

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
Механіко-технологічний факультет**

**ПОГОДЖЕНО**

Декан механіко-технологічного  
факультету, проф, д.т.н.

\_\_\_\_\_ Братішко В.В

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри сільськогосподарських  
машин та системотехніки ім. акад.

П.М Василенка, к.т.н., доц.

\_\_\_\_\_ Гуменюк Ю.О

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

на тему: **«ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ  
КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА»**

Спеціальність 208 Агроінженерія

Освітня програма: «Агроінженерія»

Магістерська програма: «Технології і техніка у рослинництві»

Орієнтація освітньої програми: освітньо-професійна

**Керівник магістерської роботи**

доцент, к.т.н

\_\_\_\_\_

Підпис

Гуменюк Ю.О

**Виконав**

\_\_\_\_\_

Підпис

Чухрій М.В

**Київ 2025**

**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  
\_\_\_\_\_ **Ю.О.Гуменюк**  
«    » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**НА ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ**

Чухрію Максиму Васильовичу

Спеціальність 208 Агроінженерія

Програмна підготовка освітньо-професійна

Тема магістерської роботи «Обґрунтування параметрів і режимів роботи картоплезбирального комбайна»

Затверджена наказом ректора НУБіП України від «13» листопада 2024 р. №2038  
С

Термін подання завершеного проекту на кафедру \_\_\_\_\_

Вихідні дані до магістерської роботи

Базова машина – картоплезбиральний комбайн Л-601, річний наробіток – 75 га,  
робоча швидкість – до 2,4 км/год, ширина захвату – 1,4м.

Перелік питань, які потрібно розробити:

1.Вступ 2. Характеристика картоплі 3. Аналіз картоплезбиральних машин і  
підкопувального робочого органа картоплезбирального комбайна 4.  
Обґрунтування удосконаленої конструкції підкопувального робочого органа 5.  
Визначення показників економічної ефективності 6. Висновки 7. Список  
використаної літератури

Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Керівник магістерської роботи \_\_\_\_\_ **Гуменюк Ю.О.**

Завдання прийняв для виконання \_\_\_\_\_ **Чухрій М.В**

## РЕФЕРАТ

Магістерська робота на тему: **„Обґрунтування параметрів і режимів роботи картоплезбирального комбайна ”**

Магістерська робота виконана на сторінках машинописного тексту пояснювальної записки формату А4, що містить формул, таблиці, рисунок.

Магістерська робота присвячена питанню збирання картоплі із модернізацією конструкції картоплезбирального комбайна шляхом застосування удосконаленого підкопувального робочого органу і обґрунтування його основних параметрів.

В першому розділі пояснювальної записки розглянуто картоплю як об'єкт збирання.

В другому розділі на основі проведеного аналізу картоплезбиральних машин і підкопувальних робочих органів, якими вони обладнані, обґрунтовано конструктивну схему вдосконаленого робочого органу збиральної машини.

В третьому розділі приведені результати теоретичного обґрунтування основних параметрів вдосконаленого робочого органу.

В четвертому розділі проаналізовано результати розрахунку показників економічної ефективності застосування розробки.

Ключові слова: картопля, збирання, картоплезбиральний комбайн, підкопувальний робочий орган, параметри

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ МЕХАНІЗОВАНОГО ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ .....	9
1.1. Способи і технології збирання картоплі.....	9
1.2. Властивості складових картопляного вороху в процесі збиранні.....	10
1.3. Агротехнічні вимоги до роботи картоплезбиральних машин.....	13
2. ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ.....	15
2.1. Система машин для збирання картоплі.....	15
2.2. Аналіз сучасної картоплезбиральної техніки.....	22
2.3. Аналіз конструкцій підкопувальних робочих органів машин для збирання картоплі .....	44
2.4. Сучасні марки машин для збирання картоплі.....	53
2.5. Напрямки вдосконалення картоплезбиральних машин.....	59
2.6. Обґрунтування удосконаленої схеми картоплезбирального комбайна..	64
3. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ ДОСКОНАЛЕНОГО РОБОЧОГО ОРГАНА.....	69
3.1. Інженерний розрахунок основних параметрів ротора.....	69
3.2. Моделювання руху бульби по поверхні ротора.....	75
4. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРОБКИ ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ .....	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	82

## ВСТУП

Одним з основних продуктів харчування є картопля, яку часто справедливо називають «другим хлібом». Згідно з фізіологічно обгрунтованими нормами споживання на кожного жителя країни повинно припадати 117 кг картоплі на рік. Для цього аграрному сектору України тільки для продовольчих потреб потрібно виробляти її близько 5,3 млн. т щорічно. У 2007 році Україна зібрала 19,1 млн. т картоплі і вийшла на третє місце в світі з виробництва цієї культури.

Картопля відіграє важливу роль в структурі валової продукції сільського господарства України. Овочі і картопля складають від 30 до 40% валового продукту в рослинництві або від 14 до 28% всього валового продукту сільського господарства. Підвищення врожайності картоплі за рахунок використання нових технологій є найважливішим завданням агропромислового комплексу.

Вступ України до Всесвітньої торгової організації (ВТО) ставить перед виробниками-аграріями нові завдання - забезпечити підвищення врожайності і зменшення ресурсозатратності до рівня, який дозволяє Українським виробникам картоплі стати конкурентоздатними на Європейському і світовому ринках.

Одним із головних напрямів підвищення врожайності картоплі, особливо в степовій зоні України, є освоєння нових ресурсозберігаючих технологій, серед яких досить перспективною є технологія з використанням крапельного зрошення. Водночас, технологію виробництва картоплі на крапельному зрошенні досить проблематично реалізувати існуючими с.-г. агрегатами, машинами і знаряддями. Крім того, основними виробниками картоплі є особисті підсобні господарства і фермери, які вирощують картоплю на малих площах (0,1 - 2,0 га).

Загальні завдання, що стоять перед виробниками картоплі, можна сформулювати в наступному вигляді:

- довести виробництво картоплі до 20 млн. т на рік;

- підвищити врожайність картоплі з 130 до 200 ц/г

При цьому в галузі механізації технології виробництва цієї культури слід вирішити наступні задачі:

- переглянути концепцію забезпечення дрібнотоварного виробника картоплі спеціальною технікою, адаптованою до умов використання на малих площах (до 20 га);

- адаптувати засоби механізації до нових високоефективних технологій виробництва картоплі, зокрема до технології її вирощування на крапельному зрошенні.

В процесі виробництва картоплі найбільш трудомісткою операцією є її збирання. Виходячи з цього, можна стверджувати, що розробка засобів механізації цього процесу на малих площах при використанні крапельного зрошення є актуальною задачею.

При виробництві картоплі слід враховувати такі основні положення: 1) енергетичне; 2) економічне; 3) екологічне.

Картоплярство одна з галузей сільськогосподарського виробництва, робота в яких пов'язана із значними енерговитратами і витратами праці. Затрати на механізоване збирання складають 50-60% від загальних затрат. З них близько 55% затрати енергії припадають на сепаруючі робочі органи. До 60-70% затрат праці витрачається на збиранні. Це пояснюється тим, що в підкопаній бульбоносній масі, яка подається на сепаруючі робочі органи, вміст бульб картоплі складає всього 2-3% від загальної маси. Тому якість вихідного продукту в більшій мірі залежить від роботи сепараторів. З цього випливає, що сепаруючі робочі органи є основою для забезпечення якісних показників роботи картоплезбиральних машин.

Кожні три роки разом з картоплею і овочами вивезено до 11 млн.т родючого шару ґрунту, а це призводить до технічної деградації ґрунтів. Тому вдосконалення сепаруючих робочих органів слід направити на зменшення вмісту

грунту у вихідному воросі, який вивозиться з поля, а отже і поліпшення стану в системі "навколишнє середовище - людина".

Практично в Україні не існувало виробництво машин для збирання картоплі. Після здобуття Україною незалежності виникла необхідність власної розробки і виробництва таких машин. Першими спробами вітчизняних сільгоспмашинобудівників стали картоплекопачі Львівського заводу сільськогосподарських машин, Тернопільського комбайнового заводу, АТ "Борекс". Їх експлуатаційні випробування в умовах виробництва показали, що ці машини є досить вдалимими. Хоча надалі необхідно зменшити матеріало- і енергоємність машин.

В магістерській роботі розглянуто обґрунтування конструкції і параметрів удосконаленого підкопувального робочого органу, який забезпечуватиме підвищення продуктивності роботи картоплезбирального комбайна.

Мета роботи: підвищення продуктивності роботи картоплезбирального комбайна шляхом застосування удосконаленого підкопувального робочого органу і обґрунтуванням його параметрів.

Об'єкт дослідження: параметри удосконаленого підкопувального робочого органу, робочий процес картоплезбирального комбайна.

Предмет дослідження: взаємозв'язок між параметрами підкопувального робочого органу та характеристиками умовами збирання.

Завдання:

- на основі аналізу конструкцій картоплезбиральних машин та підкопувальних робочих органів обґрунтувати удосконалену схему робочого органу;

- обґрунтувати раціональні значення параметрів удосконаленого робочого органу;

- провести оцінку економічної ефективності розробки

Методи досліджень: із застосуванням основ землеробської механіки, теоретичної механіки, теорії сільськогосподарських машин.

Наукова новизна: удосконалено конструкцію підкопувального робочого органа, що дозволить підвищити продуктивність картоплезбирального комбайна і отримано залежності для обґрунтування параметрів удосконаленого робочого органа.

## РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРЕДУМОВИ МЕХАНІЗОВАНОГО ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ

### 1.1 Способи і технології збирання картоплі

Залежно від призначення, умов і часу реалізації картоплі, збирати її можна такими способами [1,4,5,12,13,14,17,18].

Потоковий (прямий, або однофазний) спосіб: комбайн (картоплекопач) - транспортний засіб - сортувальний пункт - транспортний засіб - сховище або відправлення на реалізацію (рис. 1). Саме йому на сьогодні надають перевагу. За цієї технології процес є повністю закінченим: на зберігання закладають картоплю без сторонніх домішок і відкалібровану за фракціями



Рис. 1. Збирання картоплі за потоковою технологією картоплезбиральним комбайном.

Проте за цього способу, особливо в разі збирання в дощову й холодну погоду та за недостиглої картоплі, завдаються значні механічні пошкодження -

нерідко до 40-60% і більше, в зв'язку з чим знижуються лежкість і якість бульб під час зберігання.

Тому цей спосіб рекомендується в основному для осінньої реалізації картоплі. Продовольчу картоплю калібрують на дві фракції: дрібна - до 35-40 мм і велика - понад 35-40 міліметрів.



Рис. 1.2. Збирання картоплі перевалочним способом із застосуванням картоплекопача.

Перевалочний ( роздільний або двофазний) спосіб: комбайн (копач) - транспортний засіб - тимчасове зберігання протягом двох-трьох тижнів - сортування (з перегородкою) - сховище або відправка на реалізацію. Його стали застосовувати дедалі частіше. Цей спосіб рекомендують у разі збирання за важких умов, коли від комбайнів картопля надходить із значними домішками ґрунту, а бульби уражені фітофторозом, мокрою гниллю тощо (рис. 1.2).

Застосовують його також на вологих ґрунтах, непридатних для потокового збирання. Використовують картоплекопач-валкоутворювач, який викопує бульби й укладає валок із двох, чотирьох або шести рядків. Після просушування бульб (2-24 год.) валки підбирають комбайном і перевозять бульби до сортувального пункту. Продуктивність техніки за такого способу зростає на 6-8 га/день. Для підбирання валків придатні дворядні картоплекопачі-навантажувачі та бункерні картоплекопачі. Але максимальна місткість бункера (5,5 т) потребує

частого розвантаження. Для підбирання бульб із валків у цих машин міняють копачі й гребеневі котки на приводні приймальні вали та колеса регулювання глибини, щоб забезпечити якомога менше забирання ґрунту. Використовують і спеціальні валкопідбирачі.

Сушіння бульб на полі, а також підбирання валків із мінімальним захопленням землі сприяють утворенню світлішого забарвлення шкірки зібраних бульб і пізніше полегшують їхнє миття й чищення. За зниження засмічення землею та засихання кірки бульб, а отже, й меншого проникнення в них різних інфекцій їхня лежкість поліпшується. Крім того, підвищується температура бульб у валках і знижується чутливість до механічних пошкоджень.

## **1.2. Властивості складових картопляного вороху в процесі збиранні**

Тип, конструкцію та параметри підкопуючих і сепаруючих робочих органів картоплезбиральних машин обґрунтовують в залежності від розміщення бульб в ґрунті, їх форми і розмірів, фізико-механічних властивостей бульб та бадилля [1-6, 8-13]. Ці властивості можуть змінюватися в залежності від сорту картоплі, якості роботи садильної машини, а також агротехніки догляду і ґрунтово-кліматичних умов її проростання.

На території України картоплю вирощують з шириною міжрядь 70 см та з відстанню між бульбами в рядку близько 30 см, що забезпечує від 50 тис. кущів на 1 га. Бульба розміщується в гніздах, форма і розміри яких визначають глибину ходу та інші геометричні характеристики підкопуючих органів.

Найважливіше значення для встановлення параметрів підкопуючих робочих органів мають наступні параметри гнізда бульб: глибина залягання нижньої бульби, відстань між зовнішніми точками крайніх бульб (ширина гнізда), а також глибина залягання верхньої бульби. Ці параметри непостійні. Вони залежать від сорту картоплі, типу ґрунту, глибини посадки, агротехніки вирощування і ряду інших факторів (рис. 1.3).

Розміри і форма бульб залежать від температурного та водного режимів в період росту, типу ґрунту, особливостей формування врожаю і інших факторів.

При різких коливаннях температурного режиму протягом вегетаційного періоду бульба виходить неправильної форми. Бульба характеризується трьома розмірами: довжиною  $a$ , шириною  $b$ , товщиною  $c$ .



Рис. 1.3. Структура куща картоплі

Бульба картоплі при різній крупності має різноманітну форму. Форма бульби визначається відношенням ширини (найбільший поперечний діаметр) до довжини (найбільший діаметр).

Якщо це відношення дорівнює або більше 1:1.5, бульба вважається видовженої форми (продовгувата), а якщо менше - кругло-овальна (округла). При такій характеристиці враховується третій розмір - товщина.

В. А. Глухих і А. А. Герасимов, досліджуючи співвідношення між розмірами, формою масою бульб, ввели додаткові коефіцієнти  $g_1$ ,  $g_2$ ,  $g_3$ , що характеризують форму клубнів

$$g_1 = a/b \text{ і } g_2 = a/c$$

$$g_3 = g_1 g_2 = a/(bc)$$

При підвищенні врожайності число бульб в кущі, як правило, не змінюється, а збільшується їх середня маса.

Насипна щільність бульб картоплі залежить від крупності бульб і в середньому складає 6-18 кг/м<sup>3</sup>. Щільність бульби коливається в порівняно невеликих межах 1,040 -- 1,090 г/см<sup>3</sup> в залежності від крупності і сорту.

Фізико-механічні властивості бадилля залежать від ступеня стиглості рослин. Зелене бадилля картоплі має меншу міцність, довжину і товщину стебел порівняно з бадиллям стиглої картоплі.

В одному кущі картоплі може бути від 1 до 10 стебел, а іноді і більше; середня довжина стебел складає 60 - 90 см, максимальна - 2 м; діаметр бадилля при основі 4 - 20 мм, щільність бадилля в ущільненому стані 133 кг/м<sup>3</sup>.

Розташування бадилля на поверхні поля досить невизначене і залежить від ряду факторів: сорту картоплі, агротехніки вирощування, погодних умов і ін.

Висмикування бульби з ґрунту за бадилля без попереднього підкопування рядки неможливе, так як зусилля висмикування значно вище зусилля, необхідного для відриву бульби від столона, яке коливається в межах 3.53 – 11.8Н. Тому висмикується не більше половини бульб.

При попередньому підкопуванні зменшується і складає 35,8 - 37,4 % зусилля висмикування без підкопування.

Для бульб картоплі розрізняє декілька видів тертя: тертя ковзання, тертя кочення і тертя перекочування. Тертя перекочування відрізняється від тертя кочення тим, що переміщення бульби під дією рушійної сили відбувається вздовж великої осі бульби.

Значення коефіцієнта тертя кочення бульби по бульбі складає 0,5 - 0,6, а тертя ковзання 0,8. З приведених даних слідує, що значення коефіцієнтів тертя бульби навіть по одних і тих же поверхнях помітно варіюють. Для тертя ковзання це пояснюється непостійністю вологості бульби, а для тертя кочення - мінливістю форми бульби. Коефіцієнти тертя кочення менші коефіцієнтів тертя ковзання.

Міцність бульби збільшується по мірі її дозрівання і відповідного зменшення вологості. Крупні бульби міцніші, ніж дрібні. Крім того, міцність бульби залежить від напрямку прикладання навантаження і сорту картоплі.

Повне руйнування бульби (поява тріщин) при динамічному ударі по металічній поверхні відбувається при швидкості співудару 10 м/с і вище. При менших швидкостях бульба пошкоджується частково. При швидкостях співудару менше 3 м/с пошкоджень м'якоті не відбувається.

