

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

**П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а**

до дипломної роботи  
другого (магістерського) рівня вищої освіти  
на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ  
БУРЯКА КОРМОВОГО З ОБГРУНТУВАННЯМ  
ПАРАМЕТРІВ КОПАЧА**

**Виконав:** студент \_\_\_\_\_ Сумченко Богдан Олегович

**Керівник:** \_\_\_\_\_ Кобець Анатолій Степанович

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро 2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри тракторів і  
сільськогосподарських машин

(назва кафедри)

**ДОЦЕНТ**

(вчене звання)

\_\_\_\_\_ (підпис)

\_\_\_\_\_ (прізвище, ініціали)

„\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**З А В Д А Н Н Я  
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

\_\_\_\_\_ (прізвище, ім'я, по батькові)  
1. Тема роботи \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
керівник роботи \_\_\_\_\_

затверджені наказом закладу вищої освіти від “\_\_\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року  
№ \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом роботи \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до роботи \_\_\_\_\_

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) \_\_\_\_\_



## АНОТАЦІЯ

Сумченко Б.О. Удосконалення технології вирощування буряка кормового з обґрунтуванням параметрів копача/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2022. – 69 с.

В роботі представлено удосконалену технологію вирощування буряків кормових, аналіз біологічних та фізико-механічних характеристик кормових буряків. Проведено патентний аналіз викопуючих робочих органів для збиральних робіт.

На розробленому стенді проведено лабораторні дослідження експериментального копача і визначено основні його параметри і режим роботи.

Розроблені заходи з охорони праці, які підвищують рівень безпеки працівників при виконанні технологічних операцій.

Річний економічний ефект від застосування розробок на практиці становить 36242,5 грн.

Ключові слова: кормовий буряк, технологія, коренеплоди, стенд, макет, параметри, режим роботи, охорона праці, економічний ефект.

## З М І С Т

В С Т У П. ....	6
1 УДОСКОНАЛЕНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ КОРМОВИХ БУРЯКІВ. ....	9
2 ПАТЕНТНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ РОБОЧИХ ОРГАНІВ. ....	20
3 ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОРМОВИХ КОРЕНЕПЛОДІВ. ....	29
4 КОНСТРУКЦІЯ СТЕНДА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ. ....	35
5 РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ УДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ. ....	41
6 ОХОРОНА ПРАЦІ. ....	47
6.1 Правила техніки безпеки при роботі на удосконаленій машині. ....	47
6.2 Захист від вібрацій. ....	50
7 РОЗРАХУНКИ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ. ....	54
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ. ....	60
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ. ....	61
Д О Д А Т К И. ....	64

## ВСТУП

Кормовий буряк є важливою культурою в сільському господарстві, яка допомагає забезпечувати тваринам необхідний раціон харчування. Кормовий буряк містить багато вітамінів, мінералів, цукру, крохмалю та інших поживних речовин, що необхідні тваринам для енергії, росту і розвитку [1].

Кормовий буряк - це дворічна рослина, що попадає до родини амарантових (Amaranthaceae). У перший рік свого розвитку він формує масивний коренеплід, а наступного року створює квітконосні пагони, плоди та насіння [2].

Ця культура має високу цінність як корм для тварин. Її коренеплоди відрізняються приємним смаком, легко засвоюються тваринами. Попри помірний вміст сухих речовин, 1 центнер коренеплодів містить 12-15 кормових одиниць. Вони також багаті на ферменти, вітаміни, макро- і мікроелементи.

Кормовий буряк є джерелом легко перетравних вуглеводів, вміст яких складає 9%, і має високий коефіцієнт перетравності на рівні 96-98%. Протеїновий вміст у нього невеликий і становить 1,1-1,5%. Коренеплоди поїдаються тваринами у свіжому вигляді. Гичка кормового буряка має важливе значення в кормовому виробництві.

Гичку використовують як у свіжому вигляді, так і для приготування силосу. Вміст кормових одиниць в гичці складає 10 одиниць на 1 центнер. Врожай гички становить 20-30% від загальної маси коренеплодів. Одними з кращих сортів для вирощування є білий гігант, екендорфський жовтий, червоний гігант.

Вирощування кормового буряку має важливе агротехнічне значення. Для цієї культури вносять великі кількості добрив, проводять боротьбу з бур'янами, і він є корисним попередником для інших сільськогосподарських культур у системі сівозміни.

Протягом останніх років пройшли значні зміни в технології вирощування та оцінці переваг кормових буряків. Урожайність кормових буряків за останні 30 років збільшилася у два рази, а енергетична цінність наблизилася до концентрованих кормів. Урожайність коренеплодів кормового буряка висока, зазвичай коливається від 600 до 800 центнерів на гектар, але при хорошій агротехніці може сягати 1000-1500 центнерів на гектар. Це забезпечує значно більший збір сухих речовин з одиниці площі порівняно з зерновими культурами. Водночас, урожайність гички кормового буряка (100-300 центнерів на гектар) може конкурувати з врожаєм середньої величини однорічних трав без додаткових витрат.

Замість концентрованих кормів сьогодні збільшується попит на основний корм господарської діяльності, тому кормові буряки вийшли на перше місце серед всіх основних кормових культур.

Вирощування і використання кормових буряків в раціоні тварин сьогодні означає:

- економію концентрованих кормів;
- зниження витрат виробництва;
- покращення якості молока;
- підвищену ціну на продукцію для виробника молока.

На тих підприємствах, де впроваджено використання кормових буряків, практично в усіх випадках виробництво стає більш економічним і таким чином стає можливим збільшення доходів цих підприємств. Якщо порівняти собівартість енергетичної одиниці при однакових затратах між кормовими буряками та концентрованими кормами, то у випадку використання перших вони наполовину менші.

Не зважаючи на велику кормову цінність кормових буряків, вони вирощуються на невеликих площах в господарствах, де є тваринництво, зокрема, ВРХ. Обмеження посівів обумовлене ще досить великими затратами ручної праці при вирощуванні і, в основному, при збиранні урожаю. Оскільки спеціальних машин для збирання кормових буряків промисловість не випускає,

а в основному використовуються машини, які призначені для збирання цукрових буряків.

Тому на сьогодні стоїть завдання створення машин для збирання кормових коренеплодів, або змінних робочих органів до існуючих машин для збирання цукрових коренеплодів. І в першу чергу створення ефективних викопувальних робочих органів.

Метою даної роботи є удосконалення технології вирощування кормових буряків з обґрунтуванням параметрів і режиму роботи копача для викопування коренеплодів.

## 1 УДОСКОНАЛЕНА ТЕХНОЛОГІЯ ВИРОЩУВАННЯ КОРМОВИХ БУРЯКІВ

Кормові буряки – культура великих потенційних можливостей, в умовах оптимального поєднання агротехнічних факторів вона забезпечує урожайність коренеплодів 2800 ц/га і більше. Впровадження інтенсивної технології вирощування кормових буряків дає можливість зменшити витрати насіння, підвищити врожайність коренеплодів і зменшити у затрати праці [3, 4, 5].

**Попередники і місце в сівозміні.** Попередник має забезпечувати чистоту поля, не мати спільних шкідників та хвороб. Для одержання високих урожаїв кормові буряки розміщують у польових сівозмінах після озимих і ярих зернових культур, які висівали по багаторічних травах та однорічних на корм і силос, а також після зернобобових.

Не рекомендується висівати кормові буряки на одному й тому ж місці раніше ніж через три роки.

Кормові буряки дають високі врожаї на розпушених, добре окультурених родючих ґрунтах. Найкращі для них – чорноземи легко - та середньо-суглинкові, супіщані ґрунти нормального зволоження з потужним орним шаром та дрібно-грудкуватою структурою, які мають достатню водопроникність і вологоємність, нещільну будову орного і підорного шарів, що сприяє інтенсивному розвитку кореневої системи і росту коренеплодів. На піщаних ґрунтах високі врожаї кормові буряки дають за доброї вологозабезпеченості та внесенні великих доз органічних і мінеральних добрив. Непридатні для них глинисті, дуже підзолисті ґрунти з високою кислотністю.

Кормові буряки відрізняються високою солевитривалістю. Вони мають слаборозвинуту кореневу систему і разом з тим потребують велику кількість поживних речовин, тому дають високі врожаї тільки за наявності в ґрунті достатньої кількості азоту, фосфору, калію, кальцію та мікроелементів. Оптимальна кислотність ґрунту для кормових буряків – рН 6,0...7,0.

У зоні нестійкого зволоження поле кормових буряків розміщують у ланці з зайнятим паром, у ланці з багаторічними бобовими травами однорічного використання. У зоні недостатнього зволоження розміщують буряки в ланках сівозміни з багаторічними травами на один укіс та однорічними культурами на один укіс. Попередник має забезпечувати чистоту поля, не мати спільних шкідників та хвороб. Для зменшення затрат на перевезення посіви кормових буряків за можливості розміщують поблизу тваринницьких ферм.

**Основний обробіток ґрунту.** Одним із основних завдань правильного обробітку ґрунту є створення сприятливого його водно-повітряного, теплового і поживного режимів протягом усього періоду вегетації рослин. Окрім покращання фізичних, хімічних і біологічних властивостей, обробіток ґрунту сприяє знищенню бур'янів, шкідників і збудників хвороб сільськогосподарських рослин, а при зароблянні в ґрунт добрив і рослинних решток, створюються сприятливі умови для високоякісної сівби насіння, одержання повних і дружніх сходів, підвищення ефективності агротехнічних, хімічних, біологічних заходів.

Кормові буряки добре реагують на глибоку оранку та розпушування підорного шару ґрунту для забезпечення сприятливих водно-повітряного, температурного та поживного режимів ґрунту.

Послідовність обробітку ґрунту залежить від його типу, попередника та характеру засміченості бур'янами конкретного поля. У разі забур'яненості поля лише однорічними дводольними та злаковими бур'янами (куряче просо, мишій сизий, дика редька, лобода, щиріця та інші) слід одразу після збирання попередника провести перше лушення на глибину 6–8 см дисковими лушчильниками типу ЛДГ-10, ЛДГ-15.

Таким способом ми закриваємо вологу й провокуємо проростання насіння бур'янів у ґрунті. Через 10–14 днів, коли з'явиться максимальна кількість сходів бур'янів, треба ще раз провести лушення (поперечне) на глибину 12–14 см лемішними лушчильниками ППЛ-10-25 в агрегаті з важкими зубовими боронами.

Після дворазового лушення вносять органічні добрива, гній – 60–80 т/гектар.

На полях, забур'янених багаторічними кореневищними та коренепаростковими бур'янами (пирій, осот), краще проводити хімічні методи контролю: восени, коли проросте максимальна кількість бур'янів, за температури не нижче 18°C по вегетуючій масі бур'янів внести один із гербіцидів суцільної дії (Раундап, Буран, Вулкан, Ураган) згідно з інструкцією. Через 15–20 днів бур'яни загинуть, після цього провести одноразове лушення на глибину 6–8 см, внести органічні добрива й здійснити зяблеву оранку на глибину 28–30 сантиметрів.

Для забезпечення якісної оранки та зменшення енерговитрат під кормові буряки доцільно застосовувати оборотні плуги. За наявності значної кількості рослинних решток краще орати ярусними плугами типу ПЯ-3-35. Такий пошаровий обробіток з осені забезпечує максимальне знищення бур'янів та заорювання рослинних решток. Оранка проводиться за швидкості агрегату до 7 км/год. Восени після оранки, за наявності гребенів та борозен проводиться їх вирівнювання культиваторами типу КПС-4 або Європак. Швидкість руху агрегату 8...12 км/год.

**Система удобрення.** Найефективнішим заходом підвищення врожайності кормових буряків є застосування раціональної системи удобрення. Найбільше азоту кормові буряки використовують у червні-липні; фосфору – в липні; калію – в червні-вересні.

Норму внесення мінеральних добрив визначають, зважаючи на запаси поживних елементів у ґрунті, ступінь засвоєння мінеральних добрив рослиною та заплановану врожайність.

Щоб одержати по 800 ц/га кормових буряків на чорноземах опідзолених, вилугуваних, мінеральні добрива треба внести з розрахунку на 1 гектар: 150–180 кг/га діючої речовини азоту (4,5–5,0 ц аміачної селітри), фосфору – 90–100 кг/га діючої речовини (4,5–5,0 ц/га суперфосфату) і калію 180–200 кг/га діючої речовини (калімагnezія – 6–7 ц/га).

Переважну частину рекомендованої чи розрахункової норми мінеральних добрив (70–90%) додають до основного удобрення. У рядки мінеральні добрива

вносяться в дозі N10P15-20K10-15. Треба мати на увазі, що весняне внесення добрив менш ефективно порівняно з використанням їх в основне удобрення.

**Весняний обробіток ґрунту.** Метою весняного обробітку ґрунту є: вирівняти поверхню поля (за потреби, якщо вирівнювання не було проведене з осені), доведення його до дрібногрудкуватого стану, не допустити втрат вологи та створити необхідні умови для якісного проведення передпосівного обробітку ґрунту, сівби й догляду за посівами. Ранньовесняне розпушування поверхні ґрунту слід проводити в період його фізичної стиглості на одному полі за 1-2 дні за вологості на межі пластичності, коли ґрунт не мається, але подрібнюється без налипання на робочі органи. Проводиться технологічна операція широкозахватним агрегатом із борін ЗБЗТУ-1 у поєднанні з боронами ЗБП-0,6А або ЗОР-0,7 (райборінка) чи шлейф-боронами ШБ-2,5 та зчіпки С-11У впоперек або під кутом до напрямку оранки в один-два сліди. Для ранньовесняного обробітку ґрунту доцільно також застосовувати комбіновані агрегати типу АРВ-8,1-01, борону пружинну БПВ-15 або борону ЗБР-24, начіпне зчеплення борін СБН-10, які за один прохід створюють дрібногрудкуватий шар ґрунту. Проте не допускається передчасний обробіток недозрілого ґрунту, що призводить до утворення великих грудок, які не піддаються подальшому подрібненню.

**Передпосівний обробіток ґрунту.** Передпосівний обробіток ґрунту проводять з метою розпушення верхнього шару ґрунту на глибину загортання насіння, вирівнювання поверхні ґрунту, знищення бур'янів. Глибина розпушеного шару ґрунту повинна бути однаковою по всій ширині агрегату і не повинна відхилятися від заданої. Технологія обробітку ґрунту безпосередньо перед сівбою і вибір знарядь для її виконання залежать від ґрунтових і метеорологічних умов. Добрі результати щодо вирівнювання поверхні поля, рівномірності глибини обробітку ґрунту, створення його дрібногрудкуватого стану на глибину загортання насіння та умов для загортання насіння у вологий шар ґрунту на однакову глибину забезпечують широкозахватні агрегати типу АРВ-8,1-0,2, комбіновані агрегати для передпосівної підготовки ґрунту типу «Компактор» (Lemken) або вітчизняні аналоги, культиватори типу УСМК-5,4Б,

укомплектовані стрілочастими лапами та прутковими барабанами. Передпосівний обробіток ґрунту необхідно проводити під кутом 5-10° до напрямку сівби з розривом не більше трьох-чотирьох проходів посівного агрегату. Завчасне підготування ріллі призводить до надмірної втрати вологи з верхніх шарів ґрунту, зниження польової схожості насіння та їх зрідження. Після проведення культивації масова частка грудочок розміром 0,25...10,0 мм на поверхні ґрунту (в шарі 0...5 см) має бути не менше 80 %.

**Підготовка насіння і сівба.** Сівба насіння – це є один із найвідповідальніших заходів в технології вирощування кормових буряків, при цьому повинно бути ретельне дотримання всіх нормативних вимог технології сівби, а саме: оптимально ранні та стислі строки, забезпечення рівномірної глибини загортання насіння, розміщення його на ущільнене ложе, дотримання заданих інтервалів між насінинами. Для сівби слід використовувати насіння районованих сортів і гібридів, яке за своїми посівними якостями відповідає вимогам діючих стандартів і технічних умов (Екендорфський жовтий, Львівський жовтий, Урсус, Центаур). Лабораторна схожість для насіння кормових буряків згідно з ДСТУ 4605 має бути не менше ніж 73 %, чистота насіння – не менше 97%, одноростковість (для однонасінного) – не менше 85%, вирівняність насіння – не менше 80%, вологість насіння – не більше ніж 14,5%.

