

**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  
освітнього ступеня "Магістр"

на тему:

**Удосконалення технології вирощування буряків  
цукрових з обґрунтуванням параметрів і режиму  
роботи удосконаленої гичкозбиральної машини**

**Виконала:** студентка факультету за спеціальністю  
208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Радчук Людмила Віталіївна

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

**Рецензент:** \_\_\_\_\_

Дніпро, 2023

**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 \_\_\_\_\_

керівник роботи \_\_\_\_\_

( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затвержені 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) \_\_\_\_\_

5. Перелік демонстраційного матеріалу \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_ видачі  
 завдання \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Студент

\_\_\_\_\_ ( підпис )

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ ( підпис )

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініці)

## АНОТАЦІЯ

Радчук Л.В. Удосконалення технології вирощування буряків цукрових з обґрунтуванням параметрів і режиму роботи удосконаленої гичкозбиральної машини/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Механізація рослинництва»). – ДДАЕУ, Дніпро, 2023. – 91 с.

В роботі проведено аналіз сучасних технологій вирощування цукрових буряків, стан бурякової галузі в Україні і розроблено технологію вирощування цукрових буряків для умов і на замовлення ТОВ «Дубрава» Магдалинівського району Дніпропетровської області. Складено технологічну карту вирощування і визначено необхідний комплекс машин зі складанням графіків використання тракторів і сільськогосподарських машин.

Проведено аналіз існуючих гичкозрізальних апаратів і удосконалено конструкцію гичкозбиральної машини та проведені розрахунки основних параметрів і режиму роботи удосконаленого агрегату.

Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані при проведенні інструктажів при вирощуванні цукрових буряків і підвищать рівень безпеки працівників при виконанні технологічних операцій.

Річний економічний ефект від застосування розробок на практиці становить 1366944 грн., а затрати на розробку і впровадження окупаються протягом першого року її використання.

Ключові слова: цукровий буряк, технологія, гичкозбиральна машина, гичкозрізальний апарат, параметри, режим роботи, охорона праці, економічний ефект.

## З М І С Т

В С Т У П. ....	6
1 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ТА ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ДЛЯ УМОВ ГОСПОДАРСТВА. ....	9
1.1 Попередники і основний обробіток ґрунту. ....	11
1.2 Весняний та передпосівний обробіток ґрунту. ....	12
1.3 Система удобрення. ....	13
1.4 Сівба цукрових буряків. ....	16
1.5 Догляд за посівами. ....	20
1.6 Захист від шкідників і хвороб. ....	22
1.7 Збирання врожаю. ....	23
2 ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА ДЛЯ УМОВ ГОСПОДАРСТВА. ....	25
2.1 Складання технологічної карти вирощування цукрових буряків. ....	25
2.2 Визначення потреби в техніці. ....	27
3 АНАЛІЗ ГИЧКОРІЗАЛЬНИХ АПАРАТІВ. ....	29
4 ОБГРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ГИЧКОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ. ....	36
5 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ УДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ. ....	39
5.1 Кінематичний розрахунок машини. ....	39
5.2 Розрахунок ланцюгової передачі привода редуктора різального апарату. ....	41
5.3 Розрахунок редуктора приводу різального апарату. ....	45
6 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЗБИРАННЯ ГИЧКИ. ....	58
7 ОХОРОНА ПРАЦІ. ....	65
7.1 Загальні положення по охороні праці. ....	65
7.2 Основні правила з техніки безпеки при збиранні буряків. ....	67
7.3 Основні правила пожежної безпеки. ....	70
7.4 Рекомендації по поліпшенню умов праці. ....	70
8 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ. ....	72
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ. ....	78
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ. ....	79
ДОДАТКИ. ....	82

## ВСТУП

Цукровий буряк є сировиною для виробництва цукру – одного з найпоширеніших продуктів в системі харчування людини. Близько 40% цукру у світі виробляють із цукрових буряків і 60% — із цукрової тростини. Україна досить довгий час була великим виробником цукру у світі. Однак за роки незалежності виробництво скоротилося в декілька разів. Якщо до незалежності Україна виробляла понад 5 млн т цукру, то в 2021 році – 1 416,2 тис. т. Незважаючи на це, за даними Інституту аграрної економіки, Україна в ТОП-10 за обсягами вирощування цукрових буряків і виробництва цукру. Так, найбільші посівні площі цукрових буряків зосереджені в росії, Франції, Польщі, Німеччині, Італії, Румунії, Чехії, Словаччині, Англії, Бельгії та Україні. Причому близько 80% усіх посівних площ та валового збору цукрових буряків припадає саме на ЄС [1, 2, 3].

Щорічно споживання цукру в Україні коливається – у 2019 році воно становило 28,8 кг/людину, у 2018 р. – 29,8, а в 2017 р. – 30,4 кг/людину (за даними Держстату). У 2020 р. в середньому за рік у міській місцевості споживання на одну особу складало 30 кг, а в сільській — 34,8 кг. Найбільше цукру в світі споживають у Малайзії – 58,2 кг/особу, в Бразилії – 48,9 кг/особу, в Новій Зеландії – 47 кг/особу [2, 3].

При виробництві цукру з'являється багато побічних продуктів – меляса, жом, які використовують при виробництві кормів, паперу, дріжджів, амінокислот, спирту. Відходи цукрового виробництва можуть використовуватися навіть для покращення ґрунтів. Особливий інтерес має використання цукру в якості біопалива як замітника традиційних вуглеводневих видів пального. Цукор можна ферментувати в спирт, який у поєднанні з бензином можна використовувати як пальне. Автомобілі на бензино-спиртовій суміші широко поширені в Бразилії. Проблемою однак залишається відносно висока ціна такого пального.

За останніх 30 років площі під цукровими буряками в Україні зменшились більше ніж у 6 разів. Останніх 3 роки вони тримаються на рівні 215–226 тис. га. Водночас слід зазначити, що з розвитком технологій зростає і врожайність: за 30 років вона збільшилась фактично вдвічі, у тому числі на 12% в 2021 році порівняно з 2020 (рис. 1).



Рисунок 1 – Динаміка показників вирощування цукрових буряків (за даними Держстатистики України)

На сьогодні виробництво цукру в Україні забезпечує продовольчу безпеку та у півтора рази перевищує фонд споживання країни, тож про якісь тенденції до збільшення площ цукрових буряків найближчими роками навряд чи можна говорити. Водночас цукрові буряки є хорошим попередником для багатьох сільськогосподарських культур, що підвищує загальну продуктивність сівозміни, тому є підстави вважати, що і для зменшення площ під цукровими буряками немає об'єктивних причин.

Війна, яку розпочала росія 24 лютого 2022 р., поставила багато нових викликів і загроз перед аграріями України. Вони змушені вносити зміни в структуру посівних площ, орієнтуючись перш за все на внутрішній ринок. На це вплинули ряд чинників – відсутність стабільного експорту, нестача технологічних матеріалів (засобів захисту рослин, добрив і ін.) брак обігових коштів і зростання цін на пальне. Багато господарств стали обирати культури озируючись на свою здатність захистити й доглянути культури, та згідно з внутрішнім попитом.

Вибір цукрового буряка для вирощування цього року – важливий стратегічний крок. Держава потребує сировини для завантаження виробничих цукрових потужностей, господарствам потрібен врожай, який вони завжди можуть збути за стабільну ціну.

Тому підвищення ефективності використання наявних технічних засобів і розробка нових стало найактуальнішим питанням сьогодення. Застосування новітніх технологій, розробка і використання нових машин мають спиратися на попередній еволюційний досвід, наявність нових наукових ідей і технічних засобів для реалізації цих розробок, професійну підготовку обслуговуючого персоналу.

Метою даної випускової роботи є удосконалення технології збирання цукрових буряків і обґрунтування параметрів удосконаленої конструкції гичкозбиральної машини для підвищення продуктивності і якості збиральних робіт.

## 1 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ТА ЗБИРАННЯ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ ДЛЯ УМОВ ГОСПОДАРСТВА

При освоєнні та вдосконаленні технології виробництва цукрового буряка необхідно враховувати особливості його росту та розвитку за основними періодами та фазами, динаміку формування листового апарату та кореневої системи, вимоги до тепло-, світло-, та вологозабезпеченості, до ґрунту, фізіологію мінерального харчування та фотосинтезу, підвищення використання фотосинтетичної активної радіації (ФАР), нагромадження маси коренеплоду, цукронакопичування і формування всіх показників технологічних якостей буряка як сировини для виробництва цукру.

Вегетаційний період цукрового буряку характеризується достатньо чітко обумовленими трьома періодами і сімома фазами росту та розвитку рослин (табл. 1.1). Після фази 5 пар листя в зв'язку з тим, що вони появляються вже не строго попарно, фази по ознаку кількості пар листя не визначаються [5].

Рослина цукрового буряку на першому року життя утворює в середньому 50 – 60 листків з загальною площиною в липні–серпні від 3 до 6 тис. см<sup>2</sup>, або 50–60 тис. м<sup>2</sup>/га.

В фазі 2 – 4 пар листя відбувається линяння (розтріскування та скидання первинної кори коріння). Коренева система цукрового буряка на час максимального її розвитку розповсюджується в сторони до 1 м та проникає в ґрунт на глибину більш 2 м.

Добові прирости маси коренеплоду в липні–серпні при вирощуванні рослин на високородючих, удобрених ґрунтах та сприятливому зволоженню, можуть досягати 8 – 10 і більш грамів, якщо вони забезпечуються відповідними приростами високоефективним функціонуванням листя.

Своєчасно сформований потужний листковий апарат рослин цукрових

Таблиця 1.1 - Періоди і фази росту та розвитку рослин цукрового буряка

---

Вегетаційний період

---

Періоди росту та розвитку											
Формування асиміляційного апарату корневої системи		Прискореного росту надземної частини рослини та коренеплоду						Інтенсивного накопичення сахарози в коренеплодах			
Орієнтована календарна тривалість періодів та фаз											
Квітень	Травень		Червень		Липень		Серпень		Вересень		Жовтень
16-30	1-15	16-31	1-15	16-30	1-15	16-31	1-15	16-31	1-15	16-31	1-15
Фази росту та розвитку											
1	2	3	3		6	7					8
Проростання "вилочка"	1-а пара листя	2-3 пара листя	4-5 пара листя	Змикання листя в рядках	Змикання листя в міжрядях				Наступ технічної сплості		

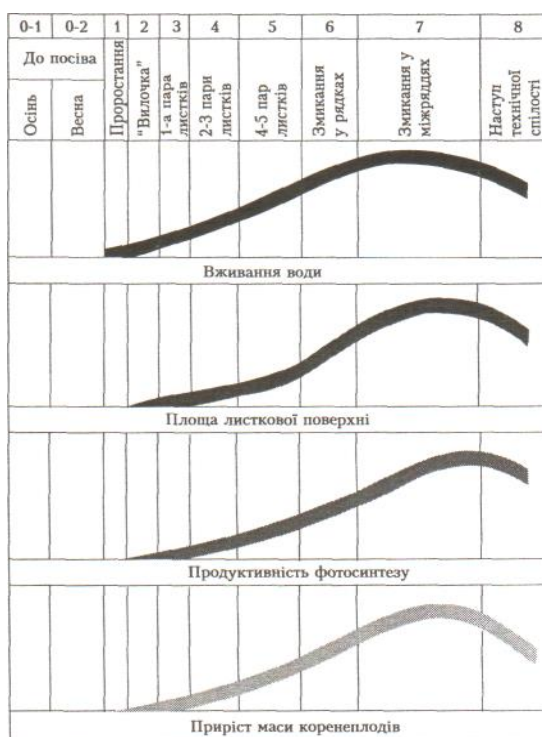


Рисунок 1.1 - Динаміка основних показників продуктивності цукрових буряків  
 буряків є однією з найважливіших умов високої їх продуктивності (рис. 1.1).

### 1.1 Попередники і основний обробіток ґрунту

Правильне розміщення цукрових буряків у сівозміні – один з основних чинників поліпшення забезпеченості рослин вологою і елементами живлення, зменшення засмічення посівів, кількості шкідників і хвороб, усунення токсичності ґрунтів, підвищення врожайності та якості коренеплодів.

У зоні нестійкого і недостатнього зволоження буряки розмішують після озимих, по зайнятих, а в південно-східних районах – і по чистих парах.

Цукровий буряк формує основну частину врожаю в ґрунті та є вимогливим до стану орного горизонту. Тому своєчасний і якісний обробіток ґрунту має надзвичайно велике значення для формування високого врожаю коренеплодів. Важливо якісно заробити рослинні рештки, солому, внесені добрива.

У районах нестійкого та недостатнього зволоження найбільш ефективний поліпшений спосіб обробітку ґрунту, який передбачає дворазове лушіння стерні. Перше проводять дисковими луцильниками (ЛДГ-10) в два сліди під кутом 30–45° на глибину 5–6 см. Якщо солома використовується як органічне добриво та при пересиханні ґрунту краще застосовувати для першого лушіння важкі дискові борони (БДТ-3, БДТ-7, БДВ-6). За рахунок цього прискорюється розкладання соломи, зменшується випаровування вологи, провокується проростання насіння бур'янів, знищуються або пригнічуються вегетуючі бур'яни.

Через 10–12 днів після першого проводять друге лушіння лемішними луцильниками (ППЛ-5-25, ППЛ-10-25) на глибину 12–14 см в агрегаті з важкими боронами (Роїк М. В. Буряки, 2001). При появі бур'янів після лушіння їх знищують поверхневим обробітком за допомогою боронування, культивуації та ін. Після внесення органічних і мінеральних (фосфорних і калійних) добрив проводять зяблеву оранку на глибину 28–32 см наприкінці вересня – на початку жовтня плугами ПЛН-5-35 і ПЛП-6-35. Для поліпшення якості зяблевого обробітку краще використовувати двоярусні плуги ПЯ-3-35; ПНЯ-4-40, ПН-4-40 (за даними інтернет-сайту [agrosience.com.ua](http://agrosience.com.ua)). Цукровий буряк дуже негативно реагує на весняну оранку. Ґрунт ні в якому разі не можна

орати, якщо він перезволожений. При цьому утворюється плужна підшва, ґрунт запливає, ущільнюється і рослини можуть поглинати поживні речовини і вологу тільки з орного шару. Коренева система майже не засвоює їх з підорного шару. На важких ґрунтах орний шар поглиблюють за допомогою ґрунтопоглиблювачів на 37–40 см.

## 1.2 Весняний та передпосівний обробіток ґрунту

*Весняний обробіток ґрунту.* Якщо поле добре вирівняне восени, то навесні перший обробіток розпочинають важкими боронами (БЗТС-1,0). Ґрунт у цей період добре розсипається, тривалість такого стану 2–3 дні. Важливо перший обробіток провести вчасно. Передчасне розпушування призводить до залипання робочих органів ґрунтообробних знарядь, замазування поверхні ріллі, а запізніле спричинює засихання ґрунту і утворення великих грудок. Якісніше ґрунт розпушується при комплектуванні зчіпок СП-16, С-18 тощо в першому ряді важкими боронами БЗТС-1,0, а в другому – посівними боронами ЗБП-0,6А. Якщо поле неvirівняне, то для якісного розпушення використовують два агрегати: перший укомплектований послідовно двома рядами важких і посівних борін; другий – шлейф-боронами ШБ-2,5 в першому ряді й посівними боронами ЗБП-0,6А в другому. Обидва агрегати при мінімальному розриві в часі працюють під гострим кутом до напрямку оранки. Якщо оранка неякісна – після закриття вологи важкими боронами поле вирівнюють культиваторами КПС-4, АРВ-8,1.

Такий весняний обробіток запобігає втратам вологи, вирівнює і розпушує поверхню ґрунту на глибину 2–4 см, ущільнює насінневе ложе на оптимальну глибину (за даними інтернет-сайту [agrosience.com.ua](http://agrosience.com.ua)). При цьому вирівняність поверхні поля має бути такою, щоб при накладанні триметрової рейки між нею і поверхнею ґрунту не було западин більших ніж 3 см.