### **1.3. Агротехнічні вимоги до роботи картоплезбиральних машин**

Збирання картоплі повинно бути повним, з найменшими втратами – не більше 3-5%

Кількість пошкоджених бульб допускається не більше 3%.

Машини повинні підкопувати бульбоносний шар ґрунту на повну глибину і ширину залягання бульб.

Ширина валка при роздільному збиранні не повинна перевищувати 90 см. При збиранні картоплезбиральними комбайнами чистота бульб в тарі повинна бути не менше 95%.

При післязбиральної обробки картоплі на пункті чистота середньої (50-80 г) і великої (понад 80 г) фракцій повинна бути не менше 99%, а дрібної (30-50 г) - не мене 97%.

У відходи йдуть бульби масою менше 30 м В кожної фракції допускається не більше 10% (по масі) бульб інших фракцій.

## РОЗДІЛ 2.

### ТЕХНІЧНІ ЗАСОБИ ДЛЯ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ

#### 2.1. Система машин для збирання картоплі

Потреба населення нашої планети в продуктах харчування невпинно зростає. Задоволення цього попиту - це одне із пріоритетних завдань світової спільноти. Україна як аграрна держава повинна в цьому плані відігравати не останню роль. Серед інших можливостей виробництва продуктів харчування зосередимо свою увагу на вирощуванні картоплі, а саме механізації її збирання.

Картопля зараз вирощується, в основному, на городах і дачних ділянках дрібних приватних виробників більш як 98% валового збору, в яких практично відсутнє застосування засобів механізації, а витрати праці досягають

12-15 люд.-год/ц. Тоді як у 1990 р. цей показник становив 70% від загальної кількості. Посівна площа під картоплею в сільськогосподарських підприємствах у 2007 році порівняно з 1990 зменшилась майже у 20 разів.

Звідси випливає, що в Україні майже вся картопля вирощується в підсобних малих господарствах з величезними затратами ручної праці. Це звичайно тимчасова ситуація, але на, даний момент потрібно максимально механізувати цей процес. Тому метою роботи є провести аналіз експлуатаційної ефективності машин, які задіяні до найбільш трудомісткої операції -збирання картоплі та накреслити шляхи розробки високоефективного малогабаритного картоплекопача, який би став незамінним помічником в цьому виробництві.

На операцію збирання картоплі затрачається до 75% усіх працезатрат і до 60% енерговитрат. Бульби картоплі розташовуються в ґрунті гніздами. Машина викопує їх разом із ґрунтом, потім роздрібнює ґрунт і відсіває спеціальним сепаратором.

Цей процес утруднений тим, що вміст бульб у шарі ґрунту становить по масі 1..3%. Щоб виділити 4...6 кг бульб, дворядна машина повинна роздрібнити й відсіяти за секунду до 200 кг ґрунту. Крім того, ступінь можливого роздрібнення

шару ґрунту, а отже, й відсівання її часток обмежена міцністю бульб, яка, як правило, менша міцності окремих ґрунтових грудок. На роботу машин впливають також розміри, маса й форма бадилля і бульб. Надмірно розвинене бадилля утруднює збирання. Бульби з неміцною ніжною шкірочкою, особливо великі, масою більш 200 г легко ушкоджуються від зіткнень із поверхнею робочих органів, бункерів і між собою. Довгасті бульби сильніше ушкоджуються, ніж округлі. Округлі легко скочуються з сепаруючих робочих органів і добре відділяються від ґрунту. Для успішного застосування машинного збирання при обробленні й виведенні нових сортів картоплі необхідно прагнути, щоб рослини утворювали компактні гнізда, нерозкидистий кущ бадилля, мали вирівняні бульби округлої форми з міцною шкірочкою й м'якоттю, масою 80.200 г, які легко відділяються від куща.

Картоплю забирають картоплекопачами, комбайнами прямим комбайнуванням, роздільним, комбінованим способом [1,4,5,12,13,14,16,17,18].

Картоплекопачі витягають бульби із ґрунту й укладають на поверхню поля у валок. Підбирають бульби вручну, що приводить до великих затрат праці.

При прямому комбайнуванні комбайн викопає бульби, відділяє їх від ґрунту й бадилля, збирає в бункер і вивантажує в транспорт. Зібрану картоплю відвозять на картоплесортувальний пункт.

При роздільному способі бульби із двох, чотирьох або шести рядків викопають копачами та укладають у загальний валок, який після просихання підбирають комбайном. Кількість рядків, що укладаються у валок, вибирають залежно від врожаю.

При комбінованому способі бульби викопають копачем із двох (схема 2 +2) або чотирьох (схема 2 + 4) рядків та укладають між двома незібраними рядками. Після підсушування валка комбайн підкопає незібрані рядки картоплі й одночасно підбирає валок.

Продуктивність комбайнів при роздільному й комбінованому способах підвищується, бульби краще відділяються від ґрунту, що вимагає менших витрат праці на їхнє доочищення. Необхідна кількість комбайнів скорочується в 1,5...2 рази.

Отже, для збирання картоплі можна використовувати: копачі, картоплекопачі металевого та просіюючого типу, картоплекопачі з причіпними столами для перебирання, картоплекопачі-валкоукладачі та картоплезбиральні комбайни (рис. 2.1).

Копачі підкопують рядки картоплі, порушують зв'язок кущів з ґрунтом та частково витягують бульби на поверхню поля. Як правило, копач уявляє собою примітивне знаряддя. Підкопуючим робочим органом є двовідвальний корпус. При роботі він проходить посередині рядка, розкриваючи його на дві сторони.

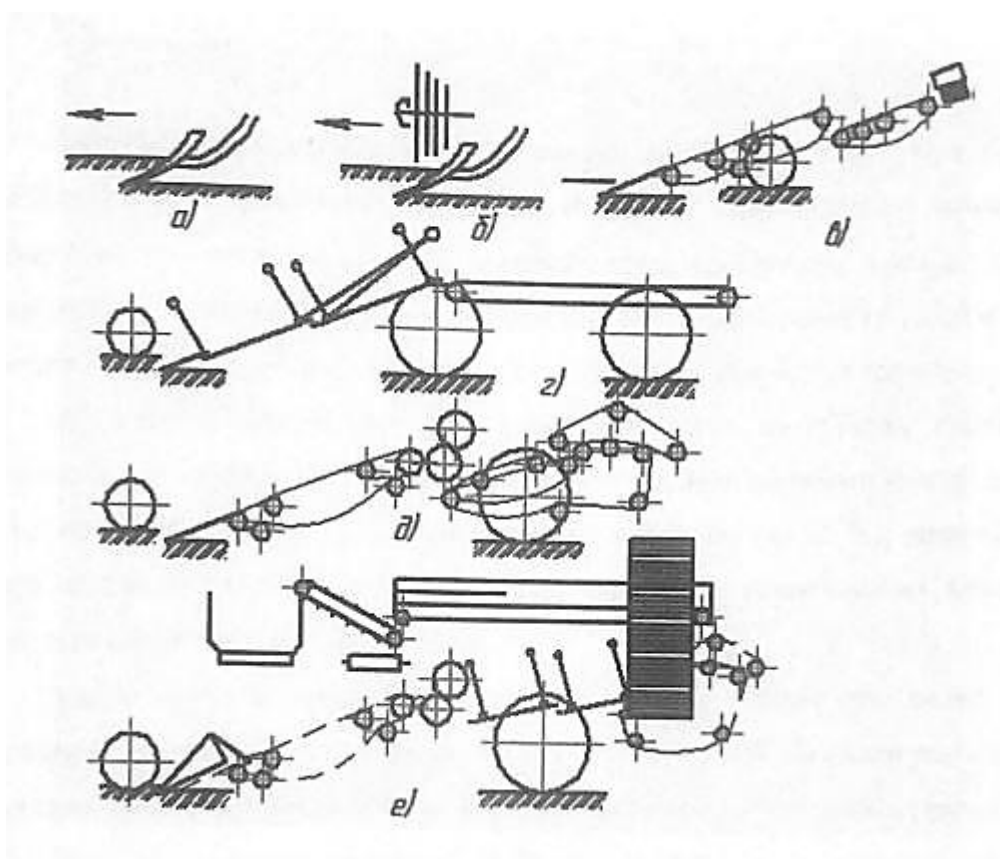


Рис. 2.1. Схеми основних типів картоплезбиральних машин та знарядь

Копачі кидального типу (рис. 2.2) викопують куці та розкидають бульби ґрунт з рядка в сторону, перпендикулярно ходу машини на відстань до 3,5 м.



Рис. 2.2. Однорядний начіпний картоплекопач кидального типу

Картоплекопачі даного типу, як правило, однорядні, навісні. При русі машини леміш підрізає ґрунтовий пласт. В момент сходу пласта з лемеша руйнується та розкидається по поверхні поля гребінками ротора, що обертається. Після проходження копача утворюється смуга завширшки 1,5...3,0 м на поверхні якої розміщується основна частина бульб, що збирається вручну.

Хоча копач кидального типу може працювати на ґрунтах високої вологості та на ґрунтах засмічених мілким камінням, його вагомими недоліками є: велика кількість втрат бульб через засипання ґрунтом (до 25 %); неможливість збирання бульб в тару чи бункер; підвищене пошкодження бульб, особливо при роботі на сухих ґрунтах.

Картоплекопачі просіваючого типу (рис. 2.3) підкопують рядки та передають підкопаний пласт на сепаруючі робочі органи. Застосовують два основних типи сепаруючих органів: пруткові елеватори та коливальні грохоти.

Іноді застосовують кулачкові та барабанні грохоти. Підкопаний пласт разом з кущами картоплі поступає на елеватор (грохот), де ґрунт просіюється, а бульби, бадилля та непросіяні грудки ґрунту скидаються позаду машини на поверхню поля. Після цього бульби збираються вручну.

Недоліком даної конструкції є достатньо великі габарити, недостатня якість очистки, яка залежить від якості ґрунту та великі затрати ручної праці на доочищення.



Рис 2.3. Напівпричіпний картоплекопач просіваючого типу



Рис. 2.4. Збирання картоплі картоплекопачем-валкоукладчиком:

Картоплекопачі з причіпними сортувальними столами дозволяють отримати кондиційну картоплю за рахунок вибірки бульб працівниками та затарування її в мішки та корзини за допомогою відповідних пристосовань. Перевагою цих картоплекопачів являється полегшення праці робітників та менше ушкодження бульб. Такі картоплекопачі доцільно застосовувати при збиранні ранньої та насінневої картоплі. Даний спосіб можливо застосовувати лише в легких умовах збирання.

Картоплекопачі-валкоукладачі (рис.2.4) оснащені додатковими пристроями для видалення гички з машини та поперечних транспортерів, які дозволяють проводити укладання бульб у вузький валок з двох, чотирьох або шести рядків, що дає можливість підвищити продуктивність праці робочих на підборі бульб, а також забезпечує двохфазний комбайновий збір.



Рис. 2.5. Самохідний картоплезбиральний комбайн

Картоплезбиральні комбайни (рис. 2.5) підкопують рядки, відділяють від ґрунту та гички та збирають картоплю в бункер чи тару. Комбайни є

ефективнішими машинами для збирання картоплі. Картоплезбиральні комбайни зазвичай бувають одно- та дворядними. Але використання цих машин на невеликих площах дрібних господарств економічно не вигідно.

Проаналізувавши ряд конструкцій машин для збирання картоплі та їх експлуатаційних можливостей можна прийти до наступного. Механізоване збирання картоплі в Україні, потребує для якісного виконання операції збирання найефективнішими є комбайни, які використовувати на невеликих ділянках приватних малих господарств є недоцільним. Недоліком сучасних малогабаритних картоплезбиральних машин є низька продуктивність. Тому наша подальша розробка направлена на проектування вискоєфективного малогабаритного картоплекопача із збільшеною продуктивністю. Така машина має бути простою, ефективною та відносно дешевою для споживача.

## **2.2. Аналіз сучасної картоплезбиральної техніки**

Для збирання картоплі провідні машинобудівні фірми виготовляють різні типи і моделі картоплезбиральної техніки - від найпростіших монтованих, навісних і причіпних картоплекопалок до найсучасніших самохідних картоплезбиральних комбайнів та картоплекопачів-навантажувачів. Під час застосування картоплекопалок механізована тільки операція викопування бульб, а підбирання і завантаження їх в кузов транспортних засобів виконується вручну, що вимагає значних затрат праці.

Розглянемо техніку для механізованого збирання картоплі.

Картоплекопач КСТ-1,4А (рис. 2.6) призначений для викопування двох рядків картоплі, сепарації викопаного ґрунту і укладання бульб на поверхню поля у валок. Він працює на всіх типах ґрунтів за вологості 10...27 %. Ширина захвату 1,4 м, робоча швидкість 1,9-6,5 км/год, продуктивність до 0,9 га/год, маса 1320 кг. Агрегується з тракторами класу тяги 1,4, робочі органи приводяться в дію від ВВП трактора.

Картоплекопач елеваторного типу складається з рами 4, одного копювального металевого 1 і двох опорних пневматичних 6 коліс, двох лемешів 2, швидкісного 3, основного 5 та каскадного 7 конвеєрів, двох звужувальних щитків 8, причіпного пристрою 10, механізмів приводу робочих органів 11 регулювання глибини ходу лемешів.

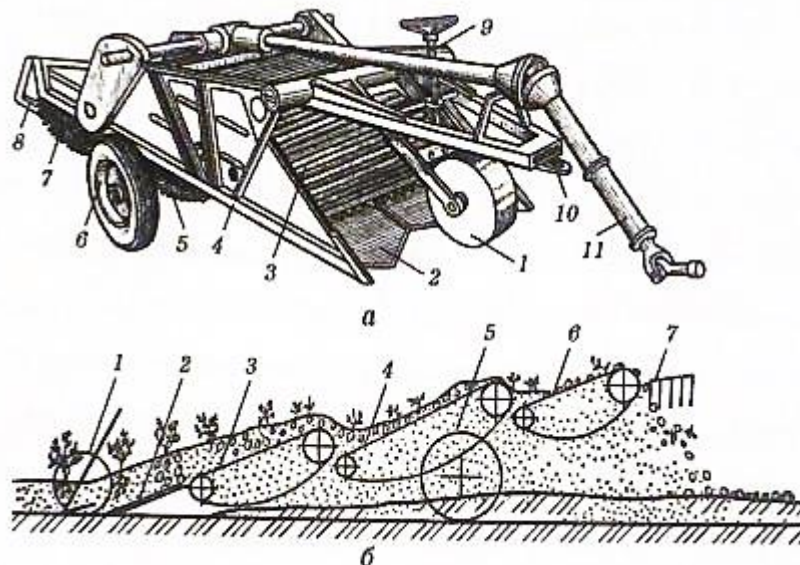


Рис. 2.6. Картоплекопач КСТ-1,4

Лемеші активного типу призначені для підкопування шару бульб, часткового руйнування підкопаного шару та передачі викопаного вороху на швидкісний конвеєр 3. Вони мають трапецієподібну форму з відкидними клапанами, які встановлені в задній частині кожного лемеша і шарнірно з'єднані з рамою 4.

Швидкісний конвеєр 3 пруткового типу призначений для розпушення, руйнування і сепарації викопаного шару ґрунту та подавання його на основний конвеєр 5, верхня гілка якого приводиться в коливальний рух за рахунок еліптичних зірочок, де ґрунт інтенсивно просіюється крізь прутки конвеєра.

Каскадний конвеєр 7 призначений для остаточної сепарації викопаного порошу картоплі і скидання його на поверхню поля, того утворення валка картоплі звужувальними щитками 8. Для зменшення пошкодження бульб кожний другий пруток конвеєра прогумований.

Технологічний процес роботи. Під час руху машини активні лемеші 2, які коливаються з частотою 8,3; 9,4 і 10,5 с<sup>-1</sup> і амплітудою коливань 14 мм (залежно від умов роботи), підкопують рядки картоплі і спрямовують скибу на швидкісний конвеєр 3 коливального типу, швидкість якого становить 1,91 або 2,14 м/с. За рахунок коливання робочої гілки конвеєра 3 руйнується та частково сепарується підрізаний шар ґрунту і здійснюється подальше переміщення вороху (маси ґрунту з бульбами) на основний конвеєр 4, на якому відбувається основне інтенсивне відокремлення домішок із складу викопаного вороху та передавання його на каскадний конвеєр 6. Тут закінчується остаточне очищення бульб від домішок, а непросепаровані грудки ґрунту, бадилля спрямовуються на поверхню поля. Звужувальні щитки 7 формують валок 60...90 см завширшки.

Технологічні регулювання. Глибину ходу лемешів 2 регулюють гвинтовим механізмом 9 копіювального колеса 1 так, щоб не підрізалися глибоко розміщені бульби картоплі. Передній кут загострювання лемешів становить 100°. Частота коливань лемешів (8,3; 9,4 і 10,5 с<sup>-1</sup>), швидкість руху швидкісного 3 (2,02; 2,26; 2,52 м/с), основного 5 (1,91; 2,15 м/с) і каскадного 7 (1,56; 1,76 м/с) конвеєрів змінюють за допомогою переустановлення ведучих зірочок на відповідних валах механізму приводу.

