

**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 дипломного проекту  
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ МЕХАНІЗАЦІЇ ЗБИРАННЯ  
КОРМОВИХ КОРЕНЕПЛОДІВ ТА КОНСТРУКЦІЇ  
КОРЕНЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ**

**Виконав:** студент групи МС-4-20

\_\_\_\_\_ Кавун Володимир Володимирович

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

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро 2023

## АНОТАЦІЯ

Кавун В.В. Удосконалення процесу механізації збирання кормових коренеплодів та конструкції коренезбиральної машини/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2023. – 61 с.

В проекті представлено аналіз технологій і машин для збирання коренеплодів, а також основні фізико-механічні характеристики кормових буряків. На підставі проведеного патентного аналізу обрано напрям удосконалення коренезбиральної машини з метою зменшення пошкоджень коренеплодів.

Розроблена конструкція і проведені розрахунки основних параметрів і режиму роботи гасника швидкості падіння коренеплодів кормових буряків з вивантажувального транспортера. Приведені заходи по охороні праці.

Розрахунки економічної ефективності показали, що економічний ефект від використання розробок становить 597,12 грн/га, а затрати праці зменшуються на 0,44 люд.год/га.

## З М І С Т

В С Т У П. ....	6
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ЗБИРАННЯ КОРМОВИХ БУРЯКІВ. ....	8
1.1 Загальна характеристика підприємства. ....	8
1.2 Технології вирощування і машини для збирання врожаю. ....	9
2 ПАТЕНТНИЙ АНАЛІЗ. ....	19
3 ОСНОВНІ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОРМОВИХ КОРЕНЕПЛОДІВ. ....	28
4 ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ВИАНТАЖУВАЛЬНОГО ТРАНСПОРТЕРА. ....	34
5 РОЗРАХУНКИ ПАРАМЕТРІВ УДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ. ....	38
5.1 Розрахунок осі механізму підйому. ....	38
5.2 Розрахунок ланцюгової передачі механізму приводу. ....	41
5.3 Перевірочний розрахунок шпонкового з'єднання. ....	45
6 ОХОРОНА ПРАЦІ. ....	47
6.1 Загальні положення по охороні праці. ....	47
6.2 Основні правила безпечної експлуатації удосконаленої машини. ....	48
6.3 Основні правила пожежної безпеки. ....	51
7 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ. ....	52
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ. ....	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ. ....	60
Д О Д А Т К И. ....	62

## ВСТУП

Після початку війни росії в аграрному секторі економіки виникли значні проблеми з реалізацією основного продукту діяльності – зерна. Навіть створення зернового коридору не дає можливості повного експорту продукції і отримання прибутку виробниками. Зерно впало в ціні, тому виробникам стало вигідно використовувати його для годівлі тварин, в тому числі і великої рогатої худоби (ВРХ). Для повноцінного забезпечення тварин кормами необхідні і соковиті корми, в тому числі і наявність в раціоні кормових коренеплодів.

Вирощування коренеплодів кормових буряків, а надто багатонасінних сортів, супроводжується чималими затратами ручної праці та коштів, з яких близько 40-45% припадає на заробітну плату і 14–15% – на загальногосподарські витрати, що є причиною зменшення площ та валового збору коренеплодів цієї надзвичайно цінної для поповнення раціону тварин культури [1, 2]. Коренеплоди, які згодовують тваринам у чистому виді та в суміші з іншими кормами, дають найбільшу кількість кормових одиниць з одиниці площі. Соковиті корми особливо важливі при використанні в зимовий стійловий період утримання худоби.

Основна задача при вирощуванні буряка – підвищення врожайності коренеплодів та зменшення затрат ручної праці і коштів. Це забезпечується запровадженням інтенсивної технології вирощування, основою якої є використання новітніх спеціальних машин. Головними умовами ефективності інтенсивної технології є висока культура землеробства, комплексне використання усіх агротехнічних заходів при високій якості проведення робіт, повне матеріально-технічне забезпечення засобами виробництва, вивчення агротехніки всіма спеціалістами та механізаторами.

Інтенсивна технологія вирощування кормового буряка включає в себе: розміщення в сівозміні по кращим попередникам; внесення органічних та мінеральних добрив в оптимальних дозах, формах та співвідношенням діючих речовин; високоякісну систему основної та передпосівної обробки ґрунту; сівбу в оптимальні терміни насінням, що має схожість не менше 85% та одноростковість не менше 90 %, запровадження комплексної системи заходів боротьби з бур'янами, шкідниками та захворюваннями з використанням високоефективних пестицидів; механізований догляд за посівами та формування густоти насаджень; збирання врожаю поточним та потоково-перевалочним способами без ручного доочищення коренеплодів; раціональну організацію та оплату праці.

Збирання коренеплодів кормових буряків є однією з найбільш трудомістких та енергоємних операцій в технології вирощування. Так, наприклад, затрати ручної праці при збиранні кормових буряків складають 300–400 люд.год./га, що веде до значного підвищення собівартості вирощування цієї культури.

Одним із резервів підвищення функціональних і експлуатаційних параметрів бурякозбиральних машин є розробка принципово нових та модернізації існуючих очисних пристроїв, коренезбиральних машин та визначення їх оптимальних конструктивно–кінематичних параметрів, в поєднанні з компоновальною схемою машини, а також технологію збирання.

Розробка високоефективних, відносно простих та дешевих пристроїв (бажано до існуючих бурякозбиральних машин) з проведенням комплексу досліджень для визначення вихідних конструктивно–технологічних параметрів для виробничого впровадження є важливою проблемою, що має народногосподарське значення.

Метою роботи є підвищення ефективності та якості збирання кормових коренеплодів на основі розробки робочих органів для якісного збирання коренеплодів.

# 1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ЗБИРАННЯ КОРМОВИХ БУРЯКІВ

## 1.1 Загальна характеристика підприємства

Сільськогосподарське товариство з обмеженою відповідальністю (ТОВ) «Дубрава» створене 31.01.2001 р. Основний вид його діяльності – вирощування зернових культур (крім рису), бобових культур і насіння олійних культур. Крім того господарство може виконувати інші види діяльності – допоміжна діяльність у рослинництві, виробництво олії та тваринних жирів, виробництво продуктів борошномельно-круп'яної промисловості.

Місцезнаходження ТОВ «Дубрава»: 5110, Дніпропетровська область, Магдалинівський район, смт Магдалинівка, вулиця Набережна, 39.

Загальна площа землі, яку обробляє господарство, становить 2537 га. Це частково приватна земля засновника господарства, а також земельні ділянки (паї), які господарство орендує у фізичних осіб – власників земельних ділянок. Крім того, господарство з 2013 року приймає участь у спільному обробітку землі, яка є державною власністю і знаходиться на балансі Дніпровського державного аграрно-економічного університету. Площа цієї ділянки становить 1415,52 га і вона знаходиться на території Дніпровського району біля села Олександрівка і Одинківка.

Технологічний процес з вирощування сільськогосподарської продукції, а саме пшениці, ячменю, кукурудзи, ріпаку та соняшнику складає повний набір технологічних процесів таких як: обробіток ґрунту, внесення добрив, посів, операції по догляду за посівами – включають в себе підживлення мінеральними добривами, обробіток засобами захисту рослин, збирання тощо. Для цього в господарстві є певний набір тракторів і сільськогосподарських машин. Це сучасні високопродуктивні трактори фірми John Deere 8R 310 (2 шт.), зернозбиральні комбайни John Deere (620R –

1 шт., 625R – 1 шт.) з відповідними жатками і приставками, сівалка фірми John Deere СЗД-420-03V - зернотукова сівалка, с безступінчатою коробкою передач (варіатор), яка призначена для рядового посіву (пшениці, ячменю, жита, вівса), зернобобових (соя, горох, квасоля, нут), дрібносем'яних культур (рапс, гірчиця, льон) сипучих і середньо сипучих насіння трав з одночасним внесенням мінеральних добрив.

Крім того, є набір сільськогосподарських машин для обробітку ґрунту, догляду за рослинами і ін., вітчизняного виробництва. В тому числі, в господарстві залишилися в робочому стані набір машин для вирощування буряків – сівалка ССТ-12Б, культиватор для обробітку міжрядь УСМК-5,4, бурякозбиральний комбайн МКК-6. Цю техніку після відповідного ремонту і удосконалення можна використати при вирощуванні кормових коренеплодів на першому етапі без великих капіталовкладень.

В господарстві немає власних приміщень для зберігання врожаю, тому частину врожаю реалізують відразу після збирання при вигідній цінній ситуації на ринку, а частину вирощеної продукції зберігають на елеваторах до моменту кращих ринкових пропозицій по реалізації.

## 1.2 Технології вирощування і машини для збирання врожаю

У технології вирощування кормових буряків на сучасному етапі найбільш трудомісткі процеси – формування густоти насаджень та збирання врожаю. Інтенсифікація її передбачає впровадження у виробництво однонасінних сортів і гібридів цієї рослини, висівання їх із заданою густиною та механізоване збирання коренеплодів.

Першими вітчизняними сортами кормового буряку є Переможець, Ідеал, Полтавський і Полтавський білий. На сучасному етапі на їх базі Українським інститутом землеробства УААН спільно з Панфільською дослідною станцією створені одноросткові сорти, такі як Донор, Панфільський однонасінний [5].

Інтенсивна технологія виробництва кормового буряка включає поліпшений основний і передпосівний обробіток ґрунту, науково обґрунтовану систему внесення добрив під запланований урожай, інтегровану систему захисту рослин від хвороб, шкідників і бур'янів, сівбу відкаліброваним насінням на задану густоту, формування оптимальної густоти насаджень автоматичними проріджувачами, агротехнічні прийоми підготовки посівів до механізованого збирання, збирання урожаю гичко- і коренезбиральними машинами, застосування прогресивних методів заготівлі і зберігання коренеплодів, раціональну організацію і оплату праці.

Інтенсивна технологія дозволяє знизити затрати праці на 70 % (до 90-130 год./га), прямі експлуатаційні затрати – на 41-50 % [7].

За рахунок запровадження однонасінних сортів кормових буряків затрати праці знижуються з 72 до 40 год./га, при збиранні комплексами машин – з 323 до 36 год/га. Впровадження інтенсивної технології в Україні дає значний економічний ефект (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Урожайність кормових буряків (т/га) в Україні [6]

З о н а	Інтенсивна технологія	Звичайна технологія
Степ	58,3	42,6
Лісостеп	49,2	37,3
Полісся	51,8	45,7
В середньому по Україні	53,1	41,8

Удосконалена технологія основного обробітку ґрунту, яка включає використання двоярусних плугів, ґрунтопоглиблювачів до серійних плугів, вертикальних і діагональних чизелів-розпушувачів для безвідвального обробітку ґрунту на глибину 40–45 см (один раз в три-чотири роки), в поєднанні з вирівнювачами полів, поліпшеним поверхневим обробітком ґрунту культиваторами УСМК-5,4А (Б), забезпечує необхідні умови для точного висіву кормових буряків за тією ж схемою, що і цукрових. Тим

самим створюється підвищений (на 10–15%) запас продуктивної вологи в верхніх шарах ґрунту, а також умови для хорошого проростання і вегетації коренеплодів, рівномірного їх розподілу вздовж рядків і отримання вирівняних за розмірами коренеплодів, що дуже важливо для механізованого збирання.

Дослідами встановлено, що комбінований обробіток ґрунту – мілка оранка на глибину 14–16 см з розпушуванням ґрунту діагональними глибокорозпушувачами до 25–27 см плюс напівпарова обробка – більш благотійно впливає на щільність ґрунту, накопичення вологи, динаміку вмісту поживних речовин в ґрунті, динаміку з'явлення сходів і приросту маси коренеплодів і гички, урожай і якість коренеплодів однонасінних кормових буряків, ніж відвальний і мілкий обробіток ґрунту. Урожайність коренеплодів сорту Тімірязівський становив 81,7 т/га, тоді як при мілкому обробітку – 76,3 т/га, а при відвальному обробітку – 73,7 т/га [6].

В результаті досліджень встановлено, що оптимальна густина насаджень рослин кормових буряків на богарі повинна становити 120–180 тис./га, а в умовах зрошення – 80–100 тис./га. Таку щільність можна отримати, якщо сіяти буряк малими (6–8, 8–12 шт. на 1 м рядка) нормами, застосовувати гербіциди і одну-дві обробки до появи сходів ротаційними робочими органами культиватора УСМК-5,4А (Б) з маркерними лініями для “сліпого” водіння агрегату. На загущених посівах застосовуються автоматичні проріджувачі типу ПСА-2,7. Можливе також застосування поперечного боронування сходів, але його треба робити своєчасно, так як в протилежному випадку можливе розтягування рослин в поперечному напрямку, що знижує якість подальших обробок посівів і механізованого збирання врожаю.

Для знищення бур'янів і мульчування ґрунту в міжряддях під час вегетації посіви слід обробляти на низьких робочих швидкостях (до 3,5–4 км/год.) з малими захисними зонами (60–80 мм) і використовувати при цьому ротаційні робочі органи. Для присипання бур'янів в зоні рядка культиватори

необхідно обладнати бритвами з підгортачами і застосовувати їх в ранній стадії розвитку рослин. На дуже забур'яненних полях слід застосовувати відповідні гербіциди.

В технології вирощування кормових буряків найбільш трудомісткими є процеси формування густоти рослин і збирання врожаю. Знизити ці затрати можна шляхом застосування одноросткових сортів кормових буряків з посівом на задану норму висіву.

Для збирання кормових буряків використовують машини, які розроблялися для цукрових буряків. Так як розмірні і фізико-механічні характеристики цукрових і кормових буряків відрізняються, то і якість збирання при використанні цих машин суттєво нижча.

