285 с.
7. Грушецький С. М. Дослідження сепаратора піднімаючо-сходячої дії для коренебульбозбиральних машин. Інженерія природокористування /ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Харків, 2021. № 2 (20). – С. 60-67.
8. Данильченко М.Г. Розробка і дослідження шнекових роторних очисників коренеплодів бурякозбиральних машин: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 03.10.92 /М.Г. Данильченко. – Тернопіль, 1992. – 16 с.
9. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: підручник / [Войтюк Д.Г. ін.]; за ред. С.С. Яцуна. - [2-ге вид., перероб. і доп.]. - Суми: «Сумський національний аграрний університет», 2011. - 444 с.
10. Механізми з гвинтовими пристроями. /Гевко Б.М., Данильченко М.Г., Рогатинський Р.М. та інші. – Львів: Світ, 1993. – 208 с.

11. Обґрунтування технологічного процесу очищення вороху кормових буряків і параметрів гвинтово-вальцевого очисника: дис. ... канд. техн. наук: 14.03.95 /В.М. Барановський. – Глеваха, 1995. – 273 с.
12. Основні напрямки та перспективи створення нових машин для збирання картоплі /Б.О. Козаченко, В.М. Булгаков, В.В. Іщенко, С.В. Смолінський, А.Л. Бондаренко //Механізація сільськогосподарського виробництва: зб. наук. праць. – К.: КНАУ, 1999. т.4. – С. 331-335.
13. Осуховський В.М. Результати польових випробувань картоплекопача тракторного КТ-0,6. Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин: зб. наук, праць НАУ «Механізація сільськогосподарського виробництва» /В.М. Осуховський – К.: НАУ, 1999. – Т. VI. - С. 162-166.
14. Пат. 8086 Україна, МКВ А01В77/00. Профілемір /Грубий В.П., Бендера І.М., Фірман Ю.П., Грушецький С.М. – № 2005 00373; заявка 17.01.05; опубл. 15.07.05, Бюл. № 7. – 3 с.
15. Практикум з теорії та розрахунку сільськогосподарських машин. [за ред. Д.Г. Войтюка]. - К.: НУБіП України, 2024. – 203 с.
16. Практикум із машиновикористання в рослинництві: навч. посібник /Лімонт А.С., Мельник І.І., Малиновський А.С. та ін.; за ред. І.І. Мельника. – К.: Кондор, 2004. – 284 с.
17. Проспекти фірм-виробників картоплезбиральних машин.
18. Рогатинський Р.М. Механіко-технологічні основи взаємодії шнекових робочих органів з сировиною сільськогосподарського виробництва: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня док. тех. наук: 05.20.01 /Р.М. Рогатинський. – К., 1997. – 33 с.
19. Рогатинський Р.М. Механіко-технологічні основи взаємодії шнекових робочих органів з сировиною сільськогосподарського виробництва: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора техн. наук: 05.06.97 /Р.М. Рогатинський. – К., 1997. – 33 с.
20. Сільськогосподарські машини: підручник /Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. - К.: «Агроосвіта», 2015. - 679 с.

21. 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.
22. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку. Підручник /[за ред. Д.Г. Войтюка]. -К.: НУБіП України, 2018. – 736 с.
23. Смолінський С.В. Обґрунтування конструкції і параметрів спірального сепаратора картопляного вороху: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 /Смолінський Станіслав Вікторович. – К., 2002. – 152 с.
24. Токар А.М. Теоретична механіка. Кінематика: Методи і задачі : навчальний посібник /А.М. Токар – К.: Либідь, 2021. – 416 с. 281
25. Фірман Ю.П. Обґрунтування параметрів та режимів роботи стрічкового сепаратора картоплезбиральної машини: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 /Фірман Юрій Петрович. – Львів, 2006. – 161 с.
26. Хайліс Г.А. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: навч. посібник /Г.А. Хайліс, Д.М. Коновалюк. – К.: НМК ВО, 1992. – 320 с.
27. Eaton F.E. Mechanical separation of stones from potatoes with rotary brushes /Eaton F.E., Hansen R. W.//Transactions of the American Society of Agricultural Engineers volume 13, Issue 5, Sept-Oct, Pages 591-593
28. Kanafojski Cz. Halmfruchtentemaschinen /Cz. Kanafojski //VEB Verlag Technik, Berlin, 1994. - 324 S.
29. Katwowski T. Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych. /T. Karwowski //T.3. Warszawa: PWRiL, 2016. -429 S.
30. Karwowski T. Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych /T. Karwowski – Warszawa: PWRiL, 1982. – Т. 3. – 429 s.
31. Misener G.C. Resource efficient approach to potato -stone-clod separation /Misener, G.C., McLeod, C.D.//n AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America Volume 20, Issue 2, March 2014, Pages 33-36.