*Передпосівний обробіток.* Метою обробітку ґрунту є розпушення зони загортання насіння і збереження сформованої за зиму структури орного шару. Верхній шар ґрунту розпушують на глибину 2–4 см, більше коливання

глибини недопустиме. Насіннєве ложе має бути твердим і забезпечувати капілярне підняття вологи до насіння. Передпосівний обробіток ґрунту і сівба – це єдиний технологічний комплекс. Розрив у часі між ними має бути мінімальним – не більше ніж півгодини. Якщо сіяти пізніше, верхній шар ґрунту пересихає, що різко зменшує польову схожість насіння.

Сучасні ґрунтообробні знаряддя дозволяють підготувати ґрунт для сівби цукрового буряку за 1–2 проходи. Передпосівний обробіток за допомогою «Європак 6000», Компактора, Комбінатора ЛК-4, «Унімат», Україна-АПБ-6, АРВ-8,1-0,2 запобігає переущільненню ґрунту, що спричинюється багаторазовими проходами однофункціональних агрегатів. Комбіновані агрегати за один прохід виконують понад чотири операції, а саме: вирівнювання, подрібнення грудок, розпушення, ущільнення насіннєвого ложа. При настанні фізичної стиглості ґрунту поле до сівби цукрового буряку можна підготувати за один прохід. Це є важливим елементом енергозбереження і передумовою високоякісної сівби. Головними помилками при передпосівному обробітку ґрунту є надто ранній початок робіт при ще сирому ґрунті, надмірна кількість робочих проходів через те, що окремі операції не поєднуються в одному агрегаті, велика робоча швидкість агрегатів, глибоке передпосівне розпушування. Передпосівний обробіток ґрунту проводять під невеликим кутом до напрямку сівби. Небажано використовувати для передпосівного обробітку ґрунту просапні культиватори КПС-4; КПГ-4. Це призводить до нерівномірності обробітку ґрунту, збільшення втрат вологи, значної гребенястості поверхні ґрунту, а в результаті – до значного зниження польової схожості насіння.

### 1.3 Система удобрення

При правильному поєднанні з іншими агротехнічними заходами внесення добрив є найефективнішим чинником інтенсифікації буряківництва. Цукровий буряк використовує значно більше елементів живлення, ніж інші культури. На кожні 100 ц коренеплодів і відповідної

кількості гички з ґрунту виноситься 50–70 кг азоту, 10–20 кг фосфору, 60–80 кг калію, по 10–20 кг магнію і кальцію, 5 кг сірки. Середня потреба цукрового буряку в елементах живлення подана у табл. 1.2 (за даними інтернет-сайту [agrosience.com.ua](http://agrosience.com.ua)).

Таблиця 1.2 – Середня потреба буряку в елементах живлення

Назва елемента	Рівень урожайності, ц/га		
	400	500	600
Азот, N, кг/га	200	250	300
Фосфор, P, кг/га	60	75	90
Калій, K, кг/га	240	300	360
Магній, Mg, кг/га	60	75	90
Кальцій, Ca, кг/га	60	75	90
Марганець, Mn, г/га	240	300	360
Бор, B, г/га	215	270	325
Цинк, Zn, г/га	145	180	220
Залізо, Fe, г/га	135	170	200
Мідь, Cu, г/га	90	110	130
Молібден, Mo, г/га	6	7	8

Найефективніше вносити мінеральні добрива одночасно з органічними. Останні підвищують ефективність мінеральних добрив, поліпшують технологічні якості коренеплодів. Органічні добрива покращують структуру ґрунту, збільшують вміст елементів живлення, сприяють активній життєдіяльності ґрунтових мікроорганізмів, поліпшують водний і повітряний режими ґрунту. У підзоні недостатнього зволоження в ланці сівозміна з зайнятим паром гній рекомендується вносити під попередник цукрового буряку, наприклад озиму пшеницю, в нормах 20–30 т/га, а в ланках з багаторічними травами та горохом — безпосередньо під цукрові буряки по 30–40 т/га. У районах достатнього і нестійкого зволоження для вирощування 450–500 ц/га і більше норму гною збільшують до 40–50 т/га і вносять його безпосередньо під буряк незалежно від місця цієї культури у сівозміні. Цукровий буряк у цій зоні першочергова культура для внесення органічних добрив. Вносять підстилковий і рідкий гній перед оранкою без розриву між розкиданням і приорюванням. Використання соломи як добрива одночасно з

гноєм дозволяє значно поповнити ґрунт органічними речовинами і сприяє процесу ґрунтоутворення.

Не рекомендується застосовувати органічні добрива навесні під передпосівний обробіток ґрунту та взимку по снігу. Внесення рідкого гною взимку зменшує його ефективність вдвічі або зовсім не дає позитивних наслідків. При вирощуванні за інтенсивною технологією 90–95 % фосфорних і калійних добрив рекомендується вносити восени під оранку, оскільки ці види добрив дуже повільно переміщуються в ґрунті.

Решту під час сівби в рядки. Азотні добрива, що легко вимиваються, вносять перед весняним обробітком ґрунту (70–90 %) за 10–14 днів до сівби, а решту у підживлення. Найкраще азот для підживлення внести у фазі 4 пар листків, але не пізніше ніж 6 пар справжніх листків. Найкраще співвідношення елементів живлення N:P:K=1:1:1. Надмірна доза азоту збільшує вміст амідного азоту в коренеплодах, знижує цукристість і вихід цукру (за даними інтернет-сайту [agrosience.com.ua](http://agrosience.com.ua)).

Для одержання високих урожаїв (понад 500 ц/га) без органічних добрив норми внесення мінеральних добрив необхідно збільшувати до N<sub>200–250</sub>, P<sub>160–180</sub>, K<sub>200–220</sub>. Цукровий буряк дуже реагує на кислотність ґрунту і вимагає нейтральної реакції.

З фосфорних добрив під цукровий буряк використовують суперфосфат, з калійних — калійну сіль, хлористий калій, калімагнезію. Рослини добре реагують на внесення каїніту, в якому багато мікроелементів. При вирощуванні цукрового буряку необхідно застосовувати борні, мідні, марганцеві, цинкові, молібденові та кобальтові мікродобрива. Для цукрового буряку найкритичнішим елементом є бор. З-поміж інших мікроелементів він найсуттєвіше впливає на врожайність та цукристість коренів, беручи активну участь у метаболізмі вуглеводів та синтезі матеріалу клітинних стінок. Нестача бору спричинює сповільнення росту, скручування та в'янення листя. Класичним симптомом є суха гниль листя. Коренеплоди мають погану лежкість, уражуються кагатною гниллю. Підвищенню цукристості

коренеплодів сприяє застосування регуляторів росту (обпудрюють насіння ресином –2 кг/т, обробляють посіви за 20 – 30 днів до збирання натрієвою сіллю гідразидумалеїнової кислоти – 2 – 2,5 кг препарату розчиняють у 250 – 300 л води з розрахунку на 1 га).

#### 1.4 Сівба цукрових буряків

Для сівби слід використовувати насіння районованих сортів і гібридів, яке за своїми посівними якостями відповідає вимогам діючих стандартів і технічних умов. Для сучасних технологій використовують насіння з лабораторною схожістю не менше ніж 90 %, а одноростковість має бути більше ніж 95 %. Зараз насіння продають не за масою, а за посівними одиницями. Одна посівна одиниця містить 100 000 насінин. При висіві на 1 га однієї посівної одиниці на 1 м<sup>2</sup> припадає 10 насінин, а на 1 м довжини рядка – 4–5 насінин. Висівають 1,2–1,8 посівних одиниць, а інколи і більше. У посушливих умовах або при низькій культурі землеробства не варто використовувати дражоване насіння, тут краще висівати «голе» насіння. Для захисту молодого проростка від ґрунтових шкідників і хвороб насіння обробляють протруйниками, які мають інсектицидну і фунгіцидну дію.

Сівбу починають з настанням фізичної сплості ґрунту, коли температура на глибині 5 – 7 см досягає 6–8 °С, ґрунт добре кришиться і містить достатню кількість вологи.

*Способи сівби.* Основний спосіб сівби – пунктирний з шириною міжрядь 45 см. Дуже важливо дотриматися прямолінійності сівби. Використовують сівалки ССТ-12Б, ССТ-12В, ССТ-18В, пневматичні сівалки точного висіву СТВТ-12, СУПК-12А, УПС-12, «Контур№» («Амацоне»), «Унісем» («Сікам»), «Мультикорн» («Кляйне»), «Оптіма ACCORD» (рис. 1.2). Вони повинні забезпечити точне однозернове розміщення насіння в рядку. Механічні сівалки забезпечують точний висів при швидкості 4–6 км/год., пневматичні – при 7–8 км/год. Весь комплекс машин у буряківництві розрахований на чітке дотримання відстані між рядками 45 см. Зміщення такої

відстані призводить до вирізання рядків під час міжрядних розпушень і до втрат урожаю коренеплодів при збиранні (за даними інтернет-сайту [agrosience.com.ua](http://agrosience.com.ua)).



Рисунок 1.2 – Сівба цукрових буряків сівалкою «Оптіма»

*Глибина сівби.* На високоокультурених полях за високоякісної підготовки ґрунту і достатнього забезпечення вологою глибина загортання насіння становить 2–3 см. В умовах нестійкого і недостатнього зволоження її збільшують до 3–4 см. Загортання насіння на глибину більше ніж 4 см призводить до зниження польової схожості. Насіння не проростає також при висіві в сухий і дуже розпушений шар ґрунту. Важливо висіяти насіння на ущільнене ложе з незруйнованою капілярною системою. За таких умов навіть у суху погоду забезпечується доступ ґрунтової вологи до насіння. Розпушений верхній шар ґрунту має бути не дуже товстим (2–4 см), щоб крізь нього легко надходив кисень з повітря і тепло.

Відхилення від заданої глибини повинно бути не більше ніж на  $\pm 0,5$  см. Це забезпечить високу якість збирання. Будуть відсутні коренеплоди, де гичка обрізана недостатньо або разом з гичкою відрізається значна частина головки коренеплоду. При збільшенні швидкості руху посівного агрегату вище

рекомендованої глибина загортання насіння зменшується, а рівномірність розподілу насіння по довжині рядка погіршується.

*Норма висіву.* Норму висіву встановлюють з урахуванням погодних і ґрунтових умов, окультуреності полів, посівних якостей насіння. Коли її визначають, треба врахувати, що різниця між польовою та лабораторною схожістю може становити 15–35 %. Крім того, до змикання рядків втрачається 5–10 % весняних сходів. Для одержання високої врожайності на 1 га необхідно перед збиранням мати 90000–110000 рослин, або 4,5–5,5 рослини на 1 м рядка (табл. 1.3). Рослини повинні рівномірно розміщуватися в рядку, орієнтовно через 16–20 см.

Таблиця 1.3 – Густота стояння рослин (тис. шт.) і відстань між насінинами залежно від умов проростання (за даними інтернет-сайту [agrosience.com.ua](http://agrosience.com.ua)).

Умови проростання	Польова схожість	Відстань між насінинами в рядках, см														
		13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
Оптимум	100	171	159	148	139	131	123	117	111	106	101	97	93	89	85	82
Відмінні	90	154	143	133	125	118	111	105	100	95	91	87	83	80	77	74
Дуже сприятливі	80	137	127	118	111	104	99	93	89	85	81	77	74	71	68	66
Сприятливі	70	120	111	104	99	91	86	82	78	74	71	68	65	62	60	58
Складні	60	102	95	89	86	78	74	70	67	63	61	58	56	53	51	49
Дуже складні	50	85	79	74	69	65	62	58	56	53	50	48	46	44	43	41

Чим вища польова схожість і менший ризик негативних для сходів чинників, тим більшою повинна бути відстань між насінинами в рядку. При польовій схожості понад 70 % насіння можна висівати на відстані 14–16 см в рядку. При цьому висівається 1,4–1,6 посівної одиниці. Відстань 17–18 см рекомендується тільки для кращих полів за схожості 80 %. При цьому висівається орієнтовно 1,2– 1,3 посівної одиниці. Якщо відстань між

насінинами менша ніж 14 см, дражоване насіння не використовують, бо воно дуже дороге. Верхньою межею кількості висіяних дражованих насінин вважають 159000 шт./га або 1,59 посівної одиниці. Слід враховувати, що зі зниженням норми висіву насіння, а отже і густоти сходів, зменшуються можливості застосування механізмів для догляду за посівами, насамперед для боротьби з бур'янами.

Якщо умови структури ґрунту і водного режиму несприятливі, рекомендується висівати інкрустоване, «голе», насіння, а пізніше формувати густоту рослин механічним або ручним проріджуванням. За низької польової схожості норма висіву збільшується, але вона не повинна перевищувати 300000 клубочків на 1 га. Кожне поле засівають за 1–2 дні, що забезпечує одночасні сходи і можливість якісного обробітку під час догляду. Пересівають лише при зменшенні густоти стояння рослин до 40 тис./га на початку або 35 тис./га в середині травня. Пересіву в кінці травня треба уникати. При визначенні строків сівби необхідно враховувати, що для проростання насіння потребує великої кількості води – 150–160 % від власної маси, а дражоване – до 200 %. Цукровий буряк має довгий вегетаційний період – 180–220 днів, що підвищує цінність ранніх строків сівби. Її починають з настанням фізичної стиглості ґрунту за температури 5–6 °С на глибині 8–10 см. Така температура характерна для першої декади квітня. Пізньої й сухої весни цукровий буряк сіють якомога раніше (одночасно з ранніми ярими зерновими культурами). Холодної й дощової весни сівбу проводять слідом за ранніми зерновими. Оптимальними строками сівби цукрового буряку є кінець березня – перша декада квітня (до 12 квітня). Залежно від метеорологічних умов календарні строки сівби буряку можуть наступати в кінці березня і закінчуватися не пізніше 25 квітня. Запізнення з сівбою на 1 день, порівняно з оптимальним строком, зменшує урожайність коренеплодів на 5–7 ц/га, а на 5–6 днів – на 21–71 ц/га. Відкладання періоду збирання не компенсує зазначених втрат, тому орієнтація на пізніші строки сівби заради зменшення забур'яненості недоцільна, особливо при застосуванні гербіцидів. Переваги

ранніх строків сівби значні. Сучасні сорти та гібриди характеризуються високою стійкістю до цвітушності, тому остання вже не є перепорою для ранньої сівби.

### 1.5 Догляд за посівами

Ґрунт при сівбі ущільнюється котками сівалки. Проте в деяких випадках поле додатково коткують. Це потрібно тоді, коли ґрунт під час сівби був надто розпушений і після проходу сівалки утворилися жолобки; при грудочкуватій структурі ґрунту; при пізніх строках сівби в пересушений ґрунт. Але ефективно коткування тільки тоді, коли його проводять слідом за сівбою. При застосуванні гербіцидів поверхня ґрунту і міжряддя не розпушуються. За даними німецьких вчених, на добре структурованих ґрунтах при застосуванні досходових і післясходових гербіцидів розпушення міжрядь не дає приросту врожаю. У Німеччині в 1996 році хоча б одне розпушення міжрядь проводили лише на 19 % посівної площі цукрового буряку.

В умовах господарства догляд за посівами цукрових буряків передбачає суцільне розпушування ґрунту до появи сходів (досходові боронування), перше розпушування ґрунту в міжряддях і зоні рядків (шарування), формування густоти стояння рослин, розпушування в міжряддях з присипанням бур'янів ґрунтом у рядках (у разі потреби – одночасно з підживленням), захист рослин від шкідників та хвороб.