Картоплекопач начіпний КТН-2В (рис. 2.7) призначений для підкопування двох рядків картоплі, часткової сепарації вороху і формування валка викопаних бульб на поверхні поля. Застосовують його для збирання картоплі на легких і середніх ґрунтах за їх вологості не більше ніж 27 %.

Ширина захвату 1,4 м, робоча швидкість 1,8...3,4 км/год, продуктивність 0,25...0,47 га/год, маса 835 кг. Агрегатується з тракторами класу тяги 1,4, робочі органи приводяться в дію від ВВП трактора.

Загальна будова. Картоплекопач КТН-2В складається з рами 2, пасивних лемешів 1, карданної передачі 3, редуктора 4, основного 5 і каскадного 6 конвеєрів, опорних коліс 8, звужувальних решіток 7. За своєю будовою він відрізняється від картоплекопача КСТ-1,4А тим, що не має копіювального колеса, швидкісного конвеєра, а лемеші виконані пасивного типу.

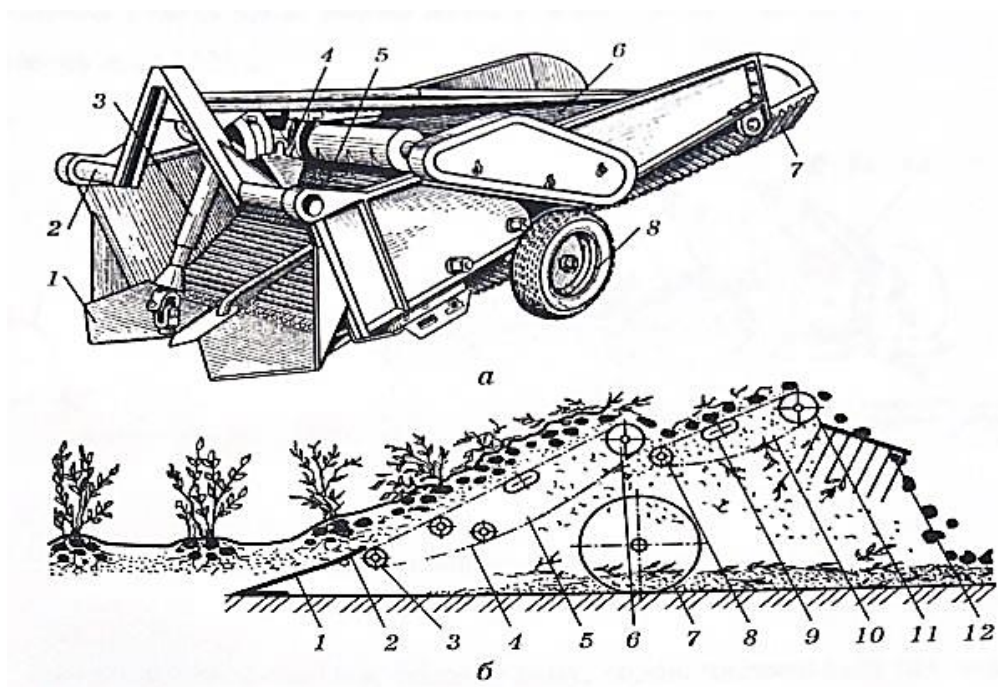


Рис. 2.7. Картоплекопач КТН-2В

Під час роботи підкопаний лемешами 1 тар надходить на основний конвеєр 4, на якому внаслідок вертикального струшування полотна конвеєра струшувачами 9 відбувається основне відсівання ґрунту. Далі ворох потрапляє на каскадний конвеєр 10 для додаткового відсівання ґрунту струшувачами 9. Після цього картопля з домішками ґрунту та рослин по звужувальних решітках скидається на поверхню поля слідом за копачем з утворенням валка.

Основні регулювання картоплекопача КТН-2В подібні до регулювання відповідних робочих органів машини КСТ-1,4А.

Картоплекопач-валкоутворювач УКВ-2 (рис. 2.8) призначений для збирання картоплі комбінованим та роздільним способами з двох рядків: підкопування

шару ґрунту, сепарації ґрунту, сепарації домішок викопаного вороху та формування валка викопаних бульб на поверхні поля. Картоплекопач напівпричіпний, агрегується з тракторами класу тяги 1,4. Робочі органи приводяться в дію від ВВП трактора.

Ширина захвату 1,4 м, робоча швидкість 2,8...6,0 км/год, продуктивність до 0,4 га/год, маса 2521 кг.

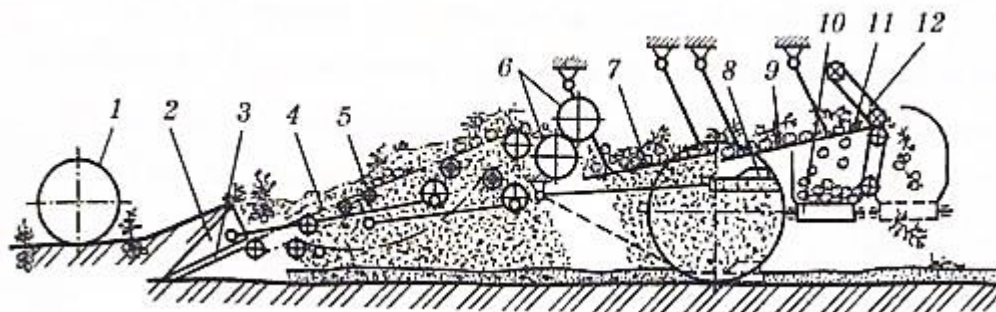


Рис. 2.8. Картоплекопач-валкоутворювач УКВ-2

Копач-валкоутворювач має основну раму, ходові пневматичні та опорні 1 колеса, лемеші 3 з активними боковинами 2, основний конвеєр 4 зі струшувачами 5, два балони-грудкоподрібнювачі 6, грохот з першим 7 та другим 9 решетами, ложеутворювач 8, поперечний конвеєр 10, бадиловідокремлювальні тростини 11, бадиловідокремлювальну гірку 12, гідросистему та механізм приводу робочих органів.

Лемеші 3 мають плоску п'ятикутну форму з активними коливальними боковинами, передня частина загострена, а в задній шарнірно встановлені клапани, які запобігають заклинюванню сторонніх предметів між лемешем і основним конвеєром 4. Між лемешами і боковинами залишають вільний простір. Активні боковини усувають звантаження рослинних домішок на лемешах.

Основний конвеєр 4 пруткового типу обладнаний активними струшувачами 5, які є еліптичними зірочками й інтенсифікують процес просіювання ґрунту в зазори між прутками конвеєра. Швидкість руху полотна конвеєра 1,54 м/с

Грудкоподрібнювач 6 виконаний у вигляді двох розміщених один над одним циліндричних пневматичних балонів, які мають різну кутову швидкість обертання як за напрямком, так і за значенням.

Під час руху копача-валкоутворювача лемеші 3 підкопують для рядки картоплі і подають їх на основний конвеєр 4, який за допомогою струшувачів 5 руйнує та розрихлює піднятий шар ґрунту. Частина ґрунту просіюється в зазор між прутками конвеєра, а бульби з домішками робочою гілкою надходять до балонів-грудкоподрібнювачів 6. Ворох проходить у зазор між балонами, тиск в яких становить 0,015...0,05 МПа (залежно від умов роботи). При цьому грудки подрібнюються, а бульби, прогинаючи поверхню балонів, разом з подрібненими грудками та бадиллям подаються до першого решета грохота 7. На першому решеті частково відокремлюються домішки ґрунту, а звідти надходять на друге решето грохота 9, яке має подовження із тростин 11, щілини між якими більші, ніж між попередніми тростинами. Бульби картоплі провалюються в щілини тростин, які мають зубчасту поверхню, а бадилля зависає на них. З другого решета грохота бульби потрапляють у валок слідом за копачем на вирівняну ложеутворювачем 8 поверхню, при цьому поперечний конвеєр 10 переміщують за допомогою гідросистеми в заднє положення. Бадилля з другого грохота надходить на бадиллєвідокремлювальні гірки 12, полотна яких рухаються назустріч одне одному, втягується ними і спрямовується на поперечний конвеєр 10 і далі на зібране поле. При наступних проходженнях копача-валкоутворювача поперечний конвеєр ставлять у переднє положення і бульби надходять на нього, а потім у валок, утворений при першому проходженні. Бадилля при цьому викидається слідом за копачем на зібране поле.

Глибину ходу лемешів 3 регулюють гвинтовим механізмом опорних коліс 1 (до 25 см), а амплітуду коливань (до 65 мм) верхньої гілки основного конвеєра - зміною положення отвору фіксації корпусу кривошипа механізму струшування (шість отворів). Зазор між балонами грудкоподрібнювача 6 (4...12 мм)

регулюють переміщенням верхнього балона, кут нахилу бадиллєвідокремлювальних гірок 12 -- важелем регулювального механізму.

Картоплезбиральний комбайн ККУ-2А (рис. 2.9) призначений для збирання картоплі з двох рядків на полях з легкими та середніми ґрунтами, напівначіпний, агрегується з колісними тракторами МТЗ-80/82, ЮМЗ-6Л за вологості ґрунтів 14..20 %, а при збиранні на перезволожених – гусеничними Т-74, ДТ-75, обладнаними ходозменшувачами та гідроначіпними системами. Робочі органи приводяться в рух від ВВП трактора.

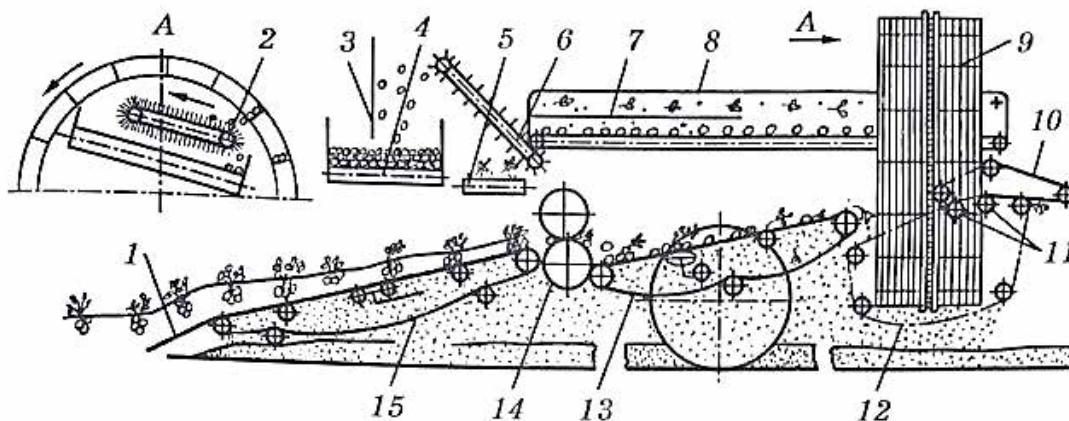


Рис. 2.9. Картоплезбиральний комбайн ККУ-2

Ширина захвату 1,4 м, робоча швидкість руху 1,8...4,0 км/год, продуктивність 0,32..0,43 га/год, маса 4527 кг.

Основні складові частини комбайна – активний леміш 1, основний 15 та другий 13 сепарувальні конвеєри з механізмом струшування, грудко-подрібнювач 14, бадиллєвідокремлювач, барабанний конвеєр 9, гірка 2, перебиральний стіл 8, конвеєри завантаження 6 бункера 4 та домішок 5, рама, опорні та ходові колеса, механізм передач, гідравлічний механізм піднімання бункера, механізм заглиблення лемеша, а також площадки для комбайнера і перебиральників картоплі.

Активний леміш призначений для підкопування рядків картоплі при збиранні прямим комбайнуванням, підбирання валків за роздільного способу та для підкопування рядків з одночасним підбиранням валків за комбінованого способу збирання. Він складається з плоского лемеша, змінних накладок, ексцентрикового вала, шатунів, змінних боковин, решітки, механізму приводу ексцентрикового вала. При збиранні картоплі прямим комбайнуванням і комбінованим способом на плоский леміш прикріплюють змінні накладки, а при роздільному – їх знімають і замість них монтують боковини.

Основний прутковий сепарувальний конвеєр призначений для попередньої сепарації викопаного вороху і складається з ведучого вала, нижніх, підтримувальних котків і котків примусового струшування, полотна елеватора, вала механізму струшування, кривошипно-шатунного механізму, диска приводу і корпусу кривошипа.

Механізм струшування призначений для приведення у коливальний рух верхньої стрічки основного конвеєра. Він складається з вала, на якому закріплені три пари котків під верхньою стрічкою основного конвеєра і приводиться в дію кривошипно-шатунним механізмом.

Грудкоподрібнювач призначений для руйнування грудок ґрунту та часткового відривання бульб від бадилля. Він складається з двох паралельно встановлених один над одним пневматичних балонів циліндричної форми, які мають покришку, в яку встановлено гумову камеру. Покришка з камерою прикріплена металевими кільцями до торцевих дисків, які жорстко закріплені на валу з корпусами шарикопідшипників.

Другий сепарувальний конвеєр призначений для подальшого відсіювання ґрунту і за будовою аналогічний першому.

Балиллевідокремлювач призначений для відривання бульб від бадилля та викидання його з рослинними домішками на зібране поле. Він складається з пруткового і притискного конвеєрів, двох відбійних прутків, кронштейнів, пружин, регульованих гвинтів і механізму приводу.

Барабанний конвеєр використовують для подавання бульб із залишками домішок на гірку, а також відсіювання дрібних домішок ґрунту. Його змонтовано впоперек відносно поздовжньої осі комбайна. Він складається з рами, звареної із труб, внутрішня поверхня якої розподілена лопатями на відсіки. Всередині барабана встановлено напрямний щиток. Поверхня барабана решітчаста, утворена сталевим тросом з пластмасовим покриттям.

Гірка призначена для розподілу маси на бульби і домішки. Вона складається із стрічкового конвеєра, який встановлено у верхній частині барабанного конвеєра. Стрічковий конвеєр утворено з нескінченної стрічки, на робочій поверхні якої утворені гумові пальні і яка охоплює велучий та ведений барабани.

Гірка також має раму з боковинами, храповик, підвіску, важіль з собачкою і механізм натягування робочого полотна гірки.

Перебиральний стіл призначений для ручного відокремлення бульб від домішок після часткового розподілу їх на гірці. Він має вигляд стрічкового конвеєра, встановленого у напрямку поздовжньої осі комбайна. Постійний кут нахилу стола  $12^\circ$ . Перебиральний стіл складається із транспортної стрічки, яка прикріплена до ланцюгів та охоплює зірочки ведучого й веденого барабанів, рами, боковин, розподільника і механізму приводу. Для працівників-перебиральників, що стоять по обидва боки стола, на комбайні встановлено спеціальні площадки з огорожами.

Розподільник призначений для розподілу маси на дві частини (на потік бульб, спрямований на конвеєр завантажувального бункера, і потік домішок, який потрапляє на конвеєр домішок). Він складається з трубчастого бруса, до якого в нижній частині прикріплено стрічку прогумованого полотна, що дотикається до конвеєра перебирального стола, і який одним кінцем шарнірно з'єднаний з передньою стязкою, а другим - із задньою.

Конвеєр домішок призначений для видалення залишків ґрунту, каміння і рослин, які надходять із перебирального стола. За своєю будовою він

аналогічний конструкції гірки, тільки на поверхні полотна немає гумових пальців.

Бункер призначений для нагромадження бульб і вивантаження їх під час руху комбайна в кузов транспортного засобу, який рухається поряд з комбайном. Він складається з основної і відкидної рам, боковин, ведучого і веденого барабанів, конвеєрної стрічки з прогумованого полотна, лотока, гідравлічного механізму піднімання, приводу з механізмом керування рухом стрічки.

Комбайн в агрегаті з трактором, рухаючись уздовж рядків, активним лемешем 1 підкопує два суміжні рядки. Підкопаний шар ґрунту з бульбами, залишками бадилля, яке раніше збирають машиною КИР-1,5Б, надходить на основний сепарувальний конвеєр 15, де під дією механізму струшування відсіюється основна маса ґрунту. Бульби з домішками більших і міцніших грудок, а також з іншими домішками конвеєром 15 подаються на грудкоподрібнювач 14, де під дією тиску балонів, що обертаються назустріч один одному, грудки подрібнюються на дрібні частини і вся маса надходить на другий сепарувальний конвеєр 13, на якому відсіюються подрібнені грудки. Потім маса надходить на рідкопрутковий конвеєр 12 бадиллєвідокремлювача. На прутках конвеєра 12 бадилля зависає і рухається до притискного конвеєра 10, де відірвані від бадилля бульби і дрібні домішки між прутками потрапляють у нижню частину барабанного конвеєра 9.

Притискний конвеєр 10 витискує невідокремлені від бадилля бульби вниз до двох відбійних прутків 11, які відривають їх. Затиснуте між конвеєрами 12 і 10 бадилля викидається на зібране поле, а відірвані бульби надходять на нижню частину барабанного конвеєра 9. Він подає їх разом з домішками на рухоме полотно гірки 2, на якому відокремлюються від бульб домішки ґрунту і рослин, а бульби скочуються по полотну гірки вниз і потрапляють на нижню частину перебирального стола 8, а домішки - на верхню. На столі 8 бульби з верхньої частини скочуються на нижню, а домішки за рахунок більшого тертя з поверхнею полотна стола 8 залишаються на ньому. З обох боків стола 8 стоять

працівники, які коригують розподіл по ньому бульб і домішок, при цьому розподільник 7 відокремлює потік бульб від домішок. Бульби по конвеєру завантаження 6 надходять у бункер 4, а домішки - на конвеєр 5 і далі на зібране поле. Для зменшення пошкодження бульб під час падіння з конвеєра 6 у бункер 4 на комбайні встановлено еластичний екран 3, який зменшує швидкість падіння. Із бункера 4 бульби вивантажуються у транспортні засоби під час руху або зупинення збирального агрегату.