Насіння кормових буряків під час підготовки до сівби на насінневих заводах калібрують на фракції 3,5...4,5 мм та 4,5...5,5 мм. У насінні кормових буряків не допускається наявність насіння і плодів карантинних бур'янів, шкідників. Проростання насіння кормових буряків починається за температури 3-4°C, а сходи здатні витримувати короточасні приморозки до мінус 3-4°C. Дружні сходи з'являються лише за температури 12-15°C. Насіння кормових буряків особливо вимогливе до наявності ґрунтової вологи, оскільки для набухання воно поглинає 120-160% води від маси насінини. Сівбу насіння потрібно проводити за середньодобової температури ґрунту на глибині 8...10 см – 5...6°C. Цей період збігається з періодом масової сівби ранніх зернових культур. Сівбу на одному полі слід завершити протягом 1-2 календарних днів.

Глибина розпушеного шару ґрунту, залежно від його вологості, повинна бути в межах 2,5...4,0 см, вміст ґрунтових агрегатів (грудочок) розміром від 0,25 до 10,0 мм повинен бути не менше 80% від загальної кількості, розміром понад 20 мм – не більше 10%, щільність ґрунту над насінною – від 1,0 до 1,2 г/см<sup>3</sup>, щільність насіннєвого ложа – 1,2...1,3 г/см<sup>3</sup>, висота гребенів або глибина впадин ґрунту не повинна перевищувати 2,0±0,5 см. Розрив між проходом агрегату для передпосівного обробітку ґрунту і сівбою не повинен перевищувати більше ніж 2-3 проходи сівалки.

Сіють кормові буряки сівалками з універсальними пневматичними чи механічними висівними апаратами за ширини міжрядь 45 см. Із вітчизняних машин для сівби енергетичних кормових буряків найбільше використовують універсальні пневматичні сівалки типу УПС-12, СТВТ-12 або ССТ-12В з механічним висівним апаратом або з пневматичними висівними апаратами Мультикорн, Оптима. За посушливої погоди та інтенсивного підсихання поверхні ґрунту посіви буряків доцільно коткувати кільчасто-зубчастими котками типу ККН-2,8, КЗК9. Коткування відновлює капілярність верхнього шару ґрунту, що прискорює набубнявіння та проростання насіння. Насіння буряків має невеликий запас поживних речовин і під час проростання виносять сім'ядолі на поверхню ґрунту, тому не витримують глибокого загортання. Висівають кормові буряки на полях зі схилом не більше 3°. Сівбу розпочинають за абсолютної вологості ґрунту в шарі 0...10 см – 22,0...25,0%. Сівбу кормових буряків проводять під кутом або поперек напрямку оранки та під гострим кутом до напрямку передпосівного обробітку ґрунту. За інтенсивною технологією виробництва кормових буряків застосовують сівбу насіння на кінцеву густоту стояння рослин з тим, щоб отримати 3...6 шт./м рослин, рівномірно розміщених за довжиною рядка. Дражоване насіння рекомендується сіяти у зонах достатнього та нестійкого зволоження, при цьому в зоні нестійкого зволоження сівбу дражованого насіння слід проводити в оптимально ранні строки. У зоні недостатнього зволоження дражоване насіння використовувати не варто, оскільки для проростання воно потребує велику кількість води – до 200% від

власної маси (не дражоване – потребує 120-160%). У таких випадках краще використовувати інкрустоване насіння.

**Догляд за посівами.** Велике значення у технології вирощування кормових буряків має система догляду за посівами під час вегетації, яка передбачає систему контролювання бур'янів, підвищення стійкості рослин до хвороб та захисту від шкідників, що впливає на кількісні та якісні показники врожаю. На сучасному етапі вирощування, для підвищення ефективності заходів з контролювання чисельності бур'янів, необхідно поєднувати хімічні та механічні методи захисту посівів. Хімічний захист посівів кормових буряків передбачає використання ряду технічних засобів для приготування та внесення робочих розчинів пестицидів. Робочі розчини пестицидів готують безпосередньо перед внесенням та використовують упродовж однієї робочої зміни. Для приготування робочих розчинів необхідно використовувати чисту воду температурою +22-25°C (але не нижче +10°C). Технічні засоби для внесення пестицидів агрегатуються з тракторами класу 14-20 кН такі як ОПШ-3521, ОПШ-2000-18, ОСШ-2500 «Фрегат», ОП-2000, ОРП-2000-18, ОПК-3000-18 та інші. Швидкість руху постійна в межах 5-12 км/год. Внесення пестицидів проводиться за швидкості вітру до 5 км/год. Внесення гербіцидів повинно забезпечити чистоту посівів енергетичних кормових буряків від бур'янів до періоду змикання листків у міжряддях.

Після збирання попередників знищують багаторічні бур'яни за допомогою гербіцидів суцільної дії. Навесні вносять ґрунтові гербіциди перед сівбою або до появи сходів з їх заробкою в ґрунт. Під час використання ґрунтових гербіцидів необхідно враховувати видовий склад бур'янів, кількість насіння однорічних видів, механічний склад і вміст гумусу в ґрунті, величину рН, рівень зволоження у весняний період, спектр дії препаратів. Розрив у часі між внесенням летких пестицидів та їх заробкою в ґрунт не повинен перевищувати 15 хвилин. Для більш тривалого ефекту від їх внесення, є небажаним в цей час проведення обробітків ґрунту. Під час визначення строків застосування післясходових гербіцидів орієнтуються на фазу сім'ядоль у переважаючих і особливо

шкодочинних бур'янів, коли можна використати мінімальні норми внесення гербіцидів, які не пригнічують молоді рослини буряків. У фазу сім'ядоль рослини бур'янів найбільш чутливі до дії гербіцидів. Головну увагу необхідно звертати на препарати, що контролюють дводольні види бур'янів, які мають розтягнутий період появи сходів.

Обприскування гербіцидами проводять вранці або увечері в суху погоду за швидкості вітру до 5 м/с та температури повітря від 12 до 24°C, з урахуванням властивостей гербіцидів, після появи нової хвилі бур'янів. Оптимальною нормою внесення робочого розчину ґрунтових гербіцидів – 250-400 л/га, післясходових – 150-250 л/га. Допустиме відхилення від норми внесення гербіцидів –  $\pm 5\%$ . За температури повітря понад 24°C та його відносної вологості нижче 30%, обробку посівів необхідно проводити після 17-ої години. Ефективність дії гербіцидів підвищується, якщо опади не випадатимуть впродовж 6 годин після їх внесення. Комплекс заходів із захисту кормових буряків від шкідників базується, в першу чергу, на даних обстеження полів у господарстві, а також на матеріалах прогнозів і оперативної інформації обласних та районних станцій захисту рослин про щільність фітофагів і загрози від них посівам. Період захисної дії системних фунгіцидів триває до 20-25 діб. За сприятливих умов для розвитку хвороб і збільшення ураженості ними рослин проводять повторні обробки. Для попередження поширення шкідників та розвитку хвороб велике значення має науково-обґрунтована система чергування культур у сівозміні. Насичення сівозміни буряками повинно бути не більше 30%, а повернення на попереднє місце через 3-4 роки. Зменшенню розвитку хвороб сприяє і система удобрення кормових буряків з дотриманням рекомендованих для даної зони доз і співвідношень елементів живлення. Доцільним є висівання стійких до хвороб сортів та напівцукрових гібридів кормових буряків.

У посівах кормових буряків проводять також і міжрядні обробітки ґрунту, що сприяє створенню оптимальної ґрунтової структури, кращому поглинанню води атмосферних опадів, зменшення щільності ґрунту та дозволяють, у поєднанні з хімічними заходами, ефективно знищувати бур'яни. Відмова від

розпушування збільшує непродуктивні витрати вологи з верхніх шарів ґрунту в період до змикання листків у міжряддях. Розпушування ґрунту в міжряддях проводять поєднуючи його з підживленням та присипанням бур'янів ґрунтом у рядках та у захисних зонах рядків.

Перший міжрядний обробіток ґрунту за необхідності проводять коли добре проглядаються рядки. Для цього використовують культиватори, обладнані плоскорізними лапами-бритвами, які встановлюються по дві на кожне міжряддя, та ротаційними батареями. Глибина обробітку – до 4 см. Досить якісне розпушування досягається культиваторами типу УСМК-5,4В-04 за робочої швидкості руху до 7,2 км/год. На дуже ущільнених ґрунтах, щільністю понад 1,4 г/см<sup>3</sup>, застосовують культиватори типу КФ-5,4 з активними робочими органами фрезерного типу, в зоні дії яких досягається повне знищення бур'янів. Швидкість руху такого агрегату не більше 4,0 км/год.

Друге міжрядне розпушування проводять на глибину 8-10 см. Для розпушування ґрунту в міжряддях одночасно з підживленням кормових буряків застосовують культиватори КРНВ-5,6-02 та УСМК-5,4В-04. Добрих результатів зі знищення бур'янів дає присипання їх землею в захисних зонах і рядках, за неефективної дії гербіцидів (або їх відсутності). Присипання бур'янів проводиться одночасно з розпушуванням ґрунту. За міжрядного розпушування зменшується ушкодження кормових буряків коренеїдом.

**Збирання врожаю.** Збирання кормових буряків починають у період максимального накопичення маси коренеплодів, але до настання осінніх заморозків. Зовнішніми ознаками технічної стиглості буряків є початок розмикання листя в міжряддях (з III декади вересня). Від правильної і чіткої організації даного процесу, раціонального використання збиральної техніки і транспортних засобів залежить повнота збору врожаю. Основний спосіб збирання буряків – потоковий, а в разі складних погодних умов, що призводить до забруднення коренеплодів під час збирання, застосовують перевалочний спосіб. Оптимальна ширина загінки для 6-рядних машин – 240 рядків. Вирощування кормових буряків передбачає збирання гички, що йде на корм

тваринам або виробництво біогазу, при цьому підвищуються вимоги до наявності ґрунтових домішок, оскільки це негативно впливає на вихід біогазу та якість силосу. З 1 т гички можна отримати близько 102 м<sup>3</sup> біогазу з вмістом метану понад 60%.

При збиранні коренеплодів кормових буряків приділяється особлива увага до показників якості процесу їх збирання. При цьому мають виконуватися вимоги до наявності рослинних решток у воросі коренеплодів і до наявності ґрунту. Збирання кормових буряків потрібно починати спочатку з полів, віддалених від доріг з твердим покриттям, більш раннього строку сівби, а також з ділянок, де пошкоджені буряки хворобами і шкідниками, з нерівномірним розміщенням рослин і наявністю великих дуплистих коренеплодів, під час збирання яких найбільш імовірно їх механічне пошкодження. Проводять збирання комбайнами типу Kleine SF-10-21, Holmer Terra Dos1, Matrot M 412, Moreau Voltra 6-242 та інші. В господарствах де ще є вітчизняна збиральна техніка (БМ-6В, БС-6, КС-6Б, РКМ-6 і ін.) проводяться відповідні налаштування для досягнення кращої якості збиральних робіт.

Збирання буряків на поворотних смугах і міжзагінкових проходах має бути закінчено до початку масового збирання. У разі значної забрудненості коренеплодів, недостатчі транспортних засобів тощо застосовують перевалочний спосіб збирання. Коренеплоди укладають на спеціально підготовлені майданчики, які розміщують на поворотних смугах або біля доріг з твердим покриттям. За перевалочного способу використовують навантажувачі типу СПС-4,2, Kleine RL 350 V, Rora euro-Maus 3.

**Зберігання.** Зберігати коренеплоди найдоцільніше поблизу тваринницьких ферм у буртах, траншеях або спеціальних сховищах. В умовах області поширеним способом зберігання коренеплодів є кагатування. Кагати слід розміщувати на підвищених сухих місцях – з півночі на південь. Ширина основи кагату – 2,5–3 м, висота – 1,2–1,5, довжина – 30–50 м. Для обладнання вентиляції вздовж кагату роблять канавку завглибшки й завширшки 30–40 см і накривають її решіткою. Через кожні чотири-п'ять метрів слід

встановити вертикальні вентиляційні труби з перевищенням рівня кагату на 10–15 см. Кагати коренеплодів вкрити соломною завтовшки 30–40 см, насипати шар землі (15–20 см). Перед настанням морозів, виходячи з конкретних господарських і погодних умов, кагати слід додатково вкрити землею, торфом або сухим гноєм. Температуру в кагатах утримувати на рівні 1...3°C. Вимірювати її треба раз на тиждень, опускаючи термометр у вентиляційні труби. Якщо температура висока, труби слід відкрити, в разі похолодання їх закривають.

## 2 ПАТЕНТНИЙ АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ РОБОЧИХ ОРГАНІВ

Для вибору оптимального напрямку вдосконалення конструкції копача цукрових коренеплодів проведемо патентний аналіз науково-технічної і патентної літератури.

Так з метою зниження тягового опору пасивного диска, а також збільшення кришення ґрунту розроблено копач коренеплодів (рис. 2.1-2.4) [11], який складається з двох дисків: активного 1 і пасивного 2 з напівсями 3

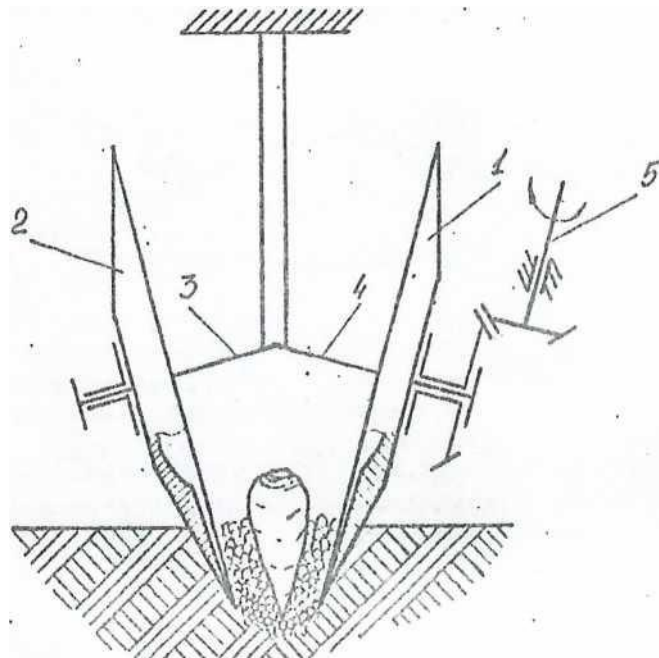


Рисунок 2.1 – Копач коренеплодів[11], вид спереду

і 4 і редуктора 5, яким приводиться в обертання активний диск 1. Кожен з дисків виконано у вигляді маточини 6 і обода 7, які з'єднані циклоїдальними спицями 8. Поздовжня форма спиці має вид циклоїдальної кривої 9, при цьому спиці активного і пасивного дисків відрізняються між собою поздовжньою формою спиці. Поперечний переріз спиці пропонується виконати симетричної форми. Так ввігнуту форму лівої частини кривої АВ поперечного перерізу пропонується перенести і на праву – ДЕ. В центральній частині перетину спиця виконана випуклою – крива ВСД.

