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

Допущено до захисту
“__” _____ 2025р.
Зав. кафедри к.т.н., доцент___
(науковий ступінь, вчене звання)
_____А.В. Войтік___
(підпис) (ініціали, прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА (дипломний проект)
перший (бакалаврський)
(назва освітнього ступеня)

тема роботи **«Механізація технологічного процесу збирання картоплі з удосконаленням викопуючого механізму»**

Виконав: студент 4 курсу, групи 41-ім
освітньої програми __бакалавр_____
спеціальності_____
208 «Агроінженерія»
Гевель В.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник доктор філософії доцент Шевчук М.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2025 рік

Зміст

ВСТУП …… 5
РОЗДІЛ 1. АГРОБІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ …… 8
1.1 Вимоги картоплі до ґрунтових і агрокліматичних умов …… 8
1.2 Добрива та живлення картоплі …… 8
1.3 Місце картоплі в сівозміні …… 9
1.4 Технологія вирощування картоплі …… 9
1.5 Підготовка ґрунту …… 9
1.6 Підготовка посадкового матеріалу …… 10
1.7 Садіння картоплі …… 11
1.8 Догляд за посівами …… 11
1.9 Збирання врожаю …… 12
РОЗДІЛ 2. СТАН МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ …… 13
2.1 Технологічний процес збирання картоплі …… 13
2.2 Огляд конструкцій робочих органів для відділення бульб від ґрунту …… 23
2.3 Вплив гірничої техніки на розвиток картоплезбиральних машин … 26
2.4 Удосконалення картоплекопача та його конструкція …… 28
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ …… 31
3.1 Загальні вимоги безпеки при експлуатації картоплезбиральної техніки …… 31
3.2 Безпечна експлуатація удосконаленого викопуючого механізму …… 31
3.3 Вимоги до умов праці оператора …… 32
3.4 Пожежна безпека …… 32
3.5 Електробезпека …… 33
Висновок до розділу 3 …… 33
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ В ЗОНІ ЛІСОСТЕПУ …… 34
4.1 Основні показники економічної ефективності …… 34
4.2 Витрати на вирощування картоплі …… 34
4.3 Доходи та прибуток …… 35
4.4 Рівень рентабельності …… 35
ВИСНОВКИ …… 36
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ …… 37

ВСТУП

У країнах з високою щільністю населення споживання картоплі набуває дедалі більшого значення. Згідно з даними Міжнародного центру картоплі (Перу), урожай з одного гектара картоплі забезпечує більшу кількість харчових продуктів порівняно із зерновими культурами. Наприклад, з гектару картоплі можна отримати удвічі більше білка, ніж із такої ж площі, засіяної зерновими.

Картопля є надзвичайно поживним продуктом: вона багата на калій, магній, вітаміни групи В і вітамін С, складні вуглеводи. Білки картоплі мають вищу біологічну цінність, ніж у сої, а її вміст жиру майже нульовий — лише 0,1 %. Окрім цього, картопля вирізняється рядом агроекономічних переваг, що сприяють її поширенню. Вона характеризується високою адаптивністю, що дозволяє вирощувати її в найрізноманітніших кліматичних умовах — від тропіків до арктичного поясу. Картопля здатна давати добрі врожаї навіть на піщаних і малородючих ґрунтах, особливо в умовах дощового клімату, де зернові вирощувати складно. Крім того, ця культура добре реагує на внесення добрив, що забезпечує її економічну ефективність.

З огляду на високу енергетичну цінність та білкову насиченість, картопля демонструє кращі показники продуктивності з одиниці площі. Так, при середній урожайності 88 ц/га отримують 28 408 кДж енергії та 176 кг білка з одного гектара. Для порівняння: з пшениці — 16 508 кДж і 144 кг білка, рису — 28 827 кДж і 127 кг, кукурудзи — 19 190 кДж і 117 кг, сої — 22 000 кДж і 442 кг, бобів — 7 207 кДж і 116 кг.

Картопля є надзвичайно універсальним продуктом — з неї можна приготувати понад 200 різноманітних смачних і поживних страв. Завдяки цьому вона не приїдається, залишаючись постійною складовою раціону.

Картопляний крохмаль засвоюється повільно, що запобігає надмірному накопиченню вуглеводів і перетворенню їх у жирові відкладення. Калорійність 100 г картоплі у п’ять разів нижча за калорійність цукру, що робить її придатною для раціонального харчування. Завдяки своїй делікатній дії на

шлунково-кишковий тракт крохмаль широко використовується у дієтичному харчуванні, особливо для осіб із виразковою хворобою шлунка.

В Україні щорічно вирощується 16–18 млн тонн картоплі — приблизно стільки ж, як у Німеччині. Проте площі посадки значно більші — понад 1,5 млн га проти 600 тис. га у ФРН. Німеччина не лише повністю забезпечує внутрішній попит, а й експортує картоплю, тоді як Україні, попри більшу площу, не вистачає цього продукту для задоволення потреб населення і доводиться імпортувати його.

Причинами низької ефективності картоплярства в Україні є: відсутність державної підтримки у вигляді контрактів, неякісна організація насінництва, нестача засобів захисту рослин, порушення агротехнічних вимог у господарствах, а також недосконаліть сільськогосподарської техніки, особливо збиральної.

Найбільш трудомістким етапом вирощування картоплі є збирання врожаю — на цю операцію припадає до 60 % усіх витрат. Одним із чинників, що стримують зростання виробництва, є низький рівень механізації технологічних процесів і недостатнє оснащення галузі сучасною технікою. У багатьох господарствах спостерігається відмова від інтенсивних технологій, що призводить до спрощення методів вирощування навіть у великих агропідприємствах.

Збирання картоплі ускладнюється тим, що бульби становлять лише 1–2 % маси ґрунтового шару. Щоб виділити 4–6 кг бульб, дворядна машина має обробити понад 200 кг ґрунту щосекунди. Якість роботи техніки значною мірою залежить від вологості та складу ґрунту, які впливають на тяговий опір, зношування елементів і ефективність сепарації. Найкращі результати досягаються на легких, добре підготовлених піщаних або супіщаних ґрунтах при оптимальній вологості.

Наявність твердих грудок ґрунту ускладнює процес сепарації, оскільки їх руйнування потребує надмірних зусиль, які можуть пошкодити бульби

(допустиме навантаження на бульбу — не більше 80 % від критичного руйнівного).

Начіпні картоплекопачі мають низку переваг перед причіпними та напівначіпними аналогами — вони легші, компактніші та більш маневрені.

Провівши аналіз рівня механізації процесу збирання картоплі, а також перспективних шляхів його удосконалення, було запропоновано модернізацію конструкції начіпного картоплекопача з метою зниження енерговитрат та зменшення травмування бульб під час викопування.

РОЗДІЛ 1 АГРОБІОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ

1.1. Вимоги картоплі до ґрунтових і агрокліматичних умов

Картопля потребує родючих, добре розпушених, вільних від бур'янів ґрунтів з достатнім рівнем зволоження. Ці вимоги безпосередньо впливають на вибір попередників та визначають місце культури в сівозміні.

Найкращими попередниками є культури, що залишають багато рослинних решток, сприяють зменшенню кількості бур'янів, шкідників та збудників хвороб у ґрунті. До них відносяться багаторічні трави, озимі зернові, зернобобові та інші бобові культури. У зоні Лісостепу картоплю найчастіше вирощують після озимої пшениці.

Картопля є теплолюбною культурою. Проростання бульб у полі починається вже при температурі ґрунту 6–8 °С, але при температурі нижче 6 °С або за надмірного зволоження сходи можуть з'явитися лише через 30–50 днів. У таких умовах замість пагонів іноді формуються нові бульби. Найоптимальніший розвиток рослин відбувається за температури 17–22 °С при достатньому зволоженні. Температура вище 26–29 °С у поєднанні з посухою призводить до зупинки формування бульб і огрубіння їх шкірки.

Картопля чутлива до заморозків: бадилля може постраждати вже при -1 °С, однак має здатність до відновлення після слабких приморозків.

1.2. Добрива та живлення картоплі

Картопля є високопродуктивною культурою, яка за сприятливих умов вирощування здатна формувати значні врожаї. Для забезпечення оптимального росту та розвитку рослин необхідна велика кількість поживних речовин, що робить живлення однією з ключових ланок у технології вирощування картоплі.

Особливо важливими є органічні добрива, які містять широкий спектр елементів мінерального живлення, корисні мікроорганізми, а також біологічно

активні речовини. Найефективнішим серед них є гній, на внесення якого картопля реагує позитивно на всіх типах мінеральних ґрунтів. Для удобрення використовують напівперепрілий гній, витриманий упродовж 3–5 місяців за холодного способу зберігання. У зоні Лісостепу рекомендована норма внесення гною становить 30–40 т/га. Застосування можливе як під попередню культуру, так і безпосередньо перед садінням картоплі.