Вплив сортів і густоти рослин на якість механізованого збирання показано в таблиці 3.2. Найбільша кількість коренеплодів з низьким зрізом (4 см) гички була в багаторосткового сорту Екендорфський жовтий – до 10 %, у одноросткового Тімірязівський 87 цей показник не перевищував 6 %. Збирання гички проводили машиною МБК-2,7 (рис. 1.1).

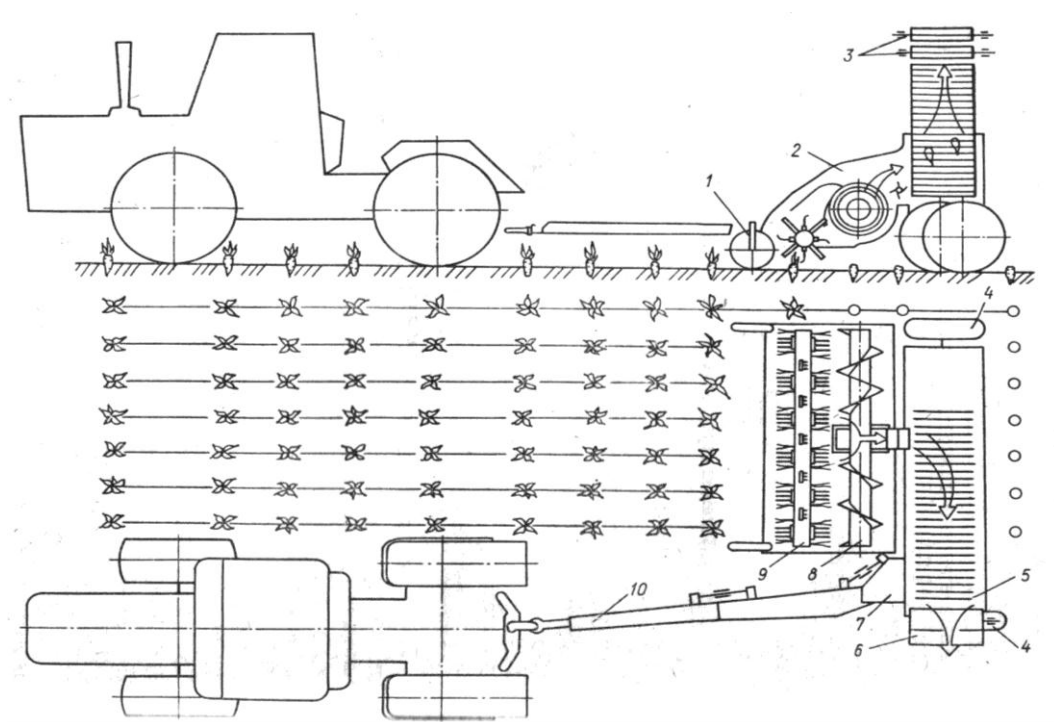


Рисунок 1.1 - Технологічна схема гичкозбиральної машини МБК-2,7:

1- копіювальні колеса; 2 - гичкозрізувальний апарат; 3 - завантажувальні барабани; 4 - ходові колеса; 5 - завантажувальний транспортер; 6 - дефлектор; 7 - основна рама; 8 - шнек; 9 - ротор гичкоріза; 10 - сниця

При збиранні коренеплодів машиною МКК-6 (рис. 1.2) кількість сильно пошкоджених коренеплодів у Екендорфського жовтого досягала 14,1 %, у Тімірязівського 87 – 5,4%.

Відділення гички з коренеплодів часто ускладнюється тим, що їх висота над поверхнею ґрунту буває значною і до того ж сильно змінюється, а самі коренеплоди з ґрунтом зв'язані слабо. Слабкий зв'язок коренеплодів з ґрунтом знижує також якість обрізання гички і їх доочищення лопатевими робочими органами (рис. 1.3).

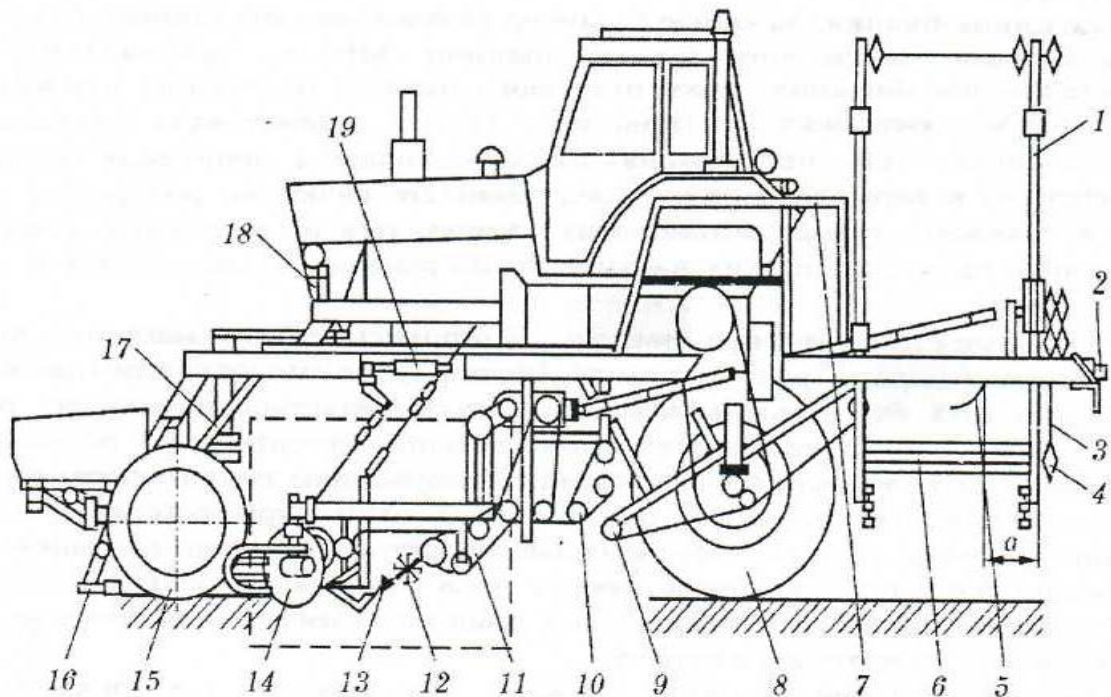


Рисунок 1.2 – Конструктивна схема коренезбиральної машини МКК-6:

1– вивантажувальний елеватор; 2 – електрообладнання; 3 – рама; 4 – трансмісія; 5 – прогумований пристрій; 6 – поперечний конвеєр; 7 – огороження; 8 – міст ведучих коліс; 9 - поздовжній транспортер; 10 – шнековий очисник; 11 – приймальний транспортер; 12 – другий кулачковий вал; 13 – перший кулачковий вал; 14 - дисковий копач; 15 – міст керованих коліс; 16 – копір-водій; 17 – механізм рульового керування; 18 – трактор; 19 - гідросистема

При обрізанні гички машинами БМ-6Б, МБК-2,7 різальні апарати пошкоджують до 7 % коренеплодів. Крім того, у багаторосткових сортів (Екендорфський жовтий, Льговський жовтий, Урсус) коренеплоди на 2/3 своєї

Рисунок 1.3 - Очисника ОГД-6А, вид збоку

Таблиця 1.2 - Якість зрізання гички і підбору коренеплодів в залежності від сортів і густоти насаджень [3, 6]

Показники	Густота насаджень рослин, тис/га				
	118	148	171	125	118
	Тімірязівський 87			Київський	Екендорфський жовтий
Якість обрізання МБК-2,7 (%): нормально обрізаних коренеплодів	80,7	81,0	77,6	78,7	69,8
Якість підбирання коренеплодів МКК-6 (%):					
- зібрано машиною	99,2	99,3	98,8	98,6	86,9
- кількість пошкоджених коренеплодів	17,2	18,8	18,2	11,6	24,3
- в тому числі сильно	3,1	5,0	5,4	2,9	14,1

висоти розташовані над поверхнею ґрунту. Вони часто зміщені від осової лінії рядка: біля 30 % – на 6–10 см, 15 % – на 10–14 см. В результаті при механізованому збиранні значна частина коренеплодів травмується і залишається на полі. У одноросткових сортів ці показники значно кращі.

Дослідження [6] показали, що відмова від боронування і підгортання рослин перед збиранням дозволяє значно зменшити ступінь відхилення коренеплодів від осової лінії рядка.

На важких, вологих, забур'яненних полях найбільш ефективними є машини КС-6 (рис. 1.4), КС-6Б, КС-6Б-05 (рис. 1.5), РКМ-6, а на легких і середніх – РКС-6 з пристроєм для викопування РКС-6.65000. На чистих полях при хорошому очищенні гички збирати коренеплоди краще потоковим способом, а на забур'яненних і погано очищених від гички (що характерно для багаторосткових сортів Екендорфський жовтий, Київський, Переможець) – перевалочним.

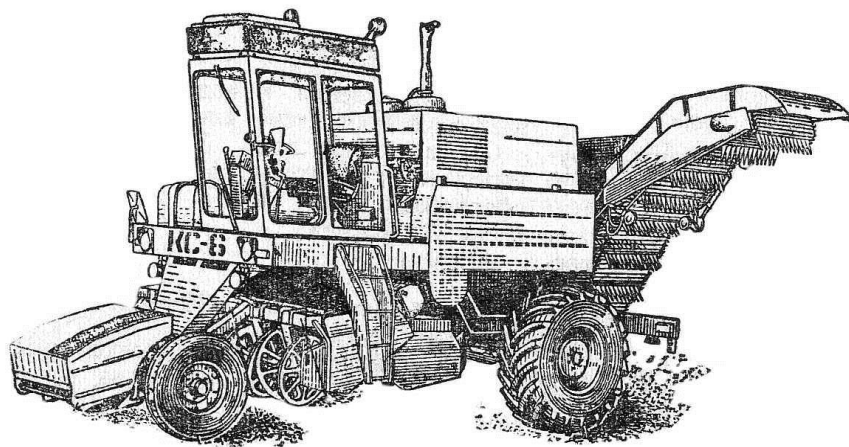
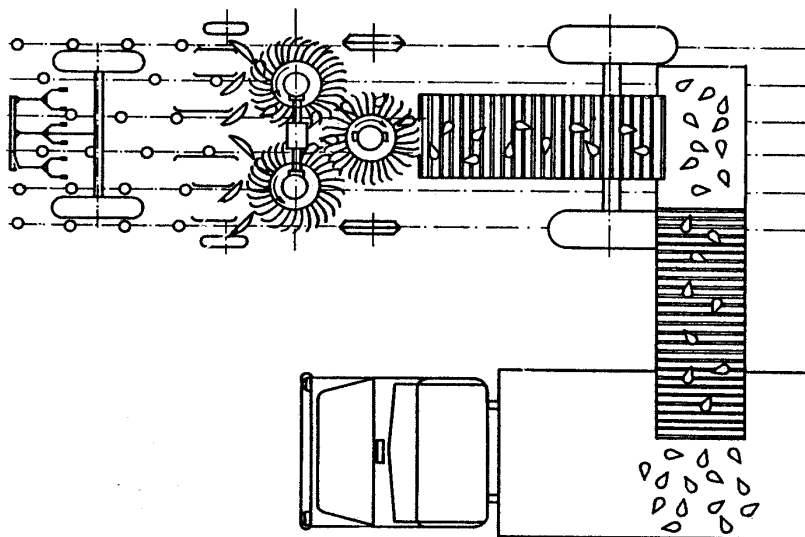


Рисунок 1.4 - Коренезбиральна машина КС-6



## Рисунок 1.5 - Технологічна схема роботи машини КС-6Б-05

Застосування навантажувачів типу СПС-4,2 дозволяє значно (в 1,5–2 рази) знизити загальну забрудненість вороху. Але при цьому слід враховувати також, що в процесі очищення збільшується і кількість пошкоджених коренеплодів.

Аналогічні результати отримані і на інших сортах багатонасінних і однонасінних кормових буряків [5], представлені в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 - Якість роботи бурякозбиральних машин на різних сортах кормового буряку [3, 5]

Показник	Густота насадження рослин, тис./га, сортів					
	Київський			Екендорфський		Урсус
	97	113	141	110	122	70
Якість обрізання МБК-2,7, БМ-6А, % від нормально зрізаних	95,9	95,6	95,7	92,5	91,9	68,1
Якість підбирання МКК-6, КС-6Б, % зібрано машиною	96,7	97,0	96,3	93,0	92,2	87,0
Кількість пошкоджених коренеплодів, всього	28,5	24,8	26,1	26,6	33,0	39,2
У тому числі сильно	5,9	9,8	8,1	15,4	16,2	24,3

Таким чином, застосування однонасінних сортів кормових буряків в виробництві дозволить перейти на інтенсивну технологію вирощування кормових коренеплодів на кормові цілі з мінімальними затратами ручної праці і вищими показниками якості збирання.

В господарствах України все більше застосовуються машини провідних світових виробників. Серед закордонних фірм найбільш відомою є німецька

“FRANZ KLEINE”, яка займається випуском різних бурякозбиральних машин. Це найпростіші 2-х, 3-х і 6-тирядні причіпні або начіпні машини для роздільного збирання врожаю (рис. 1.6 – 1.8), а також складні комплекси комбайнів, які проводять збирання врожаю за один прохід машини (рис.1.9).