Суцільне уздовж рядків розпушування ґрунту до появи сходів буряків проводять не більш як на 2/3 глибини загортання насіння, на 4-5-й день після початку сівби при з'явленні в поверхневому шарі проростків бур'янів у вигляді «білих ниточок». У прохолодну затяжну весну, коли проростання насіння буряків затримується, необхідне одно-, іноді навіть дворазове досходове розпушування. Не можна проводити його, коли проростки буряків досягли висоти 1 см. Якщо боротьба з ґрунтовою кіркою збігається за часом з появою проростків, треба, незалежно від довжини їх, застосовувати ротаційні робочі органи, але при швидкості агрегату не більше 4 км/год. Досходове розпушування уздовж рядків проводять культиваторами УСМК-

5,4Б(А), які обладнують ротаційними робочими органами і двобарабанними спіральними роторами без шлейфів. Агрегати рухаються уздовж рядків правою гусеницею (колесом) по маркерній борозні, утвореній слідоутворювачем, із швидкістю до 9 км/год.

Перше міжрядне шарування виконують після позначення рядків для розпушування ґрунту в міжряддях на глибину 3-4 см. Ширина захисної зони з обох боків рядка має бути не більше 6-7 см. При цьому мають бути повністю знищені бур'яни в міжряддях, а ґрунт розпушений до стану дрібногрудочкуватого. Кількість засипаних і уражених рослин буряків не повинна перевищувати 10 %. Для шарування застосовують культиватори УСМК-5,4Б(А) та їх аналоги, обладнані захисними дисками й однобічними плоскорізальними лапами із захватом 150 мм, які переміщуються в міжряддях, а також ротаційними батареями, що переміщуються в зонах рядків; Щоб прошарувати посіви з малими (3 - 5 см в один бік рядка) захисними зонами і полегшити умови праці тракториста, на культиваторі встановлюють щілювачі-напрямлячі. Швидкість руху агрегату до 6 км/год. У необроблених рядках і захисних смугах залишаються сходи бур'янів, тому після першого шарування міжрядь потрібно обробити ці смуги упоперек або по діагоналі посіву легкими борінками ЗОР-0,7 або борінками-«гвоздівками». При такому обробітку гинуть сходи бур'янів і проріджуються посіви.

Для знищення бур'янів і ґрунтової кірки частково проріджують сходи вдруге у фазі першої пари справжніх листків при густоті посівів більш як 8 рослин на 1 м рядка. Ушкоджених рослин буряків може бути не більше 20 %, а присипаних ґрунтом – 8 %. Цю операцію виконують культиваторами УСМК-5,4Б(А) з ротаційними робочими органами або райборінками ЗОР-0,7 чи посівними боронами ЗБП-0,6А на тязі гусеничних тракторів. Культиватори рухаються уздовж рядків зі швидкістю до 8 км/год. Виконані своєчасно і якісно, такі обробітки є реальною альтернативою застосуванню гербіцидів.

Для створення сприятливих умов росту росли після формування густоти посівів і знищення сходів бур'янів розпушують ґрунт у міжряддях, одночасно присипаючи бур'яни ґрунтом у зоні рядків. Необхідність розпушувань і присипань, а також глибину ходу робочих органів (від 5 - 6 до 10-12 см) визначають з урахуванням кількості опадів і ступеню забур'яненості посівів. Перше присипання бур'янів у зонах рядків поєднують з розпушуванням ґрунту в міжряддях культиваторами УСМК-5,4Б(А) у фазі 2-3 пар справжніх листків і висоті рослин буряків 5-7 см. Для цього використовують спеціальні підгортачі, які подають розпушений ґрунт у зони рядків для знищення сходів бур'янів.

Удруге бур'яни присипають у зонах рядків буряків, поєднуючи цю операцію з підгортанням рослин і розпушуванням ґрунту в міжряддях, при змиканні рослин буряків у рядках, а втретє – перед змиканням листків у міжряддях.

### 1.6 Захист від шкідників і хвороб

При вирощуванні буряків слід старанно захищати рослини від шкідників і хвороб, виконуючи увесь комплекс агротехнічних заходів. Хімічні засоби варто застосовувати тільки при загрозі масового з'явлення шкідників і розвитку хвороб. Треба обов'язково враховувати економічну доцільність застосування пестицидів, так званий економічний поріг шкідливості. Може бути так, що затрати на пестициди не окупляться приростом урожаю, що, як показують спостереження, буває дуже часто. Це серйозний аспект у технології вирощування цукрових буряків та інших польових культур. Пестициди досить часто застосовують тільки тому, що це передбачено технологічною картою, а не у зв'язку із загрозою епіфітотій (масові хвороби) або епізоотій (масова поява шкідників).

При прогнозованій масовій появі шкідників, які живуть у ґрунті (бурякова крихітка, дротяники, личинки пластинчастовусих жуків та ін.), потрібно вносити в рядки під час сівби гранульовані інсектициди, кг/га: 10

% -й фурадан (10- 15); 10 %- й каунтер. Останнім часом на насінних заводах насіння цукрових буряків обробляють системними інсектицидами зокрема фураданом 35, який забезпечує внутрішню токсикацію рослин і захищає їх від ґрунтових та наземних шкідників протягом 15 - 30 днів. Проти бурякових довгоносиків, бліх, щитосок мертвоїда застосовують один з таких препаратів, кг/га: 16 %-ну мінерально-масляну емульсію, 40 %-й змочуваний порошок базудину (2,5); 50 %-й волатон (2,5), Посіви обробляють у разі потреби, але не частіше як через 7-9 днів. Для знищення гусениць совок і лучного метелика плантації обприскують відповідними, рекомендованими в рік обробітку препаратами. Проти гусениць озимої та інших підгризаючих совок розсівають по рядках 10 %-й гранульований базудин (50 кг/га). У період льоту метеликів і масового відкладання яєць на посіви буряків випускають трихограму (50 - 100 тис. самок на 1 га) в три прийоми через кожні 3-5 днів у співвідношенні 50 : 30 : 20 %. Для боротьби з листковою попелицею, мінуючою міллю, мінуючою мухою, павутинним кліщиком теж застосовують рекомендовані на час обробітку препарати.

### 1.7 Збирання врожаю

Наростання маси коренеплодів і підвищення цукристості триває у вересні, жовтні й за теплої погоди, навіть у листопаді. Раннє збирання зменшує вихід цукру з гектара, пізнє пов'язане з втратами врожаю внаслідок несприятливих погодних умов – тривалі дощі, сніг, морози. У вересні врожайність зростає на 15–30 %, цукристість — на 1,4–1,8 %. Строки збирання коренеплодів необхідно встановлювати залежно від площі, забезпечення механізмами з таким розрахунком, щоб збиральні роботи завершити до кінця жовтня (за даними інтернет-сайту [agrosience.com.ua](http://agrosience.com.ua)). Збирають буряк комплексом шестирядних машин роздільного збирання, а саме: причіпною гичкозбиральною БМ-6А; МБП-6 та самохідною коренезбиральною КС-6; РКС-6; РКМ-6. Вантажать буряки з кагатів навантажувачами СНТ-2ДБ або СПС-4,2А. Для підвищення ефективності збиральних робіт в господарстві рекомендовано використовувати удосконалену гичкозбиральну машину та

зарубіжні комбайни «Холмер» (Німеччина), «Плойжер» (Голландія), «Лектра Моро», «Верват» (Франція).

Зрізують верхню частину коренеплоду з черешками гички. Якщо зрізується 1 см шийки коренеплоду – втрати урожаю становлять 5–7 %, а при зрізанні 3 см зростають до 20–27 %. Рівномірно зрізати гичку можна лише на добре вирівняному перед сівбою ґрунті, за умови загортання насіння на одну і ту ж глибину, рівномірного стояння рослин в рядку. Викопувальні робочі органи коренезбиральних машин не повинні пошкоджувати коренеплоди. Обламування хвостиків у коренеплодів також призводить до втрат урожаю. Якщо в ґрунті залишилися хвостики довжиною 3,5 см – втрачається 5–6 % урожаю, при довжині 5 см втрати зростають до 10–12 %. Гичку використовують як зелений корм для годівлі худоби, силосують або розстеляють на полі як сидеральне добриво. Коренеплоди в день збирання вивозять на бурякоприймальні пункти, щоб не допускати їх висихання в полі.

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА КАРТА ДЛЯ УМОВ ГОСПОДАРСТВА

### 2.1 Складання технологічної карти вирощування цукрових буряків

Технологічна карта включає такі основні блоки інформації: агрономічний блок, який містить назву операції, обсяг робіт, початок і тривалість робіт; технічне забезпечення операцій і нормативи на використання техніки; потреба в ресурсах: кількість технічних засобів, виробничого персоналу, робочих днів і нормозмін, палива і технологічних матеріалів; показники ефективності: затрати праці, прями і приведені витрати [7].

Приклад заповнення технологічної карти покажемо на першій операції – лущення стерні.

Дата початку роботи та її тривалість обумовлюються агротехнікою вирощування цукрових буряків.

Коефіцієнт змінності  $K_{зм}$  підраховуємо за формулою:

$$K_{зм} = \frac{T_{\delta}}{T_{зм}} \quad (2.1)$$

де  $T_{\delta}$  – тривалість роботи агрегату за добу, год.;

$T_{зм}$  – тривалість зміни, год.;

Тривалість зміни становить 7 годин, а при роботі з отрутохімікатами – не більше 6 годин.

Тривалість робочого часу за добу встановлюють на основі прийнятого у господарстві робочого дня на даний період та з урахуванням операції, що виконується, тоді

$$K_{зм} = \frac{10,5}{7} = 1,5.$$

Для лущення стерні вибираємо такий склад машинно-тракторного агрегату – трактор Т-150К і луцильник дисковий ЛДГ-10.

Змінну норму виробітку і норму витрати палива на одиницю роботи визначаємо за [8]. Вони відповідно становлять  $W_{зм} = 53,5$  га /зм та  $g_{п} = 2,9$  л /га.

Норма витрати технологічних матеріалів визначається агротехнікою вирощування цукрових буряків. При луценні стерні технологічні матеріали не використовують.

Кількість механізаторів і допоміжних робітників, обслуговуючих агрегат, визначають в залежності від його складу і рекомендацій заводів-виробників машин. Для даної операції потрібно 1 механізатор.

Значення годинної еталонної продуктивності  $\lambda$  згідно [9] для трактора Т-150К становить 1,65 у.е.га /год.

Необхідну кількість агрегатів  $n_a$  визначаємо за формулою:

$$n_a = \frac{\Omega}{W_{зм} K_{зм} D_p}, \quad (2.2)$$

де  $\Omega$  – обсяг робіт, га;

$W_{зм}$  – змінна норма виробітку, га /зм.;

$K_{зм}$  – коефіцієнт змінності;

$D_p$  – тривалість роботи, днів;

$$n_a = \frac{220}{53,5 \cdot 1,5 \cdot 5} = 0,55 \text{ агрегатів.}$$

Приймаємо 1 агрегат.

Кількість днів, протягом яких фактично буде виконана робота, підраховуємо за формулою

$$D_\phi = \frac{\Omega}{n_a \cdot W_{зм} \cdot K_{зм}} \quad (2.3)$$

$$D_\phi = \frac{220}{1 \cdot 53,5 \cdot 1,5} = 2,74 \text{ дні.}$$

Приймаємо три дні.

Кількість нормозмін, необхідних для виконання роботи, знаходимо за формулою:

$$N_{зм} = \frac{\Omega}{W_{зм}}, \quad (2.4)$$

де  $N_{зм}$  – кількість нормозмін.

$$N_{зм} = \frac{220}{53,5} = 4,1 \text{ нормозмін.}$$

Необхідну кількість обслуговуючого персоналу визначаємо за формулою:

$$n_m = m_m \cdot n_a \cdot K_{зм}, \quad (2.5)$$

де  $m_m$  – кількість механізаторів, обслуговуючих агрегат.

$$n_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1 \text{ механізатор.}$$

Кількість палива, необхідного для виконання роботи визначаємо за формулою

$$G_n = \Omega \cdot g_n. \quad (2.6)$$

$$G_n = 220 \cdot 2,9 = 638 \text{ л.}$$

Затрати праці на виконання всього обсягу роботи підраховуємо за формулою:

$$Z_n = (n_m + n_d) \cdot N_{зм} \cdot T_{зм}, \quad (2.7)$$

$$Z_n = (1 + 0) \cdot 4,1 \cdot 7 = 28,7 \text{ люд. год.}$$

Виробіток машинно-тракторного агрегату в умовних одиницях визначаємо за формулою:

$$\Omega_Y = \lambda \cdot N_{зм} \cdot T_{зм}, \quad (2.8)$$

де  $\Omega_Y$  – виробіток агрегату в умовних одиницях, у.е.га.

$$\Omega_Y = 1,65 \cdot 4,1 \cdot 7 = 47,4 \text{ у.е.га.}$$

Всі отримані дані заносимо у відповідні їм колонки технологічної карти. Аналогічні розрахунки виконуємо для всіх технологічних операцій, необхідних для вирощування і збирання цукрових буряків. Отримані дані зводимо у технологічну карту.

## 2.2 Визначення потреби в техніці

Для виконання сільськогосподарських робіт, пов'язаних з вирощуванням і збиранням цукрових буряків необхідно мати певну кількість тракторів та сільськогосподарської техніки. Структурний та кількісний набір машин можна визначити методом побудови графіків завантаження тракторів і

сіськогосподарських машин. Графіки будується на основі даних технологічної карти. При побудові графіків завантаження тракторів і сіськогосподарських машин записують загальні назви групи машин. В графу “Марка” у відповідності із загальною назвою групи машин. Графу “Строки використання машин” розбиваємо на шість граф, що відповідає кількості місяців, під час яких проводять операції, пов’язані з вирощуванням і збиранням цукрових буряків. Під графу місяця ділять на три частини, кожна з яких відповідає певній декаді місяця.

У відповідності з технологічною картою прямокутниками позначають роботу кожної із машин. Довжина основи прямокутника дорівнює кількості днів роботи, початок основи співпадає з початком роботи, а кінець – з кінцем. Для різновидності площа кожного прямокутника містить номер операції з технологічної карти, під час якої використовується та чи інша машина або агрегат. В результаті побудови графіку визначають набір машин для вирощування і збирання цукрових буряків у господарстві.

### 3 АНАЛІЗ ГИЧКОРІЗАЛЬНИХ АПАРАТІВ

Ефективність збирання цукрового буряка значною мірою визначається технічною надійністю машин і комплексів, а також показниками умов роботи механізаторів.

Підвищення тільки одного з показників надійності – коефіцієнта готовності комплексу гичкозбиральної машини БМ-6А та коренезбиральної КС-6 всього на 5% дозволяє підвищити при середній продуктивності сезонну наробку на 17-22 га.

Важливе значення у підвищенні надійності має вірний вибір конструктивних рішень робочих органів і вузлів машин залежно від реальних ґрунтово-кліматичних умов роботи.

Гичкорізальні апарати (ГРА) бурякозбиральних машин призначені для зрізання верхньої частини головок коренеплодів з гичкою і подачі їх на транспортер. При цьому із зрізаною частиною повинно відокремлюватися якомога менше цукроносної маси. За сучасними агротехнічними вимогам відходи цукроносної маси з гичкою не повинні перевищувати 5% від маси коренеплодів, а кількість залишків гички на них – 1,5% [21].

Ці вимоги виконуються у тому випадку, якщо у основній кількості коренеплодів площа зрізу проходить у зоні коронки або “сплячих” вічок ( $\Delta_k + \Delta_T$ ), такі коренеплоди вважаються нормально обрізаними (рис. 3.1).

У процесі розвитку ГРА найбільше поширення отримали два типи – апарати, що зрізають активними і пасивними ножами. У конструкцію ГРА входять ніж, копір і механізм зв'язку між ними. Найбільш поширені варіанти копирів у нашій країні – гребінчасті, а за кордоном – дискові.

У зв'язку з тим, що коренеплоди цукрового буряка розташовані відносно рівня ґрунту на різній у загальній випадковості висоті, копир, пересуваючись по головках, виставляє ніж на необхідну висоту обрізки почергового для кожного коренеплоду.