Крім гною, застосовуються й компости, зокрема торфогноєві, а також зелені добрива (люпин, ріпак, озиме жито). На сірих лісових ґрунтах вони забезпечують урожайність у межах 160–180 ц/га бульб, що відповідає ефективності внесення 30 т/га якісного торфогнойового компосту.

Мінеральні добрива дозволяють забезпечити картоплю поживними речовинами упродовж усього вегетаційного періоду — як на початку розвитку, так і в період інтенсивного росту. Їх ефективність залежить від ряду чинників: типу ґрунту, погодних умов, сорту картоплі, рівня окультуреності земель тощо. Для високоврожайних сортів (Гатчинська, Бородянська, Поліська рожева) оптимальні норми мінеральних добрив становлять: азоту — 90–120 кг/га, фосфору — 90 кг/га, калію — 120–150 кг/га діючої речовини.

Вибір форм мінеральних добрив залежить від кислотності ґрунту. На кислих ґрунтах доцільно застосовувати лужні форми (ціанамід кальцію, натрієву або кальцієву селітри), тоді як на слабокислих і нейтральних ґрунтах — фізіологічно кислі (аміачна селітра, сечовина, аміачна вода, сульфат амонію). У зоні Лісостепу фосфорні та калійні добрива рекомендується вносити восени, азотні — навесні.

Мікроелементи (бор, мідь, марганець, цинк, молібден та ін.) також мають значення для формування врожаю. Їх можна вносити в ґрунт разом із мінеральними добривами, використовувати для передпосадкової обробки бульб або вносити у вигляді позакореневих обприскувань під час вегетації у поєднанні з заходами захисту рослин.

1.3. Місце картоплі в сівозміні

Правильне включення картоплі в сівозміну є важливою умовою для забезпечення її високої продуктивності. Сівозміна сприяє покращенню агрофізичних властивостей ґрунту, зниженню фітосанітарного навантаження, оптимізації живлення та збереженню родючості землі.

Картоплю найкраще розміщувати після культур, які залишають у ґрунті достатню кількість органічної маси та сприяють зменшенню забур'яненості. Багаторічні бобові трави, озимі зернові, зернобобові та сидеральні культури забезпечують гарне структурне середовище для росту бульб та ефективне використання добрив.

У сівозміні не рекомендується висаджувати картоплю після культур, які мають спільних шкідників і хвороби (наприклад, томати чи баклажани). Також недоцільно вирощувати її на одному й тому ж полі частіше, ніж раз на 3–4 роки, щоб уникнути накопичення збудників хвороб у ґрунті та зниження врожайності.

1.4. Технологія вирощування картоплі

Вирощування картоплі включає кілька послідовних агротехнічних операцій, від якості виконання яких залежить формування високого та стабільного врожаю. До основних етапів належать: підготовка ґрунту, підготовка посадкового матеріалу, садіння, догляд за посівами, збирання та післязбиральне доопрацювання бульб.

1.5. Підготовка ґрунту

Основною метою підготовки ґрунту є створення оптимальних умов для росту і розвитку картоплі. Осіння обробка передбачає оранку на глибину 25–27 см із попереднім дискуванням або лущенням стерні, що сприяє накопиченню вологи й знищенню бур'янів. Весняний обробіток включає боронування для закриття вологи, культивацію та вирівнювання поверхні поля.

На ґрунтах із високою кислотністю доцільне проведення вапнування, що покращує умови засвоєння поживних речовин і знижує ризик розвитку хвороб.

1.6. Підготовка посадкового матеріалу

Для посадки використовують здорові, середнього розміру (30–80 г) бульби, які попередньо пророщують у світлому приміщенні при температурі 12–15 °C протягом 25–30 днів. Пророщування сприяє прискоренню появи сходів і підвищенню врожайності. Перед садінням бульби також протруюють для захисту від хвороб і шкідників.

1.7. Садіння картоплі

Терміни садіння залежать від температури ґрунту: оптимально починати роботи, коли температура на глибині 10 см досягає 8–10 °C. У зоні Лісостепу це зазвичай припадає на кінець квітня – початок травня. Глибина садіння — 6–10 см, густота стояння рослин — 45–55 тис. шт./га залежно від сорту та розміру бульб.

1.8. Догляд за посівами

Комплекс заходів догляду включає:

- *Боронування* — проводять до появи сходів для знищення ґрунтової кірки та бур’янів.
- *Підгортання* — формує гребені, покращує аерацію ґрунту й сприяє утворенню додаткових бульб.
- *Поливи* — особливо важливі в період бутонізації та наливу бульб.
- *Підживлення* — здійснюють з урахуванням потреб рослини на різних етапах вегетації.
- *Захист від шкідників і хвороб* — застосовують системні та контактні препарати відповідно до фітосанітарного стану посівів.

1.9. Збирання врожаю

Збирання картоплі проводять після повного відмирання бадилля, коли шкірка бульб ущільнилася. У зоні Лісостепу збір триває з середини серпня до вересня. Перед збиранням часто проводять десикацію бадилля для полегшення механізованого збирання.

Зібрані бульби очищають від землі, сортують і транспортують на зберігання.

РОЗДІЛ 2
СТАН МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ

2.1 Технологічний процес збирання картоплі

Найбільш трудомісткою та складною операцією у технологічному процесі вирощування картоплі є її збирання, на яке припадає до 60% загальних витрат.

Серед основних чинників, що гальмують розвиток картоплярства, – повільне впровадження механізованих технологій та недостатнє забезпечення господарств сільськогосподарською технікою. Останніми роками спостерігається відмова від інтенсивних методів вирощування картоплі, що спричинило використання спрощених технологій навіть у великих аграрних підприємствах.

Найбільш поширеним способом збирання врожаю є використання картоплезбиральних комбайнів, які ефективні при урожайності не менше 100 центнерів з гектара. З метою підвищення продуктивності комбайнів у сприятливих умовах сепарації ґрунту застосовують комбіноване збирання. Максимальна ефективність техніки досягається при потоковому методі збирання. На середніх і важких ґрунтах із вологістю 24–26% зазвичай використовують роздільний спосіб. Якщо вологість ґрунту висока і комбайни залишають у врожаї значну кількість домішок, доцільним є переривчастий метод з подальшим сортуванням бульб після тимчасового зберігання. На легких і середніх ґрунтах, які добре піддаються сепарації, доцільно використовувати картоплекопачі.

На початку збирання рекомендується провести міжрядну обробку для розпушення ґрунту, що покращує його сепарацію. Збирання картоплі копачами з ручним підбиранням застосовується на невеликих ділянках або полях із нерівним рельєфом, непридатних для роботи комбайнів.

Залежно від кількості оброблюваних рядків, машини поділяють на одно-, дво-, три- та чотирирядні.

Для скошування та подрібнення картоплиння використовують косарки-подрібнювачі моделей КИР-1,5, КИР-1,5Б, КРУ-1,5, а також БД-1 і БД-2 (для гребеневих посадок з міжряддям 70 см). Ці машини не лише зрізають і подрібнюють бадилля, але й рівномірно розкидають його по полю.

При збиранні комбайнами висота зрізу бадилля повинна становити 18–20 см, для картоплекопачів – 8–10 см. Технічні характеристики відповідного обладнання наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Технічні характеристики машин для збирання гички

Марка машини	Продуктив-ність, га/год	Ширина захвату, м	Робоча швидкість, км/год	Маса, кг	Клас тяги трактора
КИР-1,5Б	до 0,7	1,5	до 8	1800	1,4
КРУ-1,5	до 0,6	1,5	до 8	900	1,4
БД-2-70	до 1,0	1,4	до 7	350	0,6-0,9
БД-1	до 0,7	1,4	до 6	300	0,6-0,9

Для збирання бульб картоплі застосовуються комбайни серій ККУ (рис.3.1), КПК (рис.3.2), КИТ-2 та інші моделі.

Модифікації базової моделі включають:

- *ККУ-2А-1* – оснащений пасивним леміхом, підходить для прямого збирання врожаю як з гребенів, так і з рівного ґрунту.
- *ККУ-2А-3* – призначений для використання на торф’яних ґрунтах. Забезпечує збирання врожаю прямим, роздільним або комбінованим методом. Обладнаний здвоєними ходовими колесами. Має продуктивність до 0,4 га/год при робочій швидкості до 3 км/год, бункер вміщує 700–800 кг бульб. Машину обслуговують 7 працівників.

- *ККУ-2А-4* – розроблений для двофазного способу збирання на легких, слабо засмічених камінням ґрунтах. Відрізняється наявністю поворотного механізму для переведення ходових коліс у робоче або транспортне положення. Робоча ширина захвату – 1,4 м, швидкість – 2,3–2,9 км/год, продуктивність – 0,32–0,4 га/год. Обслуговує агрегат 7 осіб.