Рисунок 1.6 – Фронтальна гичкозбиральна машина в полі

*a)*

*б)*

Рисунок 1.7 – Шестирядна фронтальна гичкозрізальна машина К 6 II (*a*)  
і копач-валкоукладчик R 6 (*б*) фірми “Franz Kleine”

Рисунок 1.8 – Підбирання і завантаження коренеплодів із валків

Рисунок 1.10 – Шестирядний бункерний комбайн KLEINE SF 10

Аналіз існуючих машин показує, що для збирання цукрових буряків промисловість випускає велику кількість різних варіантів техніки для будь-яких умов збирання. Але для збирання кормових буряків вони не зовсім пристосовані і потрібне удосконалення їх конструкції з врахуванням фізико-механічних характеристик кормових коренеплодів, або випуск окремих спеціальних машин.

## 2 ПАТЕНТНИЙ АНАЛІЗ

Аналіз технічних рішень, направлених на розробку конструкції вивантажувальних транспортерів коренезбиральних машин, дає можливість вибрати оптимальний напрямок робіт по удосконаленню конструкції для усунення відомих недоліків.

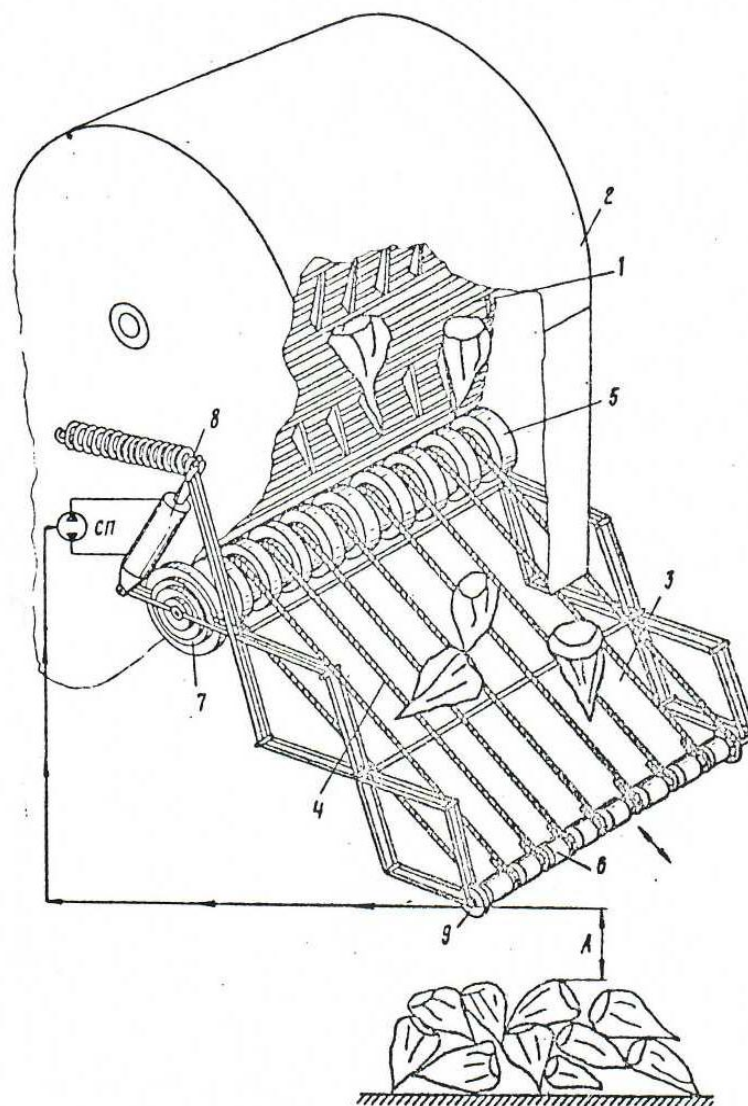


Рисунок 2.1 - Схема пристрою для вивантаження коренеплодів [8]

Відомий пристрій для вивантаження коренеплодів з коренезбиральної машини [8], який містить подаючий транспортер 1 (рис. 2.1), направляючий кожух 2, до якого шарнірно закріплений пристрій для скочування коренеплодів 3. Цей пристрій виконано із поздовжньо розташованих канатів 4, верхні кінці яких закріплені на поворотному барабані 5, а нижні – на нижньому краї пристрою 3 і на стержні 6. Барабан 5 має спіральну пружину 7, яка одним кінцем закріплена на кожусі 2, а другим на ньому. Пристрій має механізм 8 зміни довжини похилі поверхні скочування коренеплодів, який діє від датчика 9 контролю висоти падіння коренеплодів *A*.

Пристрій працює наступним чином. Вивантажувальний транспортер 1 направляє за допомогою кожуха 2 коренеплоди на похилу поверхню пристрою 3. Коренеплоди скочуються по цій поверхні, при цьому вони, взаємодіючи з канатами 4, очищаються від ґрунту, який налипає на них. Датчик 9 постійно контролює висоту падіння *A* і при відхиленні її від оптимальної подає сигнал механізму 8 на зміну довжини похилої поверхні пристрою 3. Збільшення довжини може виконуватися, наприклад, за допомогою гідроциліндра і «нюренбергських ножиць», а зменшення за допомогою пружини 7.

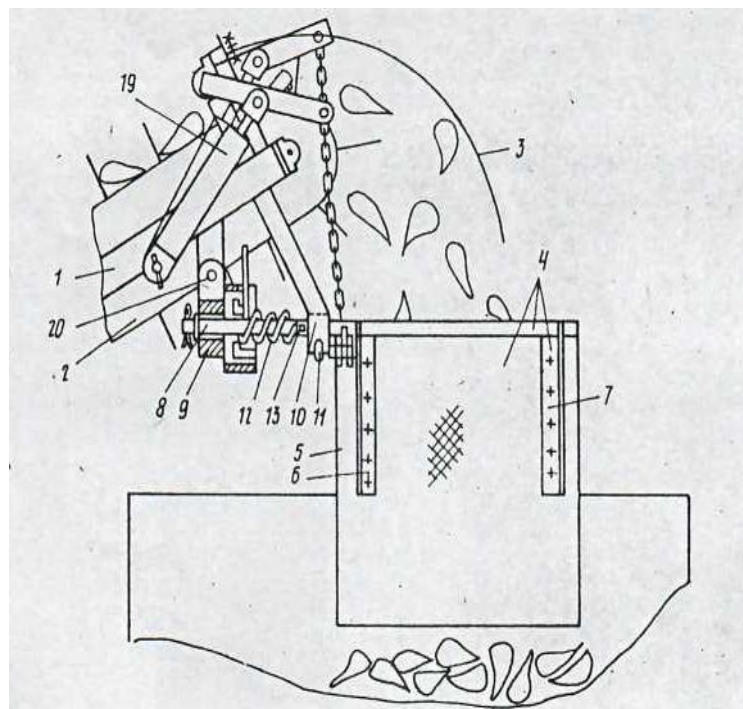


Рисунок 2.2 - Схема вивантажувального пристрою [9], вид збоку

Відомо також вивантажувальний пристрій [9], який містить раму елеватора 1 (рис. 2.2 і 2.3), полотно транспортера 2, направляючий кожух 3, пружні елементи 4, встановлені під кутом один до одного, виконані із еластичних листів 5, закріплених за допомогою кріплень 6 по краях каркасу 7, жорстко з'єднаного з валом 8. Вали 8 шарнірно встановлені в опорах 9 і в напрямних кронштейнів 10, які опираються на пальці 11. На валах встановлені пружини 12 кручення з правою і лівою навивкою. Одні кінці пружини закріплені у втулках 13, приварених до валів, а другі – в пази фіксаторів 14, приварених до опор 9. До валів 8 приварені важелі 15, які за допомогою ланцюгів 16 з'єднані з важелями 17, які приварені до валу 18.

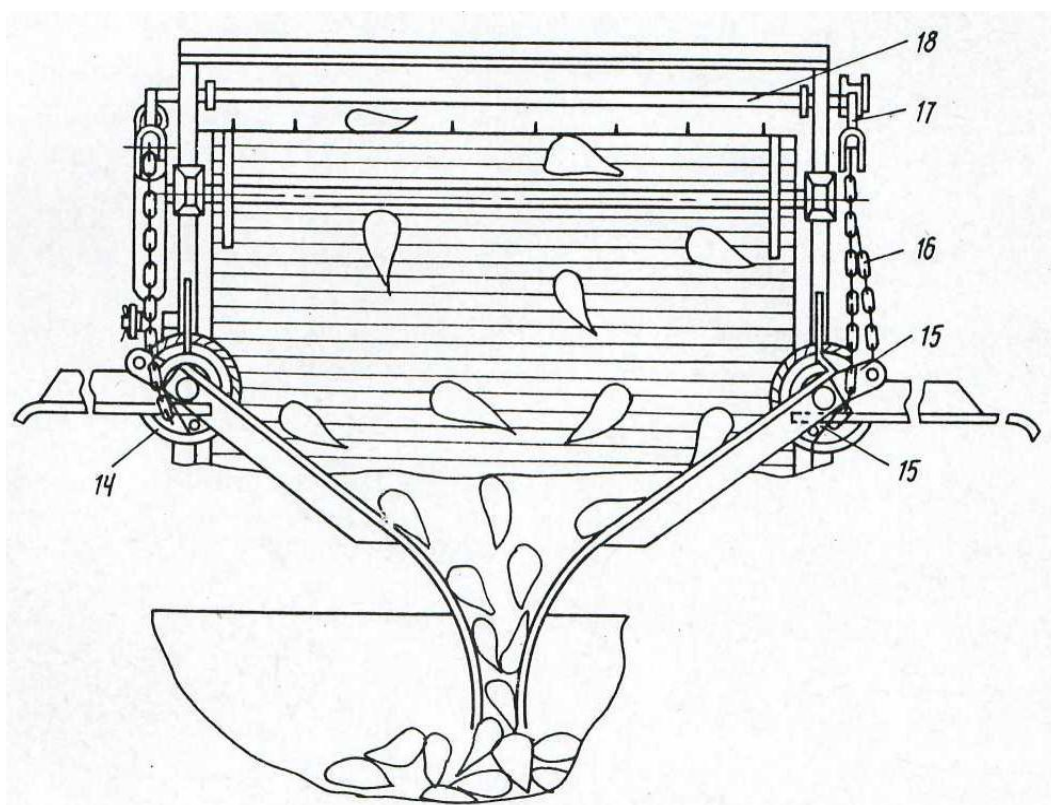


Рисунок 2.3 - Схема вивантажувального пристрою [9], вид спереду

Один з важелів 17 з'єднаний з гідроциліндром 19, який встановлений на рамі елеватора 1. Вали пружних елементів 4 закріплені шарнірно за допомогою пальців.

Пристрій працює наступним чином. Коренеплоди з транспортера 2 кожухом 3 направляються на еластичні листи 5, притиснуті один до одного пружинами 12. При ударах по еластичних листах 5 і переміщенні між ними швидкість коренеплодів зменшується і вони опускаються на дно транспортного засобу.

На початку завантаження транспорту еластичні листи 5 в робочому положенні розташовані в кузові. Конструкція пристрою дозволяє запобігти поломці еластичних листів 5 при неузгодженості руху коренезбиральної машини і транспортного засобу, так як еластичні листи 5 можуть повертатися разом з валом 8 в необхідному напрямку, стискаючи пружини 12, і повертатися у вихідне положення за рахунок їх розтискання.

Для повного завантаження транспортного засобу включається гідроциліндр 19, шток якого повертає важелі 17, які за допомогою ланцюгів 16 і важелів 15 повертають вали 8, а разом з ними і еластичні листи 5, переборюючи зусилля пружин 12. При повністю висунутому штоку гідроциліндра 19 еластичні листи 5 встановлюються у горизонтальному положенні і не заважають повному завантаженню транспортного засобу. При від'їзді заповненого і під'їзді порожнього транспорту шток гідроциліндра 19 втягується і вали 8 під дією пружин 12 повертаються і притискають еластичні листи 5 один до одного.

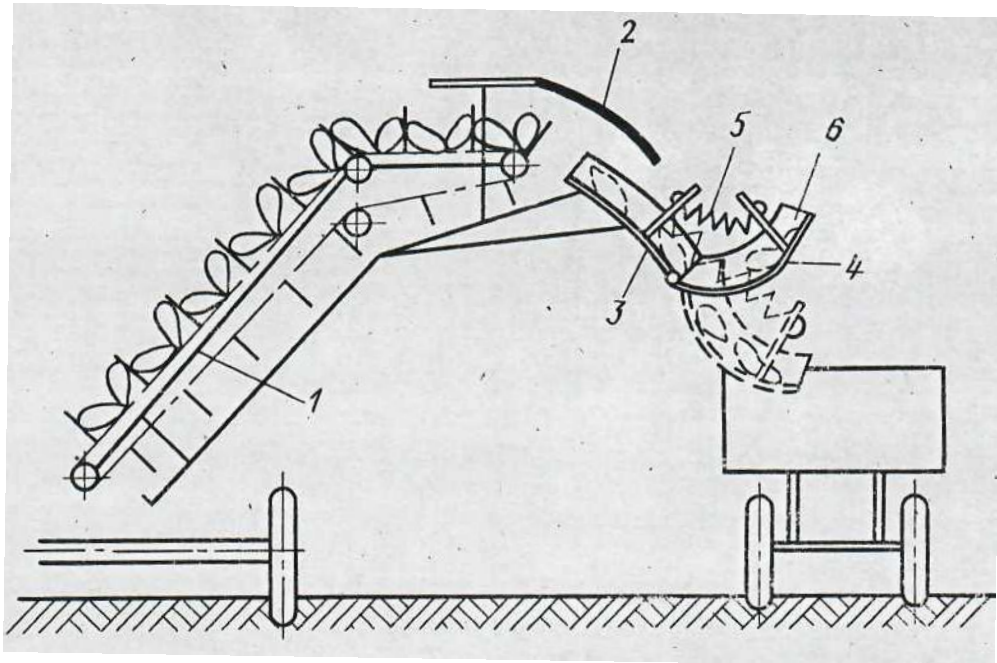


Рисунок 2.4 - Схема вивантажувального пристрою [10], вид збоку

Відомий вивантажувальний пристрій [10] коренезбиральної машини, який містить транспортер (рис. 2.4 ), на рамі 1 якого над його вивантажувальним кінцем закріплено направляючий козирок 2, нижче якого на рамі 1 закріплено скатний лоток, виконаний з двох послідовно розташованих частин. Перша частина 3 скатного лотка закріплена на рамі 1 жорстко і має випуклу в напрямку до козирка 2 робочу поверхню, при цьому в поздовжньому перетині робоча поверхня першої частини 3 скатного лотка має форму параболи. Друга частина 4 скатного лотка зв'язана шарнірно з першою частиною 3 лотка і підпружинена відносно неї пружинами 5, при цьому робоча поверхня другої частини 4 скатного лотка має ввігнуту в напрямку до козирка 2 форму. Кожна із частин скатного лотка має боковини 6.