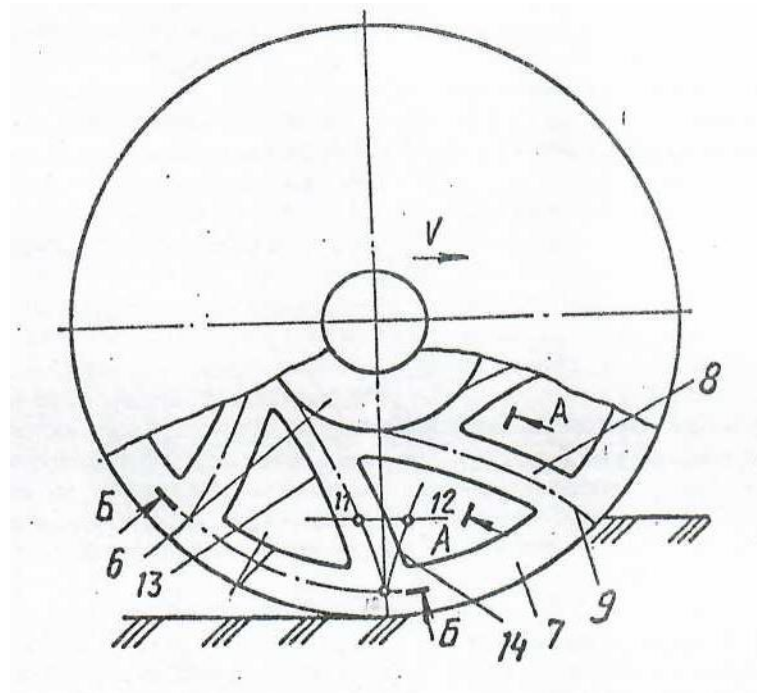


Рисунок 2.2 – Визначення форми робочої поверхні спиці пасивного диска

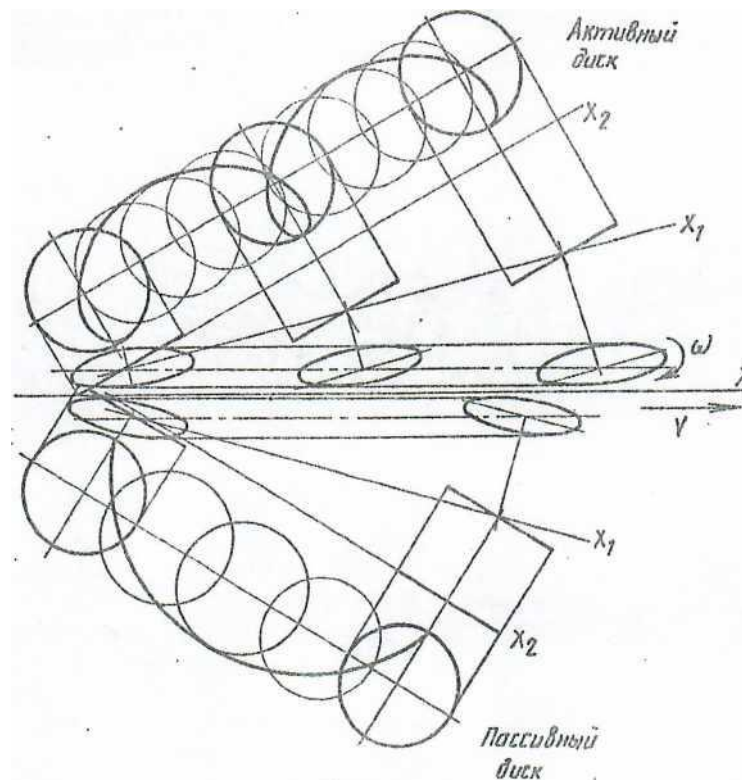


Рисунок 2.3 – Схема траєкторій точок активного і пасивного диска

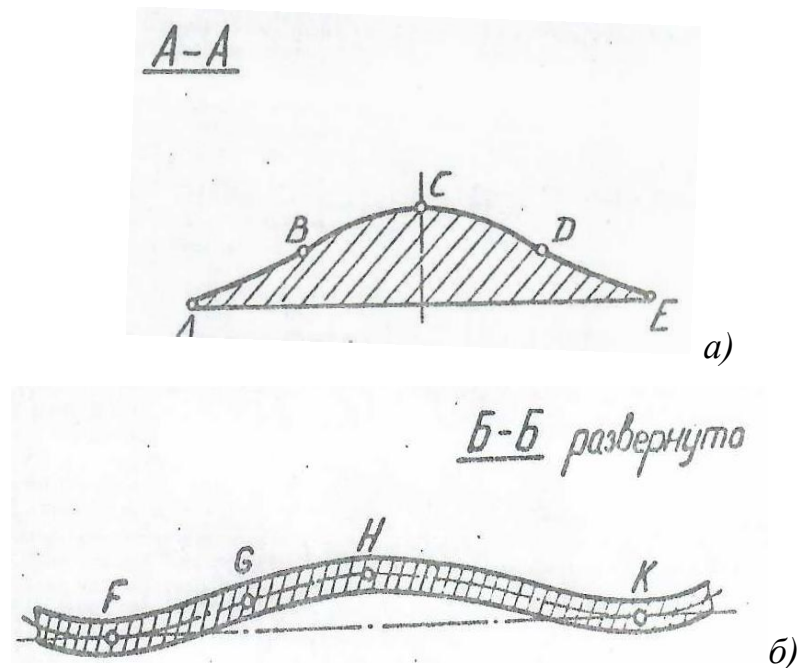


Рисунок 2.4 – Поперечний переріз спиці (а) і переріз Б-Б (б) на рис. 2.2

Копач працює наступним чином. В робочому положенні диски 1 і 2 обертаються з різною кутовою швидкістю і по різному діють на шар ґрунту з коренеплодами, який підрізається. Заглиблення диска йде по кривій 11-10 (рис. 2.2). Виглиблення спиці проходить по кривій 10-12. При цьому під час заглиблення спиці вона буде діяти на ґрунт передньою кромкою 13, а при виглибленні – задньою кромкою 14. Надання поперечному перерізу спиці диска ввігнуто-випуклої форми створює під час заглиблення в ґрунт знакоперемінну дію: на ввігнутих ділянках АВ і ДЕ – стискання ґрунту; на випуклій ділянці ВСД – розтягування, що призведе до додаткового кришення ґрунту. Задня кромка спиці знаходиться на тильній стороні диска і, так як диски встановлені з розвалом у вертикальній і горизонтальній площині, не діє на ґрунт. В результаті непереривної зміни положення площин дії дисків, створеної поверхнею спиці, її переміщення і створення пульсивного навантаження, відбувається інтенсивне кришення ґрунту, що знаходиться між спицями диска. Це забезпечує навіть в умовах підвищеної твердості ґрунту ефективне виділення коренеплодів.

З метою підвищення ефективності викопування коренеплодів і технологічної надійності пристрою при роботі на щільних сухих ґрунтах розроблено схему пристрою для викопування коренеплодів [12], який містить

встановлені під кутом один до одного привідний диск 1 (рис. 2.5 – 2.7) з циклоїдальними спицями 2, які мають випуклу поверхню в напрямку руху пристрою, і пасивний диск 3 з криволінійними спицями 4, які мають ввігнуту поверхню в напрямку руху пристрою, при цьому ділянки ободів 5 між спицями

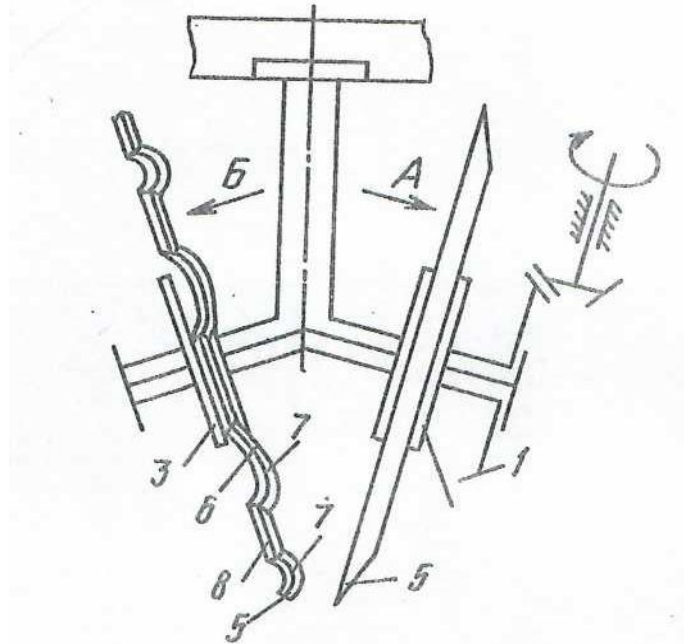


Рисунок 2.5 – Пристрій для викопування коренеплодів [12], вид спереду

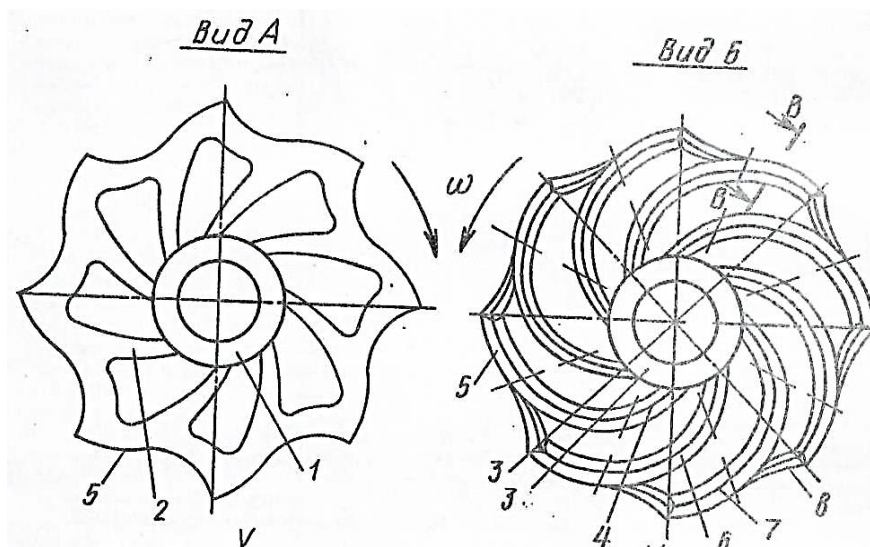


Рисунок 2.6 – Вид А і вид Б на рис 2.5

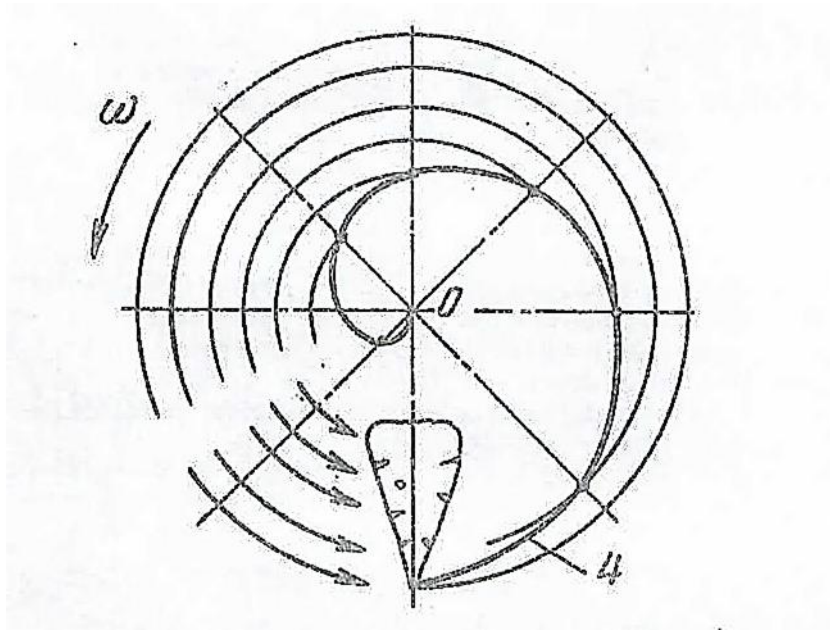


Рисунок 2.7 – Технологічна схема дії спиці на коренеплід

кожного диска мають увігнуто-випуклу форму відносно його центра.

Спиці 4 пасивного диска виконані у вигляді прутків, вигнутих по спіралі Архімеда, при цьому на спицях виконані радіальні виступи 6. Кромка кожного виступу 6 створена перетином конічних поверхонь, направляючі 7 яких мають вигнутості в бік привідного диска і розташовані на кожній випуклій від центра пасивного диска ділянці обода, а кожна ввігнута до центру ділянка обода виконана у вигляді криволінійного загостреного з двох сторін ножа 8.

Прутки спиць 4 пасивного диска можуть мати в поперечному перерізі форму багатокутника, одна з вершин якого направлена в бік обода диска.

При роботі пристрою виконання спиць 4 пасивного диска 3 у вигляді багатогранних прутків, зігнутих по спіралі Архімеда, дозволяє інтенсифікувати поздовжнє і поперечне обжимання і руйнування шару ґрунту з коренеплодами на всю глибину викопування.

Відомий викопуючий робочий орган [13], який складається з встановлених під кутом один до одного дисків 1 (рис. 2.8 – 2.10), кожен з яких виконаний у вигляді маточини 2 і обода 3, з'єднаних спицями 4. Диски стоячком 5 кріпляться до рами 6 машини. З боку робочої частини дисків 1 на ободах 3 рівномірно по колу виконано гвинтові виступи 7, направлені випуклою частиною в напрямку

руху робочого органу.

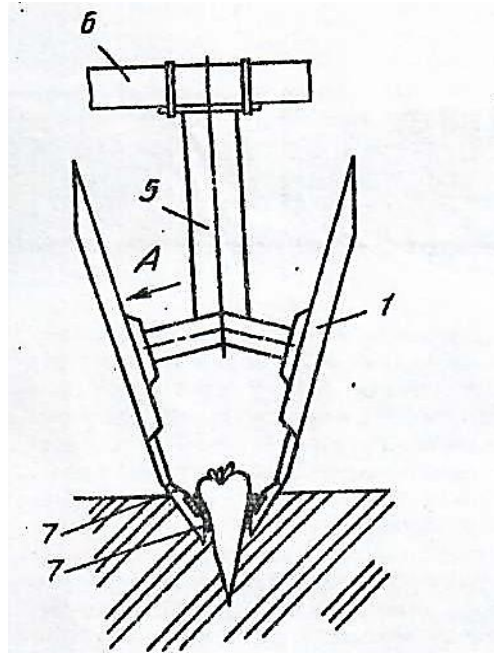


Рисунок 2.8 - Схема викопуючого робочого органу [13]

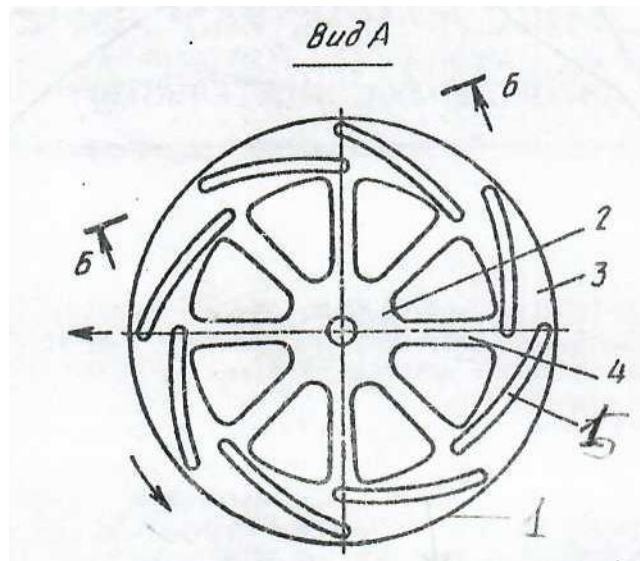


Рисунок 2.9 - Вид А на рис. 2.8

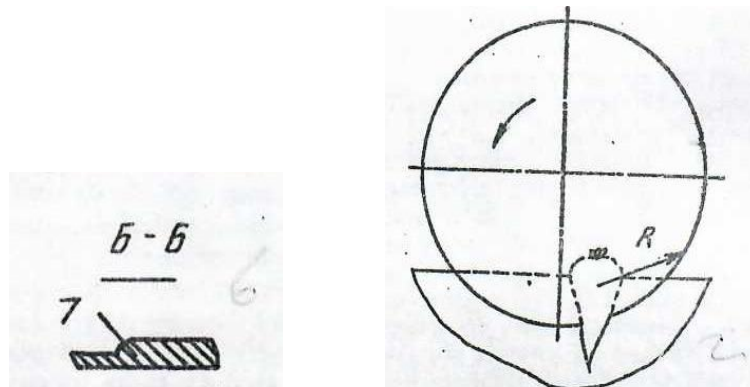


Рисунок 2.10 - Переріз Б-Б на рис. (а) і схема викопування (б)

В процесі роботи диски 1, обертаючись в напрямку руху машини, викопують коренеплоди і підіймають їх з ґрунту. В процесі врізання дисків в ґрунт гвинтові виступи 7 створюють переміщення ґрунту і коренеплодів у вертикальному напрямку, що забезпечує підкопування коренеплодів і знижує пошкодження їх хвостової частини.