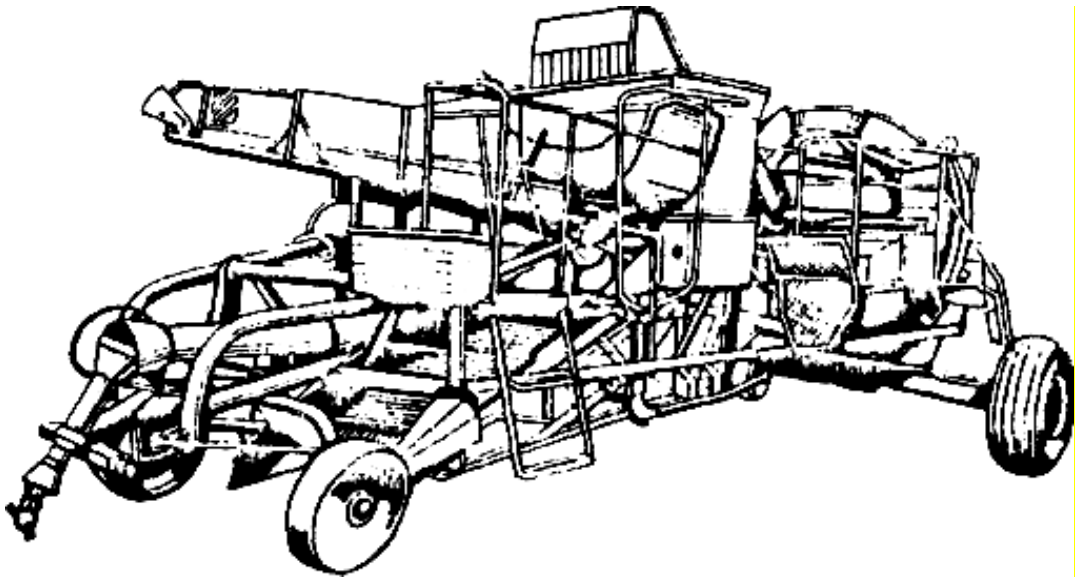
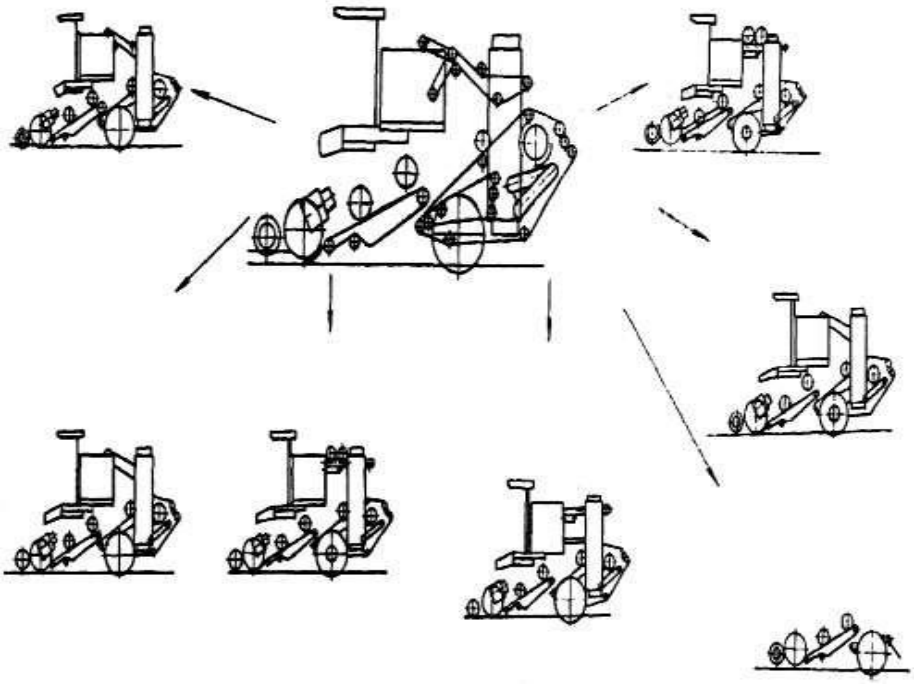


Рисунок 2.1 - Картоплезбиральний комбайн ККУ-2А-4

Основною є модель ККУ-2А — дворядний напівначіпний комбайн, призначений для роботи як на гребенях, так і на рівних ділянках поля. Його продуктивність становить від 0,32 до 0,43 га/год при робочій швидкості 1,8–4,0 км/год. Місткість бункера — 700–800 кг бульб, а для обслуговування машини залучають 4–5 працівників.

В важких умовах збирання використовують картоплекопачі, в тому числі РК- 1МА2 (рис. 2.3) та КДН-2 (рис. 2.4). Технічні характеристики копачів приведені в таблиці 2.2.



1 - базова модель КПК-3; 2 - КПК-2; 3 - КПК-2-1; 4 -КІЖ-2-2; 5 - КПК-2-3; 6 - КПК-3-1; 7 - КПК-4; 8 - КП-3 (2)

Рисунок 2.2 - Уніфіковані моделі комбайнів типу КПК

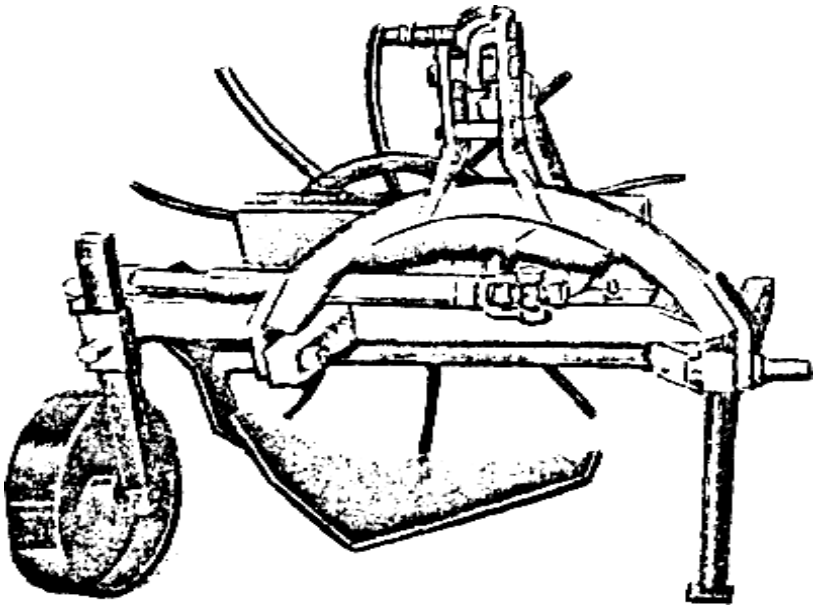


Рисунок 2.3 - Начіпний картоплекопач РК-1МА

Таблиця 2.2 -Технічні характеристики картоплекопачів

Марка	Продуктивність, га/год	Ширина захвату, м	Робоча швидкість, км/год	Маса, кг
КСТ-1,4А	0,27-0,91	1,4	до 6,5	1120
КСТ-1,4-2	0,54-0,68	1,4	3,8-4,8	1260
КТН-1Б	0,3-0,4	0,7	5 - 6	225
КТН-2	0,25-0,47	1,4	1,8-3,4	800
КДН-2	0,28-0,75	1,4	2,0-5,4	750
КТН-1А	0,2-0,4	0,7	3,6-4,6	190
Л-651	0,2-0,45	0,7	до 0,7	420
Л-652	0,27-0,91	1,4	1,9-6,5	1125
КГ-1	До 0,2	0,7	до 6	200
КРУ-1	0,38	0,7	5,4	100
РК-1МА	0,15-0,25	0,7	3,2-4,0	130
КН-1	0,25	0,7	до 3	200
КБН-2	0,2-0,5	1,4	до 3,5	500
ВК-30	0,2	0,9	до 5	1100
ККЕ-2	0,28-1,08	1,8	до 5	698
ККЕ-1	0,14-0,42	0,7	2-6	650

Найбільш поширеним в господарствах, які займаються вирощуванням картоплі, є комбайн ККУ-2 “Дружба” елеваторної та грохотної модифікації (рис. 2.5) [9].