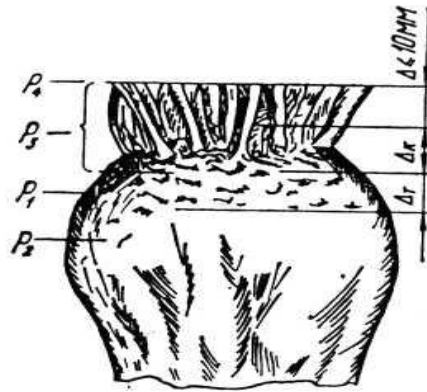


Рисунок 3.1 - Класифікація показників якості обрізки коренеплодів:  
 P1 – нормальна обрізка; P2 – низька; P3 – висока; P4 – незадовільна  
 обрізка

За кордоном (Франція, Німеччина) у поєднанні з ГРА застосовуються роторні пристрої для попереднього видалення основної частини гички, після чого ГРА зрізає верхівки коренеплодів (двоступеневий спосіб обрізки).

У вітчизняних бурякозбиральних машинах (БЗМ) застосовують ГРА (рис. 3.2), що складається з активного дискового ножа (8) і пасивного гребінчастого копіра (2), кінематично зв'язаних між собою багатоланковим механізмом. Принцип роботи такого ГРА наступний: при русі машини вздовж рядків колесо (1) копіює мікрорельєф поля у міжряддях і утримує ніж на заданому рівні над ґрунтом у рядку.

При зустрічі з високим коренеплодом копір нахиленою гребінчастою поверхнею ковзає по верхівці головки кореня, піднімаючи ніж на висоту, необхідну для нормальної обрізки. Товщина частини головки, що видаляється, визначається вертикальним зазором між лезом ножа і опорною поверхнею копіру (розмір  $\epsilon$ ). Зрізана гичка закидається лопастями бітера (9) на приймальний транспортер (10), а копір і ніж, залежно від положення наступного коренеплоду виконують його копіювання і обрізку або опускаються у вихідне положення.

Рухомі частини ГРА коливаються з обмеженою частотою. Тому для забезпечення необхідної швидкості системи використовується навантажена

пружина (4), що протидіє відриву копіра і ножа від головки у момент удару всієї системи у нижнє положення після обрізки чергового, більш високого коренеплоду.

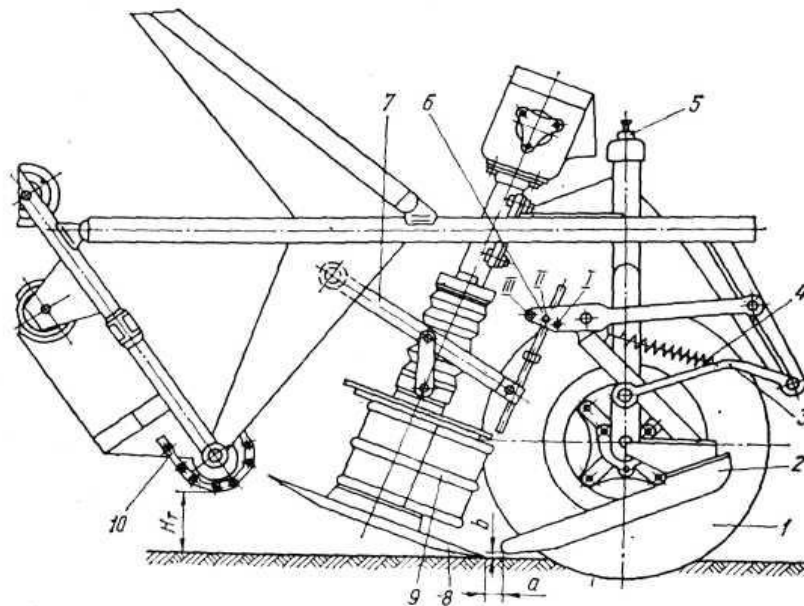


Рисунок 3.2 - Конструктивна схема ГРА машини БМ-6:

1 – опорне колесо; 2 – копір; 3,7 - механізм підвіски копіра і ножа; 4 – навантажувальна пружина; 5 – регулюючий гвинт опорного колеса; 6 – механізм регулювання горизонтального і вертикального зазорів між ножем і копіром; 8 – ніж; 9 – бітер гички; 10 – транспортер гички

Оскільки БЗМ у процесі роботи переміщається вздовж бурякових рядків по гону, то кожний її ГРА обробляє один рядок незалежно від других апаратів. Достатньо розглядати роботу одного ГРА, як поступальні одним за одним цикли, протягом кожного з яких поводитья обрізка одного коренеплоду.

Траєкторія руху ГРА складається з руху його відносно рами машини і переносного руху разом з БЗМ.

Для аналізу динаміки і кінематики копіювання і обрізки ізольованого коренеплоду цикл процесу доцільно розбити на 3 фази: перша – з моменту дотику копіра з головкою до початку його руху відносно рами машини (підйому); друга – рух копіра і ножа (підйом) відносно несучої рамки; третя – зріз верхівки головки.

Перша фаза і початок другої супроводжується дією на коренеплід зі сторони копіра великих статичних і динамічних сил, у результаті чого коренеплід може бути вивалений із ґрунту і у наступному пошкоджений ножом, а пізніше і копачами. У процесі обрізки можна побачити з допомогою швидкісної кінозйомки зминання і відгин зрізуваної частини, у результаті чого на поверхні зрізу до 15-30% коренеплодів мають тріщини або сколи.

При високій врожайності, потужній гичці і вологих умовах (Прибалтика) переважно застосовувати ГРА з активними копірами, оптимальна швидкість яких складає 1,3-1,5 м/с при невисоких (4-5%) втратах цукроносної маси у головках. Для типових умов лісостепової зони вигідніше використання ГРА з гребінчастим копіром і активним ножом. Така конструкція дозволяє знизити масу і підвищити оптимальну швидкість до 7,2 км/год [21, ст.69-70].

За рахунок удосконалення конструкції очисника головок робочі швидкості ГЗМ можуть бути підвищені до 10 км/год.

Якісна обрізка коренеплодів значною мірою залежить і від конструкції ножа. Тильна його частина повинна мати форму, щоб після закінчення обрізки високого коренеплоду ніж міг вільно опуститися у нижнє положення. У центрі ножа виконують западину і встановлюють під кутом  $\psi_n$ , у результаті чого забезпечується закидання дисковим ножом зрізаної гички на приймальний транспортер (рис. 3.3).

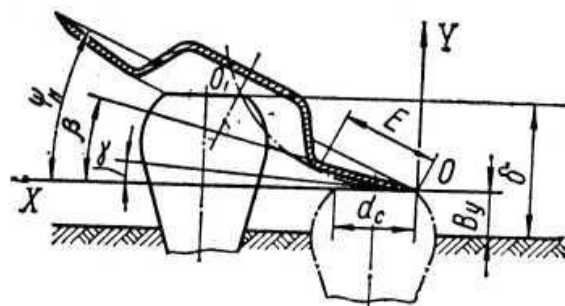


Рисунок 3.3 - Форма і основні параметри дискового ножа

При недостатній величині кута  $\psi_n$  гичка погано захвачується транспортером і губиться на полі. Занадто великий кут також небажаний, так як при цьому погіршується точність обрізки коренів по висоті, зміщених у сторону від осьової лінії ножа. З тієї ж причини збільшується і кількість косих зрізів.

На основі вищевикладеного у машині БМ-6 прийняті найбільш раціональні значення:  $\alpha = 20^\circ$ , кліренс приймального транспортера  $H_T = 95$  мм.

Якість обрізки залежить від геометрії леза ножа. Щоб зменшити можливість сколів при обрізці головки, передній кут різання  $\beta$  бажано обирати якомога меншим. Однак, зменшення  $\beta$  менше  $12^\circ$  небажано, так як при цьому лезо ножа буде швидко затуплятися і зношуватись. Задій кут слід обирати близьким до нуля, але не менше  $0^\circ$  при  $\gamma > 0^\circ$  одержують косі зрізи зверху вниз за ходом машини, а при  $\gamma > 0^\circ$  – знизу вверх. У машині БМ-6 параметри:  $\beta = 12^\circ$ ,  $\gamma = 3^\circ$ . Ширина робочої зони ножа  $E$  повинна бути не менше максимального значення діаметра частини головки, що зрізується [21].

Враховуючи специфічні механіко-технологічні властивості зв'язків гички з коренеплодами, що легко руйнуються при дотичному прикладанні навантажень, можливо зробити висновок, що технологічний процес відокремлення гички доцільно здійснювати комбінованим (двоступеневим) способом, що включає грубу обрізку гички з частковою обрізкою головок без пошкодження останньої [15].

Існуючі конструкції гичкозбиральних машин можна поділити на причіпні і самохідні (комбайни). У них застосовуються фронтально розташовані ГРА з вертикальним валом привода з активними і пасивними ножами, або навісні чи причіпні гичковидаляючі модулі з горизонтальним валом роторного подрібнювача гички і шнеком для її видалення.

У кінці 70-х років був спроектований самохідний гичкозбиральний комбайн БС-6 (рис. 3.4). За конструкцією та розташуванням силового агрегату, мостів керованих та ведучих коліс, механізму керування, з системою подачі палива та мащення, рамою, гідросистемою та інше машина БС-6 повністю

уніфікована з модернізованими самохідним коренезбиральним комбайном КС-6Б [1, 15, 29, 34].

Відповідно до технологічної схеми машина БС-6 з допомогою гідромеханічного автомата-водіння (9) направляється вздовж рядків буряка, здійснює копіювання і обрізку головок коренів на 6 рядках з допомогою гичкорізальних апаратів (1). Ці ГРА порівняно з ГРА на БМ-6 удосконаленні для роботи на швидкості до 10-11км/год і мають пристрій для централізованого регулювання робочих зазорів із кабіни водія.

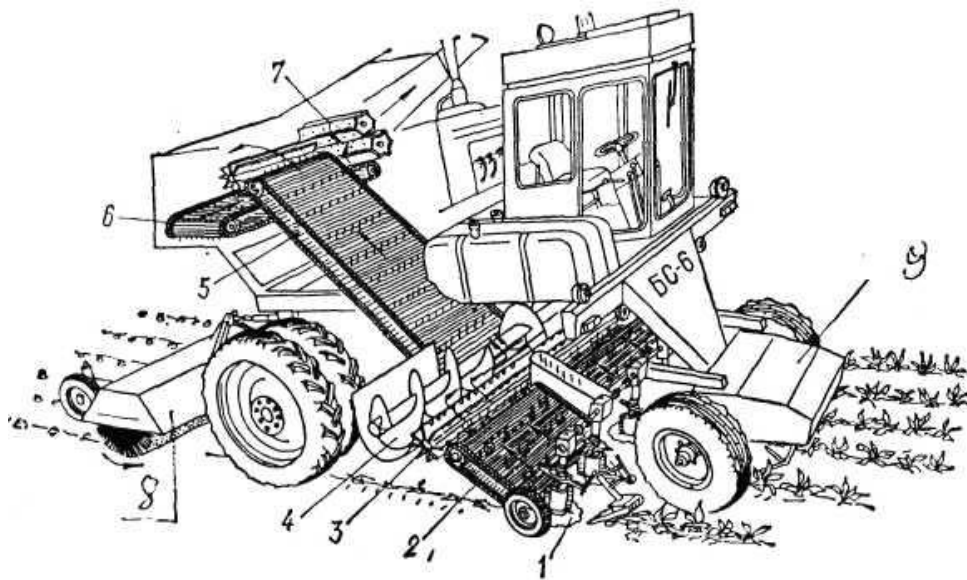


Рисунок 3.4 - Функціональна схема самохідної гичкозбиральної машини БС-6:

1 – гичкозрізуючі апарати; 2, 5, 6 – транспортери гички; 3, 7 – гичкокидачі; 4 – шнековий транспортер; 8 – до очисник головок;  
9 – автомат водіння

Зрізані ножами верхівки коренів з гичкою підбираються ланцюговим прутковим транспортером (2), уніфікованим з приймальним транспортером БМ-6; бітер (3) направляє масу гички на поперечний шнек (4), який має зустрічні спіральні навивки. У середній частині деки шнека передбачено вікно, через яке гичка потрапляє на поздовжній (5) елеватор, який піднімає її на

верхній поперечний транспортер-очишувач (6) і далі з допомогою гичкокидача (7) гичка подається у транспортний засіб [1, 15, 21, 34].

Доочистка обрізаних коренів здійснюється навісним доочищувачем головок (8) гвинтового типу з капроновими щітками.

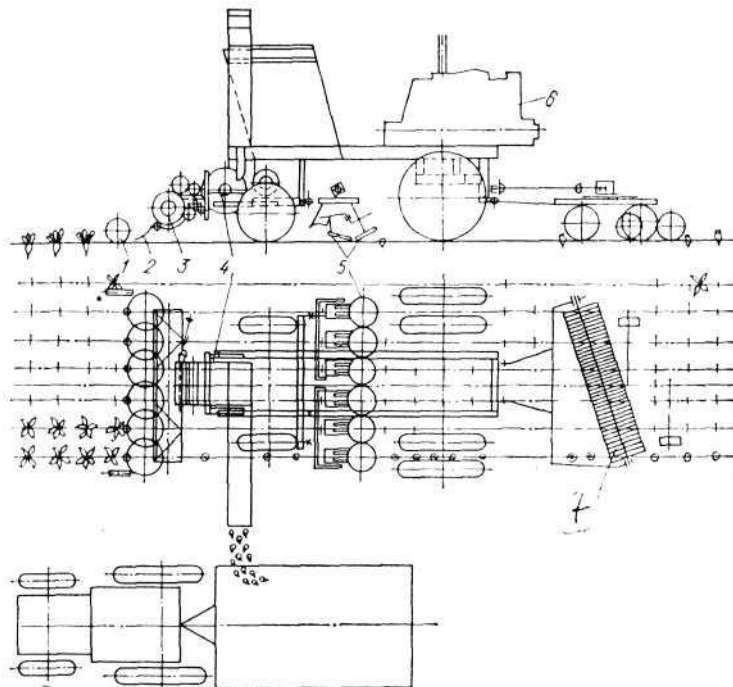


Рисунок 3.5 - Функціональна схема самохідної гичкозбиральної машини з двоетапним зрізом гички МБС-6:

1 – опорне колесо гичкозрізуючої секції; 2 – роторний гичкоріз; 3 – транспортуєчий шнек; 4 – гичкокидач пневматичний; 5 – гичкозрізуючий апарат; 6 – енергетична установка; 7 – роторний до очишувач головок

Варіантом гичкозбиральної машини слід рахувати схему з 2-стадійною обрізкою гички МБС-6, в якій гичка спочатку обрізається роторним гичкорізом, а потім ГРА фронтального типу (рис. 3.5).

#### 4 ОБГРУНТУВАННЯ УДОСКОНАЛЕННЯ ГИЧКОЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ

Сучасні виробничо-технологічні вимоги ставлять певні задачі до бурякозбиральних машин, що визначаються загальними тенденціями переведення процесів виробництва цукросировини на промислову основу, специфічними агробіологічними властивостями вирощування цукрових буряків, що обумовлено зміною сортів, широким застосуванням точного висіву, застосуванням хімічного захисту боротьби з бур'янами, а також заміною ручної праці при формуванні густоти посівів машинною.

В зв'язку з об'єктивним погіршенням рівномірності розподілу коренеплодів у ґрунті, що викликане зменшенням норм висіву, механізованим формуванням насаджень через слабку боротьбу з бур'янами (забур'яненість) доцільно пристосувати машин, особливо їх гичкорізальні і викопуючі органи до збирання буряків з підвищеним варіюванням їх агрофізичних характеристик.

У той же час індустріальні методи збирання пред'являють до машин вимоги, що ще не зовсім виконані щодо підвищення продуктивності, якості і технологічної надійності робочих процесів, машин і комплексів, а також забезпечення можливості варіювати процесами збирання залежно від ґрунтових та погодних умов, що складаються під час збирання урожаю.

Враховуючи довготривалі строки зберігання і переробки буряків, цукровою промисловістю доволі цілком закономірно висувуються вимоги до підвищення кондиційних якостей коренеплодів, головним чином до їх обрізки, зниження забрудненості гичкою, виконання яких дозволило б знизити втрати цукру в 2 рази.