Пристрій працює наступним чином. Під час вивантаження транспортером коренеплоди переміщуються по першій випуклій частині 3 скатного лотка і утримуються другою його ввігнутою частиною 4. При накопиченні достатньої кількості коренеплодів відбувається поворот другої

частини 4 скатного лотка навколо шарніру і коренеплоди, переборюючи силу спротиву пружини 5, подаються в транспортний засіб.

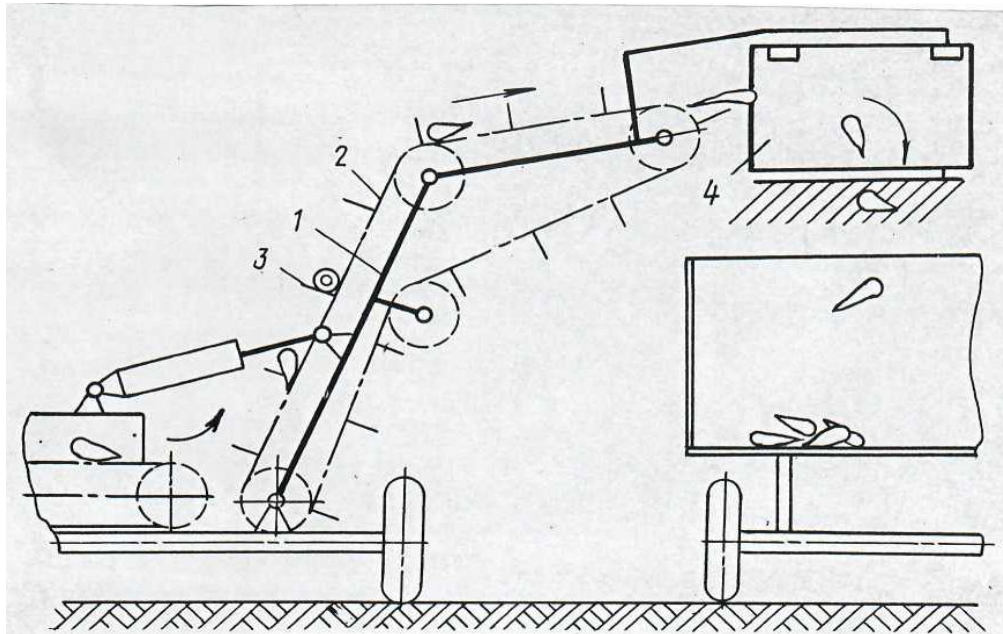


Рисунок 2.5 - Схема пристрою [11], вид збоку

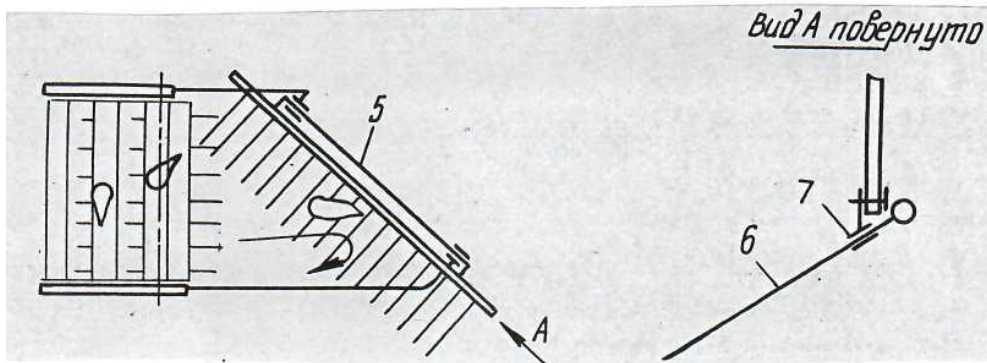


Рисунок 2.6 - Схема пристрою [11], вид зверху

Відомий транспортер для завантаження коренеплодів в транспортні засоби [11], який містить раму 1 (рис. 2.5 і 2.6), замкнуте пруткове полотно 2 із скребками 3, в зоні вивантаження якого встановлено пристрій для зменшення швидкості падіння коренеплодів, що містить еластичний екран 4, шарнірно підвішений під кутом до напрямку руху коренеплодів на осі 5 і решітчастий скатний лоток 6, закріплений до нижнього краю еластичного екрану 4 за допомогою напрямних 7 і виконаний із консольних стержнів. Лоток 6 можна пересувати по напрямних 7 відносно екрану 4, при цьому кут

його установки по відношенню до днища кузова змінюється. Кінці стержнів лотка 6 направлені до полотна 2.

В процесі роботи коренеплоди подаються скребками 3 пруткового полотна 2 до вивантажувальної частини транспортера і скидаються в кузов транспортного засобу. При цьому вони вдаряються в еластичний екран 4 і гальмуються внаслідок його пружної деформації і шарнірної підвіски. Крім того, за рахунок косоного розташування екрана 4 коренеплоди ковзають по ньому і відхиляються в процесі гальмування в сторону і вниз на лоток 6 без ударів. Решітчастий лоток 6 направляє коренеплоди в кузов, при цьому висота їх вільного падіння скорочується, що також сприяє зниженню їх пошкодження.

Відомий пристрій для зменшення швидкості падіння коренеплодів [12], який включає ряд гнучких елементів 1 (рис. 2.7 – 2.9), які вільно провисають і мають різну довжину. Їх кінці закріплені на рамі 2 вивантажувального транспортера 3 за допомогою шарнірно закріплених і встановлених під кутом стержнів 4. Елементи 1 розташовані перпендикулярно переміщенню коренеплодів в горизонтальному напрямку, при цьому менші з них по довжині мають Л-подібні обмежувачі 5 поперечних коливань і встановлені між елементами, які мають більшу довжину. Обмежувачі 5 суміжних елементів 1 встановлені із зміщенням один відносно другого і виконані із пружного матеріалу, наприклад гумових трубок. Для виключення розхитування пристрій містить стабілізатор у вигляді вертикально розташованого стержня 6 закріпленого за допомогою пружини 7 на протилежній по відношенню до напрямку подачі коренеплодів сторони пристрою.



Рисунок 2.7 - Схема пристрою [12], вид із заду

Пристрій працює наступним чином. При завантаженні кузова транспортного засобу коренеплоди, які поступають з транспортера 3, вдаряються по м'якій поверхні гнучких елементів 1, зменшуючи швидкість

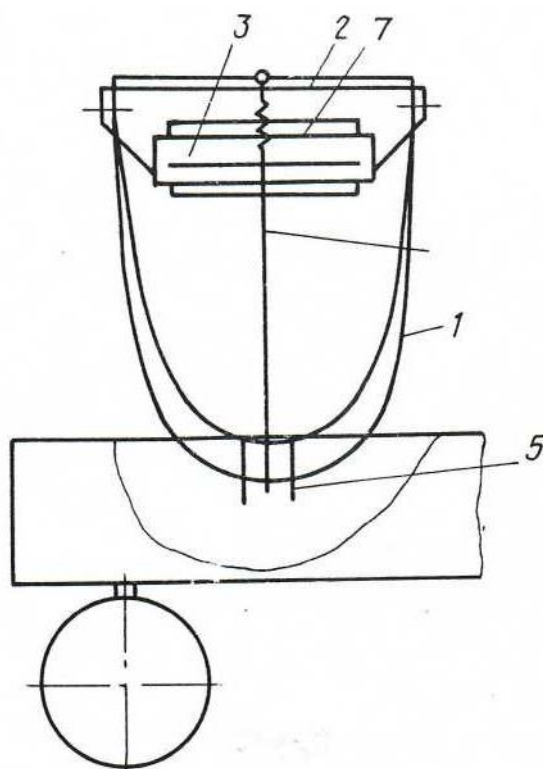


Рисунок 2.8 - Схема пристрою [12], вид збоку

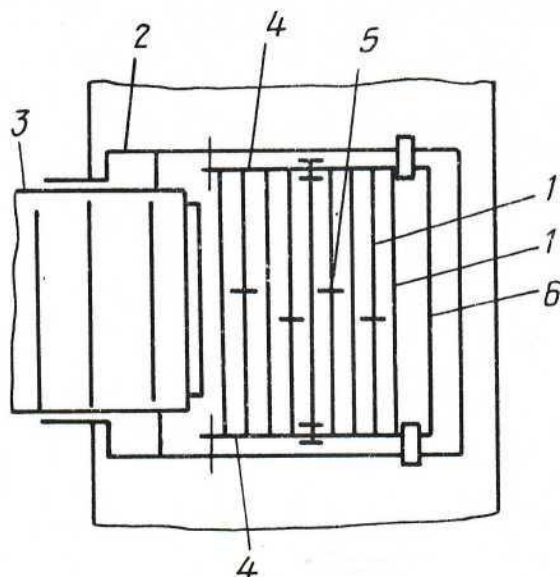


Рисунок 2.9 - Схема пристрою [12], вид зверху

падіння, і проходячи крізь зазори між ними, падають з невеликої висоти на дно кузова. По мірі його завантаження вихідна частина транспортера 3 піднімається разом із закріпленим на ньому пристроєм. Після закінчення завантаження і від'їзді транспортного засобу гнучкі елементи 1 поступово витягуються із коренеплодів. При раптові зупинці транспортного засобу гнучкі елементи 1 і підпружинений стержень 6 відхиляються вбік при зустрічі з кузовом чи кабіною транспорту.

В залежності від урожайності (розмірів) коренеплодів і їх засміченості залишками гички і бур'янів, змінюють відстань між гнучкими елементами 1 шляхом перезакріплення стержнів 4 на рамі 2 транспортеру 3.

Таким чином, проведений патентний аналіз дав можливість визначитися із схемою подальшого удосконалення вивантажувального транспортера коренезбиральної машини для зменшення пошкоджень коренеплодів при падінні в кузов транспортних засобів.

3 ОСНОВНІ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
КОРМОВИХ КОРЕНЕПЛОДІВ

Основними розмірними характеристиками кормових коренеплодів є довжина  $L_k$ , діаметр  $d_k$ , довжина гички  $l_r$ , 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 [3, 5].

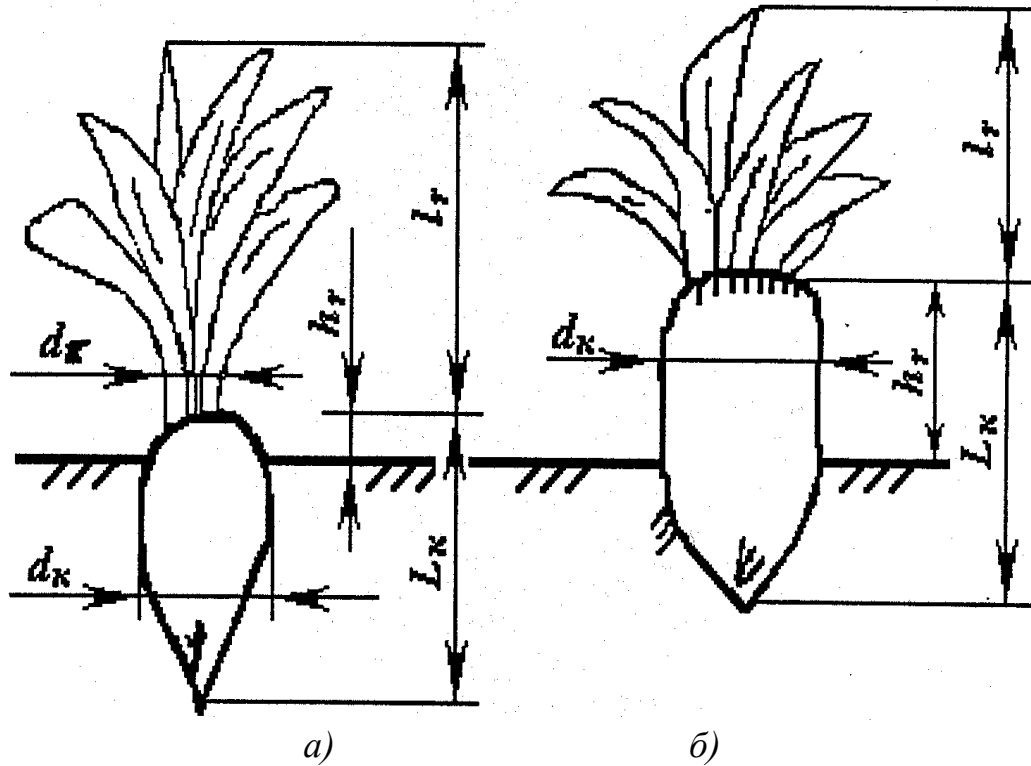


Рисунок 3.1 - Розмірні характеристики буряків: а) цукрових; б) кормових

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

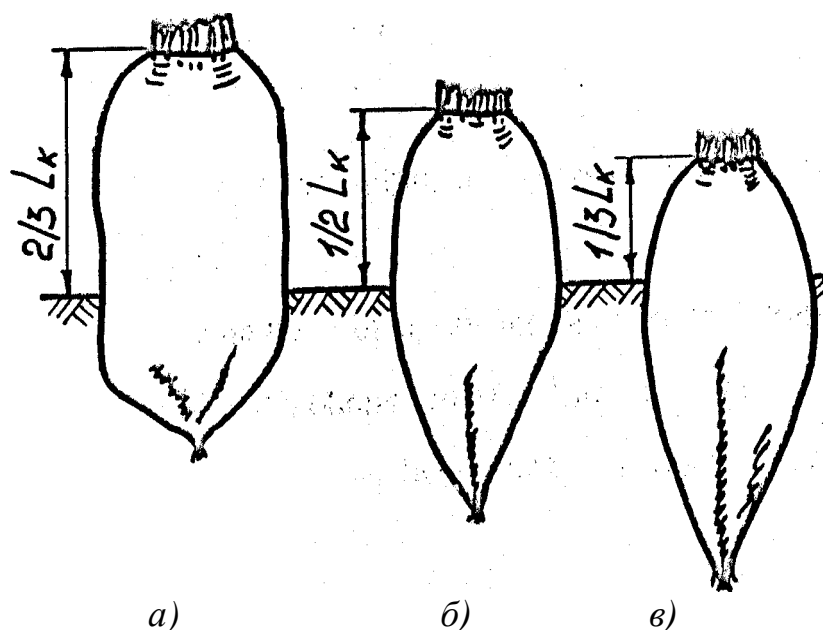


Рисунок 3.2 - Форма кормових коренеплодів кормових коренеплодів і їх розташування в ґрунті: а) Екендорфський жовтий, б) Переможець, в) Центаур