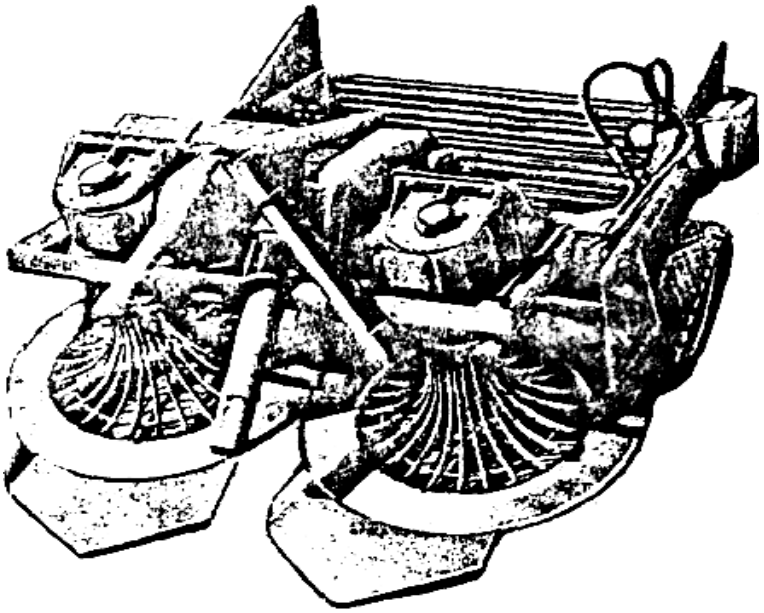


Рисунок 2.4 - Начіпний картоплекопач КДН-2

У 1981 році був створений перший самохідний картоплезбиральний комбайн КСК-4-1 (рис. 2.5).

Експлуатація цієї машини в умовах великих господарств, що спеціалізуються на картоплярстві, показала її високу ефективність: один комбайн з одним механізатором здатен зібрати за сезон від 100 до 150 гектарів картоплі, фактично замінюючи 4–7 дворядних агрегатів.

Трудові витрати при цьому значно знижуються:

- *КСК-4-1* – 5,41 люд.-год./га
- *ККУ-2* – 41,18 люд.-год./га

Крім того, споживання пального на гектар у чотирирядного комбайна зменшено на 12,6%.

Проте, серед недоліків машини варто відзначити її високу вартість і обмежений період використання протягом сезону. Щоб підвищити

рентабельність, було запропоновано об’єднати збиральні вузли в універсальний енергетичний модуль, до якого можна приєднувати змінні робочі органи для збирання різних культур. Такий підхід дозволяє одному механізаторові ефективно вирощувати і збирати як картоплю, так і цукрові буряки на площі до 150 га.

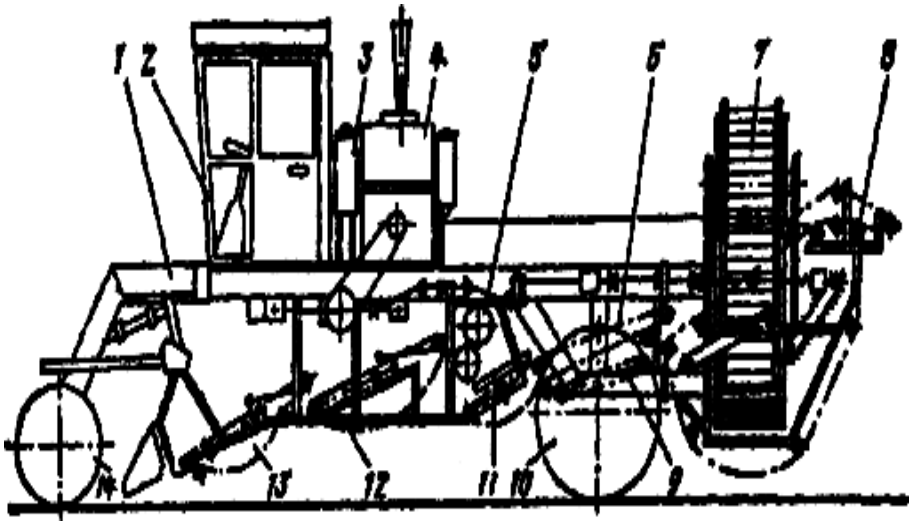
Після завершення збирання врожаю агрегат легко переобладнується без використання вантажопідйомної техніки і може використовуватись для транспортних, будівельних або дорожніх робіт. Це значно скорочує терміни окупності блочно-модульної техніки — у 2–3 рази.

Також було здійснено модернізацію моделі ККУ-2А, в результаті чого створено вдосконалений комбайн КВ-2 (рис. 2.6), який успішно пройшов випробування.

Основні переваги КВ-2 над ККУ-2А:

- удосконалена система копіювання гребенів;
- покращений підкопувальний механізм;
- каскадний прутковий елеватор, що працює без струшувачів, забезпечує м’яке сепарування ґрунту з використанням відцентрово-вижимного принципу, що зменшує пошкодження бульб;
- підвищена надійність системи відділення гички;
- надійніші грудкороздавлювачі;
- бункер збільшеного об’єму.

При цьому довжина комбайна КВ-2 зменшена на 1 метр у порівнянні з ККУ-2А, а його маса залишається в межах 4–4,2 тонни.



1 - рама; 2 - площадка водія з кабіною; 3 - привід робочих органів; 4 – силовий агрегат;5 - грудкоруйнівник; 6 - третій елеватор; 7 вивантажувальний транспортер; 8 - гичковіддільник; 9 - виносний транспортер; 10 - міст ведучих коліс; 11 поперечні транспортери; 12 - другий елеватор; 13 приймальна частина; 14 - міст керованих коліс

Рисунок 2.5 - Функціональна схема комбайна КСК-4-1

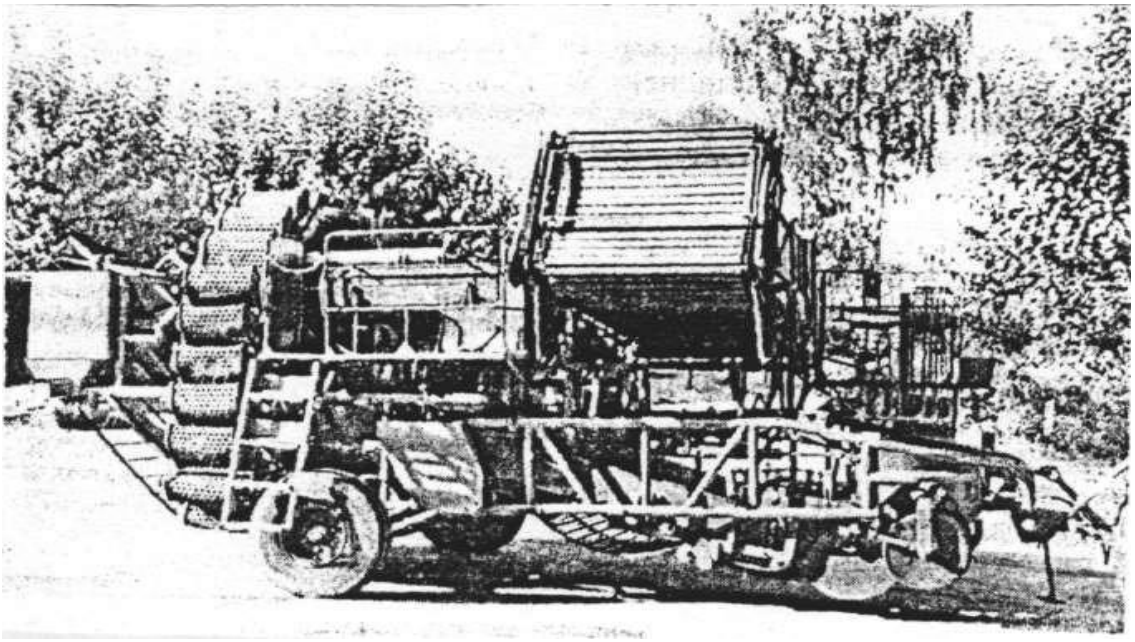
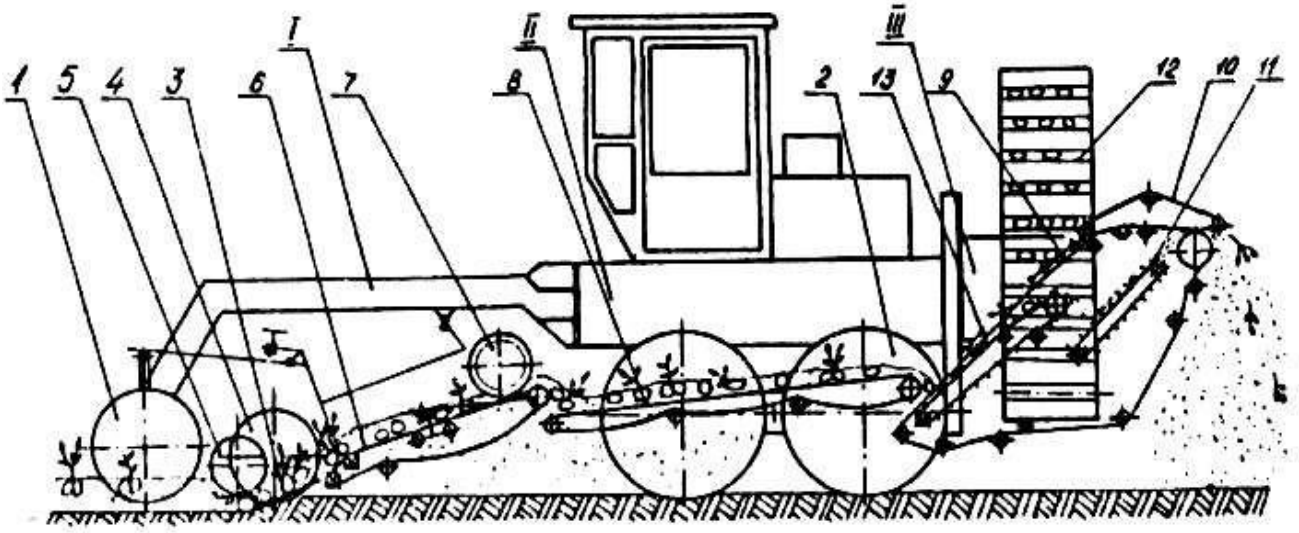