З метою зменшення пошкоджень коренеплодів розроблено схему дискового копача [14], який містить раму 1 (рис. 2.11-2.13), на якій закріплено

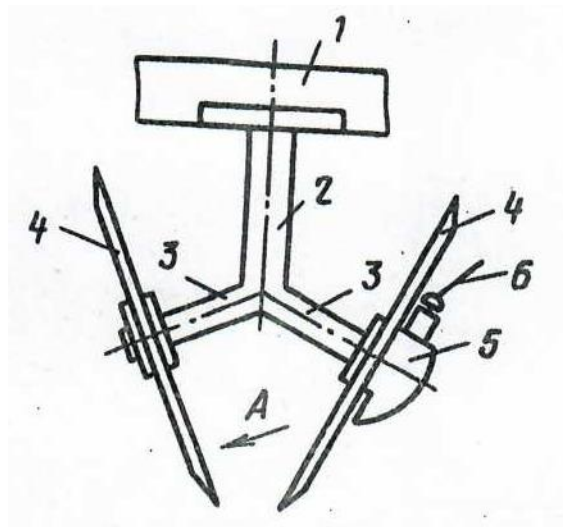


Рисунок 2.11- Схема дискового копача [14], загальний вид

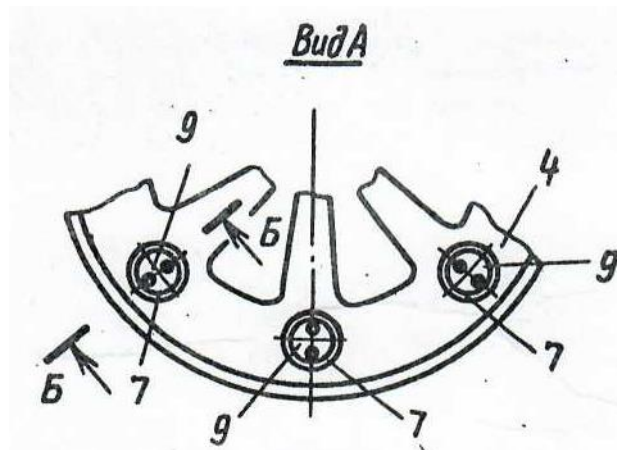


Рисунок 2.12 - Вид А на рис. 2.11

стояк 2, що містить дві осі 3, на яких під кутом один до одного встановлені викопуючі диски 4, один з яких виконаний пасивним, а інший з'єднаний з приводним редуктором 5, що зв'язаний карданною передачею 6 з приводом робочих органів машини. На ободах дисків 4 з певним шагом по довжині кола

виконано наскрізні отвори 7, в яких встановлено із зовнішніх сторін дисків 4 втулки 8.

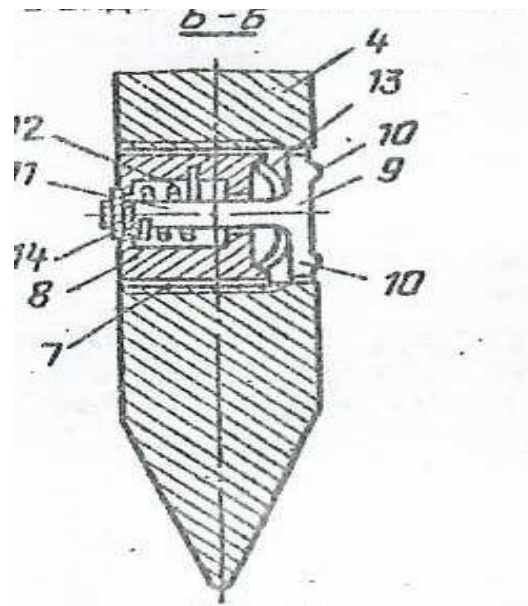


Рисунок 2.13 - Переріз Б-Б на рис. 2.12

У втулки 8 з внутрішніх сторін дисків 4 встановлені плоскі поворотні диски 9, робоча поверхня яких містить по два діаметрально протилежних виступи 10. Плоскі диски 9 із зворотного боку містять хвостовики 11, якими вони встановлені у втулки 8 і зв'язані з ними пружинами кручення 12. Між втулками 8 і дисками 9 встановлені тарілчасті пружини 13. Хвостовики 11 дисків 9 містять різьбові кінці, які дозволяють зафіксувати їх у втулках 8 гайками 14.

При роботі машина рухається вздовж рядків і диски 4 захоплюють коренеплоди з обох боків, руйнуючи шар ґрунту своїми передніми частинами і порушуючи зв'язки коренеплодів з ґрунтом. Коренеплоди затискаються у звужувальній частині дисків 4 копача, при цьому головки коренеплодів попадають як мінімум на один з плоских поворотних дисків 9, які знаходяться на внутрішній частині ободів. Під дією сил стискання головка коренеплоду притискає поворотний плоский диск 9 і в результаті чого стискається тарілчаста пружина 13 і в ободі викопуючого диска 4 створюється заглиблення, в якому і знаходиться головка коренеплоду. Виступи 10 утримують головки коренеплодів від сковзання. При подальшому рухові вгору коренеплід повертається разом з диском 9, так як його хвостовик 11 повертається у втулці 8 і деформується

пружина кручення 12. Це сприяє зменшенню пошкоджень коренеплодів при викопуванні їх з ґрунту.

Проведений патентний аналіз дозволяє вибрати оптимальний напрямок удосконалення викопуючого робочого органу коренезбиральної машини. А розроблений стенд і лабораторні дослідження дозволять оптимізувати певні параметри і режим роботи копача.

### 3 ОСНОВНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОРМОВИХ КОРЕНЕПЛОДІВ

Основними розмірними характеристиками кормових коренеплодів є довжина  $L_k$ , діаметр  $d_k$ , довжина гички  $l_k$ , діаметр пучка гички  $d_r$ , висота головки коренеплоду відносно поверхні ґрунту  $h_r$  (рис. 3.1). Ці розміри залежать від умов вирощування і сорту культури [9].

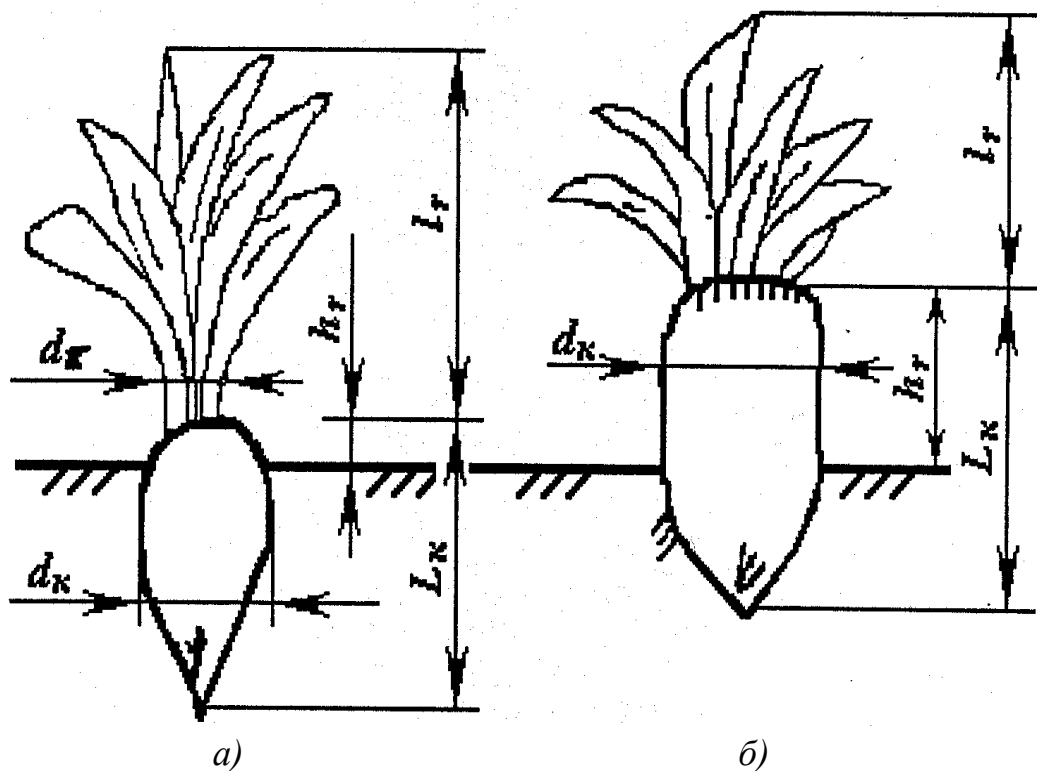


Рисунок 3.1 - Розмірні характеристики буряків: а) цукрових; б) кормових

Тоді як коренеплоди цукрових буряків майже повністю знаходяться у ґрунті, коренеплоди кормових – на 1/2–1/3 своєї довжини (рис. 3.2). Це зумовлює і різні значення відхилень коренеплодів від осьової лінії рядка (табл. 3.1) в процесі вегетації.

Між розмірними і масовими характеристиками існують тісні кореляційні зв'язки. Так, для довжини  $L_k$  і діаметра  $d_k$  рівняння регресії

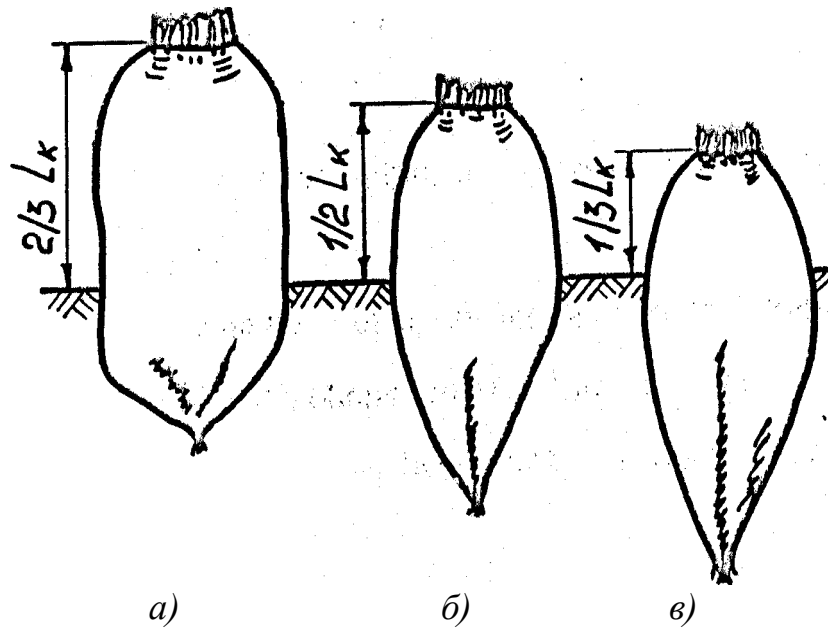


Рисунок 3.2 - Форма кормових коренеплодів кормових коренеплодів і їх розташування в ґрунті: а) Екендорфський жовтий, б) Переможець, в) Центаур

Таблиця 3.1 - Основні розмірні характеристики цукрових і кормових (сорт Екендорфський жовтий) коренеплодів

Назва показників	Цукровий буряк	Кормовий буряк
Довжина коренеплоду, мм	220	100 - 320
Діаметр коренеплоду, мм	80	70 - 210
Довжина гички, мм	300 - 400	250 - 300
Діаметр пучка гички, мм	50 - 60	40 - 60
Відстань між коренеплодами в рядку, мм	200 - 300	150 - 560
Висота головки коренеплоду над поверхнею ґрунту, мм	$\pm 15 - 20^*$	20 - 210
Відхилення від осьової лінії рядка, мм	0 - 50	0 - 160
Маса коренеплоду, кг	0,4 - 0,6	0,3 - 4,5
Маса гички, кг	0,3 - 0,5	0,15 - 0,4
* Примітка. В цукрових буряків головка коренеплоду може бути вище або нижче поверхні ґрунту.		

мають лінійний характер, а залежність маси  $Q_k$  від довжини  $L_k$  і діаметра  $d_k$  коренеплоду досить точно апроксимується рівнянням степеневі функції:

- сорт Екендорфський жовтий:

$$L_k = 0,78 d_k + 9,03;$$

$$\lg Q_k = 2,03 \lg L_k - 2,45;$$

- сорт Переможець:

$$L_k = 0,90 d_k + 9,40 ;$$

$$\lg Q_k = 1,94 \lg L_k - 2,5;$$

- сорт Урсус:

$$L_k = 1,22 d_k + 5,51;$$

- сорт Центаур (напівцукровий):

$$L_k = 0,80 d_k + 11,47;$$

$$\lg Q_k = 2,26 \lg L_k - 2,8.$$

Таблиця 3.2 – Характеристики кормового буряка сорту Переможець

Назва показників	Середнє значення	Мінімальне значення	Максимальне значення	Середнє квадратичне відхилення	Коефіцієнт варіації, %
1.Довжина коренеплоду, мм	190	100	310	49,3	25,9
2.Діаметр коренеплоду, мм	128	70	210	36,8	28,8
3.Довжина коренеплоду в ґрунті, мм	80	40	140	28,0	35,0
4.Маса коренеплоду, кг	1,6	0,3	4,5	1,1	65,2
5.Відстань між коренеплодами в рядку, мм	290	150	560	101,0	34,8
6.Відхилення від осьової лінії рядка, мм	64	10	160	35,0	54,7
7.Висота головок коренеплодів від поверхні ґрунту, мм	110	20	210	40,0	36,4

Характеристики міцності кормових коренеплодів суттєво відрізняються від аналогічних характеристик коренеплодів цукрових буряків.

При динамічному навантаженні коренеплодів величина критичного зусилля залежить від сорту, типу робочого органу і місця прикладення ударного навантаження. З'ясовано, що для пошкодження головки буряка плунжером з плоскою робочою поверхнею площею  $1 \text{ см}^2$  необхідно виконати роботу на 1,8-2,5 Дж/см<sup>2</sup> більше, ніж для такого ж пошкодження тіла (рис. 3.3) і на 3,8-4,5 Дж/см<sup>2</sup> – хвостової частини [9]. Критична швидкість плунжера з плоскою поверхнею становить для головки коренеплоду сорту Екендорфський жовтий 3,6 м/с, тіла - 3,1, хвостової частини – 1,04 м/с. За дії на буряк такого ж плунжера, але зі сферичною поверхнею, ці швидкості дорівнюють, відповідно, 2,4, 1,7 і 0,6 м/с.

Важливим показником міцності коренеплодів є їхній опір зрізанню. Досліди [9] показали, що зрізання гладеньким лезом мало чим відрізняється від зрізання лезом, яке має насічку.