Таблиця 2.1. 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):

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

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

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 см<sup>2</sup> необхідно виконати роботу на 1,8-2,5 Дж/см<sup>2</sup> більшу, ніж для такого ж пошкодження тіла (рис. 2.8) і на 3,8-4,5 Дж/см<sup>2</sup> – хвостової частини [4]. 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 [3, 5] показали, що зрізання гладеньким лезом мало чим відрізняється від зрізання лезом, яке має насічку.

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.

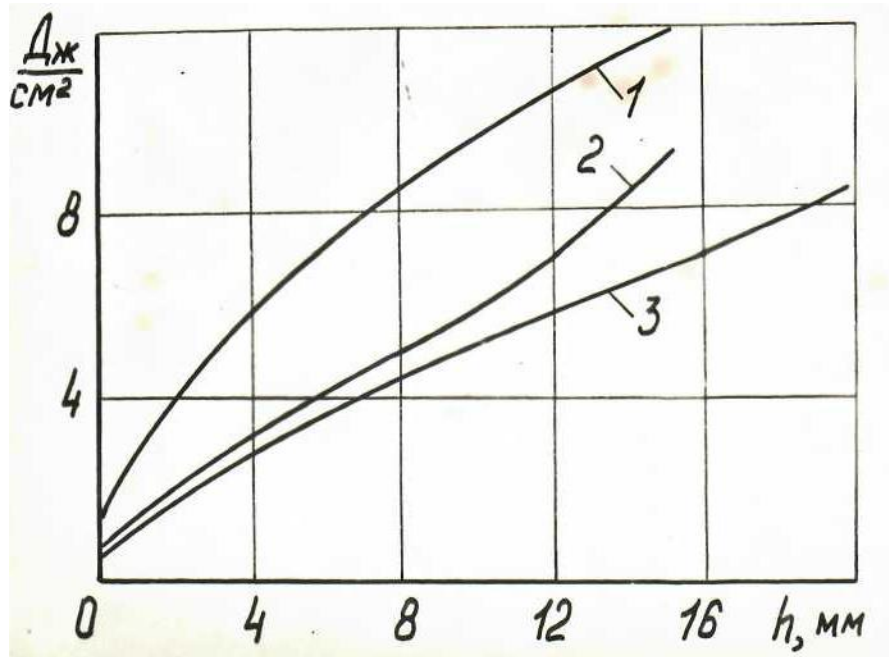


Рисунок 3.3 - Залежність глибини деформації коренеплоду від роботи деформації плунжером з плоскою поверхнею (сорт Центаур)  
1 – головка, 2 – тіло, 3 – хвостик коренеплоду

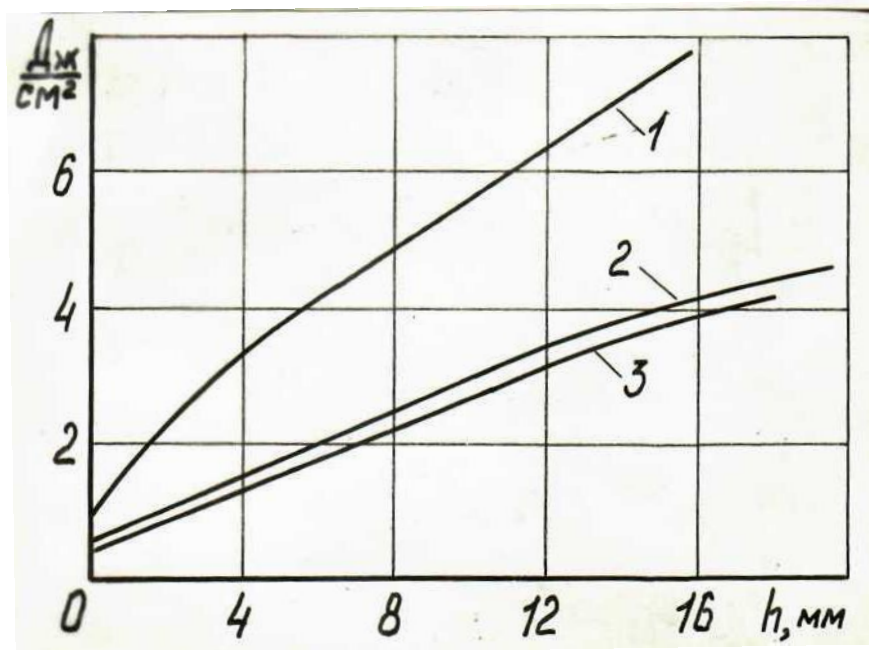


Рисунок 3.4 - Залежність глибини деформації від роботи плунжером зі сферичною поверхнею коренеплодів сорту Центаур  
1 – головка, 2 – тіло, 3 – хвостик коренеплоду

За прямого удару по коренеплоду плоскою сталевую поверхнею пересічні енергії на його руйнування становлять 65 Дж. За навскісного удару, вектор

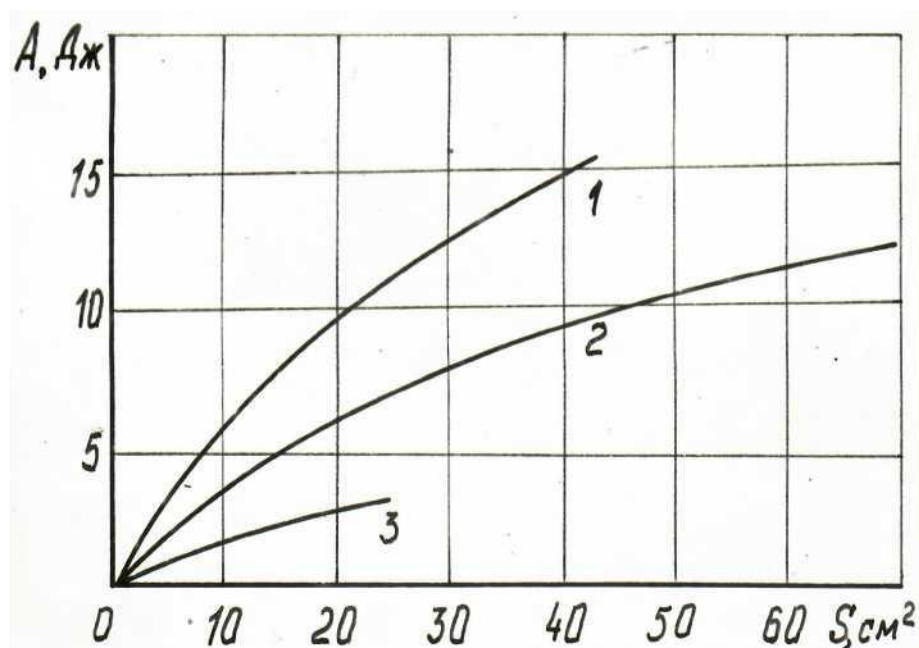


Рисунок 3.5 - Залежність площі зрізу від затраченої роботи на зрізання гладеньким лезом: 1 – головка, 2 – тіло, 3 – хвостик коренеплоду (сорт Переможець)

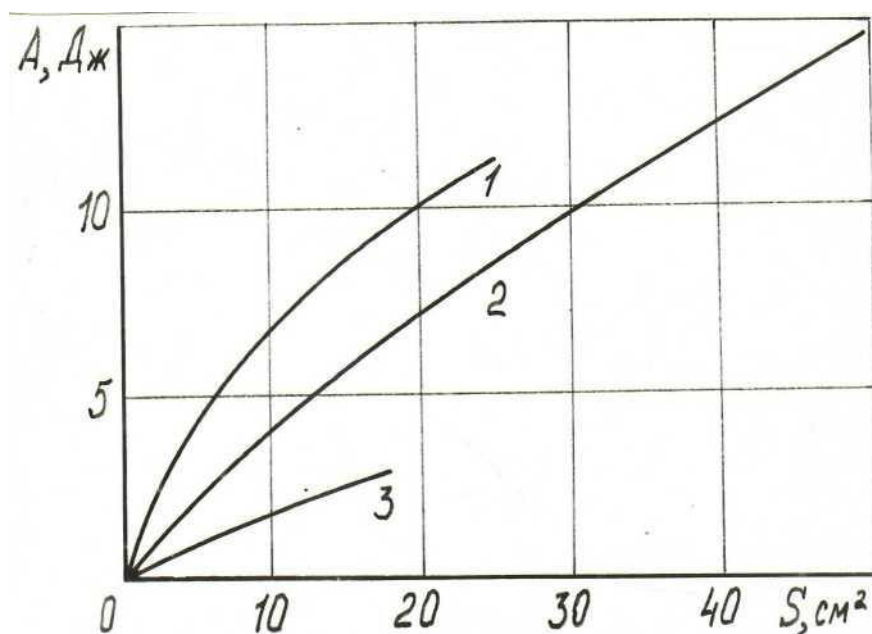


Рисунок 3.6 - Залежність площі зрізу від затраченої роботи лезом з насічкою: 1 – головка, 2 – тіло, 3 – хвостик коренеплоду (сорт Переможець)

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 [4].

## В И С Н О В К И

Фізико-механічні характеристики кормових коренеплодів залежать від сорту, умов вегетації, урожайності і змінюються в певних межах. Ці зміни знаходяться, в основному, в межах закону нормального розподілу і для проектування і розрахунків робочих органів збиральних машин необхідно знати як середні значення показників, так і їх відхилення.

#### 4 ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ УДОСКОНАЛЕННЯ ВИАНТАЖУВАЛЬНОГО ТРАНСПОРТЕРА

На підставі відомого технічного рішення [13] нами розроблена конструкція вивантажувального пристрою до коренезбиральної машини, який містить раму 1 (рис. 4.1), транспортер 2, еластичний направляючий кожух 3, встановлений над вивантажувальним кінцем транспортера 2 і попереду нього. До рами 1 кріпиться рамка 4, на якій закріплені направляючі стінки 5 гасника і які складаються з декількох частин 6, шарнірно з'єднаних між собою на осі 7 і утворюючих гофровану поверхню. На внутрішній поверхні стінок 5 в шаховому порядку і в декілька ярусів консольно закріплені робочі елементи 8. Кожен із елементів 8 закріплений шарнірно на осі 7 на виступах двох суміжних гофр. До нижньої частини гофрованих стінок 5 кріпиться трос 9, другий кінець якого закріплено на барабані 10, встановленому на рамці 4. Кожна із впадин гофрованої стінки 5 зв'язана з тросом 9 за допомогою шарнірів 11. Привід барабанів 10 виконується кінематичним ланками 12 від гідромотора 13, закріпленого на рамі 1 і підключеного до гідросистеми збиральної машини.

Пристрій працює наступним чином. На початку завантаження транспортного засобу гідромотором 13 і кінематичними ланками 12 барабани 10 приводяться в рух, трос 9 розмотується і під дією сили тяжіння гофровані стінки 5 гасника опускаються до дна кузова. В процесі завантаження коренеплоди з транспортера 2 кожухом 3 направляються в канал гасника, створений стінками 5. Вільно падаючи і контактуючи своєю поверхнею з

еластичними робочими органами 8, закріпленими в декілька ярусів і шаховому порядку, коренеплоди зменшують швидкість падіння і падають в транспортні засоби без пошкоджень.