Рисунок 2.6 - Загальний вигляд комбайна КВ-2

Паралельно ведуться розробки блочно-модульних самохідних картоплезбиральних машин, таких як БМСК-4К [11]. У процесі роботи цього комбайна лемеші з активними дисками підрізають ґрунтовий шар разом із бульбами з чотирьох сусідніх грядок і транспортують його на головні елеватори, де відбувається первинне відділення землі (див. рис. 2.7). Далі залишкова маса спрямовується до звужуючих шнеків, які зсувають її до центральної частини комбайна для передачі на другий елеватор. Після цього маса переходить на прутковий транспортер, потім на третій елеватор, пальчикову гірку і врешті – на вивантажувальний транспортер.



1- керуюче колесо; 2-ведуче колесо; 3- леміш; 4-активний диск; 5-опорні копіювальні котки; 6-головний елеватор; 7-звужуючий шнек; 8-другий елеватор; 9 рідко-прутковий транспортер; 10-полотно; 11-гірка; 12-вивантажувальний транспортер

Рисунок 2.7 - Чотирьохрядний блочно-модульний самохідний комбайн БМСК-4К

Останніми роками було створено комбайн КИТ-2, який, однак, відзначається значними розмірами та вагою (приблизно 7 тонн). У конструкції цієї машини другий прутковий елеватор розташовано над ходовою частиною, що зумовлює необхідність подовження першого елеватора до понад 3,5 метрів і

встановлення його під крутим кутом. Така конфігурація спричиняє скочування і пошкодження бульб. Водночас головний прутковий елеватор комбайна ККУ-2А має більш оптимальні характеристики, які доцільно зберегти в нових моделях.

Останніми роками було розроблено картоплезбиральний комбайн *КИТ-2*, проте його великий розмір і маса (7 тонн) створюють певні труднощі. У цій машині другий прутковий елеватор розміщений над ходовими колесами, тому перший елеватор має збільшену довжину (понад 3,5 м) і встановлений під значним нахилом. Це спричиняє скочування бульб, їх пошкодження та знижує якість збирання. На відміну від цього, головний прутковий елеватор комбайна *ККУ-2А* має більш оптимальні параметри, які доцільно зберегти в нових конструкціях.

Під час збирання гичка та довгі бур’яни проходять між прутковим транспортером і притискним полотном, після чого викидаються на вже зібрану ділянку поля. Бульби, що відокремилися від гички, потрапляють на пальчикову гірку, скочуються на вивантажувальний транспортер і транспортуються до засобів перевезення. Проведені випробування показали високу ефективність блочно-модульних комбайнів.

Серед картоплекопачів, придатних для важких умов експлуатації, найбільш перспективною є модель *КДН-1,4* — дворядний елеваторно-модульний начіпний копач масою 440 кг, який агрегатується з трактором класу 1,4.

Під час руху агрегату вздовж рядків:

- котки копіюють рельєф поля, підтримують постійну глибину підкопування та частково відривають гичку;
- леміш підрізає ґрунт, який далі спрямовується вгору по нахиленій поверхні, де частково сепарується;

- при потраплянні каміння в зону між лемішем і сепаратором пруткові клавіші відхиляються, запобігаючи заклиненню;
- бульби разом із землею транспортуються П-подібними прутками, де маса подрібнюється, просіюється, а гичка частково відділяється;
- на прогумованому екрані-дозаторі грудки, каміння і бульби втрачають швидкість, після чого бульби остаточно відокремлюються й осідають на зібрану ділянку поля.

Результати господарських випробувань КДН-1,4 показали:

- ефективну роботу на легких ґрунтах при зниженій вологості на підвищених швидкостях (IV передача);
- високу якість зібраного врожаю без механічних пошкоджень (на відміну від КСТ-1,4);
- можливість сортування бульб за питомою вагою, незалежно від типу і вологості ґрунту чи вмісту каміння;
- спрощену конструкцію без великої кількості пруткових полотен, ланцюгів і зірочок, що покращує експлуатаційні характеристики.

Ведуться також розробки самохідних блочно-модульних картоплезбиральних комбайнів, зокрема *БМСК-4К.*

У цьому комбайні активні диски лемешів підрізають шар ґрунту з бульбами з чотирьох грядок. Маса подається на основні елеватори, де проходить первинна сепарація ґрунту (рис. 2.7). Залишкова маса спрямовується шнеками до центра комбайна, де передається на другий елеватор, далі — на прутковий транспортер, третій елеватор, пальчикову гірку, а потім — на вивантажувальний транспортер.

2.2 Огляд конструкцій робочих органів для відділення бульб від грунту

Особливості процесу збирання картоплі.

Процес механізованого збирання картоплі супроводжується низкою

труднощів, пов’язаних із специфікою вирощування цієї культури. Основні особливості, які необхідно враховувати при проектуванні та експлуатації збиральних машин:

1. *Різноманітність ґрунтів* Картопля вирощується на ґрунтах із різними фізико-механічними властивостями, що ускладнює завдання з ефективного руйнування пласта.

2. *Вологість глинистих ґрунтів* На важких, глинистих ґрунтах при підвищеній вологості (22–32%) ефективність сепарації знижується через пластичність і злипання частинок ґрунту.

3. *Схильність бульб до пошкоджень* Бульби легко травмуються. Наприклад, при падінні на елеватор з висоти всього 25 см може пошкодитися до 68% урожаю.

4. *Розвинене бадилля* Значна довжина бадилля (0,5–0,8 м залежно від сорту, зони вирощування та строків збирання) ускладнює роботу механізмів.

5. *Глибина і ширина залягання бульб* Бульби можуть знаходитися на глибині до 24 см і займати ширину до 36 см, що потребує підкопування великого поперечного шару ґрунту.

6. *Втрати при сепарації* Будь-який метод відокремлення ґрунту супроводжується певними втратами врожаю.

Ці чинники свідчать про високу актуальність створення надійної, простої та продуктивної картоплезбиральної машини. Заміна всіх робочих органів може бути недоцільною, однак вдосконалення сепаруючих систем є необхідним, адже саме від їх ефективності залежить до 80% успіху збирання.

Особливості ґрунту і підхід до сепарації.

Ґрунт, який потрапляє на сепаруючі органи, може мати різну структуру: дрібні грудки, великі брили або навіть тістоподібну консистенцію. За роки розвитку картоплезбиральної техніки було випробувано десятки варіантів сепаруючих систем, побудованих на різних фізичних принципах.

Проте спроби створити універсальний сепаруючий механізм, ефективний для будь-якого стану ґрунту, не мали успіху. Сучасна інженерна думка схиляється до розробки спеціалізованих рішень для кожного типу ґрунтового середовища, з урахуванням різниці у фізико-механічних властивостях.

Типи сепаруючих органів.