Комбайном керують із площалки комбайнера, розміщеної в передній частині комбайна. Поряд з площадкою є кермо для регулювання глибини підкопування лемешем, важіль приводу конвеєра бункера, важіль перемикання реверсивного приводу конвеєра домішок, важіль для відкривання і закривання лотока бункера під час вивантажування картоплі.

Заглиблення активного лемеша при прямому комбайнуванні та комбінованому способі збирання встановлюють так, щоб різальна кромка лемеша була нижче на 1..3 см від глибини залягання бульб (приблизно 18...20 см). На підбиранні валків за роздільного способу збирання леміш заглиблюють на 3..5 см нижче від бульб, які знаходяться на поверхні ґрунту.

Глибину ходу лемеша, амплітуду коливання основного та другого конвеєрів, зазор між балонами грудкоподрібнювача, натяг полотна пруткового конвеєра, кут нахилу гірки регулюють аналогічно копачу УКВ-2.

Кут нахилу конвеєра завантажування регулюють спеціальною гвинтовою парою. Напрямок руху конвеєра домішок змінюють за допомогою реверсивного приводу. Положення бункера відносно висоти транспортних засобів регулюють гідросиліндром, який з'єднано з гідросистемою трактора.

Картоплезбиральний комбайн КПК-3 (рис. 2.10) призначений для збирання трьох рядків картоплі прямим комбайнуванням (однофазним способом) з міжряддям 70 см, посаджених гребневим способом на легких, середніх і важких перезволожених ґрунтах. Комбайн напівпричіпний,

агрегується з тракторами класу тяги 1,4; 2 і 3. Робочі органи приводяться в рух від ВВП трактора.

Ширина захвату 2,1 м, робоча швидкість 2,0...6,0 км/год, продуктивність 0,44...0,8 га/год, маса 6000 кг.

Комбайн складається з рами 1, трьох копіювальних котків 2, які стискають гребені рядків, викопувальних дискових копачів 3, підкопувальних лемешів 14, поздовжніх шнеків 15, першого 16 і другого 21 сепарувальних конвеєрів, сепараторів шнекового типу - середнього 5, заднього 9 і бокових 19 шнеків, грудкоподрібнювача 18, рідкопруткового конвеєра 13, задньої основної 11 і вузької 10 пальчастих гірок, ківшового конвеєра 8, конвеєра завантаження 7 бункера 20, регулювальних механізмів 6 і 17, бадиллєвтягувального валика, гідросистеми, приводу, площадки для комбайнера. Робочі органи комбайна змонтовані на рамі 1, яка спирається на ходові колеса 12.

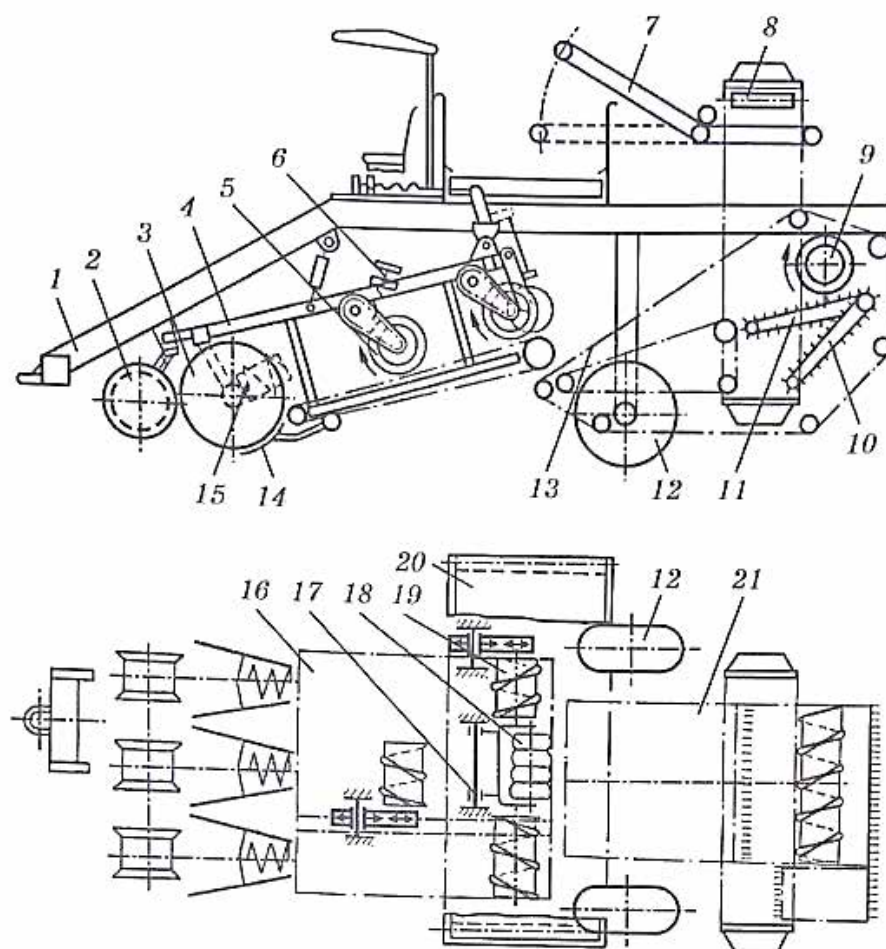


Рис. 2.10. Картоплезбиральний комбайн КПК-3

Комбайн КПК-3 уніфікований з комбайном КПК-2 і відрізняється го тим, що підкопувальні робочі органи встановлені для підкопування тр ків замість двох, а перший сепарувальний конвеєр має більшу ширину.

Опорні котки призначені для утримування на заданій глибині пілкопувальних лемешів і копіювання поверхні гребенів картоплі. Вони мають вигляд порожнистих циліндрів, які обертаються на рахунок зчеплення з ґрунтом.

Викопувальні дискові копачі мають два плоских диски, які встановлені на кінцях колінчастої осі з невеликим розвалом. Лемеші мають трапецієподібну форму і обладнані відкидними клапанами.

Основний сепарувальний конвеєр пруткового типу призначений для сепарації викопаного вороху. Він має два полотна, причому праве вдвічі ширше, ніж ліве. Над ним встановлено три шнеки - один нижній центральний і два бокових верхніх. Центральний шнек призначений для подрібнення грудок, а бокові для звуження потоку вороху і спрямування його до грудкоподрібнювача. Шнеки виконані у вигляді циліндра, на якому навиті гумові спіральні лопаті.

Грудкоподрібнювач за призначенням і будовою аналогічний грудкоподрібнювачу машини ККУ-2А.

Другий сепарувальний конвеєр призначений для сепарації ґрунту і транспортування бульб з домішками на основну пальчасту гірку. За будовою він аналогічний основному конвеєру, але має одне полотно.

Основна пальчаста гірка призначена для відокремлення дрібних домішок від бульб і їх подавання у ківшевий конвеєр. Гірка виконана у вигляді нескінченної стрічки з прогумованого матеріалу з пальчиками на поверхні.

Задній шнек, який встановлено над верхньою частиною основної пальчастої гірки, призначений для зміщення спіральними лопатями великих домішок на вузьку пальчасту гірку і аналогічний будові бокових шнеків.

Ківшевий конвеєр - стрічковий барабанного типу, обладнаний ковшами із прогумованої тканини і призначений для подавання бульб до конвеєра завантажувача бункера.

Бункер складається з рухомої і трьох нерухомих стінок, приймального лотка і вивантажувального ланцюгово-планчастого елеватора.

Гідросистема комбайна складається з гідророзполільника, маслопроводів, гідромотора конвеєра бункера, гідроциліндрів піднімання рухомої рами та зміни положення рухомої стінки вивантажувального елеватора.

Під час роботи копіювальні котки, що перекочуються по гребенях рядків картоплі, утримують встановлену глибину підкопування і подрібнюють грудки на поверхні гребенів. Підрізані з боків дисками і знизу лемешами рядки разом із бульбами подаються на перший сепарувальний конвеєр. При цьому поздовжні шнеки між дисками руйнують підкопаний шар. Одночасно шнеки відривають бульби від бадилля і проштовхують масу на конвеєр. З першого конвеєра маса надходить до середнього і бокових передніх шнеків, які переміщують її упоперек конвеєра, активно руйнують шар, а також відривають бульби від бадилля, що сприяє кращій сепарації домішок на конвеєрі. Бокові шнеки переміщують бульби на середню частину конвеєра, а частина шару ґрунту виноситься через зазор між шнеками і верхньою частиною конвеєра на зібране поле. Далі звужений боковими шнеками потік маси потрапляє на грудкоподрібнювач і на рідкопрутковий конвеєр, який виносить завислі на ньому рослинні домішки на зібране поле. При цьому бульби і дрібні рештки просіюються на другий конвеєр, де відбувається подальше відокремлення домішок від бульб. Цей конвеєр подає ворох на основну пальчасту гірку, де пальчаста поверхня в щілину між нею і заднім шнеком виносить домішки на зібране поле, а шнек переміщує бульби на пальчасту вузьку гірку. По ній бульби скочуються вниз, а домішки захоплюються пальцями гірки і виносяться на зібране поле. З гірки бульби потрапляють на ківшевий конвеєр, який подає їх на конвеєр завантаження бункера і далі в бункер. Рухоме дно бункера спрямовує бульби в кузов транспортного засобу, який рухається поряд з комбайном.

Копач-навантажувач (рис. 2.11) призначений для збирання прямим комбайнуванням картоплі, посадженої з міжряддям 70 см. Комбайн трирядний,

напівначіпний, агрегатується з тракторами класу тяги 1,4. Робочі органи комбайна приводяться в рух від ВВП трактора.

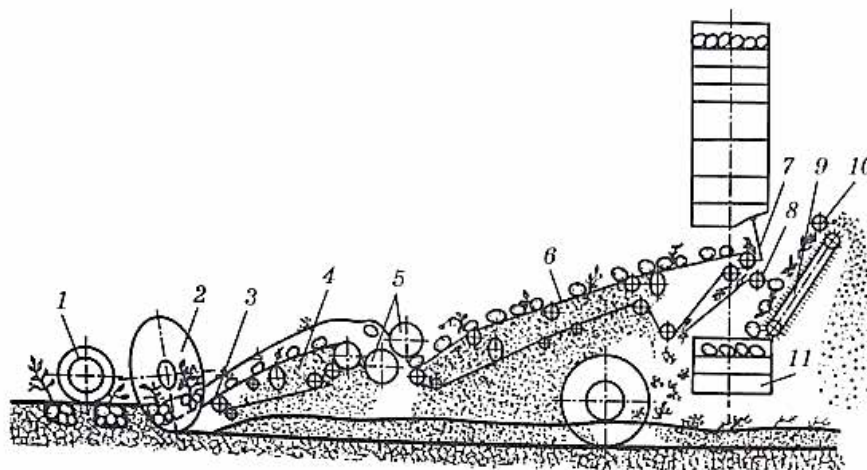


Рис. 2.11. Копач-навантажувач

Ширина захвату 2,1 м, робоча швидкість до 6,0 км/год, продуктивність до 1,0 га/год, маса 4200 кг.

Копач-навантажувач складається з рами, на якій змонтовано ходову частину з пневматичною гальмовою системою, опорно-копіювальні котки 1, дискові бокові 2 та плоскі основні 3 лемеші, перший 4 та другий 6 сепарувальні конвеєри, балони-грудкоподрібнювачі 5, напрямні пальці 7, бадиллєвідокремлювальний валик 8, виносну пальчасту гірку 9, бульбовідбійний валик 10 і вивантажувальний елеватор 11.

Плоскі лемеші 3 підрізають рядки і передають їх на перший конвеєр 4. Встановлені на лемешах 3 два лопатевих бітери (на рисунку не показані), які обертаються навколо горизонтальної осі, перпендикулярної до руху комбайна, сприяють кращому подаванню підкопаної маси на перший конвеєр 4. Щоб підкопані гряди картоплі не розсувались і не розвалювались, передбачені бокові дискові лемеші 2, встановлені похило для зсування крайніх грядок до середини і спрямування маси до першого сепарувального конвеєра 4. На цьому конвеєрі відсівається основна маса ґрунту, а при проходженні решти маси між балонами-

грудкоподрібнювачами 5 грудки руйнуються і маса надходить на другий сепарувальний конвеєр 6, на якому відбувається подальша сепарація домішок. При сходженні з другого конвеєра 6 бадилля пальцями 7 спрямовується в проміжок між другим конвеєром 6 і бадиллевідокремлювальним валиком 8, які обертаються назустріч один одному. При цьому від бадилля відриваються бульби і разом з домішками потрапляють на пальчасту гірку 9, а бадилля виноситься вниз під комбайн на зібране поле. На гірці 9 домішки ґрунту і рослин виносяться на зібране поле, а бульби по пальцях скочуються вниз на вивантажувальний елеватор 11 і подаються в кузов транспортного засобу, що рухається поряд з комбайном. Щоб бульби не виносилися разом з домішками за межі машини, над пальчастою гіркою 9 встановлено бульбовідбійний валик 10, який обертається назустріч руху полотна гірки 9 та спрямовує бульби вниз.

На основі аналізу системи машин для збирання картоплі встановлено, що в промислових картоплярських господарствах перевагу віддають комбайновому збиранню застосуванням картоплекопачів-навантажувачів або картоплезбиральних комбайнів, а при збиранні картоплі в господарствах з невеликими площами під картоплею перевагу віддають картоплекопачам.

Картоплезбиральні комбайни і картоплекопачі-навантажувачі - це багатоопераційні машини, які складаються з рами, підкопувального пристрою, сепарувально-транспортувальних механізмів, гідро- та електричних систем, ходової частини та механізмів приводу робочих органів.

На вітчизняному ринку представлені картоплекопачі-навантажувачі RDS 1700 (Dewulf), DL 1700, GT 1700, GT 3000 (Grimme), UN 2200, UN 2600 (Kverneland), ПКК-2 (ВО "Томсільмаш") та ін.

Підкопувальний орган складається з дво- або трилопатевого лемешів, гребеневого барабана, двох відрізних дисків і двох бадиллязатягувальних роликів.

На важких ґрунтах доцільно застосовувати дволопатевого лемеша, а на легких і середніх - трилопатевого. Регулюють глибину підкопування вручну зміною

довжини встановлювального гвинта або за допомогою системи гідравлічного керування з кабіни енергозасобу.

Виробники комплектують картоплекопачі-навантажувачі системами гідравлічного регулювання глибини підкопування з інтегральним встановленням тиску барабана на ґрунт. Завдяки використанню таких систем досягають стабільної глибини ходу підкопувального лемеша на нерівностях поля по довжині рядка та зменшують тиск барабана на гребінь. Системи дозволяють збільшити повноту збирання і мінімізувати пошкодження бульб гребневим барабаном на ґрунтах, засмічених камінням, та запобігти ущільненню й утворенню грудок на глинистих і мокрих ґрунтах.

Для підвищення ефективності роботи на полях з великою кількістю бадилля фірма Grimme комплектує підкопувальний орган картоплезбирального комбайна SE 75/85-55 другим дисковим ножом. На деяких моделях встановлюють каміннезахисні пристрої, які запобігають пошкодженню підкопувальних лемешів.

Картоплекопачі-навантажувачі оснащують різними типами сепарувальних органів: прутковими і похилими голчастими транспортерами, перебиральними столами, оливоковими зірчковими вальцями, широкопланчастими бадиллявіддільними транспортерами, комбінаціями очисних механізмів: прутковий транспортер-бадиллязатягувальний валець, широкопланчастий бадиллявіддільний транспортер - похилий голчастий транспортер, та ін.

Картоплекопачі-навантажувачі GT 1700 (рис. 2.12) та GT 3000 (Grimme) обладнані сепарувальним пристроєм MULTISEP, який складається з п'ятьох пар вальців: один спіральний та один гладкий валець з гумовим покриттям.

Пруткові транспортери оснащені механізмами струшування полотна транспортера або виконані каскадними. Транспортери мають вертикальні бокові супровідні пальці та паси з високими виступами, які запобігають пошкодженню бульб. Для покращення сепарації над просіювальними транспортерами монтують секцію розпушувальних пальців.



Рис. 2.12. Картоплекопач-навантажувач GT 1700

Голчастий транспортер видаля дрібне бадилля та дрібні грудки і каміння. Він приводиться в рух від гідросистеми і обладнаний механізмом гідравлічного регулювання кута нахилу.

Перебиральний стіл - це дві прогумовані стрічки, між якими розміщена воронка для видалення домішок. Перебиральний стіл оснащений кабіною з робочим місцем перебиральників.