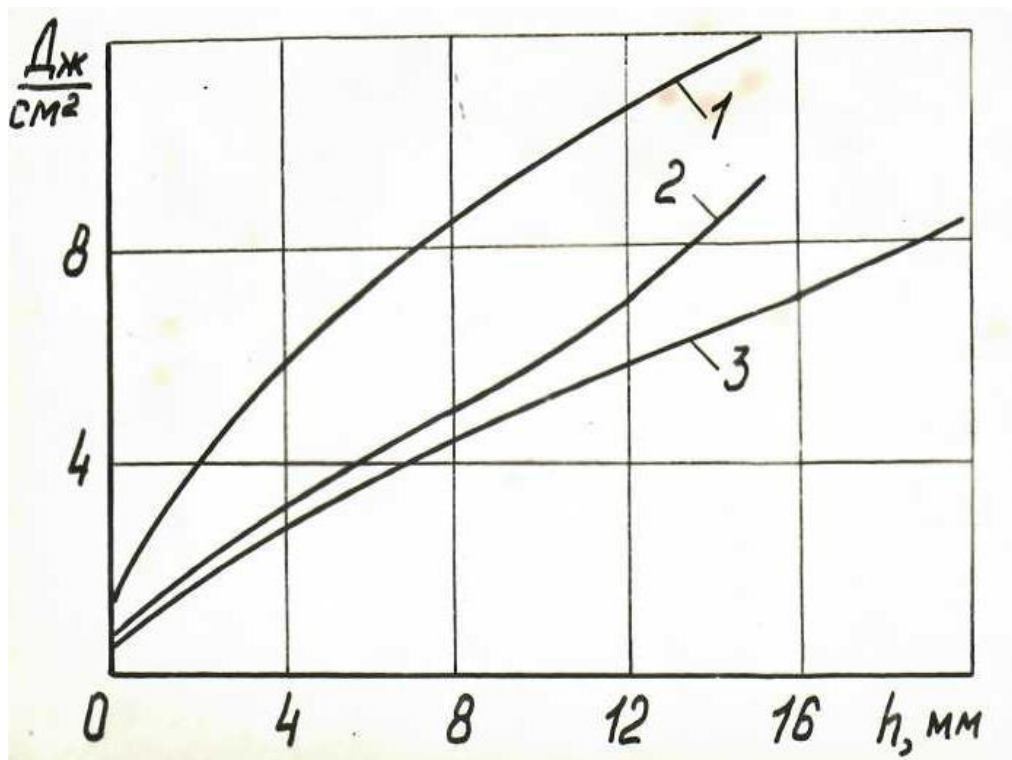


Рисунок 3.3 - Залежність глибини деформації коренеплоду від роботи деформації плунжером з плоскою поверхнею (сорт Центаур):

1 – головка, 2 – тіло, 3 – хвостик коренеплоду

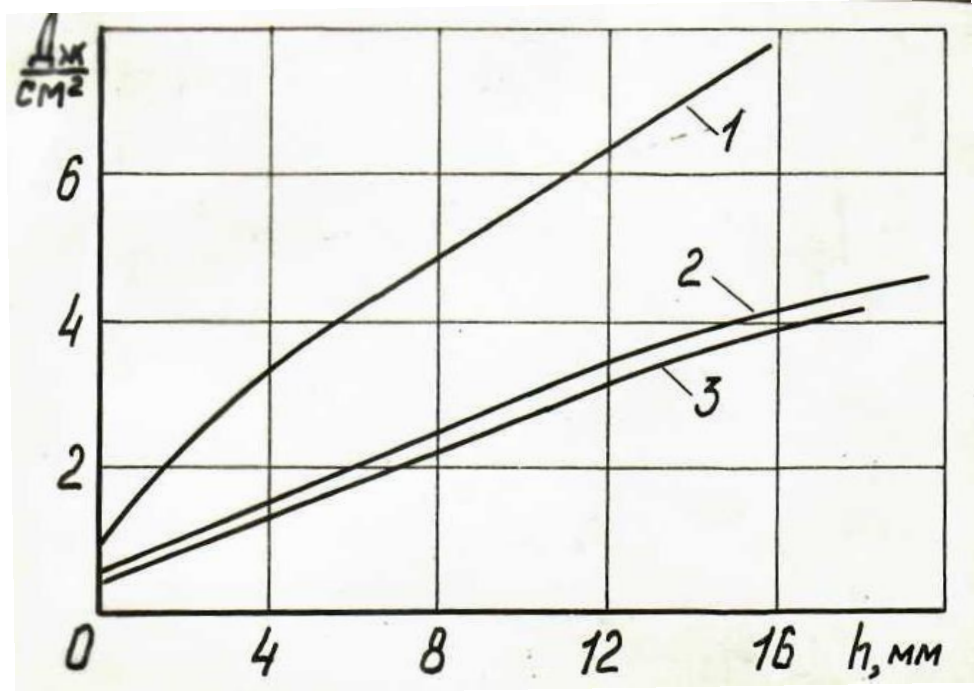


Рисунок 3.4 - Залежність глибини деформації від роботи плунжером зі сферичною поверхнею коренеплодів сорту Центаур:  
1 – головка, 2 – тіло, 3 – хвостик коренеплоду

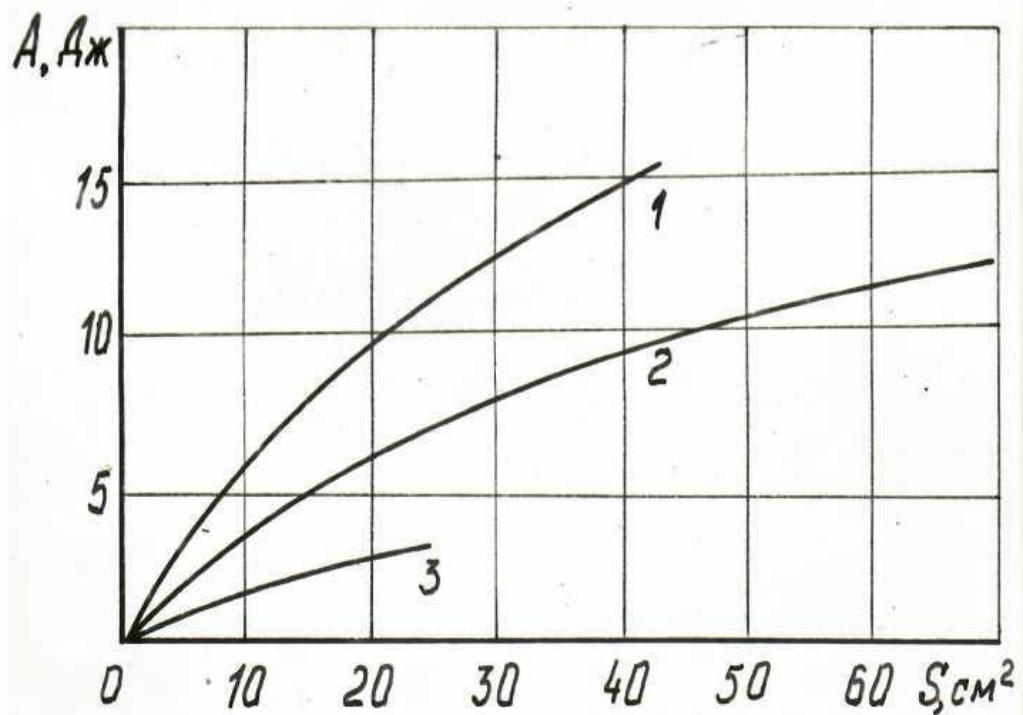


Рисунок 3.5 - Залежність площі зрізу від затраченої роботи на зрізання гладеньким лезом: 1 – головка, 2 – тіло, 3 – хвостик коренеплоду (сорт Переможець)

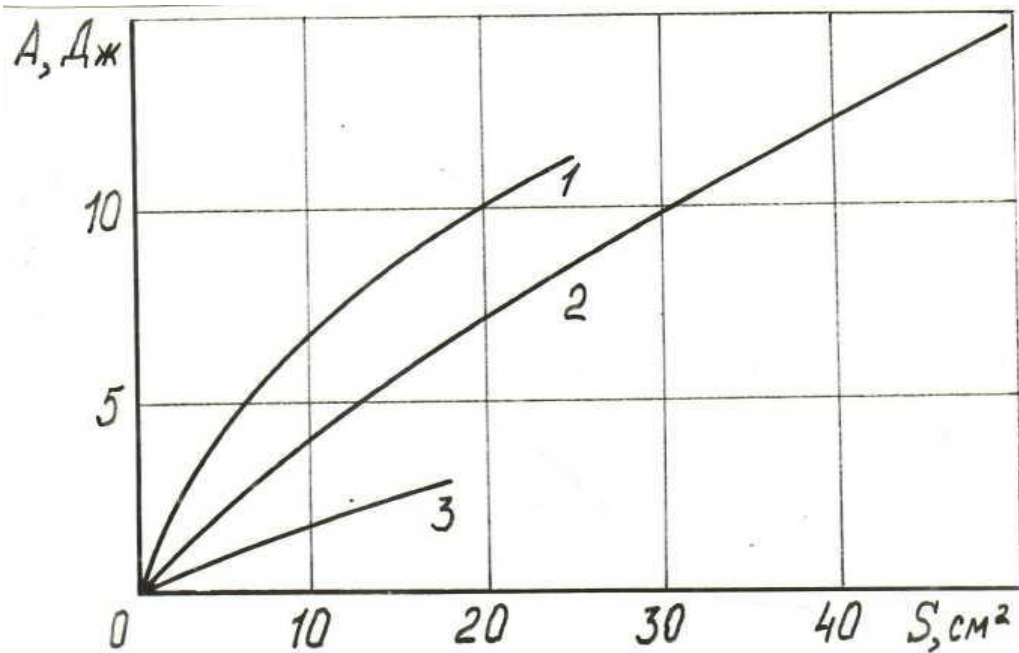


Рисунок 3.6 - Залежність площі зрізу від затраченої роботи лезом з насічкою: 1 – головка, 2 – тіло, 3 – хвостик коренеплоду (сорт Переможець)

Під час взаємодії буряку з робочими органами в процесі їх збирання відбувається як прямий, так і навскісний удар, а отже вектор імпульсу сили складається з нормального і дотичного до поверхні удару напрямків.

За прямого удару по коренеплоду плоскою сталеву поверхнею пересічні енергії на його руйнування становлять 65 Дж. За навскісного удару, вектор якого спрямований під кутом  $60^\circ$  до поверхні буряка, для такого ж руйнування потрібно 90 Дж, а якщо кут дорівнює  $30^\circ$  – 150 Дж. Після покриття сталеві поверхні робочого органу гумою 3–4 мм завтовшки кількість необхідної для зруйнування енергії збільшується приблизно на 30 – 35 Дж. За прямого удару сталевим прутом діаметром 12 мм витрати енергії на руйнування коренеплоду становлять 11–13 Дж. За удару під кутом  $70^\circ$  руйнування настає після витрати 15–16 Дж енергії, якщо кут дорівнює  $30^\circ$  – 27–29 Дж. В умовах використання вкритого шаром гуми прута ці значення збільшуються на 10–15 одиниць [9].

Таким чином, фізико-механічні характеристики кормових коренеплодів залежать від сорту, умов вегетації, урожайності і змінюються в певних межах. Для проектування і розрахунків робочих органів збиральних машин необхідно знати як середні значення показників, так і їх відхилення.

#### 4 КОНСТРУКЦІЯ СТЕНДА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

В аграрному виробництві більшість сільськогосподарських машин працюють сезонно в обмеженому часовому періоді. При розробці нових робочих органів і машин для прискорення отримання їх оптимальних параметрів і режиму роботи є необхідність проводити лабораторні і стендові випробування експериментальних зразків. А вже остаточні параметри робочих органів і машини в цілому визначаються під час польових випробувань. При цьому стендове обладнання має забезпечити умови, максимально наближені до реальних польових.

З такою метою на підставі відомого технічного рішення [10] нами розроблено конструкцію стенда для дослідження і випробування окремих робочих органів для бурякозбиральних машин – копачів, гичковидаляючих робочих органів і ін.

Стенд для дослідження викопуючих робочих органів (рис. 4.1) містить раму 1 з пристроєм 2 для кріплення робочих органів 3, які досліджуються, рухомого поля 4, яке виконано у вигляді транспортера, що рухається по направляючих зірочках 5. Рухоме поле 4 і активні робочі органи 3, які досліджуються, приводяться в рух від електродвигуна і редуктора. До роликів ланцюгів транспортера рухомого поля 4 за допомогою пластини 6 кріпиться пристрій для фіксації моделі коренеплоду 7. Положення робочого органу 3, який досліджується, відносно рухомого поля і моделі коренеплоду 7 регулюється за допомогою регулювальних отворів 8. До пластини 6 кріпляться фіксатори - циліндричні гнізда 9, в яких поміщені кулі 10.

Для кріплення моделі коренеплоду можливе встановлення двох і більше фіксаторів. Імітація сил зв'язку з коренеплодів з ґрунтом створюється за допомогою спіральної пружини 11 і регулювального гвинта 12 (рис. 4.2). Нижня

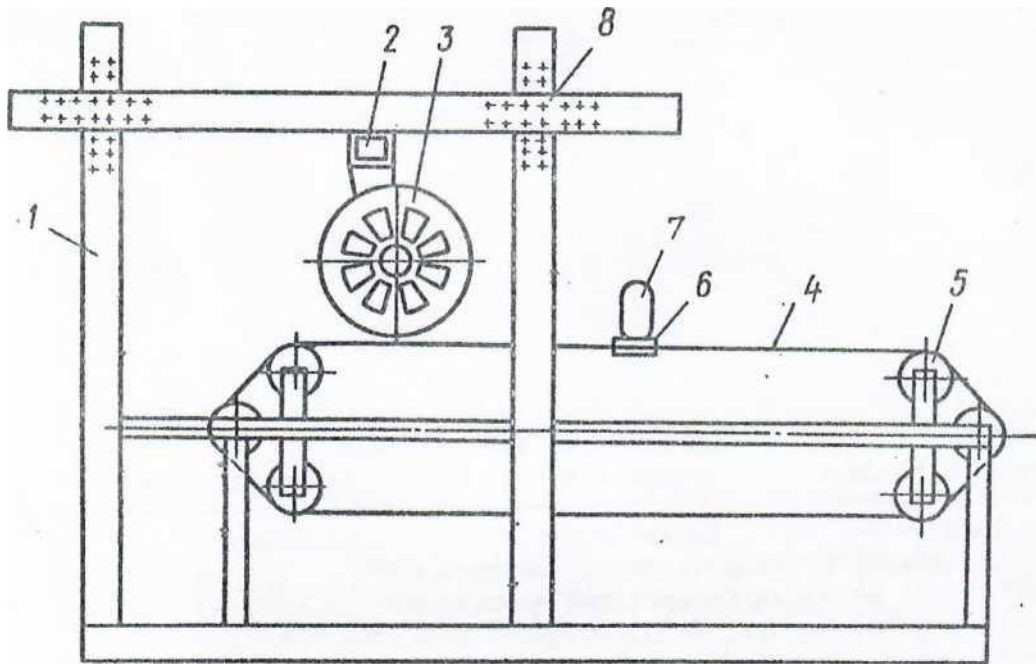


Рисунок 4.1- Стенд для дослідження робочих органів [15]