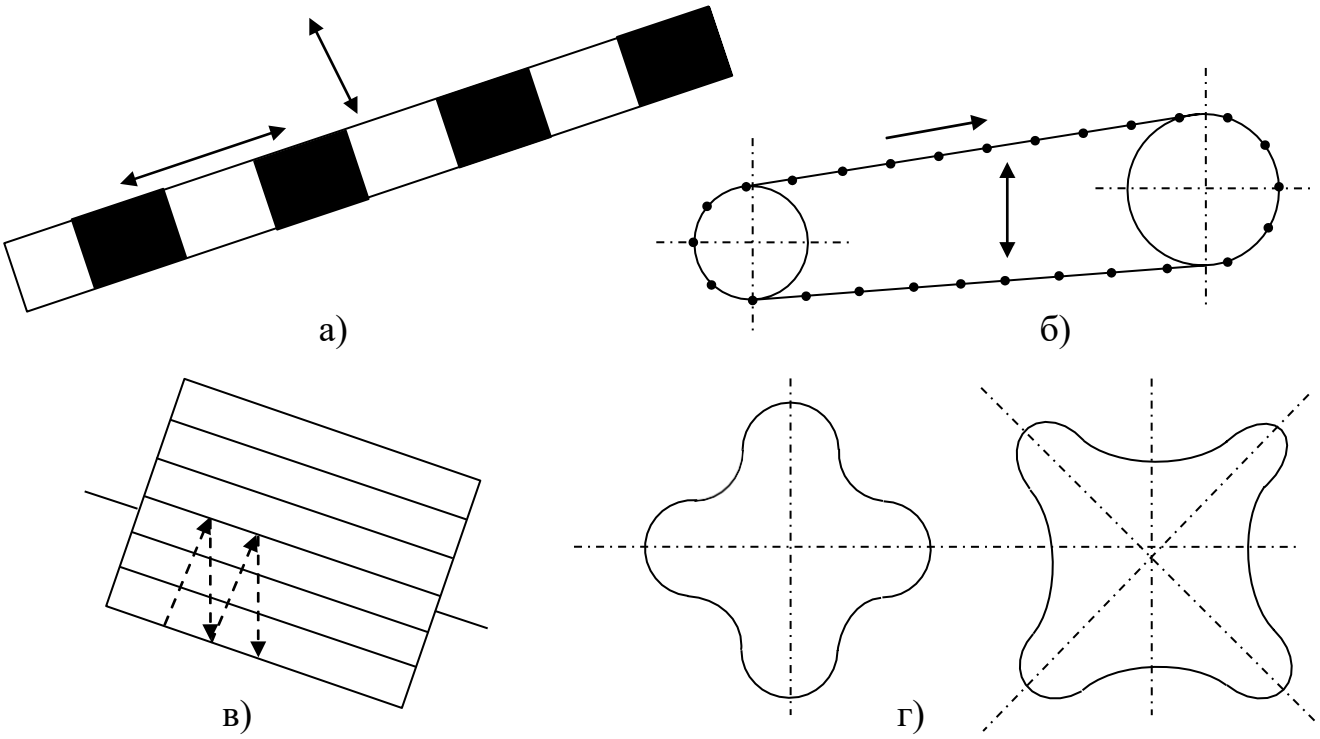


Рисунок 2.8-Типи сепаруючих робочих органів картоплезбиральних машин

Найбільш поширеними в Україні та за кордоном є просіюючі сепаруючі органи, серед яких:

- *Коливальні решета* (рис. 2.8а)
- *Пруткові елеватори* (рис. 2.8б)
- *Барабанні сепаратори* (рис. 2.8в)
- *Кулачкові (валкові) грохоти* (рис. 2.8г)

Незважаючи на тривале використання, прутковий елеватор залишається основним робочим органом. Його переваги:

- простота конструкції;
- можливість одночасної сепарації і транспортування;
- мала чутливість до зміни положення машини на нерівному рельєфі;
- ефективна робота при нахилі 20–25°.

Недоліки пруткового елеватора

Попри переваги, прутковий елеватор має і суттєві недоліки:

- велика кількість зон тертя призводить до швидкого зношення деталей;
- висока металоємність (робоча частина займає менше 40% довжини полотна);
- залипання полотна при роботі на вологих ґрунтах.

2.3 Вплив гірничої техніки на розвиток картоплезбиральних машин

Значний вплив на вдосконалення конструкцій сепаруючих робочих органів картоплезбиральних машин мала техніка, що застосовується в гірничій промисловості. Зокрема, грохоти, широко використовувані у гірничій справі, були адаптовані для потреб сільського господарства.

*Грохоти Переваги**:***

- можливість легко змінювати розмір отворів між прутками, що дозволяє адаптувати машину до умов роботи;
- простота технічного обслуговування та налаштувань.

*Недоліки***:**

- труднощі з урівноваженням інерційних сил, які виникають під час зворотно-поступального руху;
- вібрації можуть знижувати точність та надійність роботи машини.

*Барабанні грохоти переваги**:***

- висока надійність і стійкість у роботі;
- відсутність неврівноважених інерційних сил;
- можливість транспортування маси на велику висоту.

*Недоліки***:**

- схильність до забивання рештками рослин і вологим ґрунтом, що значно знижує ефективність сепарації;
- високий рівень пошкодження бульб, особливо при роботі на кам’янистих ґрунтах, через ударне взаємодіяння з твердими включеннями.

Інші типи сепараторів

Крім грохотів, в конструкції сучасних картоплезбиральних машин застосовують також:

- Клавішні сепаратори — забезпечують розділення маси за рахунок коливального руху і проходження через щілини між клавішами.
- Гвинтові сепаратори — передають масу вздовж робочого органу по спіральній лінії, одночасно сепаруючи дрібні включення завдяки обертанню.

Ці типи сепаруючих механізмів, з урахуванням специфіки ґрунтів і фізико-механічних властивостей бульб, дозволяють адаптувати збиральні машини до конкретних умов експлуатації.

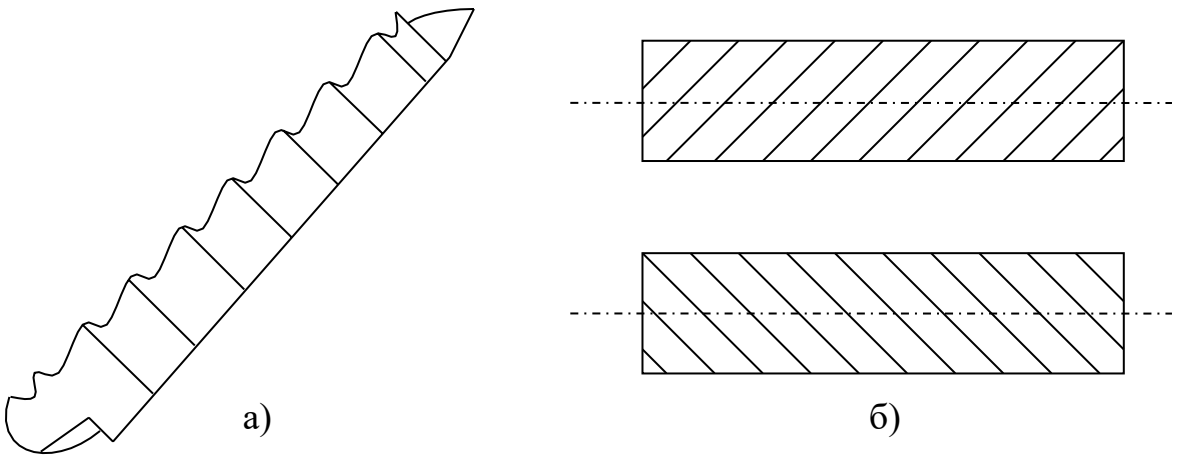


Рисунок 2.9 – Клавішні і гвинтові сепаратори

Прутково-клавішний сепаратор (рис. 2.9а) складається з двох секцій, які розміщені під кутом до горизонтальної площини. Кожна секція сформована із прутків, між якими передбачено визначені проміжки. В одній секції встановлено одинадцять прутків, у другій – дванадцять. Прутки розташовані

таким чином, що прутки однієї секції чергуються з прутками іншої, утворюючи в кожній секції дванадцять рівнів перепадів.

Гвинтові сепаратори переважно застосовуються у бурякозбиральній техніці. Проте компанія *Brunker* (США) адаптувала даний тип механізму для використання у картоплезбиральних машинах. Незважаючи на певні переваги, гвинтові сепаратори мають суттєвий недолік — високу ймовірність пошкодження бульб під час роботи.

Таким чином, жоден із існуючих типів сепаруючих робочих органів не є універсальним і не забезпечує максимально ефективне сепарування картоплі за будь-яких умов.

2.4 Удосконалення картоплекопача та його конструкція

Сепарація картоплі є однією з найважливіших операцій у процесі механізованого збирання. Для підвищення ефективності сепарації та зниження пошкодження бульб у картоплекопачі КТН-2В запропоновано замінити традиційний прутковий елеватор на новий тип елеватора, виконаний у вигляді паралельно розташованих до поздовжньої осі машини ланцюгових передач. Така конструкція сприяє зниженню травмування бульб і підвищенню продуктивності агрегату.

Особливістю нового сепаруючого пристрою є застосування зірочок із різними діаметрами, що забезпечує різні лінійні швидкості ланцюгів і, відповідно, підвищує інтенсивність процесу просіювання. У поперечному перерізі вхідна частина елеватора має зірочки, розташовані по кривій із вгнутою формою, тоді як на виході – по опуклій. Це дозволяє оптимізувати рух потоку маси всередині сепаруючої зони.

Привід елеватора здійснюється від ведучого вала із зірочками на виході. Зірочки вхідного вала закріплені на підшипниках ковзання, що дозволяє їм залишатися веденими. Для інтенсифікації процесу сепарації в робочій вітці елеватора встановлені підтримуючі зірочки на підшипниках ковзання.