Роликовий сепаратор складається з набору поздовжніх спіральних вальців. Роликовий сепаратор картоплекопачів-навантажувачів GT 1700 та GT 3000 (Grimme) т UN 2200, UN 2600 (Kverneland) складається з дев'яти пар вальців (один спіральний та один гладкий). Роликові сепаратори оснащені механізмами оперативного гідравлічного регулювання частоти обертання, кута нахилу та відстані між вальцями.

Зірочко-вальцевий сепаратор складається з трьох-чотирьох комплектів вальців. Кожен комплект включає два зірчкових і один гладкий валець.

Для відділення бадилля та рослинних залишків застосовують широкопланчастий бадиллявіддільний транспортер, комбінації очисних органів (прутковий транспортер-бадиллязатягувальний валець, широкопланчастий бадиллявіддільний транспортер - похилий голчастий транспортер).

Для збереження бульб і мінімізації пошкоджень під час навантаження елеватори картоплекопачів-навантажувачів комплектують гнучкою ланкою завантаження, що дозволяє зменшити висоту падіння бульб на дно кузова транспортних засобів.



Рис. 2.13. Картоплекопач-навантажувач RDL 1700 Lexia

Картоплекопач-навантажувач RDL 1700 Lexia (Dewulf) складається з двох ярусів сепарувально-транспортувальних робочих органів (рис. 2.13). На першому ярусі встановлено два пруткових просіювальних транспортери з бадиллязатягувальних роликів між ними та зірчковий сепаратор. На другому ярусі картоплекопача-навантажувача змонтовано зірчковий сепаратор, перебиральний стіл і вивантажувальний транспортер. Для подачі вороху картоплі на сепарувальні органи другого ярусу картоплекопач-навантажувач обладнано елеватором з підтримувальною прутковою стрічкою. Таке конструкційне виконання елеватора дозволяє подавати бульби картоплі на сепарувальні органи другого ярусу рівномірним потоком, а не порціями.

В залежності від кількості викопуваних рядків картоплекопачі-навантажувачі агрегатуються з тракторами потужністю від 70 кВт до 130 кВт.

Широко використовують в картоплярських господарствах однорядні картоплезбиральні комбайни з боковим розташуванням підкопувальних органів

SE 75/85-55, SE 75-30 (Grimme), Spirit 4100 (AVR), UN 5300 (Underhang), Z-608 (AKPIL), Z-643/1 (Agromet-pionier), Z 644 ANNA (Unia), Samro Master (Samro) та інші.

Конструкція комбайнів цього типу дозволяє механізатору спостерігати за роботою підкопувальних і сепарувальних органів та людей біля перебирального стола.

Однорядні картоплезбиральні комбайни провідних виробників Grimme, AVR, Underhang, Samro для очищення вороху бульб картоплі, як правило, комплектуються прутковим транспортером, багатофункціональним транспортером, першим і другим сепарувальними пристроями, роликовою сортувалкою та перебиральним столом.

Перший короткий просіювальний транспортер приймає на себе потік урожаю, відсіює піднятий ґрунт і передає урожай на багатофункціональний транспортер. Останній складається з другого просіювального бадиллявіддільного транспортерів. Другий просіювальний транспортер відділяє ґрунт та каміння від вороху бульб. Широкопланчастий бадиллявіддільний транспортер рухається паралельно, впритул над другим просіювальним транспортером, очищує бульби від бадилля та виносить його на поле.

Планки бадиллявіддільного транспортера ділять бульби, які знаходяться на другому просіювальному транспортері, на порції, забезпечуючи рівномірний потік вороху. Над бадиллявіддільним транспортером встановлені пружинні гребінки, які очищують його від бадилля і налиплого ґрунту.

Полальше відділення грудок, каміння і залишків бадилля відбувається на двох сепарувальних пристроях. Ворох з другого просіювального транспортера подається на перший сепарувальний пристрій, який складається з голчастого транспортера з двома вальцями.

Подвійні очищувальні вальці виносять частину домішок на поле, а бульби направляють на голчастий транспортер другого сепарувального пристрою.

Для забезпечення оптимального очищення вороху в різних ґрунтових умовах подвійні вальці оснащені механізмом регулювання по висоті. Для швидкої адаптації до змінних ґрунтових умов перший сепарувальний пристрій обладнаний механізмом гідравлічного регулювання швидкості руху голчастого транспортера та частоти обертання вальців.

В залежності від типу ґрунту і засміченості його камінням вибирають робочі органи другого сепарувального пристрою. На легких ґрунтах без каміння і грудок над голчастим транспортером діагонально до напрямку його руху встановлюють очищувальний валець, на всіх типах ґрунтів з незначною кількістю каміння - пальчиковий транспортер з очищувальним вальцем, на ґрунтах з великою кількістю каміння - щітковий транспортер.

З другого сепарувального пристрою ворох транспортується на сортувальний транспортер, який розміщений горизонтально має перебиральний стіл. З сортувального транспортера ворох попадає на сортувальний пристрій, що складається з чотирьох сортувальних валів, на якому відділяються дрібні бульби.

Після сепарації бульби приставний транспортер подає в бункер з донним транспортером. Висота падіння бульб утримується на мінімальній відстані і встановлюється автоматично. Донний транспортер має м'яке, рельєфне дно, яке переміщується автоматично, таким чином забезпечуючи оптимальне заповнення бункера. Місткість бункерів однорядних картоплезбиральних комбайнів - від 1250 кг до 1500 кг (машин виробництва Польщі) та від 2000 кг до 5800 кг.

Місткість бункера комбайна SE 75/85-55 (Grimme) становить 5800 кг і є більшою від його конструкційної ваги на 700 кг. Однорядні картоплезбиральні комбайни агрегуються з тракторами тягових класів 1,4 і 2.

Дворядний картоплезбиральний комбайн SE 150-60UB (Grimme) (рис. 2.14) збирає картоплю без попереднього зрізування бадилля і відрізняється від однорядкового комбайна SE 75-30 лише шириною сепарувальних органів, кількістю виконавчих органів і місткістю бункера, яка становить 6000 кг.

Аналогічні за конструкцією дворядкові картоплезбиральні комбайни Spirit 8200 (AVR), RDT 1700 (Dewulf)



Рис. 2.14. Дворядний картоплезбиральні комбайни SE 150-60UB (Grimme)

Дворядний картоплезбиральний комбайн BR 1500, DR 1500 (Grimme), UN 5300 (Underhaug) складається з підкопувальних органів, трьох просіювальних пруткових транспортерів, похилого голчастого транспортера, двох бадиллязатягувальних вальців (по одному після першого і другого просіювальних транспортерів), кільцевого елеватора, подавального транспортера з сортувальним столом і бункера. Перший і другий просіювальні пруткові транспортери оснащені вібраторами полотна транспортера. Під час руху з першого на другий просіювальний транспортер і з другого на третій просіювальний транспортер ворох проходить через валки, які відокремлюють бадилля від потоку врожаю.

Для зменшення втрат бульб під час транспортування кільцевий елеватор укомплектовано підтримувальною стрічкою, яка працює синхронно з

елеватором і передає потік урожаю не порціями, а рівномірним потоком. З підтримувальної стрічки кільцевого елеватора бульби потрапляють на два вали, які рівномірно розподіляють бульби на подавальному транспортері.

Дворядкові картоплезбиральні комбайни RDT 1700 (рис. 2.14) моделей Superia, Quadria, Axia (Dewulf) укомплектовані транспортувальними і сепарувальними органами першого і другого ярусів. Сепарувальні органи першого ярусу складаються з трьох пруткових просіювальних транспортерів, двох бадиллязатягувальних роликів, похилого голчастого транспортера і кільцевого елеватора. На другому ярусі змонтовано похилий голчастий і короткий прутковий транспортер, сортувальний пристрій роликового типу, перебиральний стіл та бункер.

Картоплезбиральний комбайн RDT 1700 Quadria, крім цього, додатково оснащений бадиллявідділльним транспортером, а RDT 1700 Axia - роликовим сепаратором. Місткість бункерів дворядкових комбайнів - від 4500 кг до 6000 кг.

Картоплекопачі-навантажувачі і причіпні картоплезбиральні комбайни виробництва фірм Grimme, Netagco, AVR, Underhang, Samro укомплектовані автоматичною системою пошуку середини гребеня, яка за допомогою двох датчиків, розташованих на гребеневому барабані, керує сницею і направляє підкопувальний леміш по середині гребеня. Вони оснащені гідростатичним приводом опорних коліс, що дуже важливо під час роботи у важких умовах на перезволожених ґрунтах. Машини цього типу оснащені гідравлічною системою керування колесами та вирівнювання і утримання комбайна в горизонтальному положенні на схилах.

Провідні європейські виробники пропонують дво- і чотирирядкові самохідні картоплезбиральні комбайни (SF 170, VARITRON 270 (Grimme), Quadra (AVR), UN 6200 (Kverneland), R 3000 Mega, R 5000 Mega, R 3060 (Dewulf), Mistral (AVR)) та картоплекопачі-навантажувачі VARITRON 200, SF 1700 DLS (Grimme), QUADRA (AVR), R4000 MEGA (Dewulf), UN 6000 (Underhaug) та

інші. Чотирирядковий самохідний картоплекопачнавантажувач UN 6400 виготовляє фірма Underhaug.

Самохідні чотирирядкові картоплезбиральні комбайни TECTRON 415, Terra Malun, Puma пропонують фірми Grimme, Holmer і AVR.

Самохідні картоплезбиральні машини обладнанні бадилляподрібнювачами. Вони оснащені викопувальними та сепарувальними і транспортувальними робочими органами, уніфікованими з причіпними картоплекопачами-навантажувачами.

Для зменшення пошкодження бульб ходовою системою самохідні картоплекопачі-навантажувачі і комбайни (SF 1700 DLS, QUADRA, UN 6000) комплектуються вузькими передніми колесами великого діаметра або обладнані триколісною ходовою системою з двома задніми і одним переднім колесами (VARITRON 200 і R4000 MEGA). В комбайні Terra Malun конструкція ходової частини дозволяє кожному колесу рухатись по окремому сліду. Комбайн Puma оснащений опорним третім колесом заднього моста, яке сприймає частину ваги під час заповнення бункера. Для роботи на перезволожених ґрунтах в конструкції комбайнів TECTRON 415 (Grimme) передбачена можливість встановлення гусеничного ходу.

Самохідні продуктивні комбайни з великою ємкістю бункера (від 6000 кг до 12000 кг) оснащені електронною системою контролю за технологічним процесом, автоматичною системою водіння по рядках, стабілізатором для роботи на схилах та бадилляподрібнювачем.

Для попередження знесення машини (під час роботи на схилах) в конструкції більшості комбайнів передбачений "крабовий хід." Великого діаметра широкі опорні колеса комбайнів зменшують вплив рушіїв на ґрунт.

Приведення ходових частин і більшості робочих органів в конструкціях машин для збирання картоплі здійснюється за допомогою гідромоторів.

Самохідні картоплекопачі-навантажувачі оснащені дизельними двигунами потужністю від 180 кВт до 230 кВт, а комбайни - двигунами потужністю від 180 кВт до 350 кВт.

Підкопувальні органи зарубіжних комбайнів оснащені автоматичними системами, які забезпечують точне водіння по рядках і оптимальний тиск гребеневого барабана на ґрунт, що підвищує повноту збирання і незначні пошкодження бульб картоплі. Картопле збиральні комбайни європейських виробників комплектують змінними сепарувальними робочими органами для роботи на різних типах ґрунтів. На всіх етапах проходження картоплі конструкція комбайнів забезпечує її збереженість, що досягається використанням транспортерів з рухомими боковинами, пристроїв для оптимізації висоти падіння, використанням еластичних матеріалів, боковим розміщенням робочих органів.

В ходових системах самохідних машин використанні конструкційні рішення, які мінімізують пошкодження бульб і негативний вплив на ґрунт.

Для роботи на схилах вони обладнані пристроєм вирівнювання і механізмом "крабового" ходу.

### **2.3. Аналіз конструкцій підкопувальних робочих органів машин для збирання картоплі**

Основними конструктивно-технологічними критеріями, які впливають на якість роботи картоплезбиральних машин, є показники підкопування бульбоносного шару ґрунту. Продуктивність та енергомісткість збиральних машин залежить від фізичного стану ґрунту і параметрів насаджень рослин, що призводить до неможливості їх застосування для збирання різних видів культур коренеплодів. Механіко-технологічний принцип роботи підкопувальних та викопувальних робочих органів полягає в руйнуванні зв'язків коренебульбоплодів із ґрунтом і створенні зусилля для наступного переміщення їх по поверхні робочого органу та передачі підкопаної маси на наступні

(очищувальні) робочі органи, які призначені для очищення бульбоплодів від домішок.

Підкопувальні робочі органи підрізають шар ґрунту разом із бульбами або коренеплодами лезом клина або своєю робочою поверхнею на глибині підкопування та переміщують викопаний ворох по руслі копача в зону очищувальних робочих органів для подальшого відокремлення ґрунтових і рослинних домішок, при цьому підкопувальні робочі органи повинні забезпечувати достатнє порушення зв'язків коренбульбоплодів із ґрунтом, необхідну повноту їх викопування при задовільних показниках втрат, пошкоджень і мінімізації подачі вільного ґрунту на наступні робочі органи.

Вихідні критерії визначають технологічну схему картоплезбиральних машин, які регламентуються також конструктивно-компонувальними схемами підкопувальних та очищувальних робочих органів, вибором їх параметрів керування і режимів роботи, агрофізичними параметрами насаджень коренеплодів і ґрунтово-кліматичними умовами збирання. Розглянемо схеми викопувальних робочих органів бурякозбиральних машин та підкопувальних робочих органів картоплезбиральних машин [1,4,5,12,16,17,18].

Підкопуючі робочі органи призначені для підкопування картопляного пласта на глибину залягання картоплі, підйому і передачі його на сепаруючий робочий орган. Підкопуючі робочі органи повинні забирати разом з бульбами певну кількість ґрунту і забезпечувати можливість краще подрібнювати ґрунт для полегшення сепарації. При збиранні підгорнутих рядків підкопуючі робочі органи заглиблюються на 17-22 см, а при збиранні не підгорнутих рядків - на 17 см. Ширина підкопуючого шару визначається шириною розміщення бульб у гнізді і відхиленням центра гнізда від середньої лінії рядка, хоча ширина розміщення гнізда бульб і не перевищує 300 мм, ширину підкопуючого робочого органу не можна приймати менше 410 мм із-за відхилення центра гнізда кущів від середньої лінії рядка і неточності ведення збирального агрегату по рядкам.

Не дивлячись на деякі досягнення при механізації окремих технологічних процесів, по ряду машин все ще є неефективні робочі органи, які потребують удосконалення на основі механіко-технологічних основ процесу збирання.

Практикою експлуатації картоплезбиральних машин, обладнаних пасивними лемешами різних типів, встановлено, що якість роботи сепараторів значно залежить від процесу підкопування і передачі вороху на наступні органи.

Проведені дослідження картоплезбиральної техніки з пасивними лемешами дозволили виявити, що внаслідок непостійності глибини підкопування сепаратор нерівномірно завантажується масою, а в деяких випадках вона згружується перед приймальною частиною машини. Все це порушує неперервність технологічного процесу і приводить до виходу з ладу робочих органів, зниження їх надійності, втрати бульб, зниження продуктивності.



Рис. 2.15. Картоплекопач із грудкоруйнувальними катками



### 2.16. Підкопувальні лемеші картоплекопача

Для усунення цього недоліку розроблено і впроваджено в серійне виробництво грудкоруйнуючі катки, які встановлюють перед підкопуючими робочими органами. Вони призначені для копіювання мікрорельєфу картопляного поля, при цьому утримуючи леміш на заданій глибині, кришення грудок на більш менші до підкопування пласта і руйнування зв'язку стolonів бадилля із бульбами.

Якщо відстань між катком і лемешем невелика, катки можуть вглиблюватися в ґрунт разом з лемешем. Щоб виключити це, проведені експерименти, в яких відстань варіювалася в межах 0-200 мм з кроком 50 мм.

Було виявлено, що при 0 і 50 мм катки з лемешем заглиблюються в ґрунт, а при 100 мм і більше - не заглиблюються.

Залежно від характеру дії на картопляний шар ґрунту, підкопуючі робочі органи поділяються на пасивні, активні і комбіновані; залежно від форми - на плоскі, секційні і циліндричні.