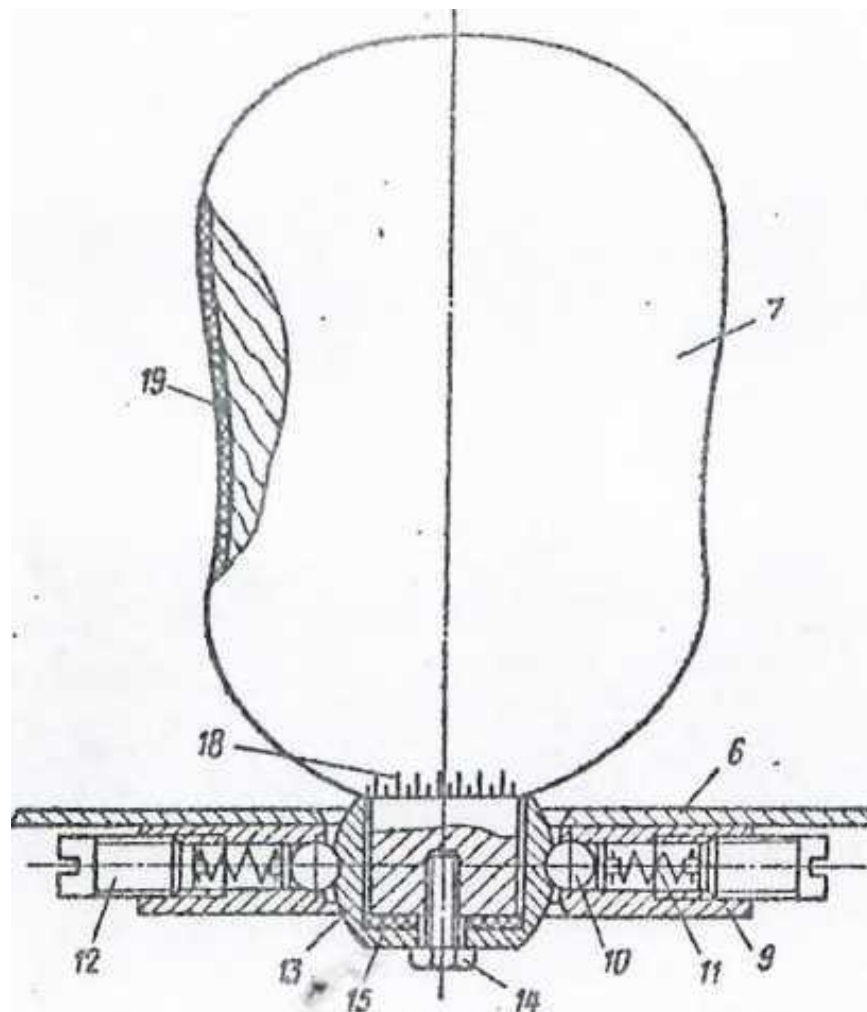


Рисунок 4.2 – Модель коренеплоду з пристроєм для її кріплення

частина моделі коренеплоду має сферичну поверхню і виконана у вигляді втулки 13, яка кріпиться до моделі коренеплоду різьбовим з'єднанням 14 і яка має можливість повороту вздовж поздовжньої осі моделі коренеплоду. Для імітації зусиль повороту коренеплоду в ґрунті між моделлю коренеплоду 7 і втулкою 13 встановлена фрикційна прокладка 15, а сила повороту коренеплоду регулюється різьбовим з'єднанням 14. Для фіксації моделі коренеплоду на сферичній поверхні втулки 13 є тороїдальна канавка 16. Для заміру кута повороту коренеплоду навколо поздовжньої осі втулка 13 має лімб 17 (рис. 4.3), а на моделі коренеплоду є шкала ноніус 18. Модель коренеплоду 7 вкрита шаром гуми 19.

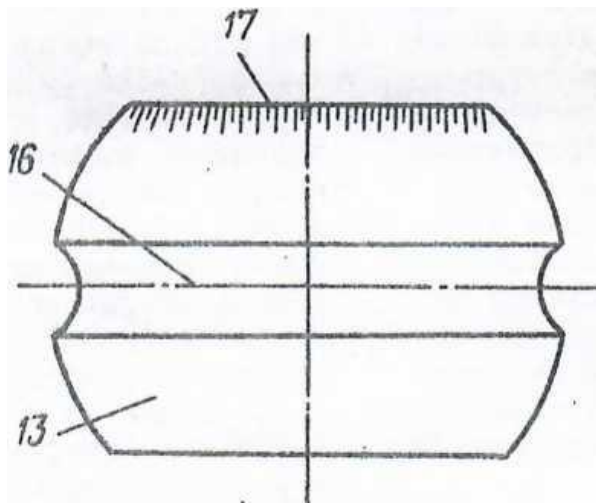


Рисунок 4.3 – Втулка для фіксації моделі коренеплоду

Стенд працює наступним чином. Модель коренеплоду 7 встановлюється шляхом натискання на неї до моменту входу кульок 10 в тороїдальну канавку 16 втулки 13. Перед цим гвинтовим механізмом 14 регулюється певна сила повороту коренеплоду відносно ґрунту. Рух від електродвигуна через редуктор подається з необхідною швидкістю на рухоме поле 4 і робочому органу 3, який досліджується. Необхідна робоча швидкість регулюється системою приводу (змінні зірочки в ланцюговій передачі). Модель коренеплоду 7 підводиться з необхідною швидкістю руху до робочого органу 3, який взаємодіє з моделлю коренеплоду. Імітація сили зв'язку коренеплоду з ґрунтом забезпечується шляхом зміни величини стиснення пружин 11 регульовальним гвинтом 12 фіксатора. Для виключення заклинювання моделі коренеплоду при дії на неї

бокових сил з боку робочих органів зовнішня поверхня втулки 13 виконана сферичною.

Кут повороту моделі коренеплоду навколо своєї поздовжньої осі до моменту порушення її зв'язку з рухомим полем під дією робочих органів заміряється при повороті моделі коренеплоду 7 у втулці 13, яка утримується від повороту кулями 10. Для цього на зовнішній поверхні втулки 13 є лімб 17, а на моделі коренеплоду – шкала ноніус. Імітація сил зв'язку коренеплодів з ґрунтом при крученні його навколо поздовжньої осі виконується за допомогою фрикційної прокладки 15 і різьбового з'єднання 14.

На виготовленому стенді (рис. 4.4), який складається з рами 1, на якій змонтовано рухоме поле 2 кріпиться стояк 4, на якому встановлено леміш 3 і активний диск 5, досліджувалася робота комбінованого копача. Рухоме поле 2 і активний диск 5 приводилися в рух від електродвигунів з варіаторами, які дозволяють змінювати швидкість руху. До роликів ланцюгів транспортера 2 за допомогою розробленого пристрою кріпиться модель коренеплоду 6.

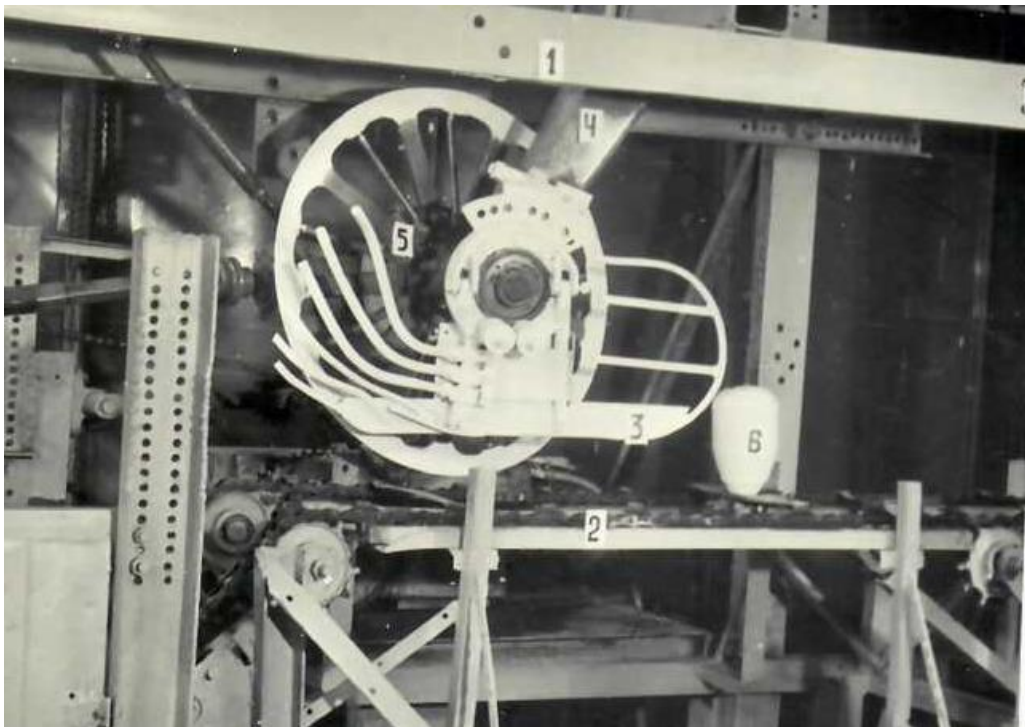


Рисунок 4.4 - Загальний вид лабораторної установки

Модель коренеплоду фарбували в білий колір і процес викопування коренеплоду знімали швидкісною зйомкою на фоні чорного екрану розміром 1000 x 1800 мм з масштабною сіткою.

Змінними параметрами при проведенні лабораторних досліджень були:

$V_n$  – швидкість руху рухомого поля – 0,5; 1,0; 1,5; 2,0 та 2,5 м/с;

$n$  – частота обертання активного диска копача – 56, 74, 92, 110 і 128  $\text{хв}^{-1}$ ;

$C$  – зазор між активним диском і лемішем в найвужчій частині – 20, 20, 40, 50 і 60 мм;

$\alpha$  – кут розхилу леміша – 10, 12, 14, 16 і 18 градусів.

Важливою умовою працездатності копача є забезпечення необхідної висоти підйому коренеплоду і дальності поздовжнього переміщення для передачі коренеплодів на транспортуючі робочі органи коренезбиральної машини.

В результаті обробки експериментальних даних (рис. 4.5) отримано оптимальні значення параметрів комбінованого копача і режиму його роботи.

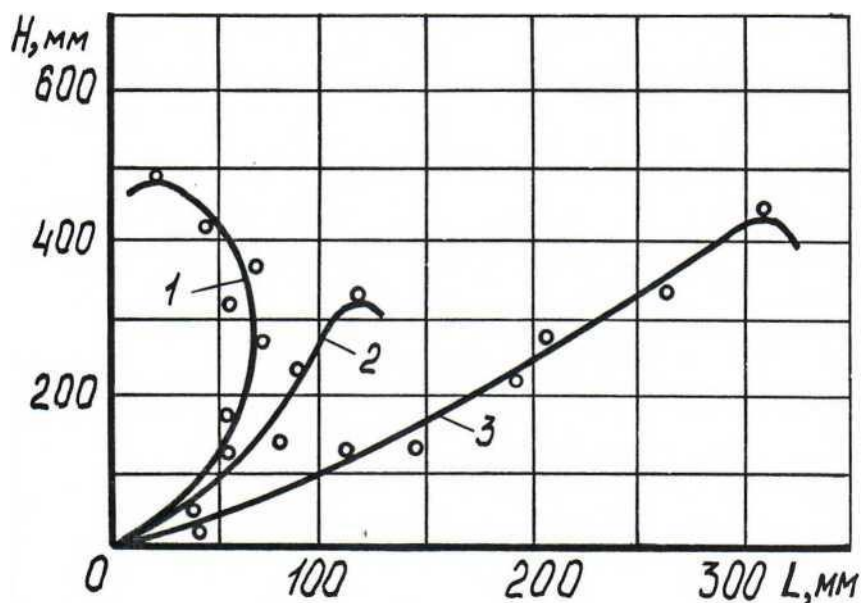


Рисунок - Траєкторії відносного руху коренеплодів при викопуванні

з параметрами: 1-  $V_n = 0,5$  м/с;  $n = 128$   $\text{хв}^{-1}$ ;  $C = 60$  мм;  $\alpha = 16^\circ$ ;

2 -  $V_n = 0,5$  м/с;  $n = 56$   $\text{хв}^{-1}$ ;  $C = 20$  мм;  $\alpha = 18^\circ$ ;

3 -  $V_n = 2,0$  м/с;  $n = 110$   $\text{хв}^{-1}$ ;  $C = 30$  мм;  $\alpha = 10^\circ$ ;

Використання стенду дозволяє зменшити затрати часу на дослідження і випробування експериментальних робочих органів сільськогосподарських машин.

## 5 РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ УДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ

При розрахунках за вихідні приймаємо середньостатистичні дані:

- площа посівів цукрового буряку –  $F = 300$  га;
- довжина гонів поля -  $L = 2000$  м;
- урожайність коренеплодів –  $Q_k = 450$  ц/га;
- урожайність гички –  $Q_r = 150$  ц/га;
- середній кут нахилу поля -  $\alpha = 2^\circ$ ;
- ширина міжрядь -  $a = 450$  мм;
- відстань перевезення коренеплодів –  $l_{тр} = 13$  км;
- кормовий буряк посіяний сівалкою ССТ-12Б з шириною захвату  $B_c = 5,4$  м.

За існуючою методикою [21, 22] визначаємо, що радіус повороту агрегату становить  $R = 4,1$  м. Ширину поворотної смуги визначаємо за рівнянням:

$$E = 3R + e, \quad (5.1)$$

де  $e$  – довжина виїзду агрегату з рядків – відстань, на яку необхідно вивести агрегат від контрольної лінії на поворотній смузі до початку повороту, щоб запобігти пошкодженню і втратам коренеплодів.

$$E = 3 \cdot 4,1 + 4,0 = 16,3 \text{ м.}$$

Ширина поворотної смуги збирального агрегату повинна бути узгоджена з шириною поворотної смуги посівного агрегату. Для посівного агрегату (Т-70С + ССТ-12Б) ширина поворотної смуги визначається аналогічно і перевіряється умовою:

$$E_{п} = n \cdot B_c, \quad (5.2)$$

де  $n$  – число проходів посівного агрегату при засіванні поворотної смуги.

$$E_n = 3 \cdot 5,4 = 16,4 \text{ м.}$$

Приймаємо ширину поворотної смуги по більшому значенню –  $E = 16,4$  м і вона збирається при підготовці поля до збирання.

Робочу довжину поля визначаємо за рівнянням:

$$L_p = L - 2E \quad (5.3)$$

$$L_p = 2000 - 2 \cdot 16,4 = 1967,2 \text{ м.}$$

Довжина холостого ходу агрегату на повороті буде дорівнювати:

$$L_{x.x} = 6R + 2(0,5 \cdot e) \quad (5.4)$$

$$L_{x.x} = 6 \cdot 4,1 + 2 \cdot 0,5 \cdot 4,0 = 28,6 \text{ м.}$$

Коефіцієнт робочих ходів агрегату визначаємо за рівнянням:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_{x.x}} \quad (5.5)$$

$$\varphi = \frac{1967,2}{1967,2 + 28,6} = 0,99.$$

При подальших розрахунках приймаємо, що швидкість руху агрегату на поворотній смузі дорівнює робочій швидкості, тобто:

$$V_{x.x} = V_p \quad (5.6)$$

Коефіцієнт тривалості поворотів дорівнює:

$$\tau = \frac{1 - \varphi}{\varphi} \quad (5.7)$$

$$\tau = \frac{1 - 0,99}{0,99} = 0,01$$

При проведенні розрахунків приймаємо час зміни  $T_{зм} = 7$  годин. Робочий час визначається з врахуванням наступних складових:

$$T_{роб} = \frac{T_{зм} - (T_{ТЕХ} + T_{ТО} + T_{Ф} + T_{ОР})}{1 + \tau}, \quad (5.8)$$

де  $T_{роб}$  – час чистої роботи, год.;

$T_{тех}$  – час, що витрачається на технологічне обслуговування, год.;

$T_{то}$  – час, необхідний для виконання технічного обслуговування агрегату, год.;

$T_{ф}$  – час на фізіологічні потреби механізатора, год.;

$T_{ор}$  – час на організаційні питання, год.

$$T_{роб} = \frac{7 - (0,2 + 0,4 + 0,1 + 0,1)}{1 + 0,01} = 5,53 \text{ год.}$$

З врахуванням цих значень визначаємо коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau_{зм} = \frac{T_{роб}}{T_{зм}} \quad (5.9)$$

$$\tau_{зм} = \frac{5,53}{7} = 0,79$$

Тоді продуктивність за зміну удосконаленої коренезбиральної машини буде дорівнювати:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot T_{зм} \cdot V_p \cdot \tau_{зм} \quad (5.10)$$

де  $B_p$  – робоча ширина захвату коренезбиральної машини, м;

$V_p$  – робоча швидкість руху машини,  $V_p = 6,5$  км/год.

$$W_{зм} = 0,1 \cdot 2,7 \cdot 6,5 \cdot 0,79 \cdot 7 = 9,7 \text{ га/зм.}$$

Продуктивність агрегату за годину визначається рівнянням:

$$W_{\text{год}} = 0,1 B_p \cdot V_p \cdot \tau_{\text{зм}} \quad (5.11)$$

$$W_{\text{год}} = 0,1 \cdot 2,7 \cdot 6,5 \cdot 0,79 = 1,39 \text{ га/год.}$$

Визначаємо питомі витрати палива при збиранні коренеплодів цукрових буряків удосконаленою коренезбиральною машиною:

$$q = \frac{G_p T_p + G_{x.x} T_{x.x} + G_o T_o}{W_{\text{зм}}} \quad (5.12)$$

де  $G_p$ ,  $G_{x.x}$ ,  $G_o$  – витрати палива відповідно на робочому, холостому ході і на зупинках;

$T_p$ ,  $T_{x.x}$ ,  $T_o$  – час роботи, холостих ходів і зупинок на протязі зміни.