Леміш виконаний зі змінною довжиною, а його передня частина має форму, яка відповідає профілю вхідних зірочок. Це дозволяє зменшити втрати бульб і поліпшити кришення пласта. Крім того, приймальна частина леміша має криволінійний профіль, що знижує тяговий опір та підвищує якість підкопування.

Основні вузли та механізми картоплекопача

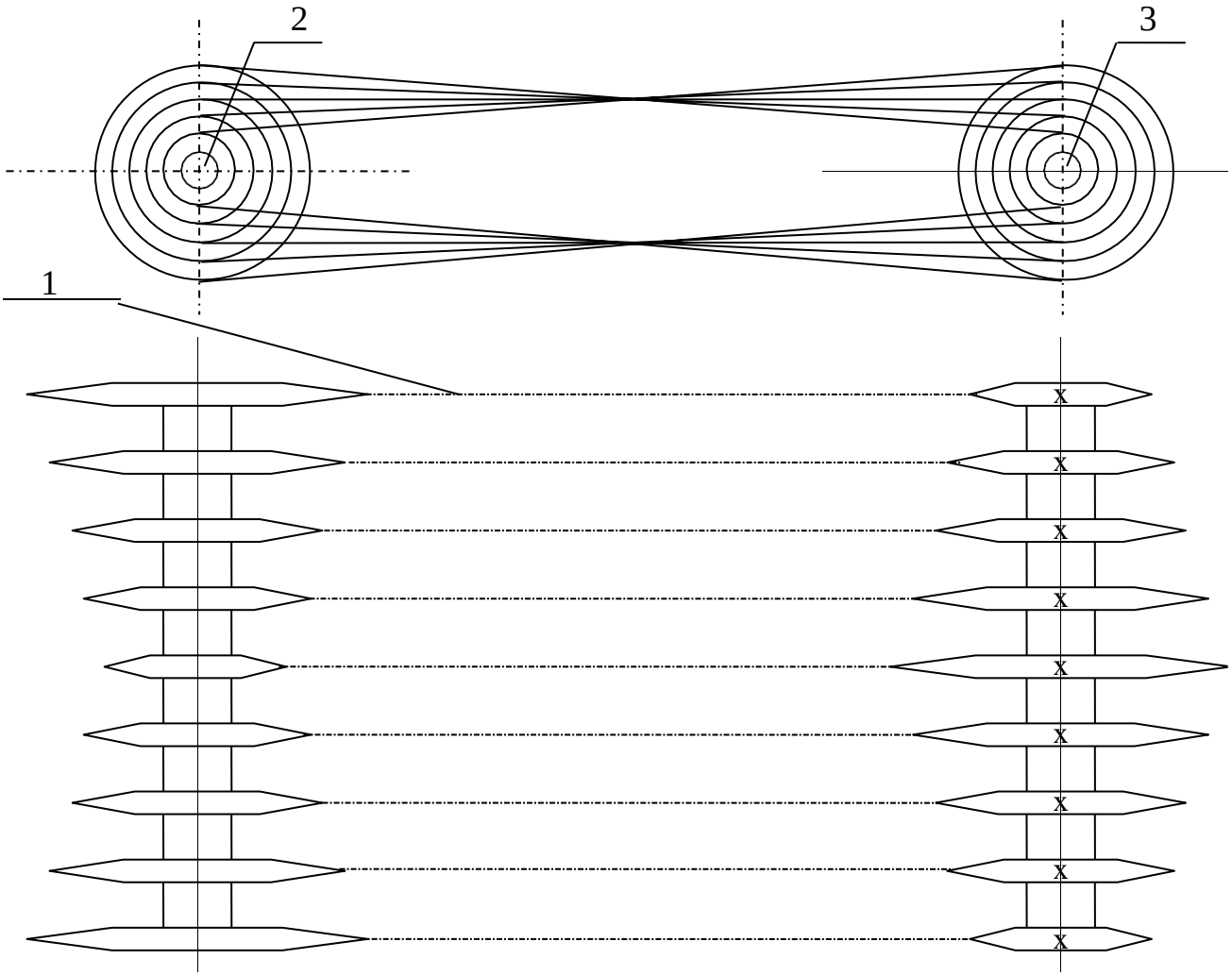
Картоплекопач складається з таких основних компонентів:

- *Рама* – зварна конструкція з штампованих боковин та прокатних профілів, призначена для монтажу всіх механізмів.
- *Леміші* – ріжучі елементи для підкопування грядок. Має три леміші: два крайні з відкидними клапанами (для переходу на елеватор) та один середній, закріплений на центральній стінці.
- *Основний елеватор* – виконує попереднє просіювання ґрунту. Складається з двох секцій з ланцюговими передачами, встановленими на зірочки різного діаметра для створення різниці швидкостей.
- *Каскадний елеватор* – розташований позаду, включає в себе ведучий вал, зірочки, напрямні котки та струшувачі. Забезпечує додаткову сепарацію.
- *Привід* – від трактора через телескопічний вал, редуктор і запобіжну муфту, що відключає передачу при перевантаженні.
- *Відбивачі* – з боків каскадного елеватора, виготовлені з обрізаних прутків, зменшують розкидання картоплі.
- *Опорні колеса* – слугують для пересування агрегата по полю і копіювання рельєфу.

Принцип роботи картоплекопача

Під час роботи леміші підрізають пласт ґрунту, який подається на основний елеватор. Завдяки різниці між швидкістю руху трактора і швидкістю

ланцюгової передачі відбувається розпушення пласта. Частина ґрунту просіюється через проміжки між ланцюгами, а вертикальне струшування (здійснюване еліптичними струшувачами) прискорює процес сепарації. Решта маси, що не просіялася, проходить через каскадний елеватор і викладається на поле позаду машини.



1 – ланцюгова передача; 2 – ведений вал; 3 – ведучий вал

Рисунок 2.10 - Ланцюговий елеватор удосконаленого копача

Розразунок параметрів леміша та привідного вала проводилося за стандартною методикою представлено в Додатку А. Приймаємо значення діаметра вала рівним 0,055 м.

РОЗДІЛ 3
ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Загальні вимоги безпеки при експлуатації картоплезбиральної техніки

При виконанні механізованих робіт зі збирання картоплі працівники стикаються з підвищеною небезпекою через наявність рухомих механізмів, обертових вузлів, високого рівня шуму, вібрації та запиленості повітря. Тому дотримання правил охорони праці є обов'язковою умовою забезпечення безпечної роботи обслуговуючого персоналу.

Усі роботи з технічним обслуговуванням, підготовкою та експлуатацією картоплекопача повинні виконуватись згідно з вимогами ДСТУ EN ISO 4254-1**,** ДСТУ 3135.0 **та** Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві. Перед початком роботи працівники повинні пройти інструктаж з техніки безпеки та бути забезпечені засобами індивідуального захисту (ЗІЗ): спецодягом, захисними рукавицями, окулярами, навушниками (при роботі з шумною технікою).

3.2 Безпечна експлуатація удосконаленого викопуючого механізму

У конструкції удосконаленого картоплекопача передбачено ряд технічних рішень, що покращують не лише ефективність роботи, а й рівень безпеки. Наприклад:

- Всі рухомі частини елеваторів (ланцюгові передачі, зірочки, вали) закриті захисними кожухами, що запобігає контакту з ними під час роботи.
- Леміш має покращену геометрію для зниження тягового опору, що зменшує навантаження на агрегат і, відповідно, знижує ймовірність аварійних ситуацій.

- Запобіжна муфта, встановлена у приводі, спрацьовує при перевантаженнях, роз'єднуючи кінематичний ланцюг і зменшуючи ризик виходу з ладу конструктивних елементів та травмування оператора.

При обслуговуванні викопуючого механізму необхідно:

- Проводити регулярний огляд і змазування вузлів згідно з інструкцією.
- Проводити всі налаштування та усунення несправностей тільки при зупиненому двигуні трактора і вимкненому приводі.
- Забороняється перебувати поруч із робочими органами під час роботи агрегата.

3.3 Вимоги до умов праці оператора

Оператор трактора повинен мати відповідну кваліфікацію та допуск до роботи. Робоче місце оператора повинне відповідати ергономічним вимогам:

- Кабіна має бути ізольована від пилу і шуму, обладнана сидінням з амортизатором, хорошою вентиляцією та оглядовістю.
- Допустимий рівень шуму не повинен перевищувати 85 дБ, вібрації — згідно з нормами ДСН 3.3.6.039-99.
- Робочий день оператора має відповідати санітарним нормам з обов’язковими перервами на відпочинок.

3.4 Пожежна безпека

Особливу увагу слід приділяти заходам пожежної безпеки:

- Заборонено використовувати відкритий вогонь поблизу паливної системи або під час технічного обслуговування агрегата.
- В кабіні трактора має бути вогнегасник (не менше 2 л), який слід перевіряти перед початком робіт.
- Місце зберігання палива повинне бути облаштоване згідно з вимогами протипожежної безпеки.