По мірі завантаження кузова за допомогою гідромотора 13, інематичних ланок 12 барабани 10 приводяться в рух, намотуючи трос 9, і гофровані

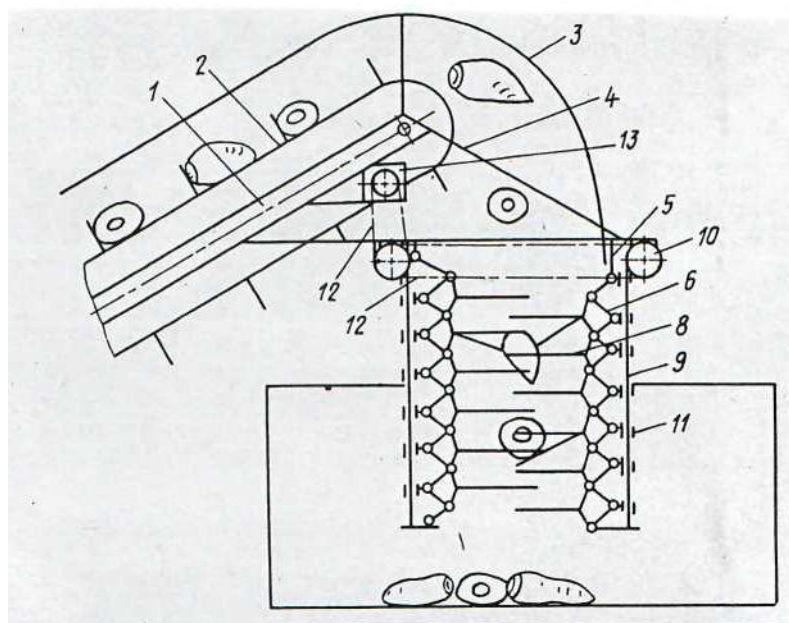


Рисунок 4.1 - Вивантажувальний пристрій коренезбиральної машини на початку завантаження, вид збоку

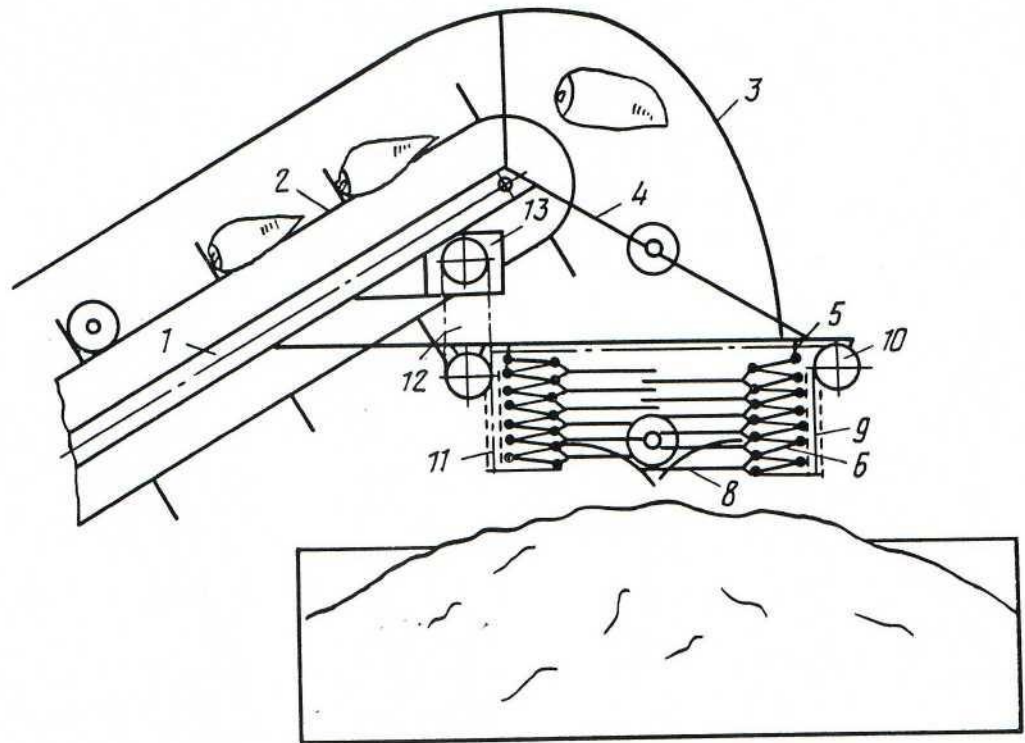


Рисунок 4.2 - Положення гасника вивантажувального пристрою в кінці завантаження транспортного засобу

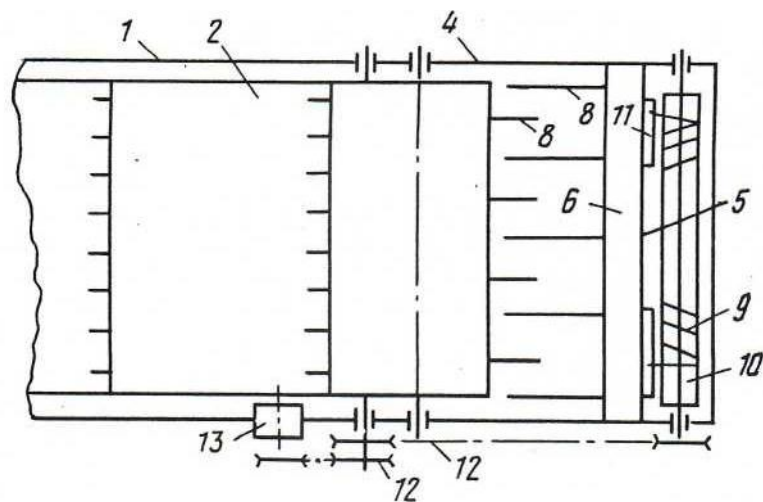


Рисунок 4.3 - Гасник вивантажувального пристрою, вид зверху

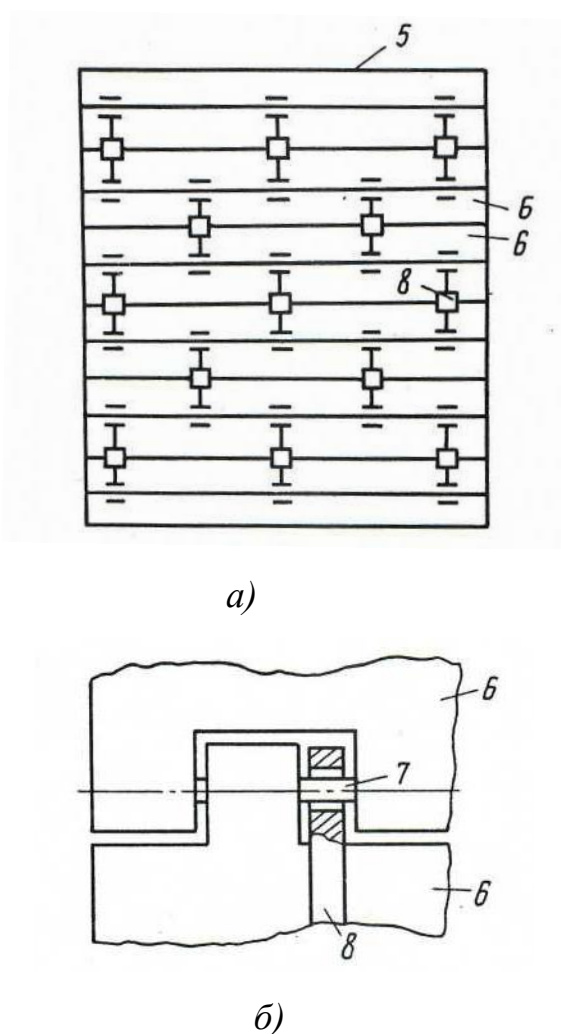


Рисунок 4.4 - Гофрована стінка гасника, вид спереду (а) і шарнірне з'єднання на стінці гасника (б)

стінки 5 гасника піднімаються вгору. Шарнірно з'єднані між собою частини б стінки гасника, які створюють гофровану поверхню, складаються одна відносно одної, а шарніри 11, які з'єднують кожен впадину гофрованої поверхні стінки 5 з тросом 9, забезпечують стискання гофри в вертикальній площині. Зміна напрямку обертання барабанів 10 змінюється зміною напрямку подачі масла до гідромотора 13.

Використання розробки дозволить зменшити пошкодження кормових коренеплодів і збільшити строк їх зберігання при годівлі тварин в стійловий період.

## 5 РОЗРАХУНКИ ПАРАМЕТРІВ УДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ

### 5.1 Розрахунок осі механізму підйому

Визначаємо сили, що діють на вісь. На вісь механізму підйому і опускання гасника вивантажувального транспортера діє зусилля, що викликане масою секції. Оскільки вага секції становить 250Н, тоді реакції по кінцях дорівнюють по 125Н. Отже,  $P_1 = P_2 = 125 \text{ Н}$ .

Викреслюємо розрахункову схему осі (рис. 5.1), позначимо відомі сили,

що викликають згин і визначаємо згинаючі моменти.

Для побудови епюри згинаючих моментів визначаємо їх величини від дії сил  $R_a$  і  $R_b$ :

$$M_a = R_b \cdot \ell,$$

$$M_a = 125 \cdot 0,26 = 32,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$$M_b = R_a \cdot \ell,$$

$$M_b = 125 \cdot 0,26 = 32,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Визначаємо діаметр осі за формулою:

$$d = \sqrt{\frac{M_a}{0,1 \cdot v \cdot [\sigma_{\text{н}}]}}, \quad (5.1)$$

де  $M_a$  – згинаючий момент в точці А, н/м;

$v$  – коефіцієнт напружень, які викликані щільною посадкою на вісь внутрішнього кільця підшипника;

$[\sigma_{\text{н}}]$  - допустима напруга на згин осі .

По ГОСТ 6636 – 60 приймаємо найближче значення діаметра  $d = 30$  мм.

В точці В вісь буде мати такий же діаметр із-за дії однакових згинаючих моментів.

Визначаємо найменший допустимий запас міцності, скориставшись формулою:

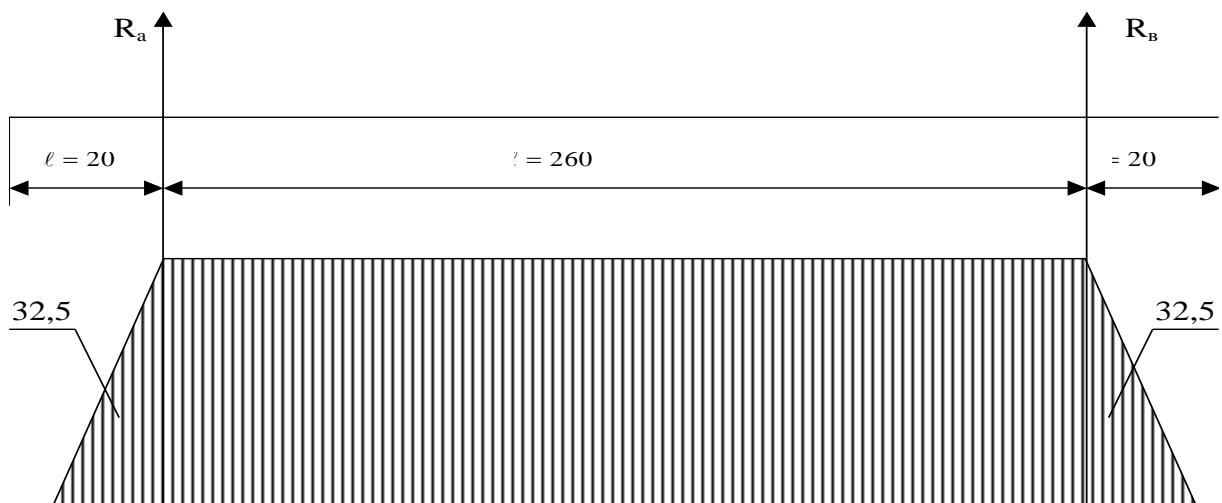


Рисунок 5.1 - Схема до визначення згинаючих моментів

$$K = K_1 \cdot K_2 \cdot K_3, \quad (5.2)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт, що враховує степінь відповідальності деталі,  $K_1 = 1,3$ ;

$K_2$  – коефіцієнт, що враховує точність визначення навантажень,  $K_2 = 1,1$ ;

$K_3$  – коефіцієнт, що враховує надійність матеріалу,  $K_3 = 1,5$ .

Підставляємо значення у формулу і отримуємо

$$K = 1,3 \cdot 1,1 \cdot 1,5 = 2,15.$$

Перевіряємо запас міцності по межі витривалості в перерізі А. Визначаємо ефективний коефіцієнт концентрації напруги маючи на увазі, що вісь в цьому місці має отвір.

Для осі, що має  $\sigma_{вр} = 950 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$  знаходимо  $K\sigma = 1,95$ . Значення масштабного фактору при згинанні для осі діаметром  $d = 30 \text{ мм}$   $E\sigma = 0,88$ , тоді коефіцієнт буде визначений із залежності

$$\frac{K\sigma}{E\sigma} = \frac{1,95}{0,88} = 2,22.$$

Запас міцності при згині осі визначаємо за формулою:

$$n\sigma = \frac{\sigma - 1}{\frac{H\sigma}{E\sigma} \cdot \sigma_{и}}, \quad (5.3)$$

де  $\sigma_{и}$  – номінальна напруга згину.

$$\sigma_{и} = \frac{M_a}{W_{и}}, \quad (5.4)$$

де  $W_{\text{и}}$  – момент опору при згині у перерізі.

Підставивши значення у формулу, одержуємо

$$\sigma_{\text{и}} = \frac{32,5}{9 \cdot 10^6} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2.$$

Тоді

$$n_{\sigma} = \frac{350 \cdot 10^6}{2,22 \cdot 3,6 \cdot 10^6} = 43.$$

Отже, запас міцності більший допустимого. Перевіряємо запас міцності в місці насадки підшипника на вісь.

Визначаємо ефективний коефіцієнт концентрації напруги при згині осі, що викликані внутрішнім кільцем підшипника, насадженим на вісь з натягом.

Для осі діаметром 30 мм, виготовленої із сталі, що має  $\sigma_{\text{кр}} = 950 \cdot 10^6$  Н/м<sup>2</sup>, шляхом інтерполяції знаходимо  $\frac{K_{\sigma}}{E_{\sigma}} = 3,8$ .