У машині використана технологічна схема з фронтально-розташованим ГРА з активними ножами і доочисником головок коренів (аналог БМ-6А) та відсутній механізм керування по рядках за допомогою пасивних копіїв.

Настройка на зріз по висоті здійснюється за допомогою механізму в опорних колесах. При роботі ГРА використані шабельні ножі великого діаметру (діаметр 530 мм), які здійснюють суцільний зріз гички по ширині захвату.

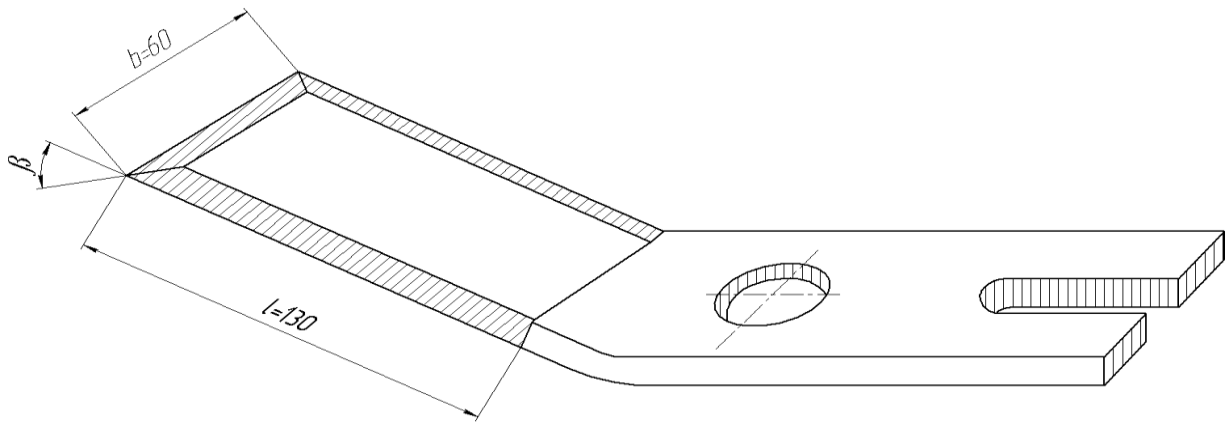


Рисунок 4.1 - Конструктивне виконання шабельного ножа

Конструктивне виконання шабельного ножа показано на рис. 4.1. Розташовані вони з перекриттям зон різання (див. рис. 4.2).

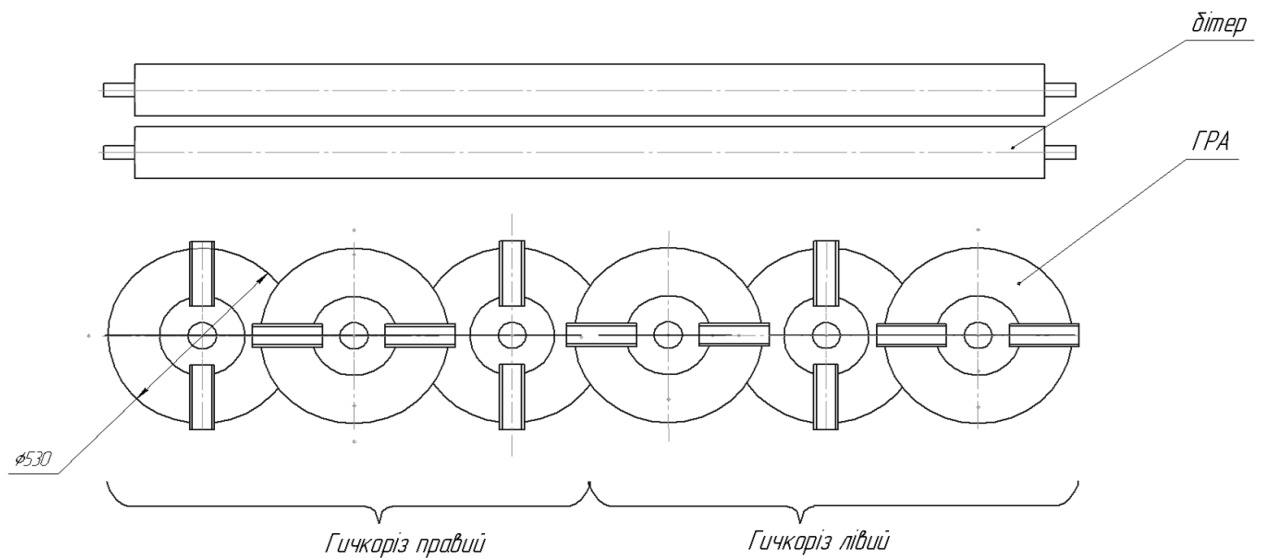


Рисунок 4.2 - Схема установки шабельних ножів на гичкоріжучому апараті удосконаленої гичкозбиральної машини

Технологічний процес роботи удосконаленої гичкозбиральної машини показаний на рис. 4.3.

Під час руху полем тракторист орієнтує поперечне положення машини у рядках. Опорні колеса (6) гичкорізальних секцій закріплені до рами гичкоріза і копіюють рельєф ґрунту у міжряддях, забезпечуючи однакову висоту гичкорізальних секцій над рівнем ґрунту.

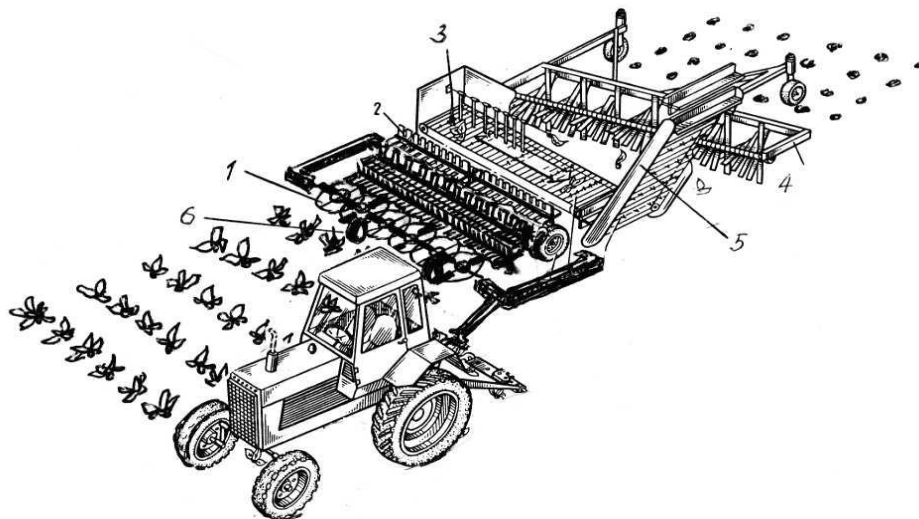


Рисунок 4.3 - Технологічна схема удосконаленої гичкозбиральної машини: 1 – ножі; 2 – приймальний бітер; 3 – горизонтальний транспортер; 4 – доочисник головок коренів; 5 – транспортер вивантажувальний; 6 – опорні колеса ГРА

Ножі (1) гичкорізальних апаратів, насуваючись на головки коренів, обрізають гичку і закидають її лопастями на трьохвалковий бітер (2). Бітер перетрушує гичку і скидає її на поперечний горизонтальний транспортер (3).

Поперечним транспортером гичка ще раз перетрушується, очищується від землі і бітером подається на вивантажувальний нахилений транспортер (5) для навантаження у транспорт, що йде поряд. Обрізані головки коренів кінцево очищуються від залишків листя гички бичами очисника гвинтового типу (4), які зсувають рослині рештки та гичку на зібрану частину поля, відриваючи корені під збирання коренезбиральним комбайном.

## 5 ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ УДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ

### 5.1 Кінематичний розрахунок машини

У сільськогосподарських машинах зв'язок елементів передач і механізмів, що рухаються, є доволі складним. Кожний зв'язок складається з однієї або декількох механічних, електричних, гідравлічних та інших кінематичних ланцюгів, через які здійснюються необхідні виконавчі рухи. Для забезпечення у машині, наприклад, руху різального інструменту відносно об'єкта обробки, необхідний зв'язок між виконавчими ланками машини і зв'язок цих ланок з джерелом руху.

Кінематична структура машини залежить від геометричної форми, розмірів оброблювальної культури і методу обробки. Чим менше необхідне число виконавчих формоутворюючих рухів, тим менше кінематичних ланцюгів у структурі машини, тим простіша його кінематика і конструкція. Суттєве значення мають інші фактори, наприклад, точність збирання, динаміка різання, умови обслуговування машини, а також економічні фактори.

Розробка кінематичної схеми сільськогосподарської машини починається зі складання ескізних варіантів структурних схем, на яких виконується попереднє взаємне пов'язання рухів робочих органів проектованої машини.

За обраним варіантом структурної схеми, а також, виходячи із загальної компоновки робочих органів машини, складається кінематична схема. На ній конкретно вказуються та чи інша кінематична ланка. При цьому можливі різні спільності і угруповання проміжних механізмів залежно від конструкції машини.

За рекомендаціями академіка Василенка П.М. [21, ст.72] при конструюванні гичкозбиральної машини, яка застосовується при збиранні

цукросировини, задавались швидкістю зрізання  $V_{зр} = 14$  м/с. Число обертів ножа  $n_n$  машини визначимо із формули

$$n_n = \frac{V_{зр} \cdot 60 \cdot 1000}{\pi \cdot D}. \quad (5.1)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$n_n = \frac{14 \cdot 60 \cdot 1000}{3,14 \cdot 420} = 636 \text{ об / хв}.$$

За кінематикою від ВВП трактора ( $n_T = 540$  об/хв) кінематичне рівняння приводу ріжучого ножа машини - аналога дорівнює

$$540 \cdot \frac{23}{22} \cdot \frac{16}{19} \cdot \frac{28}{20} = 675 \text{ об / хв} = n_{\text{ножа}}.$$

Із збільшенням швидкості різання значно зменшуються зусилля, необхідні для зрізання с-г культур. Тому при проектуванні кінематичного ланцюга приводу гичкорізального апарату удосконаленої машини, яка працює на підвищених поступальних швидкостях та на ланах із забур'яненними рядками, підвищуємо і швидкість ножа [21, ст.72].

При застосуванні ножів шабельного типу діаметром 530 мм з шаховим розташуванням задаємося швидкістю різання  $V_{зр} = 24$  м/с. Знаходимо число обертів ножа

$$n_n = \frac{24 \cdot 60 \cdot 1000}{3,14 \cdot 530} = 800 \text{ об / хв}.$$

Рівняння кінематичного балансу від ВВП трактора ( $n_T = 540$  об/хв) буде таким

$$540 \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{17}{17} \cdot \frac{17}{15} \cdot \frac{28}{20} = 875 \text{ об / хв} = n_{\text{ножа}}.$$

## 5.2 Розрахунок ланцюгової передачі привода редуктора різального апарату

Згідно кінематичної схеми на гичкорізі встановлено 2 секції по 3 різальних апарати, які приводяться у рух ланцюгового втулково-роликовою передачею. Потужність, що передається ланцюгом визначається формулою

$$N = 3 \cdot N_{p.a} = 3 \cdot 1,12 = 3,36 \text{ кВт.} \quad (5.2)$$

Кутова швидкість валу редуктора з веденою зірочкою  $n_1 = 612$  об/хв. Ланцюг роликовий, робота в 1 зміну, змащення періодичне, регулювання натягування ланцюга зміною осі однієї із зірочок. Лінія центрів зірочок утворює з горизонтом кут  $V \approx 30^\circ$ .

З рівняння кінематичного балансу привода маємо, що

$$540 \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{17}{17} \cdot \frac{Z_1}{Z_2} \cdot \frac{28}{20} = n_{ножа} = 857 \text{ об / хв,}$$

визначаємо, що  $n_{дв} = 540$  об/хв;  $n_1 = 612$  об/хв.

Передачне число ланцюгової передачі буде

$$u = \frac{n_1}{n_{дв}} = \frac{612}{540} = 1,13.$$

Попередньо орієнтуючись на роликовий ланцюг за [32, табл. П18], вибираємо кількість зубів меншої зірочки. При  $u = 1 - 2$  рекомендується  $Z_1 = 31 - 27$ , але з конструктивних міркувань за габаритами привода приймаємо  $Z_1 = 15 > Z_{\min} = 13(9)$  – (непарне число).

Визначаємо кількість зубів більшої (ведучої) зірочки

$$Z_2 = u \cdot Z_1 = 1,133 \cdot 15 = 17.$$

За [32] знаходимо орієнтоване значення кроку ланцюга.

Визначаємо значення коефіцієнта навантаження

$$K = K_d K_A K_H K_{рег} K_3 K_p, \quad (5.3)$$

де  $K_d$  – коефіцієнт, що враховує динамічність навантаження,  $K_d = 1,2$  (змінні навантаження при поштовхах);

$K_A$  – коефіцієнт міжосьової віддалі  $A$ ,  $K_A = 1,0$  (при  $A = (30 - 50) t$ );

$K_H$  – коефіцієнт, що враховує нахил передачі,  $K_H = 1,0$  ( $\nu = 30^\circ < 60^\circ$ );

$K_{\text{рег}}$  – коефіцієнт регулювання натягу,  $K_{\text{рег}} = 1,0$  (регулювання осі зірочки);

$K_z$  – коефіцієнт змащення,  $K_z = 1,5$  (періодичне змащення ланцюга);

$K_p$  – коефіцієнт тривалості роботи,  $K_p = 1,0$  (1 зміна).

Всі коефіцієнти взяті з [32, П20].

Тоді,

$$K = 1,2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 1 = 1,8.$$

Приймаючи однорядний ланцюг, визначимо його крок за формулою [32]:

$$t = 600 \cdot \sqrt[3]{\frac{K \cdot N}{Z_1 \cdot n_1 \cdot [p] \cdot m}}, \quad (4.4)$$

де  $N$  – потужність, що передається ланцюгом,  $N = 3,36$  кВт;

$Z_1$  – число зубів меншої зірочки,  $Z_1 = 15$ ;

$n_1$  – число обертів меншої зірочки,  $n_1 = 612$  об/хв;

$[p]$  – допустимий середній тиск у шарнірах ланцюга з передбачуваним кроком  $t = 19,05 - 25,40$  мм при  $n_1 = 600$  об/хв,  $[p] = 22,9$  Н/мм<sup>2</sup> [32, П19];

$m$  – число рядів ланцюга,  $m = 1,0$  (приймаємо).

Отже,

$$t = 600 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,8 \cdot 3,36}{15 \cdot 612 \cdot 22,9 \cdot 1}} = 18,385 \text{ мм.}$$

Найближчі стандартні значення кроку  $t$  з [32, табл. П16]  $t = 19,05$  та  $25,4$  мм. З огляду на уніфікацію приводу приймаємо однорядний ланцюг з  $t = 25,4$  мм.

Характеристика ланцюга [32, П16]: руйнівне навантаження  $Q = 56700$  Н; маса 1 м ланцюга  $q = 2,60$  кг/мп; діаметр рамки  $d = 7,95$  мм; ширина ланцюга  $B = 22,6$  мм; площа опорної поверхні шарніра  $F = 180$  мм<sup>2</sup>.

Перевіряємо швидкість ланцюга за формулою

$$V_{\text{л}} = \frac{Z_1 \cdot n_1 \cdot t}{60 \cdot 10^3}. \quad (5.5)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$V_{\text{л}} = \frac{15 \cdot 612 \cdot 25,4}{60 \cdot 10^3} = 3,88 \text{ м/с}.$$

Умова з дотримання допустимої швидкості [32, ст.66]. виконується, оскільки

$$V_{\text{л}} = 3,9 \text{ м/с} \ll [V_{\text{л}}] = 15 \text{ м/с}.$$

Приймаємо конструктивно міжосьову віддаль:

$$A = 12,5 \cdot t = 12,5 \cdot 25,4 = 320 \text{ мм}.$$

$$\text{Відношення } \frac{A}{t} = A_t = 12,5 < A_{\text{опт}} = 30 - 50.$$

Число ланок визначимо за формулою [32]

$$L_t = 2A_t + \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{\left(\frac{Z_2 - Z_1}{2\pi}\right)^2}{A_t}. \quad (5.6)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$L_t = 2 \cdot 12,5 + \frac{15 + 17}{2} + \frac{\left(\frac{17 - 15}{6,28}\right)^2}{12,5} = 42.$$

Розрахункові значення  $n_{дв} = 540$  об/хв;  $n_1 = 612$  об/хв. Для обраного ланцюга умова  $n < [n]_{max}$  виконується, бо  $n_1 = 612$  об/хв  $< [n]_{min} = 1150$  об/хв [12, табл.7.6].