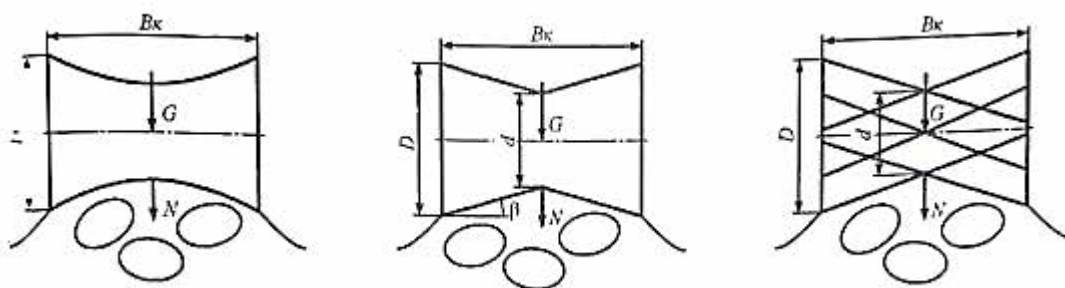


Рис. 2.18. Конструкції основних типів серійних катків

Простішою різновидністю пасивного підкопуючого робочого органу є плоский прямий леміш. Такі лемеші можна застосувати на зв'язаних ґрунтах при відсутності бур'янів. На спушених і забур'яненних ґрунтах рослинність не перерізається лезом, обмотує його, в результаті чого простежується зсування бульбоносного шару. Цей недолік усувається при використанні плоского лемеша трикутної форми і плоского пруткового. Кут сходу лемеша виконують таким, щоб рослинність переміщалась по лезу. У дворядних машинах плоский леміш взагалі складається із двох секцій - правої і лівої. Кожну секцію кріплять консольно на кронштейні. Щоб зменшити кут і глибину підкопування пласта для вільного проходу ланок елеватора, у дворядній машині інколи ставлять третю, середню секцію. Недоліком плоского лемеша є розвалювання ґрунту з частиною бульб по сторонах, особливо на спущених не зв'язаних ґрунтах. Цей недолік усувається при використанні багатосекційних і коритоподібних лемешів.

Особливістю конструктивного оформлення секційного лемеша є кріплення кронштейнів окремих його секцій на зв'язках бокової рами, які заходяться під нижньою частиною елеватора. Для усунення випадання бульб на сторони, боку секційних лемешів можна кріпити дискові ножі.

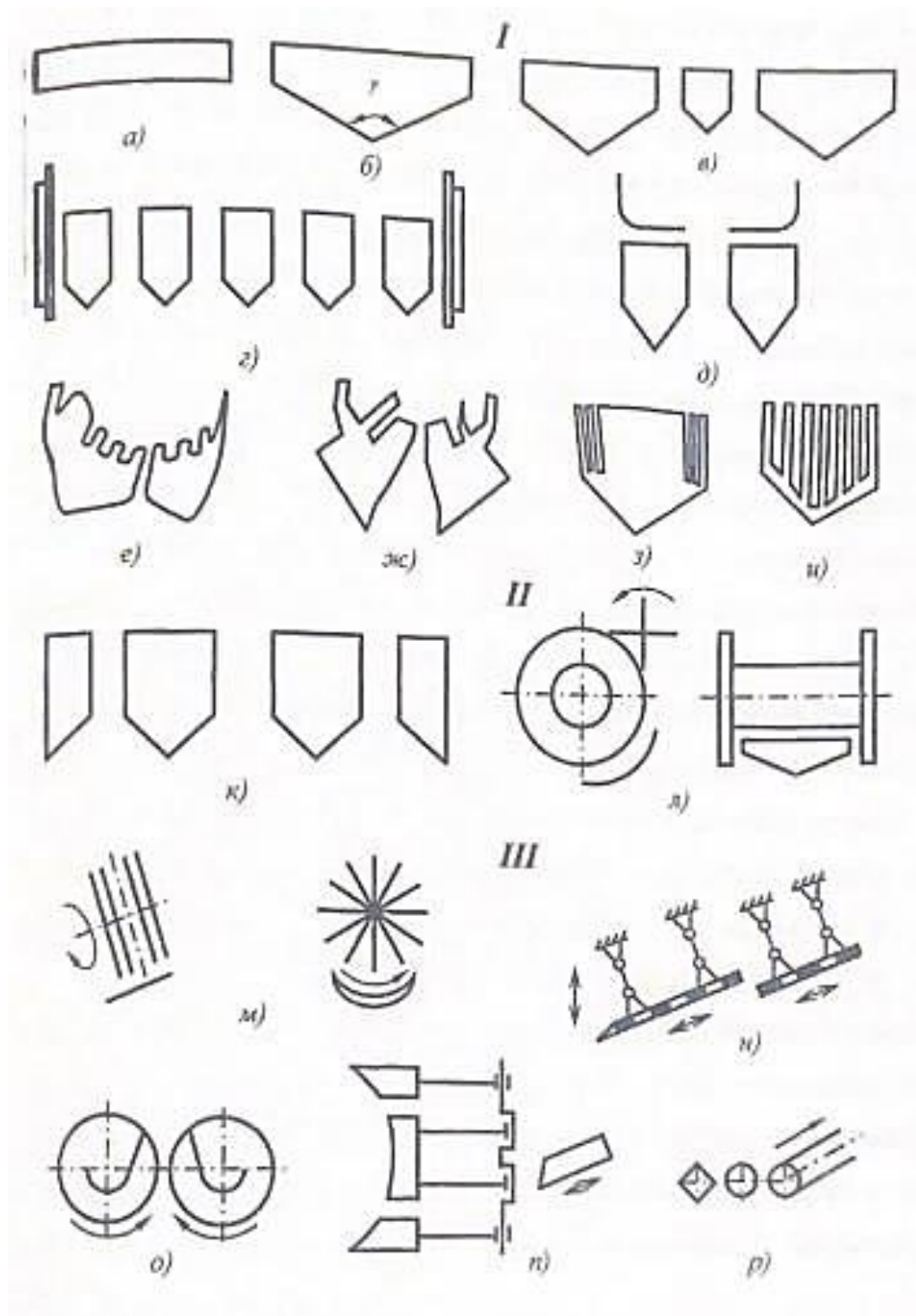


Рис. 2.19. Конструкції основних типів підкопуючих робочих органів: I - пасивні; II - комбіновані; III - активні (за Петровим Г.Д.)

Циліндричний леміш двосекційний склалається із двох секцій - правої і лівої. Між секціями є зазор 30-50 мм для виходу рослинності. При підрізанні шар

спочатку зсувається до середини лемеша, що унеможливило випадання бульб на сторони. Втратам бульб на лемешах внаслідок випадання запобігають бокові стінки. Циліндричний - леміш односекційний. Недоліком коритоподібних лемешів є налипання землі у закругленнях при роботі на вологих липких ґрунтах.

Слід відмітити, що передача підкопаного шару пасивним лемешом на сепаруючий орган здійснюється тим краще, чим менше шар деформується при підкопуванні. При роботі пасивного лемеша на спущених сипучих ґрунтах простежується тенденція згружування і розвалювання маси по сторонах.

Недоліки, притаманні пасивним плоским і циліндричним лемешам, усунені в комбінованих і активних підкопуючих робочих органах. Серед комбінованих робочих органів, що є комбінацією пасивних лемешів з попоміжними пристроями, які активізують руйнування пласта і його передачу на сепаруючі робочі органи, широке застосування знайшов комбінований робочий орган, який включає у себе пасивні плоскі секційні лемеші і активні коливальні боковини. Боковинки прикріплені на підвісках до рами елеватора і приводяться в зворотно-поступальний рух від ексцентрикового вала.

Прикладом комбінованого підкопуючого органу дисковий грядкопідіймач, який складається з лемеша і барабана із закріпленими на ньому дисками. Барабан котиться по гребеню рядка, пласт, підрізаний лемешами і дисками, зацімлюється між дисками, переміщується по лемешу вгору і скидається обертаючим бітером на елеватор. Перевагою цього підкопуючого робочого органу є підйом шару на велику висоту, підкопування самого рядка, відсутнє розвалювання шару по сторонах.

Різновидністю цього типу підкопуючих робочих органів є спарені диски, розташовані під кутом до напрямку руху агрегату. Диски бувають активні (з приводом) і пасивні, які обертаються у результаті зчеплення з ґрунтом.

У картоплекопачах, а також в комбайнах знаходять застосування комбіновані підкопуючі робочі органи, які складаються із лемеша і кидального ротора, розкидаючого шар на поверхню поля або на сепаруючий робочий орган.

В якості коливаючого лемеша часто використовують передню кромку коливаючого грохота. Відмінною ознакою коливаючого лемеша є самоочищення леза і активне переміщення пласта по лемешу при будь-якому стані ґрунту. Такий леміш дозволяє підкопувати і транспортувати тонкий бульбоносний шар і підбирати валки. Лезо цього лемеша може бути виконано без кута сходу і не мати зазору для виходу рослинності. Для зменшення забору ґрунту при підрізанні рядків цей леміш може бути виконаний гнучий по профілю залягання бульб у гніздах. Деяким недоліком коливального лемеша є складний характер траєкторії руху леза, що спонукає потребу заглиблювати його дещо глибше, ніж пасивний. Є конструкції активних лемешей дискового типу. Перевагою цього робочого органу є примусове транспортування бульбоносного шару і можливість звуження потоку підкопаного матеріалу.

Розроблені конструкції активних лемешів і для елеваторних машин.

Прикладом такого робочого органу може слугувати коливальний леміш, який працює у протифазі з коливальними боковинами, що дозволяє урівноважити сили інерції.

У картоплезбиральних машинах і підбирачах виробництва США застосовують активний валиковий підкопуючий робочий орган. Він взагалі складається із двох валиків (квадратного і круглого), що обертається у напрямку переміщення пласта. Такий робочий орган дозволяє підкопувати шар малої товщини і підбирати бульби із валків.

Доведено, що руйнування грудок необхідно проводити на початку технологічного процесу, в зоні підкотування бульбоносного шару, що значно знижує навантаження на сепаруючі органи машини та підвищує ступінь сепарації, а бульби у цьому випадку частково захищені від механічних пошкоджень.

Враховуючи особливості технологічного процесу збирання картоплі, перспективні конструкції підкопуючих робочих органів повинні відповідати таким вимогам:

- під час підкопування картопляного шару леміш повинен захопити на глибину залягання картоплі;
- піднімати і передавати картопляний пласт на сепаруючий робочий орган;
- забирати разом з бульбами мінімальну кількість ґрунту і забезпечувати можливість кращого дроблення пласта для полегшення сепарації.

#### **2.4. Сучасні марки машин для збирання картоплі**

Техніка для збирання картоплі дуже різноманітна. Завдяки модульній будові сучасних машин можна замінювати транспортні та сепаруючі пристрої і їх краще пристосовувати для збирання картоплі в різних умовах. І треба ретельно підходити до вибору оптимального варіанту, враховуючи при цьому якомога більше специфічних чинників: тип технології (міжряддя 75 або 90 см, пряме комбайнування чи одночасний підбір з валка), щільність ґрунту, характеристики наявного трактора, переважні умови збирання, властивості продукту (картопля на переробку, насіннева картопля, картопля для виробництва крохмалю), особливості логістики між полем та сховищем.

Комбайни серії BOLKO виробництва польського концерну UNIA GROUP, які призначені для збирання картоплі на полях невеликих розмірів, легкої та середньої щільності. Тут слід дивитись, аби рівень скам'яніння ґрунтів не перевищував 5 т/га, а ухил території - не більше 8%.

Регульований струшувач і розташовані під відсіювачем гумові елементи ефективно очищують бульби картоплі. На кінці столу ряди дисків чистять картоплю і відсівають маленькі грудки землі і невеликі камені. Відсіянні камені і грудки потрапляють у вузький канал, з якого - у резервуар вантажопідйомністю 100 кг. Зібрана картопля накопичується у бункері, котрий обладнаний підлоговим гідравлічним конвеєром і має регулювання висоти розвантаження.



Рис. 2.20. Картоплезбиральний комбайн BOLKO

Існує три модифікації комбайнів BOLKO: BOLKO з бункером на 1250 кг з рухомою підлогою; BOLKO S - з майданчиком для вивантаження у мішки або ящики вантажопідйомністю 1250 кг; BOLKO T - із транспортером для вивантаження у вантажівку.

У цього виробника є дуже цікаві моделі однорядних картоплезбиральних комбайнів серії PYRA, які спокійно можна агрегатувати з тракторами. Картоплезбиральні комбайни PYRA - однорядні машини, що підходять для збирання картоплі на ґрунтах легкої та середньої щільності, на плантаціях з шириною міжрядь від 75 до 90 см. Комбайн має дві модифікації: PYRA 1500 із бункером на 1500 л, та PYRA 3000 - з бункером на 3000 л. Завдяки використанню

багатьох сучасних рішень комбайни PУРА збирають картоплю із мінімальним показником механічних пошкоджень з одночасним очищенням бульб від будь-яких забруднень. Бункер для картоплі оснащено транспортером з гідравлічним приводом. Це дозволяє плавно розвантажувати картоплю у причіп. У стандартній комплектації на комбайн PУРА 3000 на виході з бункера встановлений еластичний рукав, що обмежує висоту паління бульб при вивантаженні в причіп.

За наявності більших площ картоплі вкрай важливо зібрати її у мінімально стислі строки. Як варіант - тут можна застосувати дворядний комбайн PУРА 2, мінімальна кількість перевантажувальних вузлів у якому забезпечує максимальну якість збирання. Тут існує можливість вивантаження у вантажівку, яка рухається поруч, що скорочує загальний час вимущених простоїв на розвантаження.

Комбайн підходить для легких і середніх ґрунтів вологістю не більших ніж 10-20%, вмістом каменів до 8 т/га і нахилом місцевості до 5 градусів. Залежно від ґрунтових умов та ширини міжрядь продуктивність комбайна може доходити до 0,45 га/год. Комбайн сконструйований для роботи на міжряддях шириною від 75 та 90 см.

Завдяки застосуванню поворотних ходових коліс значно зменшується радіус повороту комбайна. Це дозволяє краще маневрувати ним на полі. Величина повороту відображається на спеціальному індикаторі, який добре видно з кабіни трактора.

Непогано на українських полях зарекомендували себе й комбайни німецького виробництва Grimme. Для відносно невеликих площ, до 80 га, підійдуть однорядні картопле-збиральні комбайни Grimme SE 75-20/30/40, які вирізняються простою і надійною конструкцією. Вони оснащені бункерами місткістю від 2000 до 4300 кг залежно від моделі, можуть бути специфіковані під різні типи ґрунтів та відповідають усім вимогам сучасних технологій.

Перший короткий просіваючий транспортер приймає потік урожаю, відсіває ґрунт і переносить потік врожаю на другий багатofункціональний просіваючий транспортер. Цей транспортер відсіває землю, грудки і камені, відокремлює бадилля і переносить потік урожаю на перший сепаратор. Там голчастий транспортер і два вальця здійснюють попередню підготовку для роботи другого сепаратора. Залежно від особливостей ґрунту другий сепаратор оснащений накладним транспортером зі щітками або резиновими пальцями для кам'янистих або щільних ґрунтів із великою кількістю грудки відповідно. Слід також зазначити можливість машини збирати картоплю без попереднього подрібнювання бадилля. Ця система збирання та обробки бульб забезпечила популярність цієї машини по всьому світу.



Рис. 2.21: Картоплезбиральний комбайн GRIMME серії SE

Лінійка дворядних картоплезбиральних машин Grimme є досить широкою, від простих картоплекопалок моделі WR200 до комбайни елеваторного типу GT170 та невибагливу модель BR150 - послідовника найбільш поширеного на . Сході комбайна DR1500.

Найпродуктивнішим серед дворядних картоплезбиральних машин Grimme є елеваторний комбайн моделі GT170. Завдяки прямоточній, рамковій конструкції та при оптимальній логістиці продуктивність машини може сягати 800 га в сезон. Цей комбайн оснащується високоефективними сепаруючими пристроями, аналогічними тим, що Grimme застосовує на самохідних комбайнах. Йдеться про запатентовані інноваційні системи сепарації Multisep та Rollenseparator. Система Multise гарантує ефективне відокремлення домішок без втрат урожаю навіть на щільних ґрунтах, схильних до утворення грудки, та має широкі можливості для налаштування під різні умови збирання. Rollenseparator створений для роботи у надзвичайно важких умовах із підвищеною вологістю і великою кількістю грудки. Постійно працюючий вивантажувальний елеватор виключає необхідність простою при вивантаженні, як це відбувається при використанні бункерних комбайнів, та робить GT170 надзвичайно високопродуктивним.



Рис. 2.22. Картоплезбиральний комбайн GRIMME GT170

Фірма Grimme випускає також деякі самохідні комбайни для збирання картоплі, це такі як Testron, Varitron і також SF серії.

Фірма HOLMER також випускає сучасні потужні картоплезбиральні комбайни, наприклад такі як TERRA MELIX.



Рис. 2.23. Самохідний картоплезбиральний комбайн Grimme Testron



Рис. 2.24. Самохідний картоплезбиральний комбайн HOLMER TERRA

### **2.5. Напрямки вдосконалення картоплезбиральних машин**

Питанням механізації процесів збирання картоплі та в загальному процесів збирання коренебульбоплодів присвячено ряд відомих наукових праць, зокрема у працях висвітлюються питання функціонування картоплезбиральних техніки і окремих робочих органів машин, обґрунтовуються параметри конструкції та роботи картоплебиральної

Технології та машини для збирання картоплі впроваджуються у сільське господарство рядом світових фірм-виробників техніки для збирання «оренебульбоплодів, серед яких " відомі «Grimme», «WM-Kartoffeltechnik» (імеччина), «DeWulf» (Бельгія), «MAC» (талія). «Juko» (Фінляндія), «SANEI» (Японія) та ін. «Agrifac», «Ploeger» (Нідерландн), «Lockwood» (СІА). «Unia» (Польша),

Аналіз літературних джерел та електронних ресурсів показав, що основна частка досліджень та впроваджень картоплезбиральної техніки припадає на удосконалення існуючих конструкцій, а також - на розробку нових конструкцій

з удосконаленням робочих процесів. Причому, від початку розвитку механізації процесу збирання і до теперішнього часу актуальність використання у світовій Практиці однорядної картоплезбиральної техніки не зменшується. Ця закономірність зумовлюється поширенням у світі і традиційністю культури вирощування картоплі у більшості господарств сільського населення, значною продовольчою та промисловою цінністю картоплі, а також - невичерпаними резервами з удосконалення конструкції робочих органів і робочих процесів збиральної техніки, в тому числі - внаслідок розвитку новітніх прогресивних технологій машинобудування та електроніки.