Визначаємо запас міцності при згині в перерізі А:

$$n = \frac{\sigma - 1}{\frac{K_{\sigma}}{E_{\sigma}} \cdot \sigma}, \quad n = \frac{350 \cdot 10^6}{3,8 \cdot 3,6406} = 25.$$

Отже, запас міцності більший допустимого.

## 5.2 Розрахунок ланцюгової передачі механізму приводу

Ланцюгова передача є останнім ступенем приводу секції. Вибираємо привідний ланцюг.

Крутний момент, що передається ведучою зірочкою буде рівним  $M_1 = 60$  Нм.

Цей момент необхідно підвести до веденої зірочки. Враховуючи невелику швидкість ланцюга приймаємо кількість зубів ведучої зірочки  $Z_1 = 30$  (рис. 5.2). Передаточне число від вала контрприводу до веденої зірочки

становить 1,3.

Кількість зубів веденої зірочки  $Z_2$ , буде становити:

$$Z_2 = \frac{Z_1}{i}; \quad Z_2 = \frac{30}{1,3} = 23.$$

Визначаємо розрахунковий коефіцієнт навантаження:

$$K_r = K_d \cdot K_a \cdot K_n \cdot K_p \cdot K_c \cdot K_n, \quad (5.5)$$

де  $K_d$  – динамічний коефіцієнт. При спокійному навантаженні,  $K_d = 1$ ;

$K_a$  – враховує вплив міжосьової відстані. При  $A_{ц} = (30 - 50) \cdot t$ ,  $K_a = 1$  (припустимо, що  $A_y$  знаходиться у вказаних межах);

$K_n$  – враховує вплив кута нахилу передачі. При нахилі до  $60^\circ$   $K_n = 1$  (у нашому випадку нахил до  $30^\circ$ );

$K_p$  – враховує спосіб регулювання натягу ланцюга,  $K_p = 1,25$  (натяг натяжним роликком);

$K_n$  – враховує тривалість роботи при однозмінній роботі,  $K_n = 1$ ;

$K_c$  – враховує спосіб змащення. Змащення періодичне,  $K_c = 1,5$ .

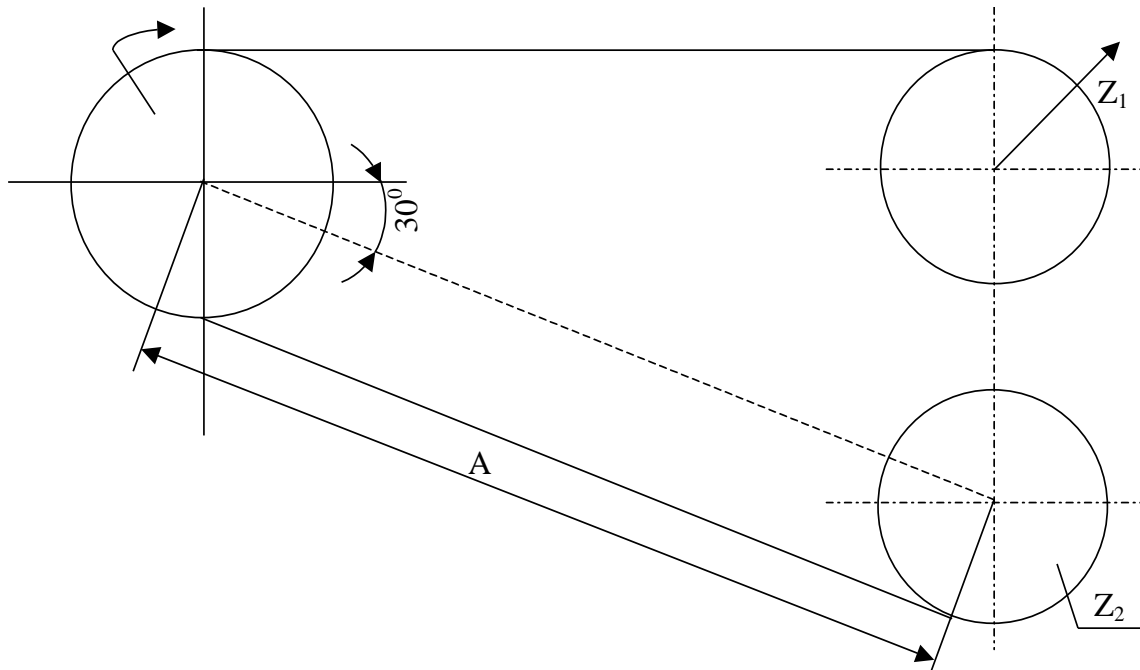


Рисунок 5.2 - Схема до розрахунку ланцюгової передачі

Підставляємо значення у формулу і одержуємо:

$$K = 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,25 \cdot 1,5 \cdot 1 = 1,875.$$

Крок ланцюга визначаємо за формулою:

$$t \geq 2,8 \cdot \sqrt[3]{\frac{M \cdot K_s}{Z_1 \cdot [P] \cdot M}}, \quad (5.6)$$

де  $M$  – ланцюг однорядний;

$[P]$  - допустимий тиск для роликів ланцюгів в залежності від кроку ланцюга,  $[P] = 34 \text{ Н/мм}^2$ .

Підставляємо значення в формулу і дістанемо

$$t \geq 2,8 \cdot \sqrt[3]{\frac{60 \cdot 10^3 \cdot 1,875}{30 \cdot 34 \cdot 1}} = 2,8 \cdot \sqrt[3]{\frac{113}{1,050}} = 16,1 \text{ мм.}$$

Вибираємо ланцюг з  $t = 15,875$  мм. Розміри ланцюга: внутрішній діаметр втулки  $d = 5,08$  мм; довжина втулки  $B = 13,95$  мм; відстань між внутрішніми пластинками  $B_{\text{вн}} = 9,65$  мм; довжина з'єднувального валика  $\ell = 23,2$  мм; навантаження  $Q = 23$  кН; маса одного метра ланцюга  $3,73$  кг.

Швидкість ланцюга визначаємо за формулою:

$$V = \frac{Z_1 \cdot t \cdot n_3}{60 \cdot 10^3}, \quad (5.7)$$

Підставляємо значення у формулу і отримуємо

$$V = \frac{30 \cdot 15,875 \cdot 120}{60000} = \frac{56700}{60000} = 0,95 \text{ м/с.}$$

Визначимо зусилля, яке діє в ланцюгу:

$$P_y = \frac{N}{\gamma}, \quad (5.8)$$

де  $N$  – потужність необхідна для приводу механізму.

Підставляємо значення у формулу і дістанемо:

$$P_y = \frac{1,2 \cdot 10^3}{0,95} = 1210 \text{ Н/м.}$$

Розраховуємо середній тиск у шарнірі:

$$P = \frac{P_y \cdot K_3}{F}, \quad (5.9)$$

де  $F$  – проекція опорної поверхні шарніра,

$$F = B \cdot d = 27,5 \cdot 9,55 = 263 \text{ мм}^2.$$

Підставляємо значення у формулу і отримуємо

$$P = \frac{1210 \cdot 1,875}{263} = 860 \text{ Н / мм}^2.$$

Зусилля від натягу ланцюга розраховуємо за формулою:

$$P_f = K_f \cdot g \cdot A, \quad (5.10)$$

де  $K_f$  – коефіцієнт, що враховує вплив розміщення передачі,  $K_f = 1,5$ ;

$A$  – міжосьова відстань,  $A = 30 \cdot t$ ,  $A = 30 \cdot 15,875 = 476 \text{ мм}$ .

Підставляємо значення у формулу і отримуємо

$$P = 1,5 \cdot 3,73 \cdot 476 = 26,6 \text{ Н}.$$

Зусилля від відцентрової сили визначаємо за формулою

$$P_v = g \cdot V^2, \quad (5.11)$$

$$P_v = 3,73 \cdot 0,95^2 = 3,4 \text{ Н}.$$

Що дуже мало порівняно з  $P_y$ .

Коефіцієнт запасу міцності визначаємо за формулою

$$n = \frac{Q}{(k_d \cdot P_y) + P_f}, \quad (5.12)$$

Підставляємо значення у формулу і отримуємо

$$n = \frac{23000}{(1 \cdot 1210) + 26,6} = \frac{23000}{1236,6} = 18,5.$$

Силу тиску на вал визначаємо за формулою:

$$R_y = P_y + 2 \cdot P_f, \quad (5.13)$$

Підставляємо значення у формулу і дістанемо

$$R_y = 1210 + 53,2 = 1263,2 \text{ Н.}$$

Умовне позначення привідного роликового однорядного ланцюга з кроком  $t = 15,875$  мм. Ланцюг ПР – 15,875 – 2300 ДСТУ 10947–74.

### 5.3 Перевірочний розрахунок шпонкового з'єднання

Шпонки добирають за спеціальними таблицями згідно ДСТУ 23360-78 залежно від діаметра валу. На привідному валу шпонки передбачені на діаметрі 40мм, тому її параметри  $b \times h \times l = 12 \times 8 \times 70$  [28]. Схема шпонкового з'єднання наведена на рис. 5.3.

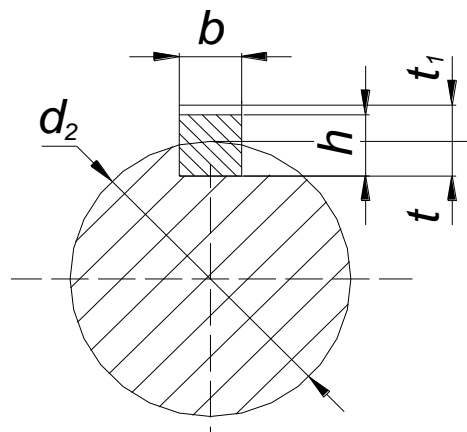


Рисунок 5.3 - Розрахункова схема шпонкового з'єднання

Перевіримо шпонку на зминання за формулою [28]:

$$\sigma_{зм} = \frac{F_t}{S_{зм}} = \frac{2M}{d(h-t) \cdot l_p} = [\sigma_{зм}], \quad (5.14)$$

де  $M$  – обертовий момент, що передається шпонкою, Нм;

$d$  – діаметр вала, м;

$t$  – глибина шпонкового паза на валу, м;

$l_p$  – робоча довжина шпонки, яку визначаємо з формули

$$l_p = l - b = 70 - 12 = 58 \text{ мм},$$

$[\sigma_{зм}]$  - допустиме напруження на зминання, при сталій маточині  
 $[\sigma_{зм}] = 100 \dots 130 \text{ МПа}$  [28].

Підставивши числові дані, отримаємо

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 72,85}{40 \cdot 10^{-3} (8 - 5) \cdot 10^{-3} \cdot 58 \cdot 10^{-3}} = 20,9 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 = 20,9 \text{ МПа} < [\sigma_{зм}].$$

Умова міцності виконується.

Перевіримо шпонку на зріз за формулою [7]:

$$\tau_{зр} = \frac{F_t}{S_{зр}} = \frac{2M}{d \cdot l \cdot b} \leq [\tau_{зр}], \quad (5.15)$$

де  $[\tau_{зр}]$  - допустиме напруження на зріз,  $[\tau_{зр}] = 60 \dots 100 \text{ МПа}$  [7].

Підставивши числові дані, отримаємо

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot 72,85}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 58 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 10^{-3}} = 5,2 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 = 5,2 \text{ МПа} < [\tau_{зр}].$$

Міцність шпонкового з'єднання забезпечена.

Отримані результати розрахунків використовуємо при проектуванні робочих креслень вузлів та деталей конструктивної розробки проекту.

## 6 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 6.1 Загальні положення по охороні праці

Охорона праці у нашій країні, яка охоплює заходи по подальшому полегшенню і оздоровленню умов праці на основі механізації і автоматизації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому впровадженню сучасних засобів техніки безпеки, усуненню причин, що призводять до травматизму і професійних хвороб робочих і службовців, створенню на підприємстві необхідних гігієнічних і санітарно–побутових умов – важлива державна задача.

Охорона праці механізаторів має велике значення. Механізаторам необхідні знання по правовим питанням охорони праці і правилам техніки безпеки. Це особливо відноситься до тих працівників, які працюють по договорам з господарствами.

Механізаторам необхідно мати певні навички при роботі з сучасними високопродуктивними машинами, дотримуватися правил виробничої санітарії і користуватися засобами індивідуального захисту.

Важливі нормативні документи, які дозволяють правильно організувати охорону праці, навчання і інструктаж з техніки безпеки, дотримання вимог виробничої санітарії і гігієни праці у сільському господарстві викладенні достатньо детально в існуючій довідниковій літературі [8].

Враховуючи інтенсивний розвиток сучасної сільськогосподарської техніки, енергонасиченість інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур та широку хімізацію аграрного виробництва в

наш час питання охорони праці та навколишнього середовища набувають особливого значення.

## 6.2 Основні правила безпечної експлуатації удосконаленої машини

Під час експлуатації удосконаленої машини для збирання кормових коренеплодів необхідно виконувати всі вимоги безпеки, вказані в “Правилах техніки безпеки при роботі на тракторах, сільськогосподарських і спеціалізованих машинах”.

Для безпечної роботи на машині необхідно:

1. Не допускати до роботи осіб без посвідчення тракториста-машиніста і прав на управління збиральною машиною і які не пройшли інструктаж з техніки безпеки, про що повинен бути зроблений відповідний запис в реєстраційному журналі.

2. Під час руху машини тракторист-машиніст повинен знаходитися на сидінні в кабіні трактора. Стороннім особам категорично забороняється знаходитися на машині, яка працює, а також в безпосередній близькості від неї.

3. Забороняється проводити ремонт або регулювання вузлів і робочих органів машини при працюючому двигуні. Всі види регулювань і технічного обслуговування виконуються тільки після повної зупинки машини і заглушеному двигуну трактора.