Число ударів ланцюга

$$u_{л} = \frac{Z_1 \cdot n_1}{15 \cdot L_t} \quad (5.7)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$u_{л} = \frac{15 \cdot 612}{15 \cdot 42} = 14,57 \approx 15 \text{ 1/сек};$$

$$u_{л} = 15 \text{ 1/сек} \ll [u_{л}] = 30 \text{ 1/сек} \quad [12, \text{табл.7.7}].$$

Колове зусилля визначимо, користуючись формулою [12].

$$P = \frac{N \cdot 10^3}{V_{л}} \quad (5.8)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$P = \frac{3,36 \cdot 10^3}{3,88} = 866 \text{ Н}.$$

Середній тик у шарнірах ланцюга

$$p = \frac{P \cdot K}{F} \ll [p] = 22,9 \text{ Н/мм}^2 \quad (5.9)$$

Отже,

$$p = \frac{866 \cdot 1,8}{180} = 8,7 \text{ Н/мм}^2 \ll [p] = 22,9 \text{ Н/мм}^2.$$

Умова міцності ланцюга виконується.

Зусилля від відцентрових сил знайдемо за формулою [12].

$$P_{ц} = q \cdot V_{л}^2; \quad (5.10)$$

$$P_{ц} = 2,57 \cdot 3,88^2 = 38,7 \text{ Н}.$$

Зусилля від провисання ланцюга буде

$$P_f = K_f \cdot q \cdot g \cdot A; \quad (5.11)$$

де  $K_f$  - коефіцієнт впливу нахилу передачі, при  $\nu = 30^\circ$   $K_f = 3,0$  [12, с.142.], враховуючи дані, отримаємо

$$P_f = 3 \cdot 2,57 \cdot 9,81 \cdot 0,32 = 24,2 \text{ Н.}$$

Перевіримо ланцюг на розрив і визначимо розрахунковий коефіцієнт запасу міцності  $n_{\text{зап}}$  ланцюга [12]

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

З врахуванням отриманих значень буде

$$n_{\text{зап}} = \frac{56700}{1,2 \cdot 866 + 38,7 + 24,2} = 51,5.$$

Умова міцності на розрив виконується, так як  $n_{\text{зап}} = 51,5 \gg [n] = 30$  [12, табл.7.8.]

Зусилля від ланцюгової передачі, що діє на ведучий вал редуктора різального апарату знайдемо за формулою

$$R = P + 2P_f. \quad (5.13)$$

$$R = 866 + 2 \cdot 24,2 = 914 \text{ Н.}$$

За результатами розрахунків у приводі застосовуємо роликаний однорядний стандартний ланцюг ПР-25,4-5670.

### 5.3 Розрахунок редуктора приводу різального апарату

Гичкорізальний апарат (ГРА) призначений для зрізу гички з коренеплодів і відкидання її на приймальний бітер. Кожний ГРА складається з конічного редуктора (рис. 5.1), стояка, вертикального валу, бітера із маточиною, на якій закріплені 2 ножі шабельного типу.

Вихідні дані для проектування конічного редуктора: частота обертання швидкісного веденого вала, на якому закріплені ріжучі ножі за дослідними даними, які визначались при експлуатації БМ-6 на забур'яненних полях, повинна бути 800-900об/хв; потужність, що споживається ГРА=1,12кВт.

Визначимо загальний ККД редуктора за формулою

$$\eta = \eta_1^2 \cdot \eta_2; \quad (5.14)$$

де  $\eta_1$  – ККД пари підшипників кочення,  $\eta_1 = 0,99$ ;

$\eta_2$  – ККД зубчатої конічної пари,  $\eta_2 = 0,97$  [12, табл.11].

Тоді,

$$\eta = 0,99^2 \cdot 0,97 = 0,95.$$

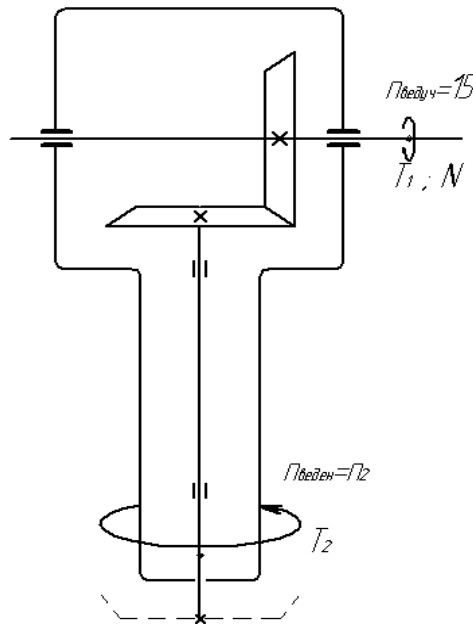


Рисунок 5.1 - Схема редуктора ГРА

З рівняння кінематичного ланцюга частота обертання валів буде:

$$\text{- ведучого } 540 \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{17}{17} \cdot \frac{17}{15} = n_{\text{ведуч}} = n_1 = 612 \text{ об / хв};$$

$$\text{- веденого } 540 \cdot \frac{20}{20} \cdot \frac{17}{17} \cdot \frac{17}{15} \cdot \frac{28}{20} = n_{\text{веден}} = n_2 = 857 \text{ об / хв}.$$

Передаточне відношення редуктора

$$u = \frac{n_2}{n_1} = \frac{857}{612} = 1,4.$$

Обертальні моменти на валах:

$$\text{- ведучого } T_1 = \frac{973,8 \cdot N_{p.a.}}{n_1} = \frac{973,8 \cdot 1,12}{612} = 17,8 \text{ Нм};$$

$$\text{- веденого } T_2 = \frac{T_1}{u \cdot \eta} = \frac{17,8}{1,4 \cdot 0,95} = 13,4 \text{ Нм}.$$

Використовуючи [32] призначаємо для виготовлення зубчастих коліс сталь 40Х, термообробка – нормалізація (НВ 210–230) – для колеса, поліпшення (НВ 240–280) – для шестерні.

Допустимі напруження на контакту і згинальну витривалість зубів визначимо за [32]:

- для сталі 40Х НВ 210-230 (колесо)

$$\sigma_{\text{HP}}^0 = 550 \text{ Н/мм}^2; N_{\text{HO}} = 10^7; \sigma_{\text{FP}}^0 = 220 \text{ Н/мм}^2; N_{\text{FO}} = 4 \cdot 10^6;$$

- для сталі 40Х НВ 240-280 (шестерня)

$$\sigma_{\text{HP}}^0 = 650 \text{ Н/мм}^2; N_{\text{HO}} = 4 \cdot 10^7; \sigma_{\text{FP}}^0 = 230 \text{ Н/мм}^2; N_{\text{FO}} = 4 \cdot 10^6.$$

Призначаємо ресурс передачі  $t_{\text{год}} = 2000$  год; знаходимо кількість циклів зміни напружень:

$$N_{\text{HE}} = N_{\text{FE}} = 60 \cdot 875 \cdot 2000 = 10,3 \cdot 10^7.$$

Оскільки  $N_{\text{HE}} > N_{\text{HO}}$  і  $N_{\text{FE}} > N_{\text{FO}}$ , то значення коефіцієнтів довговічності [32]

$$K_{\text{HL}} = 1,0; \quad K_{\text{FL}} = 1,0.$$

Таким чином, допустимі напруження

- для колеса:

$$\sigma'_{\text{HP}} = \sigma_{\text{HP}}^0 \cdot K_{\text{HL}} = 550 \cdot 1 = 550 \text{ Н/мм}^2,$$

$$\sigma'_{\text{FP}} = \sigma_{\text{FP}}^0 \cdot K_{\text{FL}} = 200 \cdot 1 = 200 \text{ Н/мм}^2,$$

для шестерні:

$$\sigma'_{HP} = \sigma^0_{HP} \cdot K_{HL} = 650 \cdot 1 = 650 \text{ Н/мм}^2,$$

$$\sigma'_{FP} = \sigma^0_{FP} \cdot K_{FL} = 230 \cdot 1 = 230 \text{ Н/мм}^2.$$

Визначимо значення коефіцієнта, що входить до формули [32]:

$$K_{вс} = \frac{\sigma}{R_e} = 0,285 \text{ (приймаємо);}$$

$$\frac{K_{вс} \cdot u}{2 - K_{вс}} = \frac{0,285 \cdot 1,4}{2 - 0,285} = 0,233 \text{ за [32, табл. П29];}$$

$K_{H\beta} = 1,14$  - для передбачуваних кулькових опор;

$V_H = 0,85$  (для прямозубої передачі) [32, ст.117].

Отже, для  $\sigma_H = \sigma_H^{max} = \sigma_{HP}^1 = 650 \text{ Н/мм}^2$ ; з умови опору проти контактної втоми зубів

$$d_{e2} \geq 17 \cdot 10^3 \cdot \sqrt[3]{\frac{K_{H\beta} \cdot u \cdot T_2}{V_H \cdot \sigma_{HP}^2}} \text{ мм.} \quad (4.15)$$

Значення ділильного діаметра сталюї шестерні буде

$$d_{e2} \geq 17 \cdot 10^3 \cdot \sqrt[3]{\frac{1,14 \cdot 1,4 \cdot 13,4}{0,85 \cdot (650 \cdot 10^3)^2}} = 66,4 \text{ мм.}$$

За відповідним стандартом приймаємо  $d_{e2} = 80 \text{ мм}$ .

Зовнішній ділильний діаметр колеса буде

$$d_{e1} = d_{e2} \cdot u = 80 \cdot 1,4 = 112 \text{ мм.}$$

За графіком [32] при  $u = 1,4$  і  $d_{e1} = 80 \text{ мм}$ ,  $Z_2^1 = 15$  і при твердості коліс <HV 350 знайдемо, що  $c = 1,3$ ; тоді число зубів шестерні буде

$$Z_2 = c \cdot Z_2^1 = 1,3 \cdot 15 = 19,5.$$

Приймаємо  $Z_2 = 20$ .

Кількість зубів колеса буде

$$Z_1 = u \cdot Z_2 = 1,4 \cdot 20 = 28.$$

Обчислюємо зовнішній і середній колові модулі [32]:

$$m_e = \frac{d_{e2}}{Z_2} = \frac{80}{20} = 4,0 \text{ мм.}$$

Приймаючи  $K_{вс} = 0,285$ , отримуємо

$$m_m = m_e(1 - 0,5 \cdot K_{вс}) = 4(1 - 0,5 \cdot 0,285) = 3,43 \text{ мм.}$$

Визначаємо кути ділительних конусів при  $u = 1,4$ :

$$\text{tg } \delta_1 = u = 1,4; \quad \delta_1 = \text{arctg } u = \text{arctg } 1,4 = 54,46^\circ = 54^\circ 28';$$

$$\delta_2 = \Sigma - \delta_1 = 90^\circ - 54,46^\circ = 35,54^\circ = 35^\circ 32'.$$

Зовнішня конусна віддаль і ширина вінця зуба відповідно

$$R_e = \frac{d_{e2}}{2 \sin \delta_2} = \frac{80}{2 \sin 35^\circ 32'} = 68,84 \text{ мм;}$$

$$e = R_e \cdot K_{вс} = 68,84 \cdot 0,285 = 19,62 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $e = 20 \text{ мм.}$

Уточнюємо значення коефіцієнта  $K_{вс}$  і середнього нормального модуля:

$$K_{вс} = \frac{e}{R_e} = \frac{20}{68,84} = 0,2905 < [0,3]_{\text{max}};$$

$$m_m = m_e(1 - 0,5 \cdot K_{вс}) = 4(1 - 0,5 \cdot 0,2905) = 3,419 \text{ мм.}$$

Обчислюємо швидкість точки на колі середнього ділительного діаметра і призначаємо ступінь точності передачі:

$$V_m = 3,07 \text{ м/с} < [V_m]_{\text{max}} = 4 \text{ м/с.}$$

За [32, табл.2, ст.95] при  $V_m < 4,0 \text{ м/с}$  приймаємо 8 ступінь точності зубчастої передачі.

$$\text{За [32, табл.П29] при } \frac{u \cdot K_{ee}}{2 - K_{ee}} = \frac{1,4 \cdot 0,2905}{2 - 0,2905} = 0,2379 \text{ і твердості } < \text{НВ } 350$$

отримуємо для кулькових опор  $K_{H\beta} = 1,08$ ;  $K_{F\beta} = 1,13$ .

За [32, табл.П26] при 8 ступені точності і  $<HB 350$  при  $V_m=3,1\text{м/с}$  знайдемо для прямозубих коліс:

$$K_{HV} = 1,08; \quad K_{FV} = 2K_{HV} - 1 = 2 \cdot 1,08 - 1 = 1,16.$$

Обчислюємо еквівалентну кількість зубів

$$\text{- колеса } Z'_{vt} = \frac{Z_1}{\cos \delta_1} = \frac{28}{\cos 54^\circ 28'} = 48,17;$$

$$\text{- шестерні } Z''_{vt} = \frac{Z_2}{\cos \delta_2} = \frac{2}{\cos 35^\circ 32'} = 24,58.$$

За [32, табл.П27] знаходимо коефіцієнт форми зуба колеса  $Y'_F = 3,65$  і шестерні  $Y''_F = 3,90$ .

Оскільки

$$\frac{\sigma'_{FP}}{Y'_F} = \frac{200}{3,65} = 54,8 \text{ Н/мм}^2 < \frac{\sigma''_{FP}}{Y''_F} = \frac{230}{3,9} = 58,97 \text{ Н/мм}^2,$$

то перевірку на витривалість зуба на згин зробимо по зубу колеса.

Обчислимо робоче контактне напруження, користуючись формулою [32]

$$\sigma_H = 212 \cdot 10^4 \cdot \sqrt{\frac{K_H \cdot u \cdot T_1}{V_H \cdot d_{e1}^3}}. \quad (5.16)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$\sigma_H = 212 \cdot 10^4 \cdot \sqrt{\frac{1,16 \cdot 1,4 \cdot 17,8}{0,85 \cdot (112 \cdot 10^{-3})^3}} = 329,8 \text{ Н/мм}^2;$$

умова міцності виконується, оскільки  $\sigma_H = 329,8 \text{ Н/мм}^2 < \sigma'_{HP} = 550 \text{ Н/мм}^2$ .

Визначаємо найбільші напруження згину у небезпечному перерізі зуба колеса за формулою [32]

$$\sigma_F = \frac{2,72 \cdot K_F \cdot Y_F' \cdot T_1}{V_F \cdot v \cdot d_{e1} \cdot m_e} \quad (5.17)$$

$$\sigma_F = \frac{2,72 \cdot 1,31 \cdot 3,65 \cdot 17,8}{0,85 \cdot 20 \cdot 112 \cdot 4 \cdot 10^{-9}} = 30,4 \text{ Н/мм}^2.$$

Умова міцності виконується, бо  $\sigma_F = 30,3 \text{ Н/мм}^2 \ll \sigma_{FP} = 200 \text{ Н/мм}^2$ .

Визначаємо решту параметрів передачі і сили, що діють у зачепленні.