При збиранні коренеплодів кормових буряків згідно норм витрат [22] палива і режиму роботи агрегату приймаємо:  $G_p = 18$  кг,  $G_{x.x} = 5,9$  кг,  $G_o = 3$  кг,  $T_p = 5,53$  год.,  $T_{x.x} = 0,6$  год.,  $T_o = 0,3$  год. Тоді питомі витрати палива будуть дорівнювати:

$$q = \frac{18 \cdot 5,53 + 5,9 \cdot 0,6 + 3 \cdot 0,3}{9,7} = 10,72 \text{ кг/га.}$$

Час циклу роботи визначається за рівнянням:

$$t_{\text{ц}} = \frac{2 \cdot L_p \cdot 60}{1000 \cdot V_p} + \frac{2 \cdot L_{x.x} \cdot 60}{1000 \cdot V_{x.x}} + t_{T.o} \quad (5.13)$$

де  $t_{T.o}$  – час на технічне обслуговування машини за один цикл (час на технічне обслуговування за нормативами приймаємо  $t_{T.o} = 6$  хв.).

$$t_{\text{ц}} = \frac{2 \cdot 1967,2 \cdot 60}{1000 \cdot 6,5} + \frac{2 \cdot 28,6 \cdot 60}{1000 \cdot 6,5} + 6 = 42,85 \text{ хв.}$$

Кількість циклів за зміну визначається рівнянням:

$$n_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{зм}} - t_1}{t_{\text{ц}}} \quad (5.14)$$

де  $t_1 = 35$  хв. – час технічного обслуговування кожної зміни;

$T_{\text{зм}}$  – чистий час зміни ( $T_{\text{зм}} = 420$  хв.)

$$n_{\text{ц}} = \frac{420 - 35}{42,85} = 8,98$$

Продуктивність агрегату за цикл буде дорівнювати:

$$W_{\text{ц}} = \frac{B_p \cdot 2L_p}{10000} \quad (5.15)$$

$$W_{\text{ц}} = \frac{2,7 \cdot 2 \cdot 1967,2}{10000} = 1,06 \text{ га/цикл.}$$

Витрати палива за цикл визначаються за рівнянням:

$$q_{\text{ц}} = q \cdot W_{\text{ц}} \quad (5.16)$$

$$q_{\text{ц}} = 10,72 \cdot 1,06 = 11,36 \text{ кг/цикл.}$$

При середній урожайності коренеплодів кормових буряків  $Q_{\text{к}} = 450$  ц/га за годину змінного часу збирається:

$$Q_{\text{год}} = Q_{\text{к}} \cdot W_{\text{год}} \quad (5.17)$$

$$Q_{\text{год}} = 45,0 \cdot 1,39 = 62,55 \text{ т/год.}$$

Для транспортування коренеплодів на приймальний пункт цукрового заводу, який знаходиться на відстані 13 км від господарства при поточній технології збирання приймаємо автомобілі вантажопідйомністю 8 т. Час завантаження такого автомобіля збиральною машиною буде дорівнювати:

$$t_3 = \frac{Q_a}{Q_{\text{год}}} \quad (5.18)$$

де  $Q_a$  – вантажопідйомність автомобіля.

$$t_3 = \frac{8}{62,55} = 0,13 \text{ год.}$$

Час транспортування коренеплодів до місця призначення і в зворотному напрямку буде дорівнювати:

$$t_{TP} = \frac{l_{TP}}{V_{TP}} + \frac{l_{TP}}{V_x} \quad (5.19)$$

де  $V_{TP}$ ,  $V_x$  – швидкість руху автомобіля при завантаженому кузові і на холостому ходу в зворотному напрямку, км/год. [9].

$$t_{TP} = \frac{13}{30} + \frac{13}{40} = 0,76 \text{ год.}$$

Час розвантаження автомобіля за нормативними даними становить  $t_{роз} = 0,08$  год. Всього затрати часу на цикл транспортування дорівнюють:

$$t'_{TP} = t_3 + t_{TP} + t_{роз} \quad (5.20)$$

$$t'_{TP} = 0,16 + 0,76 + 0,08 = 1,0 \text{ год.}$$

Необхідна кількість транспорту для безперервного транспортування коренеплодів до місця зберігання дорівнює:

$$n_{TP} = \frac{t'_{TP}}{t_3} \quad (5.21)$$

$$n_{TP} = \frac{1,0}{0,13} = 7,69$$

Приймаємо 6 автомобілів вантажопідйомністю 8 т для транспортування коренеплодів за потоковою технологією збирання.

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

При організації охорони праці в господарстві слід керуватися «Правилами охорони праці у сільськогосподарському виробництві», затвердженими наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240 (Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542).

### 6.1 Правила техніки безпеки при роботі на удосконаленій машині

При експлуатації удосконаленої коренезбиральної машини КС-6Б необхідно дотримуватися вимог безпеки, які викладені в „Правилах техніки безпеки при роботі на тракторах, сільськогосподарських і спеціалізованих машинах”. Основні правила безпечної роботи на машині заключаються в наступному:

6.1. Не допускати до роботи осіб без посвідчень тракториста-машиніста на керування машиною і які не пройшли інструктаж з техніки безпеки, про що повинен бути зроблений відповідний запис в журналі реєстрації інструктажів.

6.2. Під час руху машини водій повинен знаходитися на сидінні. Стороннім особам категорично забороняється знаходитися на збиральній машині, що працює, а також в безпосередній близькості від неї.

6.3. Забороняється виконувати ремонт або регулювання вузлів під час руху машини. Всі види регулювань і технічного обслуговування виконувати тільки після повної зупинки машини і при заглушеному двигуні.

6.4. Забороняється виконувати будь-які роботи під машиною, якщо під її колеса не поставлені гальмівні башмаки. Забороняється проводити будь-які роботи під викопувальним пристроєм, що знаходиться в транспортному положенні. Для цього необхідно зафіксувати викопувальний пристрій механічним фіксатором, а в місцях піддомкращування поставити спеціальні підставки і під колеса встановити гальмівні башмаки.

6.5. Перед запуском двигуна важіль переключання діапазонів повинен бути в нейтральному положенні.

6.6. Перед запуском двигуна, включенням приводу робочих органів або діапазонів коробки передач для пересування машини обов'язково необхідно дати тривалий звуковий сигнал.

6.7. Після подачі сигналу необхідно перевірити можливість руху машини і роботи її механізмів і, впевнившись, що це нікому не загрожує, провести запуск двигуна або включити привід робочих органів машини.

6.8. Не чіпати руками робочі органи машини під час роботи.

6.9. Дотримуватися особливої обережності і не знаходитися поблизу незагороджених деталей, що обертаються. Не починати роботу при знятих огороженнях.

6.10. Забороняється робота машини при ослабленому кріпленні вузлів і агрегатів.

6.11. Систематично перевіряти надійність роботи гальма і рульового керування.

6.12. Не виконувати роботи несправним інструментом.

6.13. В кабіні мати аптечку і слідкувати за поповненням її всіма необхідними медикаментами.

6.14. Не працювати в незручній, вільній одежі.

6.15. Не допускається перевезення вантажів в бункері-накопичувачі.

6.16. Максимально допустимий схил під час руху машини не повинен перевищувати 15°.

6.17. При поворотах і розворотах швидкість руху машини необхідно зменшувати до 3-4 км/год.

6.18. Для передбачення випадкового зрушення машини з місця водій повинен перед виходом з кабіни при працюючому двигуні заблокувати важелі управління гідронасосом заціпкою і загальмувати машину стояночними гальмами.

6.19. Основний спосіб гальмування машини – зменшення подачі масла до гідромотора основного гідронасоса. Колісні гальма повинні

використовуватися для гальмування машини в випадку поломки приводу ходової частини.

6.20. Для забезпечення буксирування машини необхідно встановити важіль переключення діапазонів в нейтральне положення, а педалі управління гідронасосом необхідно заблокувати заціпкою. Буксирувати машину слід на жорсткому буксирі, при необхідності пригальмовуючи її колісними гальмами або стояночним гальмом. Швидкість буксирування на прямолінійних ділянках дороги не повинна перевищувати 7 км/год.

6.21. При роботі машини металеві труби гідроприводу ходової частини можуть нагріватися більше 80<sup>0</sup>С. Для запобігання опіків необхідно бути обережним при обслуговуванні машини в перші 20-30 хв. Після зупинки двигуна.

6.22. Забороняється робота збиральної машини в нічний час без електричного освітлення.

6.23. Транспорт, швидкість руху якого дорівнює або перевищує швидкість руху машини, обганяти забороняється, а з настанням темноти обгін транспорту, що рухається, забороняється.

6.24. Перегін машин по дорогах загального користування виконувати в відповідності з Правилами дорожнього руху.

6.25. Необхідно періодично оновлювати знаки безпеки, які нанесені на машині.

Серед правил пожежної безпеки необхідно виділити наступні:

- забороняється підносити до паливного бака полум'я, а також курити при заправці паливом, після заправки бак необхідно насухо протерти;

- не допускати протікання з системи живлення, змащування і гідросистеми;

- в випадку займання палива користуватися вогнегасником або засипати полум'я землею, піском або прикривати брезентом, категорично забороняється заливати паливо, що горить, водою;

- в нічний час в випадку виходу із строю електрообладнання необхідно користуватися вогнебезпечними ліхтарями;

- щоденно необхідно перевіряти справність електропроводки і не допускати забруднення її маслом і пилом, так як несправність може привести до замикання проводів і займанню;

- місця стоянки і зберігання машин забезпечити протипожежними засобами, узгодженими з пожежною інспекцією.

## 6.2 Захист від вібрацій

Коливання твердих тіл, які сприймає людина через шкірний покрив, кістки та м'яку тканину, оцінюють як струс або вібрації. Вібрація генерується ручним електрифікованим інструментом, різними машинами, обладнанням транспортом.

Крім цього, вібрація в багатьох випадках використовується для інтенсифікації виробничих процесів, наприклад, зменшення опору ґрунтообробних машин, збільшення продуктивності і покращення якості роботи зерноочисних машин і т.д.

В зв'язку з цим вібрацію поділяють на транспортну, транспортно-технологічну і технологічну. Транспортна вібрація виникає в результаті руху машини по місцевості, агрофонах та дорогах. Якщо одночасно з рухом машина виконує технологічний процес, наприклад комбайновий збір урожаю, то на ній генерується транспортно-технологічна вібрація. Технологічна вібрація генерується при роботі стаціонарних машин, при цьому вона може передаватись на робочі місця, які не мають джерела вібрації.

До людини вібрація передається в момент контакту з вібруючим об'єктом. Якщо дії вібрації піддаються руки, то її називають локальною, якщо весь організм – загальною. Тривала дія загальної вібрації на організм людини приводить до спазму периферичних судин.

Збільшення інтенсивності і тривалості вібрацій в ряді випадків призводить до розвитку професійної патології – вібраційної хвороби. Частіше усього до цієї хвороби призводить локальна вібрація.

В умовах сучасного сільського господарства джерелом вібрації являються перш за все мобільні сільськогосподарські агрегати, різноманітне стаціонарне обладнання ферм і ремонтних майстерень, а також ручні механізовані електрифіковані інструменти.

Таким чином, вібрація, діюча на організм людини, являється одним із неприємних факторів.

Для систематичного і планомірного виконання робіт по захисту працюючих від шкідливої дії вібрації розроблені і затверджені стандарти як на допустимі параметри вібрації, так і на методи розрахунку віброізоляції робочого місця операторів.

Основними характеристиками вібрації являються: переміщення  $y = \varphi(t)$ , швидкість  $V = \psi(t)$  і прискорення  $\omega = j(t)$ . Між вказаними функціями є відома взаємозалежність:

$$j(t) = \frac{d\psi}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2} \quad (6.1)$$

Вирази  $\varphi(t)$ ,  $\psi(t)$  і  $j(t)$  повністю описують коливний процес. Однак фактична закономірність процесу коливань об'єктів, передаючих вібрацію до тіла людини, настільки складна, що вказані функції можна використовувати лише для загального опису вібрації. Вихід із вказаного становища підказує практика. За звичай, переміщення швидкість і прискорення постійно змінюються в граничному інтервалі. Наприклад, двигун трактора генерує частоту коливань, яка відповідає його обертам, а остов трактора передає коливання трактористу, відповідаючи частоті розміщення гребнем орання при поперечному боронуванні або борізді, які залишає культиватор перед поперечною культивацією. В силу цього вібрацію в більшості випадків можна характеризувати усередненою величиною одного з параметрів за визначений проміжок часу. В якості усередненої величини частіше беруть її середньоквадратичне значення, тобто усереднене значення визначають по формулі:

$$V_{ck} = \psi(t) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_t^{t+T} \psi^2(t) dt} \quad (6.2)$$

де  $T$  – період коливань, зв'язаний з частотою коливань залежністю:

$$\omega = \frac{1}{T} \quad (6.3)$$

Середнє значення швидкості  $V_{ск}$ , прискорення  $\omega_{ск}$  і переміщення  $\varphi_{ск}$  дають лише загальну характеристику вібрації. Для детального описання коливного процесу весь спектр його частот розділяють на смуги і в границях кожної смуги нормують середньоквадратичні величини параметрів вібрації.

Оскільки діапазон зміни параметрів вібрації від порогових значень, при яких вона не небезпечна, до дійсних – великий, то краще вимірювати не дійсні значення цих параметрів, а логарифм відношень дійсних значень до порогових. Таку величину називають логарифмічним рівнем, параметра, а одиницю її виміру – децибелом (дБ).

Так логарифмічний рівень віброшвидкості  $L_V$  (дБ) визначають по формулі:

$$L_V = 20 \cdot \lg \frac{V_{ск}}{5 \cdot 10^{-8}} \quad (6.4)$$

де  $V_{ск}$  – дійсна величина віброшвидкості, м/с;

$5 \cdot 10^{-8}$  – порогова величина віброшвидкості, м/с.

Різні частоти вібрації по різному по різному діють на організм людини. Для людини, яка стоїть на віброуючій поверхні, мають два резонансних піки і на частотах 5...12 Гц і 17...25 Гц, а для сидячого – на частотах 4...6 Гц. Для голови резонансні частоти лежать в області 20...30 Гц. З врахуванням цих особливостей і розроблені норми допустимих параметрів вібрації, при чому допустимі параметри транспортної вібрації в горизонтальній та вертикальній площинах різні.

Найбільше допустиме середньоквадратичне значення віброшвидкості – 0,2 м/с і її логарифмічного рівня – 132 дБ встановлено ГОСТ 12.1.012-78 для загальної вертикальної транспортної вібрації при середньгеометричній точності 1 Гц.

Більш жорсткі вимоги до зменшення загальної вібрації встановлені для конторських приміщень, конструкторських бюро, медичних закладів і робочих кімнат. Тут на середньгеометричній частоті 63 Гц середньоквадратичне

значення віброшвидкості не повинно перевищувати  $28 \cdot 10^{-5}$  м/с, а її логарифмічний рівень – 75 дБ.

Локальна вібрація найбільші обмеження має на середньо геометричній частоті 1000 Гц, де середньоквадратичне значення її швидкості рівне 0,65 м/с, а логарифмічного рівня віброшвидкості – 102 дБ.