Продуктивність збирання та якість зібраного врожаю значною мірою залежать від застосовуваної техніки. Для ефективної роботи техніки її конструктивні рішення повинні бути адаптовані до особливостей конкретної технології вирощування, а також - ґрунтово-кліматичних умов в період збирання, які можуть відрізнятися навіть в межах однієї країни. Тому, аналіз рішення конструкції машини, робочих органів на предмет надійного та якісного виконання робочих операцій дозволяє оцінити придатність та ефективність роботи техніки на відповідність до існуючих чи запроектованих виробничих умов збирання. А це, в свою чергу, є кроком до створення перспективних Конструкцій картоплезбиральної техніки.

Таким чином, залежно від ґрунтово-кліматичних умов, розмірів і рельєфу поля, врожайності картоплі «бирають картоплеконачами або комбайнами.

Західноєвропейські технології виробництва картоплі підкріплені «роким рядом картоплезбиральної техніки, яка виготовляється у цих країнах.

«ві технології разом з імпортною технікою з Європи поступово впроваджуються в Україні. Слід відмітити певні особливості даних технологій: на відміну від вітчизняної ширини міжрядь до 70 см переважають міжрядля 75, 90 см (гребеневі посадки) і 110 + 30, 140 см (грядові посадки); ґрунтово-кліматичні умови в період збирання переважно легші від вітчизняних (забур'яненість поля, підвищена вологість ґрунту, важкі суглинисті ґрунти та ін.); врожайність досягає

40-45 т/га, тоді як середньостатистична вітчизняна врожайність близько 13 т/га, в період збирання є певні відмінності розмірно-масових показників бульб (а отже, частки бульб у складі вороху) та їх фізико-механічних показників. господарства заможніші і мають переважно більші, ніж в Україні площі під картоплю.

Відрізняються від українських технологій і американські (США, Перу та ін.) та азійські (Китай, Індія, Японія та ін.), перш за все - ґрунтово-кліматичними умовами в період збирання. Зазначені вище особливості технологій слід враховувати при розробці і удосконаленні конструкцій вітчизняної техніки та виборі імпоротної.

Враховуючи поступове зростання в останні роки площ фермерських господарств та агрофірм, помітною є тенденція до застосування різноманітних за складністю конструкції та функціональністю картоплезбиральних комбайнів.

Причому, з огляду на особливості сучасного економічного стану нашої держави, невеликі господарства надають перевагу дешевим уживаним комбайнам, переважно однорядним.

До найбільш ефективних та універсальних в роботі належать однорядні картоплезбиральні комбайни з комбінованими підкопувальними робочими органами - групи з пасивного лемеша (лемеців) з відкидними клапанами, опорного котка та відрізних дисків. Кілька пруткових елеваторів забезпечують добру сепарацію. Прогумовані елементи - прутки елеваторів, пальчикові гірки, різноманітні щітки, шторки та пальші суттєво зменшують травмування бульб. Вальці застосовують для видалення рослинних залишків, грудок ґрунту.

Зважаючи на склад вітчизняних господарств-виробників картоплі, до перспективних на українському ринку картоплезбиральної техніки можна віднести конструкції малогабаритних однорядних комбайнів. На них вже є попит у середніх господарствах (з площами під картоплю до 50 га) і одночасно ці конструкції легко адаптуються до виробничих вимог дрібних господарств, враховуючи і присадибні ділянки.

Заслуговує уваги рішення міні-комбайна для збирання з ширини міжрядь 60-70 см, компактність конструкції якого забезпечується способом віллелення бульб від ґрунту і бадилля у висхідному потоці вороху, що по-новому відтворює відомий принцип доочищення вороху коренеплодів між двома полотнами транспортера, часто застосовуваний у вертикальних транспортерах завантаження вороху у бункер бурякозбиральних комбайнів. Такий спосіб транспортування бульбоносного пласту дозволяє інтенсифікувати сепарацію і відповідно скоротити шлях транспортування вороху в машині. Для завантаження бульб у тару використовується один робочий.

Відоме рішення міні-комбайна Mini SS-1, Mini SS-2 (з двостороннім бункером) японського виробництва, у якому вертикальне переміщення вороху картоплі на верхній ярус здійснюється розташованим впоперек машини барабанним елеватором. У конструкції комбайна полотно завантажувального транспортера одночасно служить перебиральним столом, розрахованим для одного робітника. Компактності та простоті конструктивної схеми сприяють ґрунтово-кліматичні умови збирання, відмінні від вітчизняних.

Одним із прикладів малогабаритного однорядного комбайна є напівначіпний бункерний комбайн КПБ-1, який агрегується з тракторами класу 0,6-1,4 тс, виконує збирання з ширини міжрядь 50-70 см. Для забезпечення кращої компактності комбайна передбачено підбір вороха картоплі з другого Г-подібного елеваторного транспортера скребками розташованого прямо над ним завантажувального транспортера, який подає бульби у бункер. Завдяки такому способу вертикального транспортування вороху забезпечується простота конструкції. При цьому компактність конструкції досягнута із збереженням основних функцій комбайна.

Картоплезбиральний міні-комбайн SUPER MIDI обладнаний ротаційною косаркою для скошування бадилля та елеваторними транспортерами. На операціях перебирання та завантаження бульб у тару зайнято двоє робочих.

Діаметрально протилежне фронтальне розташування викопувального вузла (виконує бічне підкопування) та контейнера бульб (зависає над незібраними рядками) і розташований впоперек руху транспортер, що служить перебиральним столом, забезпечують компактність конструкції.

Провідні світові виробники картоплезбиральної техніки демонструють гнучкість пристосування техніки до особливостей технологій збирання різних країн, випускаючи широку гаму типорозмірів машин (від копача до комбайна) та використовуючи модульний принцип при комбінуванні функціональності конструкції (наприклад, у комбайнів: бункери різного об'єму; різні транспортери завантаження у транспортний засіб та в тару: поїстрої для відділення та бункери для збирання каміння, дрібної картоплі). Це повною мірою стосується і однорядної техніки.

У сучасних конструкціях однорядних комбайнів провідних виробників техніки поряд із вже звичним гідроприводом робочих органів передбачено застосування автоматики для: ведення машини (копіювання рядка, вирівнювання руху на схилах); регулювання роботи викопувальних пристроїв (у вертикальному та горизонтальному напрямках), транспортерів; плавного та контрольованого заповнення бункера.

Використання системи відеоспостереження за робочими процесами безпосередньо з кабіни трактора підвищує якість та продуктивність збирання. Завдання повної механізації усіх робочих операцій картоплезбирального комбайна вирішене неповністю, оскільки операції перебирання зазвичай виконуються вручну - до роботи за перебиральним (інспекційним) столом залучається до 6 робітників (на потужних високопродуктивних однорядних комбайнах).

Одним із найбільш дієвих способів підвищення ефективності роботи картоплекопача є збільшення величини його продуктивності шляхом підкопування ще одного рядка з максимальним застосування блоку просіюванням ґрунту.

## 2.6. Обґрунтування удосконаленої схеми картоплезбирального комбайна

За базову машину ДЛЯ модернізації приймемо однорядний картоплезбиральний комбайн Л-601.



Рис. 2.25. Картоплезбиральний комблін Л-601

Призначений для механізованого збирання картоплі на легких і середніх ґрунтах, засмічених камінням до 28 т/га. Система видалення бидилля, грудок і каміння із удосконаленим елеватором і пальчатими подотнем забезпечує збирання врожаю в самих несприятливих погодних умовах з мінімальним пошкодженням бульб.

- |                                     |      |
|-------------------------------------|------|
| • Продуктивність, га/год            | 0.25 |
| • Глибина підкопування, мм          | 220  |
| • Робоча швидкість, км/год          | 6    |
| • Транспортна швидкість, км/год     | 26   |
| • Місткість бункера для бульб, кг   | 800  |
| • Місткість бункера для каміння, кг | 120  |

- Ширина міжрядь, мм 600-750
- Дорожній просвіт, мм 350
- Арегатування з тракторами, кл 1,4

Габаритні розміри, мм:

- Довжина 6400
- Ширина 2700
- Висота 2700
- Маса, кг, не більше 2150

Відомий робочий орган картоплекопача, який включає леміш з прорізами, виконаними в його кінцевій частині, ротор з прямими лопатях, які вільно проходять крізь прорізи лемеша. Використання даного картоплекотача дозволяє викопувати бульби і укладати їх позаду ротора на поверхню викопаного рядка. Але основним його недоліком є те, що він не забезпечує якісної сепарації вороху, внаслідок чого допускається присипання бульб. Це пояснюється тим, що леміш тільки підкопує пласт і не руйнує його, а це утруднює процес сепарації вороху на лопатях ротора. Крім цього використання ротора з прямолінійними лопатями не дозволяє збільшити їх довжину і сепарувальну здатність. При цьому збільшення діаметра ротора веде до зростання довжини лемета і зростання енерговитрат на переміщення пласта.

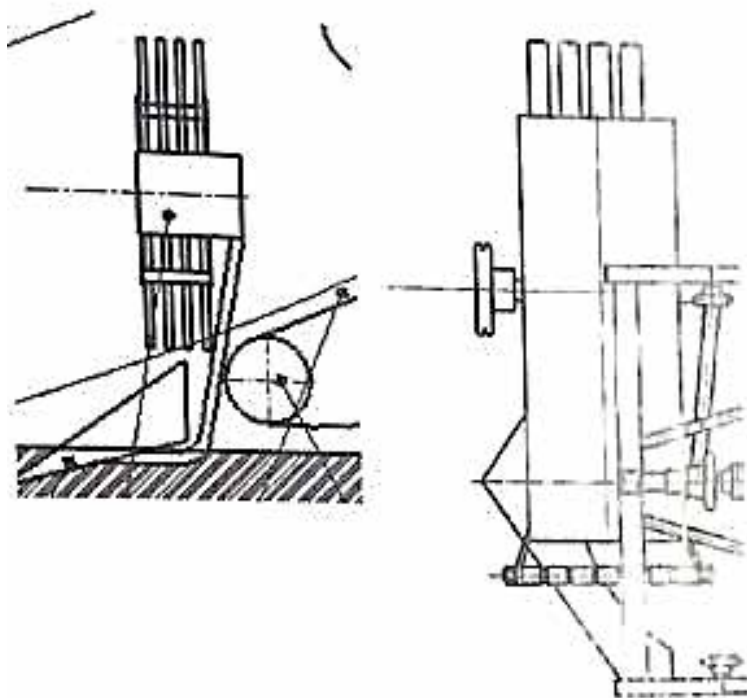


Рис. 2.26. Робочий орган

Робочий орган (рис. 2.26) містить леміш, гребінку і ротор з лопатями. Гребінка встановлена нижче лемеша, а кінець кожної лопаті відігнуто в бік обертання ротора. При цьому лопать виготовлено з окремих прутків, закріплених на валу ротора, які вільно проходять між зубами гребінки.

Картоплекопач працює наступним чином. Під час руку картоплекопача леміш підрізає пласт і він переміщується у бік гребінки. Але так як гребінка встановлена нижче лемеша, то за рахунок перепаду висоти частина пласта під дією власної ваги відривається від основної маси і палає на гребінку, внаслідок чого відбувається його повне руйнування і інтенсивне просіювання на зубах гребінки. Ворох, що залишився на гребінці, підхоплюється лопатею і під час її обертання рухається по коловій траєкторії і одночасно переміщується на поверхні лопаті. Внаслідок постійної зміни напрямку руху частинок вороху відбувається їх інтенсивне перемішування, тертя те удар одна об одну і об прутки лопаті, що призводить до руйнування зв'язків і розпаду грудок на дрібніші

частинки, і до інтенсифікації процесу сепарації вороху. При цьому ґрунт і дрібні частки вороху просіться крізь пружки лоп-ті на поверхню поля, а бульби, бадилля, стебла і корені картоплі та бур'янів, перекидаються через вісь обертання ротора і скидаються на просіяний ворох. Оскільки бульби мають більшу масу, ніж грудки ґрунту, то бульби мають і дальшу траєкторію польоту, завдяки чому падають на поверхню поля без присишання ворохом.

## РОЗДІЛ 3. ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ РОБОТИ ВДОСКОНАЛЕНОГО РОБОЧОГО ОРГАНА

### 3.1. Інженерний розрахунок основних параметрів ротора

При взаємодії ротора з підкопаним бульбоносним шаром ґрунту відбувається його розпушення, руйнування грудок та часткове просіювання сипучого ґрунту.

Для забезпечення якісної роботи робочого органу необхідно і достатньо, щоб параметри робочого органу були раціональними [8,9,10,12,13,14,15,17,18).

До основних параметрів роторного робочого органу відносяться:

діаметр ротора,

кількість лопаток на роторі,

ширина лопаток,

кількість прутків (пальців) на лопатці,

кутова швидкість ротора.

Враховуючи особливості вирощування і збирання картоплі вихідними даними для розрахунків є:

Ширина міжряддя – 70 см;

швидкість руху збиральної машини - 6 км/год;

глибина залягання нижньої бульби - 18 см;

ширина основи грядки - 34 см.

1) Для визначення мінімальної величини діаметра ротора скористаємось формулою:

$$D_{min} = \frac{b^2}{8h} + h; \quad (3.1)$$

Де  $b$  – ширина міжряддя, м;

$h$  – глибина підкопування, м.

Величина  $h$  приймаємо на 2 см більшою за глибину залягання нижньої бульби.

Тому згідно прийнятих вихідних даних:

$$h = 0.18 + 0.2 = 0.2 \text{ м} \quad (3.2)$$

Тоді:

$$D_{min} = \frac{0,7^2}{8 \cdot 0,2} + 0,2 = 0,5 \text{ м} \quad (3.3)$$

Максимальну величину діаметра ротора приймаємо на 7...10 см меншу ширини міжряддя.

Тоді:

$$D_{max} = b - (0.07 \dots 0.1) = 0.7 - 0.1 = 0.6 \text{ м} \quad (3.4)$$

З конструктивної точки зору і враховуючи вибрані межі діаметра ротора 0,5...0,6 м згідно ряду значень приймаємо  $D = 0,56$  м.

Ширину лопатки  $b$  вибираємо із довідникової літератури в межах 10...12 см. Враховуючи навантаження маси на одну лопатку  $b = 0,1$  м.

Мінімальна кількість лопаток  $z$  визначаємо згідно виразу:

$$z = \frac{180}{\arcsin \frac{b_r}{D}} \quad (3.5)$$

Де  $z_{min}$  – мінімальна кількість лопаток ротора, шт.;

$b_r$  – ширина основи грядки, м.  $b_r = 0,34$  м.;

$D$  – діаметр ротора, м.  $D = 0,56$  м.

Після підстановки значень у формулу (3.5)

$$z > \frac{180}{\arcsin \frac{0,34}{0,56}} = \frac{180}{36,87} = 4,8 \quad (3.6)$$

Приймаємо з умов ефективної дії:

$$z = 4,88 * 1,5 = 7,32 \approx 8 \text{ шт} \quad (3.7)$$

Визначаємо діаметр прутка  $d_i$  зазор між прутками  $k$ .

Ширина лопатки  $b$  може бути визначена за допомогою виразу:

$$b = d_i * N + k(N - 1) \quad (3.8)$$

Де  $d_i$  – діаметр прутка, м;

$k$  – зазор між прутками, м;

$N$  – кількість прутків однієї лопаті.

Приймаємо  $d_i = 16$  мм.

Зазор між прутками приймаємо згідно довідникової літератури  $k = 10 \dots 30$  мм.

Приймаємо  $k = 12$  мм.

Тоді кількість прутків на лопаті дорівнюватиме згідно виразу (3.9)

$$W = \frac{b+k}{d+k} = \frac{0,1+0,012}{0,016+0,012} = 4 \quad (3.9)$$

Визначаємо кутову швидкість ротора. Для цього скористаємось виразом:

$$V_k = \frac{D * V_m}{z * b} \quad (3.10)$$

Де  $D$  – діаметр ротора,  $D = 0,56$  м;

$V_m$  – швидкість руху машини, м/с;

Згідно даних  $V_m = 2,4 \frac{\text{км}}{\text{год}} = 0,67 \frac{\text{м}}{\text{с}}$ ;

$z$  – кількість лопатей,  $z = 8$  шт;

$b$  – ширина лопаті,  $b = 0,1$  м.