Середня конусна віддаль

$$R_m = R_e - 0,5v = 68,84 - 0,5 \cdot 20 = 58,84 \text{ мм.}$$

Обчислюємо зовнішні і середні ділильні діаметри вершин і западин зубів шестерні і колеса:

$$d_{e1} = m_e \cdot z_1 = 4 \cdot 28 = 112 \text{ мм}; \quad d_{m1} = m_m \cdot z_1 = 3,1419 \cdot 28 = 95,732 \text{ мм};$$

$$d_{ae1} = d_{e1} + 2 m_e \cdot \cos \delta_1 = 112 + 2 \cdot 4 \cos 54^\circ 28' = 116,65 \text{ мм};$$

$$d_{fe1} = d_{e1} - 2,4 m_e \cdot \cos \delta_1 = 112 - 2,4 \cdot 4 \cos 54^\circ 28' = 106,42 \text{ мм};$$

$$d_{e2} = m_e \cdot z_2 = 4 \cdot 20 = 80 \text{ мм}; \quad d_{m2} = m_m \cdot z_2 = 3,1419 \cdot 20 = 68,38 \text{ мм};$$

$$d_{ae2} = d_{e2} + 2 m_e \cdot \cos \delta_2 = 80 + 2 \cdot 4 \cos 35^\circ 32' = 86,51 \text{ мм};$$

$$d_{fe2} = d_{e2} - 2,4 m_e \cdot \cos \delta_2 = 80 - 2,4 \cdot 4 \cos 35^\circ 32' = 72,188 \text{ мм.}$$

Колова сила на колі середнього ділильного діаметра

$$F_t = \frac{2T_1}{d \cdot m_1} = \frac{2 \cdot 17,8}{95,732 \cdot 10^{-3}} = 372 \text{ Н.}$$

Осьову силу на шестерні, що дорівнює радіальній силі на колесі знайдемо за формулою

$$F_{a2} = F_{r1} = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha \cdot \sin \delta_1 = 372 \cdot 0,364 \cdot \sin 54^\circ 28' = 110 \text{ Н.}$$

Радіальна сила на шестерні, що дорівнює осьовій силі на колесі, визначимо її за формулою

$$F_{r2} = F_{a1} = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha \cos \delta_1 = 372 \cdot 0,364 \cdot \cos 54^\circ 28' = 79 \text{ Н.}$$

Конструктивні розміри зубчастої пари приймають залежно від діаметра вихідного кінця вала. Цей розмір визначають орієнтовним розрахунком на міцність при крученні за заниженим допустимим напруженням  $[\tau_k] = 15\text{-}30 \text{ Н/мм}^2$ .

Приймаємо для валів  $[\tau_k] = 20 \text{ Н/мм}^2$ .

Тихохідний вал. З рівняння міцності [32] визначаємо діаметр вихідного кінця вала

$$\tau_k = \frac{T_1}{W_p} = \frac{16 \cdot T_1}{\pi \cdot d_{\delta 1}^3}. \quad (5.18)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$d_{\delta 1} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_1}{\pi \cdot [\tau_k]}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 13,4 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 20}} = 15,1 \text{ мм.}$$

Приймаємо  $d_{\delta 2} = 25 \text{ мм}$ .

Міцність валів перевіряємо за гіпотезою найбільших дотичних напружень. Для матеріалів валів – сталь 60С2 (приймаємо), границя витривалості при симетричному циклі навантажень

$$\sigma_{-1} \approx 0,43 \sigma_B = 0,43 \cdot 1050 = 452 \text{ Н/мм}^2$$

Приймаючи  $[n]_{\text{зп}} = 2,2$ ;  $K_\sigma = 2,2$ ;  $K_{\text{р.зг}} = 1$ , обчислюємо допустимі напруження згину при симетричному циклі

$$[\sigma_{\text{зг}}]_{-1} = \frac{\sigma_{-1} \cdot K_{\text{р.зг.}}}{[n] \cdot K_\sigma} = \frac{452 \cdot 1}{2,2 \cdot 2,2} = 93 \text{ Н/мм}^2.$$

*Ведучий вал.* Вал навантажений силами  $F_t = 372 \text{ Н}$ ;  $F_{r1} = 110 \text{ Н}$ ;  $F_{a1} = 79 \text{ Н}$ ;  $R = 914 \text{ Н}$  (навантаження ланцюгової передачі)  $T_1 = 17,8 \text{ Нм}$ ;  $d_{m1} = 95,732 \text{ м}$ .

Виконаємо розрахунок ведучого (тихохідного) валу. Креслимо схему навантажень вала (рис. 5.2) і будуємо епюри згинальних і крутних моментів.

Визначаємо реакції опор у вертикальній площині zOy

$$\sum M_A = F_{r1} \cdot 90 + F_{a1} \cdot \frac{d_{m1}}{2} + Y_B \cdot 115 - R \cdot 190 = 0;$$

$$Y_B = \frac{R \cdot 190 - F_{r1} \cdot 90 - F_{a1} \cdot d_{m1} / 2}{115} = \frac{914 \cdot 190 - 110 \cdot 90 - 79 \cdot 47,9}{115} = 1391 \text{ Н};$$

$$\sum M_B = R \cdot 75 - F_{a1} \cdot \frac{d_{m1}}{2} + F_{r1} \cdot 25 - Y_A \cdot 115 = 0;$$

$$Y_A = \frac{914 \cdot 75 - 79 \cdot 47,9 + 110 \cdot 25}{115} = 587 \text{ Н}.$$

Перевірка  $\sum Y = 0$ ;  $-Y_A + Y_B + F_{r1} - R = -587 + 1391 + 110 - 914 = 0$ .

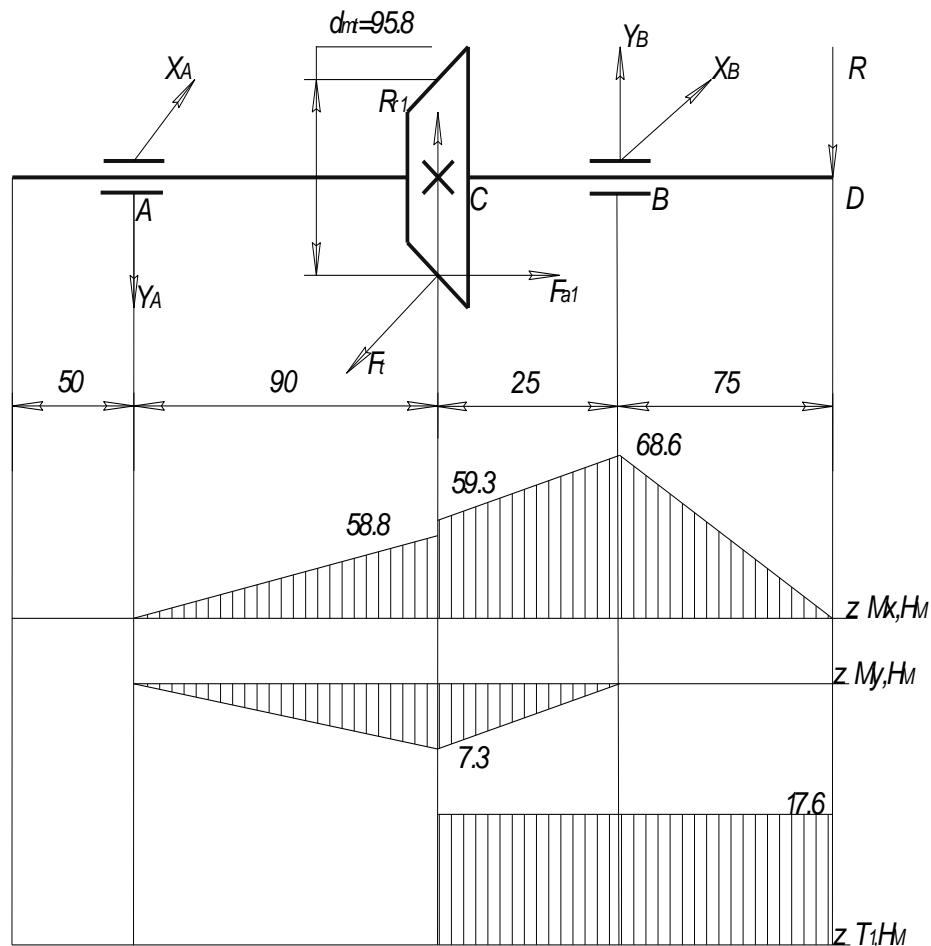


Рисунок 5.2 - Розрахункова схема ведучого вала

Визначасмо реакції опор у горизонтальній площині  $xOz$

$$\sum M_A = F_t \cdot 90 - X_B \cdot 115 = 0; \quad X_B = \frac{F_t \cdot 90}{115} = \frac{372 \cdot 90}{115} = 291 \text{ Н};$$

$$\sum M_B = F_t \cdot 25 - X_A \cdot 115 = 0; \quad X_A = \frac{F_t \cdot 25}{115} = \frac{372 \cdot 25}{115} = 81 \text{ Н}.$$

Перевірка  $\sum X = 0; X_A + X_B - F_t = 291 + 81 - 372 = 0$ .

Визначаємо згинальні моменти у характерних перерізах - у т. А, В, С, Д:  
- у площині zOy:

$$M_A = 0; \quad M_B = R \cdot 0,075 = 914 \cdot 0,075 = 68,6 \text{ Нм};$$

$$M_C^{лів} = Y_A \cdot 0,090 = 587 \cdot 0,090 = 52,8 \text{ Нм};$$

$$M_C^{прав} = R \cdot 0,1 - Y_B \cdot 0,025 = 914 \cdot 0,1 - 1391 \cdot 0,025 = 59,3 \text{ Нм};$$

- у площині xOy:

$$M_A = 0; \quad M_B = 0; \quad M_C = X_A \cdot 0,09 = 81 \cdot 0,09 = 7,3 \text{ Н}.$$

Обчислюємо сумарний згинальний момент і визначаємо нормальні напруження згину у небезпечному січені С (місце посадки колеса, переріз ослаблений наявністю шпонкової канавки) при  $d = 25 \text{ мм}$ .

$$M_{\text{сум}} = M_{\text{зг}} = \sqrt{M_y^2 + M_x^2} = \sqrt{59,3^2 + 7,3^2} = 59,8 \text{ Нм}.$$

$$\sigma_{\text{зг}} = \frac{M_{\text{зг}}}{W_x} = \frac{32 \cdot M_{\text{зг}}}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot 59,8 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 25^3} = 39 \text{ Н/мм}^2.$$

Визначаємо напруження кручення у перерізі С

$$\tau_{\text{к}} = \frac{T_1}{W_k} = \frac{16 \cdot T_1}{\pi \cdot d^3} = \frac{16 \cdot 17,8 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 25^3} = 5,8 \text{ Н/мм}^2.$$

За гіпотезою найбільших дотичних напружень знаходимо еквівалентне напруження [19] і порівнюємо з допустимим.

$$\sigma_{\text{екв}} = \sqrt{\sigma_{\text{зг}}^2 + 4\tau_{\text{к}}^2} = \sqrt{39^2 + 4 \cdot 5,8^2} = 40,7 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_{eIII} = 40,7 \text{ Н/мм}^2 \ll [\sigma_{зг}]_{-I} = 93 \text{ Н/мм}^2.$$

Оскільки розрахункові напруження виявились істотно нижчими від допустимих, то коефіцієнт міцності валу буде високим і, отже, перевірка на жорсткість валу непотрібна.

**Ведений вал.** Вал навантажений силами  $F_t=372 \text{ Н}$ ;  $F_{a2}=110 \text{ Н}$ ;  $F_{r2}=79 \text{ Н}$ ;  $R=453 \text{ Н}$  (навантаження від ріжучих ножів);  $T_2=13,4 \text{ Нм}$ ;  $d_{m2} = 68,38 \text{ мм}$ .

Креслимо схему навантажень веденого (швидкохідного) валу і будемо епюри згинних і крутних моментів (рис. 5.3).

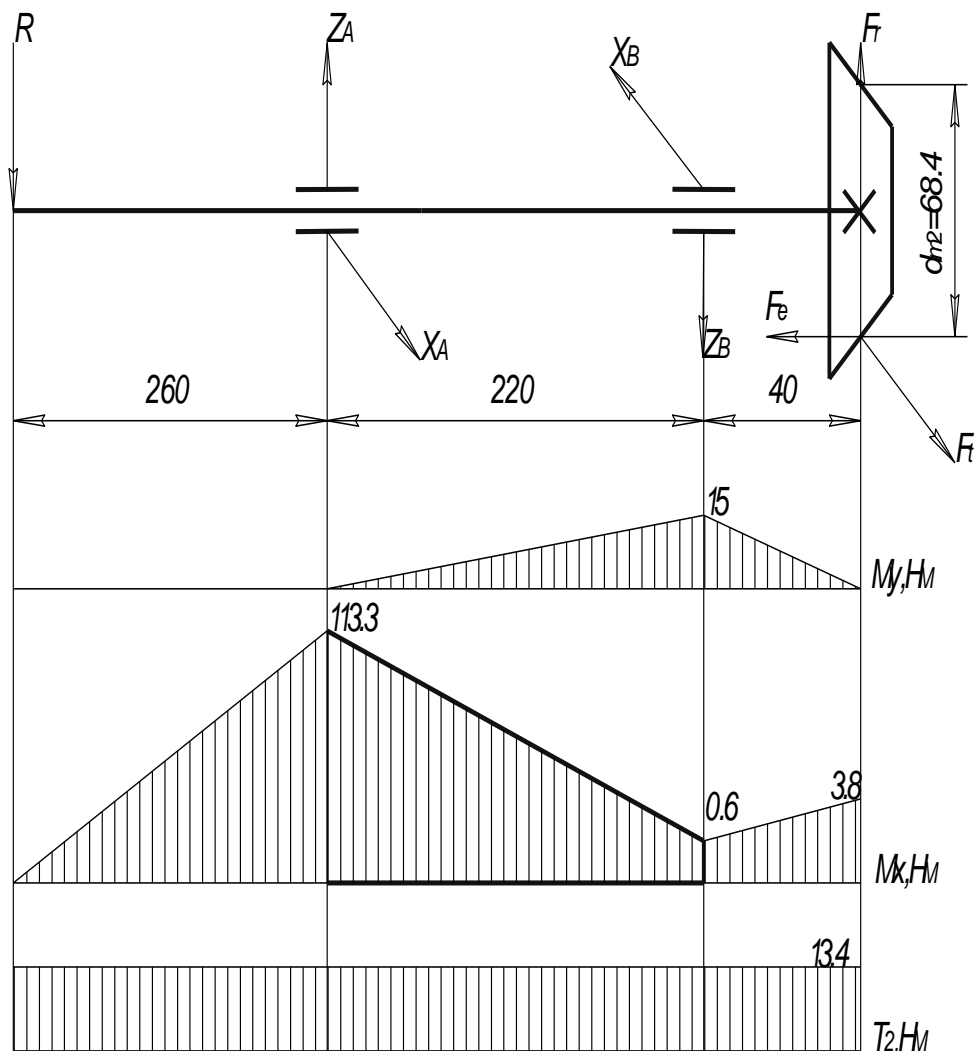


Рисунок 5.3 - Розрахункова схема веденого валу ГРА

Реакції опор у вертикальній площині  $zOy$ :

$$\sum M_A = F_{r2} \cdot 260 - F_{a2} \cdot \frac{d_{m2}}{2} + R \cdot 250 - Z_B \cdot 220 = 0;$$

$$Z_B = \frac{79 \cdot 260 - 110 \cdot 34,2 + 453 \cdot 250}{220} = 591 \text{ Н};$$

$$\sum M_B = R \cdot 470 - Z_A \cdot 220 - F_{a2} \cdot \frac{d_{m2}}{2} + F_{r2} \cdot 40 = 0;$$

$$Z_A = \frac{453 \cdot 470 - 110 \cdot 34,2 + 79 \cdot 40}{220} = 965 \text{ Н}.$$

Перевірка  $\sum Z = 0$ ;  $-Z_A + Z_B - F_{r2} + R = -965 + 591 - 79 + 453 = 0$ .