3.5 Електробезпека

Хоча у типовій картоплезбиральній машині електрообладнання мінімальне, усі елементи електропроводки мають бути надійно ізольовані. При роботі з акумуляторами необхідно використовувати гумові рукавички, а сам акумулятор має бути надійно закріплений у відведеному місці.

Висновок по розділу.

Забезпечення безпеки при експлуатації картоплезбиральної техніки є ключовою умовою ефективної та безаварійної роботи. Дотримання вимог охорони праці, пожежної безпеки, електробезпеки, а також ергономічних стандартів для умов праці оператора мінімізує ризики травматизму, поломок і надзвичайних ситуацій. Удосконалення конструкції викопуючого механізму сприяє не лише підвищенню продуктивності, а й підсиленню захисту персоналу. Отже, системний підхід до організації безпечної експлуатації техніки є необхідною умовою для стабільної роботи в сільськогосподарському виробництві.

РОЗДІЛ 4.
ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВИРОЩУВАННЯ КАРТОПЛІ В ЗОНІ ЛІСОСТЕПУ

4.1. Основні показники економічної ефективності

Економічна ефективність вирощування картоплі визначається низкою показників, зокрема: урожайністю, рівнем матеріальних витрат, собівартістю, ціною реалізації, прибутком та рентабельністю. Для отримання прибутку необхідно досягати не лише високої врожайності, але й оптимального співвідношення витрат і доходів.

Урожайність є базовим чинником, що прямо впливає на обсяги продукції з одиниці площі. У зоні Лісостепу середня врожайність становить 160–250 ц/га залежно від сорту, технології вирощування та погодних умов.

4.2. Витрати на вирощування картоплі

До основних статей витрат на 1 га входять:

- Підготовка ґрунту – оранка, боронування, культивація;
- Насіннєвий матеріал – близько 2,5–3,0 т бульб на 1 га;
- Добрива – органічні (гній або компости) та мінеральні (азот, фосфор, калій);
- Засоби захисту рослин – інсектициди, фунгіциди, гербіциди;
- Поливи (за потреби) – з урахуванням кліматичних умов;
- Ручна праця або механізовані операції – посадка, догляд, збирання;
- Пальне, амортизація техніки, оплата праці.

У середньому, загальні витрати на вирощування 1 га картоплі в зоні Лісостепу становлять 45 000–65 000 грн, залежно від інтенсивності технології та виду господарства (приватне, фермерське, промислове).

4.3. Доходи та прибуток

Середня ціна реалізації картоплі у 2024 році в Лісостепу коливалась у межах 6–8 грн/кг. Виходячи з урожайності 200 ц/га (20 000 кг), валовий дохід становить:

- при ціні 6 грн/кг — 120 000 грн/га;
- при ціні 8 грн/кг — 160 000 грн/га.

Відповідно, прибуток з 1 га може становити:

- при витратах 60 000 грн/га:
  - при ціні 6 грн/кг: 60 000 грн/га,
  - при ціні 8 грн/кг: 100 000 грн/га.

4.4. Рівень рентабельності

Рентабельність вирощування картоплі розраховується за формулою:

Рентабельність (%) = (Прибуток / Витрати) × 100

При наведених даних:

- при витратах 60 000 грн та прибутку 60 000 грн: Рентабельність = (60 000 / 60 000) × 100 = 100 %
- при прибутку 100 000 грн: Рентабельність = (100 000 / 60 000) × 100 = 167 %

Ці розрахунки свідчать про високу економічну доцільність вирощування картоплі при дотриманні інтенсивної технології, правильному виборі сортів та ефективному ринковому збуті продукції.

Розрахунок економічної ефективності використання машинно тракторного агрегату з удосконаленим робочим органом представлено Додаток Б.

ВИСНОВКИ

Одним із ключових напрямів удосконалення картоплезбиральної техніки є інтеграція активних робочих органів, що забезпечують ефективніше розпушування підкопаного шару ґрунту з бульбами та краще відокремлення домішок.

Запропоновано нову конструкцію картоплекопача, яка дозволяє інтенсивніше проводити процес сепарації підкопаної маси. Визначено основні конструктивні параметри та оптимальні режими роботи удосконаленого агрегату.

Розроблений картоплекопач демонструє приріст продуктивності майже у 1,6 раза порівняно з серійною моделлю КТН-2В аналогічного класу. Проведено оцінку основних технологічних та кінематичних характеристик процесу збирання картоплі.

Складено операційно-технологічну карту збирання картоплі із застосуванням удосконаленого копача.

Розроблено комплекс заходів для забезпечення безпечної експлуатації вдосконаленого картоплекопача.

Економічний ефект від впровадження розробленого копача становить 17,2 грн/га, що при використанні техніки на площі 60 га забезпечує річну економію в розмірі 1032 грн. Витрати праці знижуються на 0,84 люд.-год/га, а витрати на модернізацію повністю окупаються протягом першого року експлуатації. Додатково покращується якість збирання врожаю.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кононученко В.В., Каліцький П.Ф., Шарапа М.Г. Основні напрямки ресурсозбереження при вирощуванні картоплі // Агроінком, № 2-3, 2007.- с. 18 – 21.

2. Антошин В. З., Козирів С. Н. Карти технологічного налаштування грунтообробних та посівних МТА.- К.: Вища школа., 2001. – 152 с.

3. Механізація захисту рослин: Довідник/ Велицький А. К., Лисів В. І. Та ін. – Львів.: Агрико, 2012. - 223 с.

4. Кобець А.С., Шемавньов В.І. Характеристики міцності кормових коренеплодів //Вісник аграрної науки, № 8, 1995. – с. 93 – 96.

5. Пилипенко Л.А., Тактаєв Б.А. Нематодостійкі сорти. Селекція та впровадженняв виробництво //Захист рослин.-2007, листопад. – с. 17 – 18.

6. Немченко І. Проблеми збільшення виробництва та поліпшення якості картопліна Україні //Сільські обрії.- № 11 – 12, 2004. – с. 5 – 9.

7. Машиновикористання в землеробстві /В.Ю. Ільченко, Ю.П. Нагірний, П.А. Джолос та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка, Ю.П. Нагірного. – К.: Урожай, 2006. –384с.

8. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві /В.Ю. Ільченко, В.П. Карасьов, А.С. Лімонт та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка. –К.: Урожай, 2003. 224с.

9. Типові норми виробітку і витрачання палива на механізовані польові роботи. /Держагропром України. – К.: Урожай, 2001. – 472 с.

10. Дусанюк В.А., Кравченко І.Є. Визначення техніко-експлуатаційних показників роботи машинно-тракторних агрегатів. Методичні вказівки по виконанню лабораторної роботи. ВДСГІ, 2008. – 30 с.

11. Н.С. Красніченко. Довідник конструктора по сільськогосподарським машинам. -К.: Урожай, 2009. – 154 с.

12. Панченко А.М. Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин. Дніпропетровськ: ДДАУ, 2002. 395 с.

13. А.С. Кобець. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин. Дніпропетровськ : 2009. 65 с.

14. Операційна технологія вирощування зернових культур. Довідник. /В.Ф.Сайко, М.В.Сокоренко, Д.А.Димкович та ін..; За ред. В.Ф.Сайко. – К.: Урожай, 2010. – 312 с.

15. Гарькавий А.Д., Томчук В.В., Кравченко І.Є., Кондратюк Д.Г., Спірін А.В. Визначення номінального і граничного значення рушійної сили агрегату. Методичні рекомендації по виконанню лабораторно-практичної роботи. ВДСГІ, 2009. –5с.

17. Гарькавий А.Д., Кондратюк Д.Г., Спірін А.В., Кравченко І.Є. Складання операційно-технологічних карт виконання механізованих сільськогосподарських робіт. Методичні рекомендації по виконанню лабораторно-практичної роботи. ВДСГІ, 2009. – 5с.

18. Гарькавий А.Д., Томчук В.В., Кондратюк Д.Г. Визначення технічно обґрунтованих норм виробітку та витрат палива. Методичні рекомендації по виконанню лабораторно-практичної роботи. ВДСГІ, 2009. – 16 с.

19. Гарькавий А.Д., Кондратюк Д.Г., І.Є. Кравченко, Спірін А.В., В.В. Томчук Розрахунок техніко-економічних показників роботи машинно-тракторних агрегатів. Методичні рекомендації до виконання лабораторної роботи. ВДСГІ,2012. – 5 с.

20. Кобець А.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин/ Дніпропетровськ, 2009. – 204 с.

21. Машиновикористання в землеробстві /За редакцією В.Ю.Ільченка і Ю.П.Нагірного. – Київ, “Урожай”, 2006.- 382 с.

22. Діденко Н.К. Експлуатация машинно-тракторного парка. Київ,: «Вищашкола», 2007. – 392 с.