Тоді після підстановки у (3.10) отримаємо:

$$V_k = \frac{0,56 * 0,67}{8 * 0,8} = 0,47 \frac{\text{м}}{\text{с}} \quad (3.11)$$

Оскільки:

$$V_k = \omega \frac{D}{2} \quad (3.12)$$

Де  $\omega$  – кутова швидкість ротора, рад/с

$$\omega = \frac{2V_k}{D} \quad (3.13)$$

Тоді:

$$\omega = \frac{2 * 0,47}{0,56} = 1,68 \frac{\text{рад}}{\text{с}}$$

Обмеження величини кутової швидкості ротора визначатиметься також дальністю частинки. Відомо, що дальність польоту визначатиметься за формулою:

$$L = \frac{V_0^2}{g} * \sin 2\alpha \quad (3.14)$$

Де  $V_0$  - початкова швидкість польоту частинки м/с. Приймаємо рівним коловій швидкості;

$g$  – прискорення вільного падіння

$\alpha$  – кут нахилу траєкторії польоту до горизонту в початковий момент часу, град.

Тоді:

$$V_0 = \sqrt{\frac{gL}{\sin 2\alpha}} \quad (3.15)$$

$$\omega_{max} = \frac{2V_0}{D} = \frac{2}{D} \sqrt{\frac{gL_{max}}{\sin 2\alpha}} \quad (3.16)$$

$$\omega_{min} = \frac{2V_0}{D} = \frac{2}{D} \sqrt{\frac{gL_{min}}{\sin 2\alpha}} \quad (3.17)$$

### 3.2 Моделювання руху бульби по поверхні ротора

Розглянемо рух бульби (одичного недеформованого твердого тіла) по поверхні лопатей ротора картоплекопача [2,3,6,7,11).

Для цього зобразимо лопать як відрізок  $OK$ , який обертається навколо нерухомої осі, що проходить через точку  $O$ .

В певний момент часу положення ротора  $OK$  визначатиметься кутовим параметром як функцією часу  $\psi = \psi_0 + \omega * t$ , де  $\psi_0$  - початкове кутове положення ротора при  $t = 0$ ;  $\omega$  - кутова швидкість обертального руху ротора, яка при усталеному русі має постійне значення;  $t$  - інтервал часу.

Довжину лопаті, яка співпадає із зовнішнім радіусом ротора, позначимо  $L_R$ . Допустимо, що на поверхні лопаті знаходиться бульба картоплі у вигляді кулі радіусом  $R_6$ , з центром у точці  $C$ . Положення центру бульби  $C$  відносно точки

$O_1$ , через яку проходить вісь обертання ротора, задається радіусом  $\rho_c$ . На тіло  $C$  масою  $m$ , що рухається по поверхні лопаті ротора діятимуть сили:

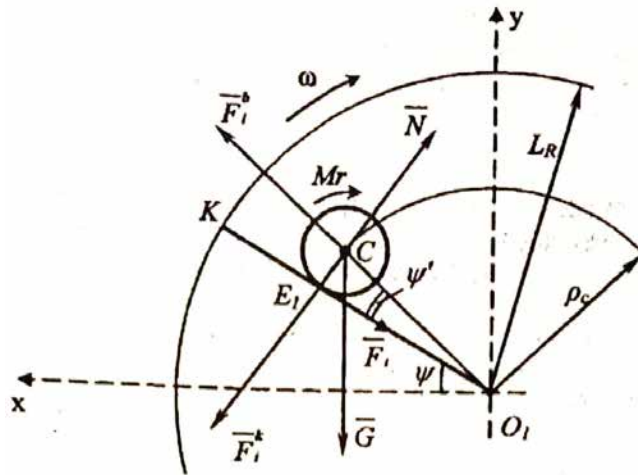


Рис. 3.1. Еквівалентна схема руху бульби по поверхні ротора картоплекопача

$\overline{G}$  – сила тяжіння тіла  $C$ , яке в рухомій системі координат рухається разом з лопатями із кутовою швидкістю  $\omega$ .

Величина сили тяжіння визначається  $\overline{G} = m * g$ ;

$\overline{N}$  – нормальна реакція поверхні лопаті ротора, яка напрямлена по нормалі до траєкторії відносного руху тіла.

$\overline{F}_r$  – сила тертя ковзання бульби картоплі по поверхні лопаті і напрямлена проти напрямку відносного руху тіла. Відомо, що  $\overline{F}_r = f * N$ , де  $f$  – коефіцієнт тертя ковзання бульби по матеріалу поверхні лопаті.

$\overline{F}_1^B$  – відцентрова сила інерції бульби  $C$  відносно осі обертання  $O_1$ :  $\overline{F}_1^B = m\omega^2\rho_c$ ;

$\overline{F}_1^K$  – коріолісова сила інерції, яка напрямлена по нормалі до траєкторії відносного руху та проти напрямку Коріолісового прискорення:  $\overline{F}_1^K = 2m\omega V * \sin(\omega V) = 2m\omega V$ ;

$M_R$  – момент сили тертя кочення:  $M_R = N * R_6 * tg\varphi$ , де  $\varphi$  – кут тертя кочення.

Рух бульби по поверхні ротора описуватиметься диференціальним рівнянням руху у вигляді:

$$m * \overline{W} = \overline{G} + \overline{N} + \overline{F}_r + \overline{F}_1^B + \overline{F}_1^K, \quad (3.18)$$

Де  $\overline{W}$  – прискорення руху бульбу  $C$  по поверхні ротора.

Через центр обертання ротора - точку  $O$ , проведемо нерухому декартову систему координат  $O_1xyz$ . Вісь  $O_1z$  співпадає з віссю обертання ротора,  $O_1x$  - направимо горизонтально вздовж напрямку відносного руху бульби;  $O_1y$  - перпендикулярно до  $O_1x$ .

Рівняння динаміки руху центру бульби  $C$  по поверхні лопатей у проєкціях на осі нерухомої декартової системи координат матимуть вигляд

$$mx = -\ddot{N} \sin\psi - F_T \cos\psi + F_1^K \sin\psi + F_1^B \cos(\overline{F}_1^B, \dot{x})$$

$$my = -G + N \cos\psi - F_T \sin\psi + F_1^K \cos\psi + F_1^B \cos(\overline{F}_1^B, \dot{y})$$

де  $\cos(\overline{F}_1^B, \dot{x})$ ,  $\cos(\overline{F}_1^B, \dot{y})$  - напрямні косинуси, що визначають напрямки вектора відцентрової сили інерції бульби відносно осей координат.

В процесі переміщенні по поверхні лопаті бульба здійснюватиме обертальний рух навколо власної осі, який описуватиметься диференціальним рівнянням у вигляді

$$I_6 \xi = M_R - F_T R_6$$

де  $I_6$ , - момент інерції бульби відносно осі, яка проходить через її центр. Враховуючи, що бульба була прийнята за кулю радіусом  $R_6$ , то момент інерції дорівнюватиме  $I_6 = \frac{2}{3} m * R_6^2 \xi$  - кутове прискорення обертального руху бульби навколо власної осі.

При застосуванні отриманої математичної моделі стає можливим уточнення параметрів роторного картоплекопача.

## РОЗДІЛ 4.

### РАЦІОНАЛЬНІ ПАРАМЕТРИ ОЧИСНИКА І ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ

#### 4.1. Розрахунок показників економічної ефективності

Економічні показники, які характеризують ефективність застосування визначимо згідно ДСТУ 4397:2005 по загальноприйнятих формулах.

Таблиця 4.1.

Вихідні умови для розрахунку показників економічної ефективності.

Показник	Базова машина	Модернізована машина
Врожайність бульб, т/га	23	23
Робоча ширина захвату машини, м	0,7	1,4
Робоча швидкість руху машини, км/год	6	6
Питома витрата палива, л/га	12	16
Кількість обслуговуючого персоналу, люд	1	1

За базову модель приймемо тракторний картоплезбиральний комбайн Л-601, який агрегатується із МТЗ-80,1. За модернізовану машину приймемо цю машину із встановленим роторним робочим органом на другий рядок. Застосування вдосконаленого очисника дозволить:

Загальний економічний ефект досягається збільшенням ширини захвату картоплезбиральної машини, а отже і зростання продуктивності в цілому

$$E_{\text{заг}} = \Pi_{\text{б}} - \Pi_{\text{м}}; \frac{\text{грн}}{\text{га}},$$

Де  $\Pi_{\text{б}}, \Pi_{\text{м}}$  – приведені експлуатаційні затрати базової моделі і модернізованої машини, грн/га.

Приведені експлуатаційні затрати розраховуються:

$$\Pi = e * K + C; \frac{\text{грн}}{\text{га}},$$

Де  $e$  – нормативний коефіцієнт ефективного використання капітальних вкладень ( $e = 0,15$ );  $K$  – розмір капітальних вкладень, грн/га.

$$K = \frac{B_{\text{т}}}{W_3 T_{\text{РТ}}} + \frac{B_{\text{м}}}{Q_{\text{м}}}; \frac{\text{грн}}{\text{га}},$$

Де,  $B_{\text{т}}, B_{\text{м}}$  – балансова вартість трактора і машини, грн;

$Q_{\text{м}}$  – сезоне навантаження машини, га;

$T_{\text{РТ}}$  – річний наробіток трактора, год. Приймемо  $T_{\text{РТ}} = 1000$  год;

$W_3$  – продуктивність змінного часу, га/год.

$$W_3 = W_0 \tau = 0.1 * BV\tau; \frac{\text{га}}{\text{год}},$$

Де  $W_0$  – продуктивність основного часу, га/год;

$\tau$  – коефіцієнт ефективного використання часу зміни ( $\tau = 0.8$ );

$B$  – робоча ширина машини, м;

$V$  – робоча швидкість поступального руху машини, км/год.

В формулі приведених експлуатаційних затрат  $C$  - прямі експлуатаційні затрати, грн/га. Вони визначаються як сума затрат на оплату праці  $C_1$ , затрати на паливо-мастильні матеріали  $C_2$ , затрати на реновацію машини енергетичного засобу (трактора)  $C_3$ , а також затрати на їх ремонт і технічне обслуговування  $C_4$ :

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4; \frac{\text{грн}}{\text{га}},$$

Складові цієї формули визначаються:

$$C_1 = \frac{\sum L_i \text{CT}_i}{W_3}; \frac{\text{грн}}{\text{га}},$$

де  $L_i$  – кількість робітників відповідного класу зайнятих на цій роботі людей;

$\text{CT}_i$  – погодинна ставка робітника цього класу згідно тарифної сітки, грн/год;

$$C_2 = Nqn\text{Ц}_\text{П}; \frac{\text{грн}}{\text{га}},$$

де  $n$  – коефіцієнт використання потужності трактора 0.8;

$\text{Ц}_\text{П}$  – комплексна вартість палива, грн/кг;

$$C_3 = \frac{B_T a_T}{W_3 T_{PT}} + \frac{B_M a_M}{Q_M}; \frac{\text{грн}}{\text{га}},$$

Де  $a_T, a_M$  – норма відрахувань на реновацію трактора і машини ( $a_T = a_M = 16,6\%$  або 0,166);

$$C_4 = \frac{B_T b_T}{W_3 T_{PT}} + \frac{B_M b_M}{Q_M}; \frac{\text{грн}}{\text{га}},$$

Де  $b_T b_M$  – норма відрахувань на ремонт та технічне обслуговування трактора і машини ( $b_T = 34\%$  або 0,34,  $b_M = 15\%$  або 0,15),

Річний економічний ефект визначається:

$$E_p = E_{\text{заг}} + Q_M; \frac{\text{грн}}{\text{га}},$$

Вихідні дані для розрахунку наведені в таблиці 4.1.

Результати обрахунків занесені до таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Результати розрахунку економічної ефективності від використання модернізованої машин

Показник	Базова машина	Модернізована машина
Продуктивність основного часу, га/год	0,42	0,84
Продуктивність змінного часу, га/год	0,34	0,68
Прямі експлуатаційні затрати на оплату праці, грн/га	388,8	194,1
Прямі експлуатаційні затрати на ПММ, грн/га	600	300
Прямі експлуатаційні затрати на реновації, грн/га	641,5	627,87
Прямі експлуатаційні затрати на ремонт і ТО, грн/га	725	640

Сумарні прямі експлуатаційні затрати, грн/га	2355	1762
Розмір капітальних вкладень, грн/га	3864,71	3782
Приведені експлуатаційні витрат, грн/га	2914	2329
Зменшення приведених експлуатаційних витрат, грн/га	585	
Річний економічний ефект, грн	43875	

Для визначення річного економічного ефекту прийняли максимальне річне навантаження 75 га. Встановлено, що річний економічний ефект від використання модернізованої конструкції складає 43875 грн.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В результаті проведеного аналізу існуючої техніки для збирання картоплі встановлено, що при сучасному стані картоплярства найбільш доцільно використовувати при збиранні картоплезбиральні комбайни. Також визначено, що частина картоплезбиральних комбайнів недозавантажує трактор, з яким він агрегується. Запропоновано для підвищення продуктивності роботи однорядного картоплезбирального комбайна встановити на його базі додаткового роторного робочого органу, який при виконанні процесу збирання підкопуватиме ще один рядок, частково просіюватиме ґрунт і передаватиме підкопані бульби в зону підкопування і подачі бульбоносного шару лемешем на очищувальні робочі органи картоплезбирального комбайна.

2. В результаті проведеного розрахунку і теоретичних досліджень руху бульби по поверхні ротора обґрунтовано раціональні параметри робочого органу: діаметр ротора - 0,56 м, діаметр прутка - 16 мм, колова швидкість ротора знаходитиметься в межах 1,34...2,04 м/с, кількість роторів - 8 штук

3. В результаті розрахунків встановлено, що річний економічний ефект від використання вдосконаленого картоплезбирального комбайна Л-601 складає при річному навантаженні 75 га 43875 грн.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Василенко П.М. Вступ до землеробської механіки. – К.: Сільгоспосвіта, 1996. – 234 с.
2. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. – К.: Каравела, 2004. – 552 с.
3. Грушецький С.М. Обґрунтування конструкції і параметрів лемішно-полицевого картоплекопача з барабанним сепаратором картопляного вороху: дис. ... канд. техн. наук. – Вінниця: ВНАУ, 2008. – 286 с.
4. Заїка П.М. Вибрані задачі землеробської механіки. – К.: УСХА, 1992. – 512 с.
5. Павловський М.А. Теоретична механіка: підручник. – К.: Техніка, 2002. – 512 с.
6. Пасаман Б.Ф., Гунько Ю.Л. Визначення раціональних параметрів роторного картоплекопача-укладача // Наукові нотатки. – 2012. – Вип. 39. – С. 150–153.
7. Пасаман Б.Ф. Обґрунтування параметрів лемішно-роторного картоплекопача: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11. – Тернопіль: ТДТУ ім. І. Пулюя, 2006. – 17 с.
8. Пасаман Б.Ф., Трейман Є.О. Про взаємодію лемеша картоплезбиральної машини з ґрунтом // Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст. – Луцьк: ЛДТУ, 2001. – Вип. 9. – С. 114–119.
9. Пасаман Б.Ф., Гунько Ю.Л., Пасаман О.Б., Смолінський С.В. Теоретичне дослідження руху бульби картоплі по поверхні робочого органа картоплекопача

// Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст. – Луцьк: ЛДТУ, 2005. – Вип. 13. – С. 147–152

10. Синькевич В.П. Картоплезбиральна техніка: конструкція експлуатація, ремонт. – К.: Аграрна наука, 2008. – 280 с.

11. Войтюк Д.Г., Лузан П.Г. Сільськогосподарські та меліоративні машини: підручник. – К.: Вища освіта, 2005. – 688 с.

12. Барановський В.М., Мельник В.І. Сільськогосподарські машини: теорія, розрахунок, конструювання. – Житомир: ЖДТУ, 2010. – 592 с.

13. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підручник / за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – 464 с.

14. Ільченко В.Ю. Робочі органи картоплезбиральних комбайнів. – Харків: ХНТУСГ, 2015. – 96 с.

15. Гуцаленко О.М. Машини для збирання коренеплодів: навч. посіб. – Львів: ЛНАУ, 2018. – 180 с.

16. Дідур В.А., Кобзистый М.П. Теорія та конструкція сільськогосподарських машин. Т. 3. Машини для збирання врожаю. – К.: Аграр Медіа Груп, 2020. – 430 с.

17. Kanafojski Cz., Karwowski T. Agricultural machines: theory and construction. Vol. 2. Root crop harvesters. – Warszawa: PWRiL, 1976. – 512 p.

18. Misener G.C., McLeod C.D. Potato harvester performance: a review // Canadian Agricultural Engineering. – 1992. – Vol. 34, No. 3. – P. 265–272.

19. Kang W.S., Halderson J.L. Modeling potato tuber mass transfer during storage // Transactions of the ASAE. – 1991. – Vol. 34, No. 1. – P. 189–195.

20. Bentini M., Caprara C., Martelli R. Mechanical harvesting of potatoes: a review // Journal of Agricultural Engineering Research. – 2006. – Vol. 93, No. 4. – P. 345–361.

21. Gruczek T. Theoretical analysis of potato motion on the digging share of a potato harvester // *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*. – 2010. – Vol. 55, No. 2. – P. 12–18.

22. ASABE Standards. EP542.1: Terminology and definitions for agricultural tillage implements. – St. Joseph, MI: American Society of Agricultural and Biological Engineers, 2021. – 28 p.