4. Забороняється проводити будь-які роботи під машиною, якщо під її колеса не поставлені гальмівні башмаки. Забороняється проводити будь-які роботи під копачем, який знаходиться в транспортному положенні. Для проведення таких робіт необхідно зафіксувати копач механічним фіксатором, а в місцях піддомкращення поставити спеціальні підставки, під колеса – гальмівні башмаки. При піддомкращуванні машини в випадку

слабкого ґрунту під домкрат необхідно підставити міцну дошку, але ні в якому випадку не підкладку з крихкого матеріалу. Всі огороження повинні бути закріплені деталями, які передбачені конструкцією машини.

Особливу увагу слід звернути на наступне: задня площадка повинна бути закріплена двома болтами. Місця встановлення домкрата і опор для піднімання різних частин машини вказані на машині. Необхідно своєчасно усувати несправності домкрата.

5. Перед включенням двигуна приводу машини і важеля коробки передач для переміщення машини необхідно обов'язково подати тривалий звуковий сигнал.

6. Після подання сигналу перевірити можливість руху машини і роботи її механізмів і, впевнившись, що це нікому не загрожує, провести запуск двигуна або включити привід машини.

7. Необхідно дотримуватися особливої уваги і не знаходитися поблизу неогорожених робочих органів і деталей, які обертаються. Не розпочинати роботу при знятих огороженнях.

8. Забороняється робота машини при ослабленому кріпленні вузлів та агрегатів.

9. Забороняється чіпати руками робочі органи збиральної машини під час роботи.

10. Необхідно систематично перевіряти надійність роботи гальма і рульового управління.

11. Не допускати роботу з несправним інструментом.

12. В кабіні трактора необхідно мати аптечку і слідкувати за її поповненням необхідними медикаментами.

13. Забороняється працювати в незручній одежі з рукавами і полами, які розвіваються.

14. Забороняється перевезення будь-яких вантажів на машині.

15. Максимально допустимий схил під час руху машини не повинен перевищувати  $15^{\circ}$ . При цьому швидкість руху повинна бути не більше 3...4 км/год.

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

17. Після зупинки машини необхідно обов'язково перевести важіль коробки передач в нейтральне положення і виключити вал відбору потужності трактора.

18. Забороняється робота машини в нічний час без електричного освітлення.

19. Транспорт, швидкість руху якого дорівнює або перевищує швидкість руху машини, обганяти забороняється, а з наступом темноти обгін будь-якого транспорту, який рухається, заборонено.

20. Перегін машини по дорогах загального користування необхідно проводити в відповідності з Правилами дорожнього руху.

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

22. При відсутності тракториста-машиніста в кабіні машини необхідно використовувати стояночні гальма трактора. Для цього зблоковані педалі гальма витиснути в крайнє нижнє положення і поставити на защіпку гірського гальма.

23. При підготовці трактора і встановленні його на коренезбиральну частину машини необхідно:

а). Установку трактора на машину виконувати краном вантажопідйомністю не менше 3 т з застосуванням спеціальних захватів.

б). Перед зняттям з трактора ведучих коліс і переднього мосту необхідно встановити його на спеціальні підставки.

в). Категорично забороняється знаходитися під стрілою або трактором в період монтажу-демонтажу останнього на машину.

г). Забороняється проводити монтаж і демонтаж вузлів і деталей трактора, піднятих краном.

24. При виконанні навантажувально-розвантажувальних робіт необхідно:

а) Керуватися правилами будови і безпечної експлуатації вантажопідійомних кранів, які затверджені відповідними Комітетами і організаціями.

б). Стропування машини проводити тільки за спеціальні кронштейни, які приварені до повздовжніх лонжеронів рами.

в). Для підймання машини в зборі використовувати кран вантажопідійомністю не менше 8 т.

г). При використанні апарелі рух дозволяється тільки на самій низькій передачі вперед або назад (1-а передача з редуктором).

25. При буксируванні машини з несправним трактором необхідно обов'язково виключити передачу коробки швидкостей.

### 6.3 Основні правила пожежної безпеки

1. Необхідно постійно слідкувати за технічним станом збиральної машини.

2. Забороняється підносити до паливного бака полум'я, а також палити під час заправки паливом. Після заправки бак необхідно насухо протерти.

3. Не допускати протікання з системи живлення, змащення і гідросистеми трактора і збиральної машини.

4. В випадку загорання палива користуватися вогнегасником або засипати полум'я землею, піском або накрити войлоком, брезентом. Категорично забороняється заливати паливо, яке горить, водою.

5. В нічний час в випадку виходу із строю електропроводки необхідно користуватися вогнебезпечними ліхтарями.

6. Щодня необхідно перевіряти справність електропроводки і не допускати її забруднення мастилами і пилом. Несправність може призвести до замикання проводів і їх загорання.

7. Місця стоянки і зберігання машин необхідно забезпечити протипожежними засобами, узгодженими з пожежною інспекцією.

## 7 ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ

Доцільність впровадження нововведень підтверджується економічною ефективністю. Новизна повинна не тільки не уступати базовому варіантові, а й перевищувати його за певними показниками.

В економічних розрахунках, пов'язаних з ефективністю використання машин при виконанні механізованих робіт застосовують, головним чином, прямі і приведені експлуатаційні витрати і розрахунок затрат праці.

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	Модернізована
1. Продуктивність, га/год.	1,0	1,24
2. Питомі витрати палива, кг/га	10,75	8,65
3. Балансова вартість машини, грн.	870000	885000
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:

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

де:  $m$  – кількість обслуговуючого персоналу;

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

При збиранні цукрових буряків базовою машиною затрати праці становлять:

$$H_6 = \frac{1}{0,8} = 1,25 \text{ люд.год./га.}$$

При збиранні коренеплодів модернізованою машиною затрати праці будуть становити:

$$H_m = \frac{1}{1,24} = 0,81 \text{ люд.год./га.}$$

Зниження затрат праці при використанні модернізованої машини будуть становити:

$$H_3 = H_6 - H_m = 1,25 - 0,81 = 0,44 \text{ люд.год./га.}$$

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. З

врахуванням останнього підвищення мінімальної заробітної праці до 6500 грн. вона становить 282,6 грн. за зміну [18]. За 1 га зібраної площі оплата праці становить:

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

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

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

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

$$C_{OB}^1 = \frac{282,6}{5,6} = 50,47 \text{ грн./га}$$

Крім того в господарстві проводяться доплати: 50 % - за продукцію і 50 % за складність збиральних робіт, що становить 25,23 грн./га; 12 % - за інтенсивність робіт, що становить 6,06 грн./га. І оплата праці з нарахуваннями становить:

$$C_{об}^H = 50,47 + 25,3 + 25,3 + 6,06 = 107 \text{ грн./га}$$

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

$$C_{OM}^1 = \frac{282,6}{8,68} = 32,56 \text{ грн./га}$$

Аналогічно крім цього проводяться доплати: 50 % - за продукцію і 50 % за складність збиральних робіт (становить 16,28 грн./га), 12 % за інтенсивність робіт (становить 3,91 грн./га). І оплата праці з нарахуваннями становить:

$$C_{ом}^H = 32,56 + 16,28 + 16,28 + 3,91 = 69,03 \text{ грн./га.}$$

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

$$C_a = \frac{C \cdot \alpha}{100 \cdot D \cdot K \cdot W_{3M}}, \quad (7.4)$$

де  $C$  – балансова ціна машини, грн.;

$D$  – кількість днів роботи в рік;

$K$  – коефіцієнт змінності.

За нормативами річна норма відрахувань на амортизацію для коренезбиральної машини становить 15 % [12]. Тоді відрахування для базової машини будуть становити:

$$C_{аб} = \frac{870000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 5,6} = 431,55 \text{ грн./га}$$

Амортизаційні відрахування на вдосконалену коренезбиральну машину будуть становити:

$$C_{ам} = \frac{885000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 8,68} = 283,22 \text{ грн./га.}$$

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

$$C_p = \frac{C \cdot \beta}{100 \cdot D \cdot K \cdot W_{3M}}, \quad (7.5)$$

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

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

$$C_{p.б} = \frac{870000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 5,6} = 431,55 \text{ грн./га}$$

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

$$C_{p.м} = \frac{885000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 8,68} = 283,22 \text{ грн./га}$$

Витрати на паливо і мастильні матеріали визначаються по формулі:

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

де  $C_{п}$  – 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 у % до основного палива [11]:

- 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 54,8

грн./кг. Тоді затрати на паливо і мастильні матеріали для базової машини становлять:

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{б}} = 54,8 \cdot 13,44 = 736,51 \text{ грн./га}$$

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

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{м}} = 54,8 \cdot 8,65 = 474,02 \text{ грн./га}$$

Загальні прямі експлуатаційні затрати при роботі базового агрегату будуть дорівнювати:

$$C_{\text{б}} = 107 + 431,55 + 431,55 + 736,51 = 1706,61 \text{ грн./га}$$

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

$$C_{\text{м}} = 69,03 + 283,22 + 283,22 + 474,02 = 1109,49 \text{ грн./га}$$

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

$$E = C_{\text{б}} - C_{\text{м}} = 1706,61 - 1109,49 = 597,12 \text{ грн./га} \quad (7.7)$$

В відсотках економічний ефект буде становити:

$$E_{\text{в}} = \frac{597,12 \cdot 100}{1706,61} = 35 \%$$

Таблиця 7.2 - Основні техніко-економічні показники проекту

Показники	Базовий агрегат	Модернізований
-----------	-----------------	----------------

1. Продуктивність, га/год.	0,8	1,24
2. Питомі витрати палива, кг/га	13,44	8,65
3. Затрати праці, люд.год./га	1,25	0,81
4. Прямі експлуатаційні затрати, грн./га	1706,61	1109,49
в т.ч. – оплата праці з нарахуваннями	107	64,03
- амортизаційні відрахування	431,55	283,22
- затрати на ремонт і ТО	431,55	283,22
- затрати на ПММ	736,51	474,02
5. Зниження прямих затрат, грн./га	-	597,12
6. Річний економічний ефект, грн.	-	29856
7. Строк окупності затрат, років	-	1,9

Річний економічний ефект при впровадженні розробок на площі 100 га буде становити:

$$E_p = 597,12 \cdot 50 = 29856 \text{ грн.}$$

Окупність затрат на удосконалення збиральної машини визначаються за формулою:

$$E_o = \frac{C_M}{E_p}$$

(7.8)

$$E_o = \frac{29856}{15000} = 1,9 \text{ роки}$$

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

## В И С Н О В О К

Розроблена удосконалена конструкція вивантажувального транспортера дає економічний ефект при впровадженні 597,12 грн./га. При цьому затрати праці знижуються на 0,44 люд.год./га.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз науково-технічної літератури показує, що фізико-механічні характеристики кормових буряків змінюються в великих межах і залежать від сорту, технології та умов вирощування, кліматичних умов. При цьому потенційна урожайність цієї цінної кормової культури досить висока.

2. На практиці в господарствах на збиранні кормових буряків застосовуються МБК-2,7 для збирання гички і РКМ-6 чи КС-6 з пасивними однодисковими копачами для збирання коренеплодів. Основним напрямком вдосконалення коренезбиральних машин є використання гасників швидкості падіння коренеплодів з вивантажувального транспортера для зменшення пошкоджень коренеплодів.

3. Розроблена конструкція гасника швидкості дозволяє якісно проводити процес завантаження транспортних засобів. Проведені розрахунки дозволили визначити оптимальні параметри і режим роботи пристрою.

4. Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані для проведення інструктажу на робочому місці перед початком збиральних робіт.

5. Економічний ефект від застосування удосконаленої машини на практиці становить 597,12 грн/га. Зниження затрат праці складає 0,44 люд.год/га. Затрати на виготовлення удосконаленого вузла до коренезбиральної машини окупаються за два роки експлуатації машини.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бомба М., Мартинюк І. Високі врожаї кормових буряків – реальність // Пропозиція. - № 12, 2003. – с. 50 – 51.

2. Рибак Д.А., Фомичів А.М., Ярош Ю.М. Селекція і насінництво кормового буряка в Україні // Вісник аграрної науки. – Київ, серпень 1998. – с. 39 – 43.

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

4. Кобець О.М. Пугач А.М. Збирання гички кормових буряків для використання її як біомаси для подальшої переробки // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету, №10 т.1 (58).- 2012 р. - с. 52-55.

5. Кобець А.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин. / Дніпропетровськ, 1999. – 204 с.

6. 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.

7. 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.

8. Авторське свідоцтво на винахід №1093281 Пристрій для вивантаження коренеплодів//Бюл.№19. 23.05.1984.

9. Авторське свідоцтво на винахід №1519557 Вивантажувальний пристрій коренеплодозбиральних машин//Бюл. № 41. 07.11.1989.

10. Авторське свідоцтво на винахід №1036283 Вивантажувальний пристрій коренеплодозбиральної машини//Бюл. № 31. 23.08.1983.

11. Авторське свідоцтво на винахід №1053773 Транспортер завантаження транспортних засобів коренеплодами//Бюл. №42. 15.11.1983.

12. Авторське свідоцтво на винахід №1115673 Пристрій для гасіння швидкості падіння коренеплодів// Бюл. №36. 30.09.1984.

13. Авторське свідоцтво на винахід №1428251 Вивантажувальний пристрій коренеплодозбиральної машини// Бюл. №37. 07.10. 1988.

14. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агросвіт», 2015. – 679 с.

15. 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.

16. Опір матеріалів під заг. ред. Г.С. Писаренка, К.: Вища школа, 1973 р. – 672 с.

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

18. Сисолін П.В, Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн.1. Машини для рільництва /За ред. Чорновола М.І.- К.: Урожай, 2001. - 384с.

19. 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.

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