Джерелами виникнення вібрації являються пристрої в яких появляються сили  $R_k$ , вимушуючи коливання. Це як правило сили, діючі в зазорах спряжених деталей. Закономірність їх зміни та величина залежать від характеру навантаження, прикладеного до робочих органів, від виду руху елементів системи (обертовий чи зворотно-поступальний), від ретельності балансування деталей, які обертаються, і від величини зазорів в спряженні.

Із цього витікають і методи боротьби з вібрацією в джерелі її виникнення. Потрібно добиватися рівномірності навантаження, діючого на робочі органи, замінити, де можливо кривошипні механізми на рівномірно обертаючі ся. Найбільше ефективні у цьому випадку механізми з гідроприводом.

Ефективними методами боротьби з вібрацією в джерелі її утворення являється підвищення класу точності обробки і чистоти поверхні спряжених деталей.

Вібрація насосів, вентиляторів, компресорів, двигунів виникає частіше за все із-за недостатньої зрівноваженості елементів, які обертаються. Погане кріплення деталей у таких машин, а також їх зношення у процесі експлуатації різко збільшує вібрацію.

Редуктори з глобоїдним, шевронним, двохшеvronним і конхoidalним зачепленням шестерень вібрують значно менше, ніж редуктори з прямозубими шестернями.

Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані в господарстві при проведенні інструктажів і підвищенні рівня безпеки і охорони здоров'я працівників при вирощуванні цукрових буряків.

## 7 РОЗРАХУНКИ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

При визначенні ефективності розробок за базовий агрегат приймаємо коренезбиральну машину КС-6Б, яка є в господарстві.

Вихідні дані для визначення економічних показників проекту представлені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 - Вихідні дані для розрахунку економічних показників

Назва показників	Базова машина КС-6Б	Модернізована
1. Продуктивність, га/год.	1,0	1,39
2. Питомі витрати палива, кг/га	14,85	10,72
3. Вартість машини, грн..	497000	500000
4. Ширина захвату, м	2,7	2,7
5. Кількість збираємих рядків, шт.	6	6
6. Кількість обслуговуючого персоналу	1	1

Затрати праці на збиранні цукрових коренеплодів визначаються за формулою [25]:

$$H = \frac{m}{W_{\text{год}}}, \quad (7.1)$$

де:  $m$  – кількість обслуговуючого персоналу;

$W_{\text{год}}$  - продуктивність машини за годину, га/год.

При збиранні цукрових буряків базовою машиною затрати праці становлять:

$$H_6 = \frac{1}{1,0} = 1,0 \text{ люд.год./га.}$$

При збиранні коренеплодів модернізованою машиною затрати праці будуть становити:

$$H_M = \frac{1}{1,39} = 0,72 \text{ люд.год./га.}$$

Зниження затрат праці при використанні модернізованої машини будуть становити:

$$H_3 = H_6 - H_M = 1,0 - 0,72 = 0,28 \text{ люд.год./га.}$$

Прямі експлуатаційні затрати при збиранні врожаю цукрових буряків розраховуються за формулою:

$$C = C_o + C_a + C_p + C_{\text{пмм}}, \quad (7.2)$$

де  $C_o$  – оплата праці з нарахуваннями, грн./га;

$C_a$  – амортизаційні відрахування, грн./га;

$C_p$  – витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн./га;

$C_{\text{пмм}}$  – витрати на паливо і мастильні матеріали, грн./га.

Оплата праці механізатору, який працює на збиральному агрегаті, нараховується за тарифною сіткою за норму виконаної роботи. Оплату праці механізаторам здійснюють по 6-му розряду тарифної сітки. З врахуванням підвищення мінімальної зарплати до 8000 грн., вона становить 348,0 грн. за виконану норму виробітку. За 1 га зібраної площі оплата праці становить:

$$C_O^1 = \frac{C_T}{W_{3M}}, \quad (7.3)$$

де  $C_T$  – оплата праці за тарифною сіткою, грн./зм.;

$W_{3M}$  – продуктивність агрегату за зміну, га/зм.

Для механізатора, який працює на базовій машині, оплата праці за 1 га зібраної площі буде становити:

$$C_{OM}^1 = \frac{348,0}{7,0} = 49,7 \text{ грн./га.}$$

Крім того в господарстві проводяться доплати: 50 % - за продукцію і 50 % за складність збиральних робіт, що становить 24,9 грн./га; 12 % - за інтенсивність робіт, що становить 6,0 грн./га. І оплата праці з нарахуваннями становить:

$$C_{\text{ом}}^{\text{н}} = 49,7 + 24,9 + 24,9 + 6,0 = 105,4 \text{ грн./га.}$$

Для механізатора, який працює на агрегаті з розробленою вдосконаленою коренезбиральною машиною, оплата праці за 1 га зібраної площі буде становити:

$$C_{\text{об}}^1 = \frac{348,0}{9,7} = 35,9 \text{ грн./га.}$$

Аналогічно крім цього проводяться доплати: 50 % - за продукцію і 50 % за складність збиральних робіт (становить 17,9 грн./га), 12 % за інтенсивність робіт (становить 4,3 грн./га). І оплата праці з нарахуваннями становить:

$$C_{\text{об}}^{\text{н}} = 35,9 + 17,9 + 17,9 + 4,3 = 76,1 \text{ грн./га.}$$

Амортизаційні відрахування визначаються виходячи з річних норм на відрахування від загальної вартості машини за формулою:

$$C_{\text{а}} = \frac{Ц \cdot \alpha}{100 \cdot Д \cdot К \cdot W_{\text{зм}}}, \quad (7.4)$$

де Ц – ціна машини, грн.;

Д – кількість днів роботи в рік;

К – коефіцієнт змінності.

За нормативами річна норма відрахувань на амортизацію для коренезбиральної машини становить 15 % [16]. Тоді відрахування для базової машини будуть становити:

$$C_{\text{аб}} = \frac{497000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 7,0} = 197,22 \text{ грн./га.}$$

Амортизаційні відрахування на вдосконалену коренезбиральну машину будуть становити:

$$C_{\text{ам}} = \frac{500000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 9,7} = 143,18 \text{ грн./га.}$$

Затрати на ремонт і технічне обслуговування агрегату також визначається за нормативами, які становлять 15 % в рік від вартості машини. Розрахунки проводяться за формулою:

$$C_p = \frac{Ц \cdot \beta}{100 \cdot Д \cdot К \cdot W_{3M}}, \quad (7.5)$$

де  $\beta$  - норма річних відрахувань на ремонт і технічне обслуговування, %.

Для базової машини затрати на ремонт і технічне обслуговування машини будуть дорівнювати:

$$C_{p.б} = \frac{497000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 7,0} = 197,2 \text{ грн./га.}$$

Для вдосконаленої коренезбиральної машини затрати на ремонт і технічне обслуговування будуть становити:

$$C_{p.м} = \frac{500000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 9,7} = 143,1 \text{ грн./га.}$$

Витрати на паливо і мастильні матеріали визначаються по формулі:

$$C_{пмм} = Ц_{п} \cdot G_{га} \quad (7.6)$$

де  $Ц_{п}$  – комплексна ціна 1 кг палива;

$g_{га}$  – витрати палива на 1 га.

Комплексна ціна включає витрати на основне і пускове паливо, а також на мастильні матеріали і диференціюється в залежності від марки двигуна і машини, а також зони застосування. Приймаємо слідуєчі норми витрат мастильних матеріалів і пускового бензину в % до основного палива [21]:

- моторне масло – 11,7 %;
- трансмісійне масло – 3,43 %;
- індустриальне масло – 0,64 %;

- консерваційні мастила – 0,47 %;

На сьогодні вартість на паливо і мастильні матеріали залежить від цінової політики ринку, величини оптових закупок, постачальника і т. ін. Для розрахунків приймаємо комплексну ціну 1 кг палива в розмірі 59,1 грн./л. Тоді затрати на паливо і мастильні матеріали для базової машини становлять:

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{б}} = 59,1 \cdot 14,85 = 877,6 \text{ грн./га.}$$

При роботі агрегату з удосконаленою коренезбиральною машиною затрати на ПММ будуть становити:

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{м}} = 59,1 \cdot 10,72 = 633,6 \text{ грн./га.}$$

Загальні прямі експлуатаційні затрати при роботі базового агрегату будуть дорівнювати:

$$C_{\text{б}} = 105,4 + 197,2 + 197,2 + 877,6 = 1377,4 \text{ грн./га.}$$

Загальні прямі експлуатаційні затрати при роботі агрегату з удосконаленою машиною будуть становити:

$$C_{\text{м}} = 76,1 + 143,1 + 143,1 + 633,6 = 995,9 \text{ грн./га.}$$

Зниження прямих затрат при впровадженні розробленої машини в виробництво в порівнянні з базовим об'єктом буде становити:

$$E = C_{\text{б}} - C_{\text{м}} = 1377,4 - 995,9 = 381,5 \text{ грн./га.} \quad (7.7)$$

У відсотках економічний ефект буде становити:

$$E_{\text{в}} = \frac{381,5 \cdot 100}{1377,4} = 27,7 \text{ \%}$$

Річний економічний ефект при впровадженні розробок на площі 95 га буде становити:

$$E_p = 381,5 \cdot 95 = 36242,5 \text{ грн.}$$

Окупність затрат на удосконалення збиральної машини визначаються за формулою:

$$E_o = \frac{C_M}{E_p} \quad (7.8)$$

$$E_o = \frac{3000}{36245,5} = 0,08 \text{ років.}$$

Основні техніко-економічні показники, розраховані в проєкті, приведені в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 - Основні техніко-економічні показники проєкту

Показники	Базова машина КС-6Б	Модернізована
1. Продуктивність, га/год.	1,0	1,39
2. Питомі витрати палива, кг/га	14,85	10,72
3. Затрати праці, люд.год./га	1,0	0,72
4. Прямі експлуатаційні затрати, грн./га	1377,4	995,9
в т.ч. – оплата праці з нарахуваннями	105,4	76,1
- амортизаційні відрахування	197,2	143,1
- затрати на ремонт і ТО	197,2	143,1
- затрати на ПММ	877,6	633,6
5. Зниження прямих затрат, грн./га	-	381,5
6. Річний економічний ефект, грн.	-	36242,5
7. Строк окупності затрат, років	-	0,08

Проведені розрахунки показали економічну доцільність розробок і впровадження їх у виробництво.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Більшість малих та середніх сільськогосподарських підприємств, потребують впровадження нових технологій вирощування сільськогосподарських культур. Ці технології, перш за все, передбачають впровадження сучасної, удосконаленої техніки, яка дає можливість підвищити продуктивність, якість і зменшити собівартість продукції. Удосконалена технологія вирощування кормових буряків дасть можливість підвищити урожайність коренеплодів і зменшити затрати на їх вирощування.

2. Проведений патентний аналіз дав можливість вибрати оптимальний напрямок удосконалення конструкції копача з врахуванням особливостей характеристик кормових коренеплодів.

3. Розроблена конструкція стенда для дослідження і випробування робочих органів бурякозбиральних машин дозволяє в деякій мірі імітувати виробничі умови і проводити дослідження, які дозволяють прискорити процес оптимізації параметрів і режиму роботи експериментальних робочих органів.

В результаті лабораторних досліджень і їх аналізу визначено параметри і режим роботи копача. Проведення таких робіт на стенді дає можливість скоротити строки від створення експериментальних зразків до їх серійного впровадження з оптимальними параметрами і режимом роботи.

4. Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані при проведенні інструктажів перед початком збиральних робіт і підвищать рівень безпеки працівників при виконанні технологічних операцій збирання буряка.

5. Економічний ефект від впровадження удосконаленої технології вирощування кормових буряків становить 36242,5 грн.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вирощування та підживлення кормового буряка: секрети успіху//[https://tetra-agro.com.ua/news/viroshhuvannya\\_ta\\_pidzvlennya\\_kormovogo\\_buryaka\\_sekreti\\_uspixu?srsId=AfmBOoiV7sc3Z7lkpxNILhqw2k-GAqXswyNPKGIVKxe0uDs6VEaDX79](https://tetra-agro.com.ua/news/viroshhuvannya_ta_pidzvlennya_kormovogo_buryaka_sekreti_uspixu?srsId=AfmBOoiV7sc3Z7lkpxNILhqw2k-GAqXswyNPKGIVKxe0uDs6VEaDX79).
2. Вирощування кормових буряків //https://sadyba.com/viroshhuvannja-kormovih-burjakiv.
3. Куничак Г., Кобилянська Г. Цінність і технологія вирощування кормових буряків// <https://propozitsiya.com/articles/tsinnist-i-tekhnolohiya-vyroshchuvannya-kormovykh-buryakiv>
4. Технологія вирощування буряка// <https://kruchkov.com.ua/stati/tekhnologiya-vyrashchivaniya-svekly>.
5. Культура БУРЯК КОРМОВИЙ (особливості вирощування та зберігання)// <https://agrarii-razom.com.ua/culture/buryak-kormoviy>.
6. Фомічов А.М. Кормові коренеплоди. – К.: „Урожай”, 1987, с 100.
7. Карабиньош С., Новицький А., Сиволапов А. Бурякозбиральні машини та їх характеристики// Пропозиція. – № 11, 2011. с. 135-141.
8. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г.Войтюк, Л.В.Аніскевич, В.В.Іщенко та ін.; за ред.. Д.Г.Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.
9. Кобець А.С., Іщенко Т.Д, Волик Б.А., Демидов О.А. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.
10. Кобець А.С., Савич П.В., Гурченко О.П., Савченко Я.В. Стенд для дослідження викопувальних робочих органів збиральних машин.- Авторське свідоцтво на винахід № 1257435. Б.И. №34, 1986.
11. Авторське свідоцтво на винахід №1782410 «Копач для коренеплодів». 23.12.92. Бюл. №47.

12. Авторське свідоцтво на винахід №1782411 «Копач для коренеплодів». 23.12.92. Бюл. №47.
13. Авторське свідоцтво на винахід №1768061 «Викопуючий робочий орган». 15.10.92. Бюл. №38.
14. Авторське свідоцтво на винахід №1635931 «Дисковий копач». 23.03.91. Бюл. №11.
15. Землеробська механіка. Т 3. Аналіз і результати досліджень робочих органів машин для обробітку ґрунту /Кобець А.С., Сокол С.П., Пугач А.М., Дирда В.І. і ін – Дніпро, Пороги, 2022. – 408 с.
16. Довідник з опору матеріалів / Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвієв В.В. Відп. Ред. Писаренко Г.С. – 2-е вид., перероб. і доп. К: Наукова думка, 1988 – 736 с.
17. Опір матеріалів/ Під заг. ред. Г.С. Писаренка, К.: Вища школа, 1973р. – 672 с.
18. Землеробська механіка. Т.2. Теоретичні основи сільськогосподарської механіки/ А.С. Кобець, А.Г. Дем'яненко, О.Ю. Береза, О.А. Гонь і ін.- Дніпро, «Свідлер А.Л.», 2022. – 712 с.
19. Кобець А.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин: Навчальний посібник/ Дніпропетровський державний аграрний університет. – Дніпропетровськ, 1999. – 204 с.
20. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні/ А.С.Кобець, О.Д.Деркач, М.І.Ролдугін, В.М.Яцук, П.М.Кухаренко, А.М.Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. – Дніпропетровськ, 2014. – 285 с.
21. Машиновикористання в землеробстві/ В.Ю.Ільченко, Ю.П.Нагірний, П.А.Джолос та ін.; За ред. В.Ю.Ільченка і Ю.П.Нагірного. – К.: Урожай, 1996. – 384 с.
22. Бондаренко М.Г., Демещук В.А. Комплектування і використання машинно-тракторного парку в рослинництві. – К.: „Вища школа”, 1995, с 236.

23. Машиновикористання та екологія довкілля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф.Головчука. – К.: Грамота, 2007.- 360 с.

24. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві// Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542.

25. Вініченко І.І, Сітковська А.О. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства// Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.