Визначаємо реакцію опор у горизонтальній площині xOz:

$$\sum M_A = F_t \cdot 260 - X_B \cdot 220 = 0; \quad X_B = \frac{372 \cdot 260}{220} = 440 \text{ Н};$$

$$\sum M_B = F_t \cdot 40 - X_A \cdot 220 = 0; \quad X_A = \frac{372 \cdot 40}{220} = 68 \text{ Н}.$$

Перевірка  $\sum Z = 0$ ;  $-X_A + X_B - F_{t2} = -68 + 440 - 372 = 0$ .

Згинальні моменти у характерних перерізах у т. А, В, С, Д:

- у площині zOy

$$M_C = -F_{a2} \cdot \frac{d_{m2}}{2} = -110 \cdot 34,2 = -3,8 \text{ Нм};$$

$$M_B = -F_{a2} \cdot \frac{d_{m2}}{2} + F_{r2} \cdot 40 = -110 \cdot 34,2 + 79 \cdot 40 = -0,6 \text{ Нм};$$

$$M_D = 0; \quad M_A = -R \cdot 0,25 = -453 \cdot 0,25 = -113,3 \text{ Нм};$$

- у площині xOz

$$M_C = 0; \quad M_{B\Pi} = -F_t \cdot 0,040 = -372 \cdot 0,040 = -15 \text{ Нм};$$

$$M_{BЛ} = -X_A \cdot 0,22 = -68 \cdot 0,22 = -15 \text{ Нм}; \quad M_A = M_D = 0.$$

Сумарний згинальний момент і нормальні напруження згину у небезпечному перерізі А з  $d = 25$  мм (місце посадки підшипника)  $M_{\text{сум}}=M_{\text{зг}}=113,3$  Нм, нормальні напруження визначимо за формулою

$$\sigma_{\text{зг}} = \frac{M_{\text{зг}}}{W_x} = \frac{32 \cdot M_{\text{зг}}}{\pi \cdot d^3} = \frac{32 \cdot 113,3 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 25^3} = 73,9 \text{ Н/мм}^2.$$

Напруження кручення у перерізі А:

$$\tau_{\text{к}} = \frac{T_2}{W_k} = \frac{16 \cdot T_2}{\pi \cdot d^3} = \frac{16 \cdot 13,4 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 25^3} = 4,4 \text{ Н/мм}^2.$$

Еквівалентне напруження за третьою теорією міцності

$$\sigma_{\text{eIII}} = \sqrt{\sigma_{\text{зг}}^2 + 4\tau_{\text{к}}^2} = \sqrt{73,9^2 + 4 \cdot 4,4^2} = 74,4 \text{ Н/мм}^2;$$

$$\sigma_{\text{eIII1}} = 74,4 \text{ Н/мм}^2 < [\sigma_{\text{зг}}]_{-1} = 93 \text{ Н/мм}^2.$$

Розрахункове напруження майже наближене до допустимого.

Результати проведених розрахунків враховуємо при проектуванні деталей і вузлів ГРА.

## 6 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЗБИРАННЯ ГИЧКИ

При організації механізованого збирання цукрових буряків підготовка поля має особливо важливе значення для досягнення високої продуктивності і необхідної якості.

При розрахунках приймаємо конкретні вихідні дані, які характерні для нашого господарства:

- площа поля – 90 га;
- довжина гонів - 950 м;
- урожайність коренеплодів – 400 ц/га;
- урожайність гички – 150 ц/га;
- кут схилу поля – 2°;
- ширина міжрядь – 450 мм;
- буряки посіяні сівалкою ССТ-12Б з шириною захвату  $B_c = 5,4$  м.

Перед початком збиральних робіт перш за все необхідно зібрати буряки з поворотних смуг для забезпечення агрегату вільного виїзду з поля. Якщо в кінці поля є вільне місце для поворотів (дорога, сусіднє зібране поле і т. ін.), то буряки слід збирати на смузі шириною 2 – 3 м. Така смуга необхідна для заглиблення викопуючих робочих органів без пошкодження коренеплодів.

Для забезпечення нормальної роботи збиральних агрегатів слід визначити ширину поворотної смуги, яка розраховується за формулою:

$$E = 2R + e + d_k \quad (6.1)$$

де  $R$  – радіус повороту гичкозбиральної машини;

$e$  – довжина виїзду агрегату з рядків – відстань, на яку треба вивести агрегат від контрольної лінії на поворотній смузі до початку повороту, щоб запобігти пошкодженням коренеплодів і втратам гички;

$$e = 0,5l_k \quad (6.2)$$

$d_k$  – кінематична ширина агрегату [17].

При визначенні ширини поворотної смуги необхідно також враховувати, що на збиранні буряків задіяний цілий комплекс машин і розрахунки треба вести по тому агрегату, який має більші значення кінематичних характеристик. В даному випадку це агрегат в складі трактора МТЗ-82 і причіпної удосконаленої гичкозбиральної машини БМ-6А, для яких ширина поворотної смуги дорівнює 20,1 м. Потім ця ширина узгоджується на етапі сівби з шириною поворотної смуги посівного агрегату. І в кінці розрахунків вона має бути кратною кількості проходів посівного агрегату при засіванні поворотної смуги:

$$E = V_c \cdot n \quad (6.3)$$

де  $n$  – число проходів посівного агрегату.

$$E_{\text{п}} = 4 \cdot 5,4 = 21,6 \text{ м}$$

Збирають поворотні смуги поточним способом, використовуючи як бурякозбиральні комбайни, так і машини для роздільного збирання.

Спочатку на краях смуг вручну або бурякопідійомниками збирають буряки з поворотних смуг (рис. 6.1) [8]. Довжина кожної ділянки 20 м, а його ширина дорівнює ширині поворотної смуги. Потім машинами збирають буряки з поворотних смуг.

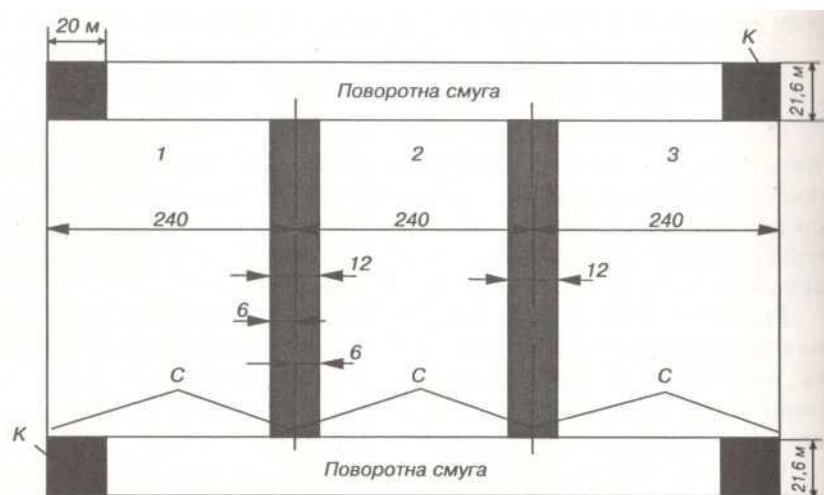


Рисунок 6.1 - Схема розбивки поля на заїмки: 1, 2 і 3 - номери заїнок по 240 рядків при збиранні цукрових буряків машинами БМ-6, БМ-6А, КС-6 та РКС-6; 6 - число рядків з кожного боку заїмки, на якій збирають цукрові буряки; К - кінцеві ділянки поворотних смуг, на яких для розворотів агрегату буряки збирають вручну; С — стикові міжряддя

Незалежно від застосування способів збирання бурякове поле розбивають на загінки. Приступають до цього після збирання і вивезення буряків з поворотних смуг. Правильно вибрані розміри загінок скорочують холості переїзди збирального агрегату і тим самим підвищують його продуктивність.

Загінки слід розбивати так, щоб їх межі проходили по стикових міжряддях, а кількість рядків була кратна кількості рядків, які одночасно збирає машина – (6 рядків). Розбивати поле на загінки слід з того краю, з якого починався посів або від стикових міжрядь.

Велике значення також має порядок руху збирального агрегату по загінках (рис. 6.2). В залежності від рельєфу поля, довжини гонів і інших умов збирання використовують три способи руху агрегату: всклад, врозгін і комбінований. Найбільш ефективним є способи комбінований і врозгін.

При груповій роботі в основному застосовують комбінований спосіб руху. В цьому випадку ланка з трьох гичкозбиральних машин БМ-6А і двох коренезбиральних машин одночасно збирає дві загінки, рухаючись всклад і врозгін.

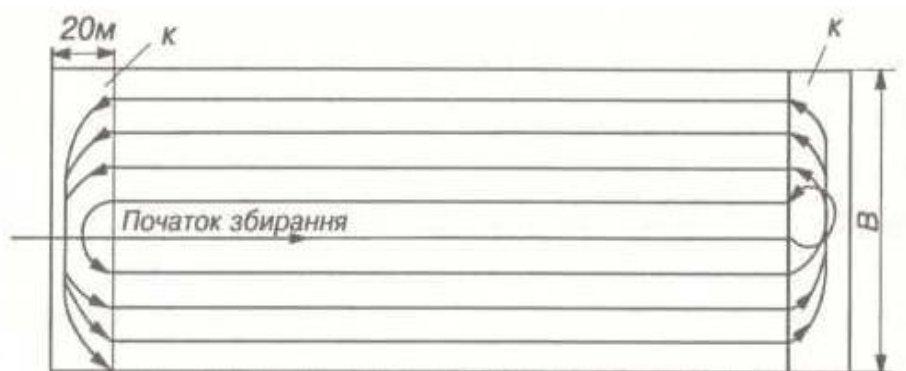


Рисунок 6.2 - Схема руху збиральних агрегатів на поворотних смугах (В - ширина поворотної смуги, К - кінцеві ділянки поворотної смуги)

Робочу довжину поля з врахуванням ширини поворотних смуг визначають по рівнянню:

$$L_p = L - 2E \quad (6.4)$$

$$L_p = 950 - 2 \cdot 21,6 = 906,8 \text{ м}$$

Довжина холостого ходу агрегату на поворотній смузі дорівнює:

$$L_{x.x} = 6R + 2(0,5l) \quad (6.5)$$

$$L_{x.x} = 6 \cdot 9,5 + 2 \cdot 0,5 \cdot 2,9 = 59,9 \text{ м}$$

Коефіцієнт робочих ходів агрегату визначається по рівнянню:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_{x.x}} \quad (6.6)$$

$$\varphi = \frac{906,8}{906,8 + 59,9} = 0,94$$

При подальших розрахунках приймаємо, що швидкість руху агрегату на поворотній смузі дорівнює робочій швидкості руху. І коефіцієнт тривалості поворотів дорівнює:

$$\tau = \frac{1 - \varphi}{\varphi} \quad (6.7)$$

$$\tau = \frac{1 - 0,94}{0,94} = 0,06$$

При проведенні розрахунків приймаємо тривалість зміни в сільському господарстві  $T_{зм} = 7$  год. І тоді фактичний робочий час визначається з врахуванням складових за формулою:

$$T_{роб} = \frac{T_{зм} - (T_{тех} + T_{то} + T_{\phi} + T_{ор})}{1 + \tau} \quad (6.8)$$

де  $T_{тех}$  – час, затрачений на технологічне обслуговування агрегату, год.;

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

$T_{ор}$  – час на вирішення організаційних питань, год.;

$T_{\phi}$  – час на фізіологічні потреби обслуговуючого персоналу, год.

$$T_{роб} = \frac{7 - (0,2 + 0,3 + 0,1 + 0,1)}{1 + 0,06} = 5,94 \text{ год.}$$

Коефіцієнт використання часу зміни буде дорівнювати:

$$\tau_{зм} = \frac{T_{роб}}{T_{зм}} \quad (6.9)$$

$$\tau_{3M} = \frac{5,94}{7,0} = 0,85$$

Продуктивність за зміну модернізованої гичкозбиральної машини розраховується за формулою:

$$W_{3M} = 0,1B_p \cdot T_{3M} \cdot V_p \cdot \tau_{3M} \quad (6.10)$$

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

$V_p$  – робоча швидкість агрегату, км/год.

$$W_{3M} = 0,1 \cdot 2,7 \cdot 7 \cdot 5,4 \cdot 0,85 = 8,7 \text{ га/зм.}$$

Продуктивність агрегату за годину визначається рівнянням:

$$W_{\text{год}} = 0,1B_p \cdot V_p \cdot \tau_{3M} \quad (6.11)$$

$$W_{\text{год}} = 0,1 \cdot 2,7 \cdot 5,4 \cdot 0,85 = 1,24 \text{ га/год.}$$

Питомі витрати палива при збиранні буряків визначаються за рівнянням:

$$g = \frac{G_p \cdot T_p + G_{xx} \cdot T_{xx} + G_3 \cdot T_3}{W_{3M}} \quad (6.12)$$

де  $G_p$ ,  $G_{xx}$ ,  $G_3$  – витрати палива відповідно на робочому, холостому ході і зупинках;

$T_p$ ,  $T_{xx}$ ,  $T_3$  – час роботи, холостого ходу і зупинок на протязі зміни.

При збиранні гички цукрових коренеплодів згідно норм на витрати палива [18] і режиму роботи агрегату приймаємо:  $G_p = 12$  кг;  $G_{xx} = 5,1$  кг;  $G_3 = 2$  кг;  $T_p = 5,94$  год;  $T_{xx} = 0,6$  год;  $T_3 = 0,46$  год. Тоді питомі витрати палива будуть дорівнювати:

$$g = \frac{12 \cdot 5,94 + 5,1 \cdot 0,6 + 2 \cdot 0,46}{8,7} = 8,65 \text{ кг/га}$$

Збиральні роботи характеризуються циклічністю виконання операцій і час циклу визначається за рівнянням:

$$t_{\text{ц}} = \frac{2L_p \cdot 60}{1000 \cdot V_p} + \frac{2L_{xx} \cdot 60}{1000 \cdot V_{xx}} + t_{\text{то}} \quad (6.13)$$

$$t_{\text{ц}} = \frac{2 \cdot 906,8 \cdot 60}{1000 \cdot 5,4} + \frac{2 \cdot 59,9 \cdot 60}{1000 \cdot 5,4} + 6 = 27,5 \text{ хв.}$$

Кількість циклів за зміну визначається рівнянням:

$$n_{\text{ц}} = \frac{T_{3M} - t_1}{t_{\text{ц}}} \quad (6.14)$$

де  $t_1 = 35$  хв – час на змінне технічне обслуговування.

$$n_{\text{ц}} = \frac{420 - 35}{27,5} = 14.$$

Продуктивність агрегату за цикл на збиранні гички цукрових коренеплодів модернізованою збиральною машиною буде становити:

$$W_{\text{ц}} = \frac{B_p \cdot 2L_p}{10000} \quad (6.15)$$

$$W_{\text{ц}} = \frac{2,7 \cdot 2 \cdot 906,8}{10000} = 0,49 \text{ га/цикл.}$$

Витрати палива за цикл визначаються по формулі:

$$g_{\text{ц}} = g \cdot W_{\text{ц}} \quad (6.16)$$

$$g_{\text{ц}} = 8,65 \cdot 0,49 = 4,24 \text{ кг/цикл.}$$

При урожайності гички в господарстві 15,0 т/га за одну годину змінного часу збирається:

$$Q_{\Gamma} = Q_{\text{к}} \cdot W_{\text{год}} \quad (6.17)$$

$$Q_{\Gamma} = 15,0 \cdot 1,24 = 18,6 \text{ т/год.}$$

Для транспортування гички на ферму, де вона згодуюється і закладається разом з соломною на силос, яка знаходиться на відстані 5 км від поля, при поточній технології збирання приймаємо трактор ЮМЗ-6 з причепом 2ПТС-4 вантажопідйомністю 4 т.

Час завантаження причепа буде становити:

$$t_3 = \frac{Q_A}{Q_{\Gamma}} \quad (6.18)$$

де  $Q_A$  – вантажопідйомність причепа.

$$t_3 = \frac{4}{18,6} = 0,22 \text{ год.}$$

Час транспортування гички до місця призначення і час зворотного руху не завантаженого причепа буде дорівнювати:

$$t_{\text{тр}} = \frac{l_{\text{ТР}}}{V_{\text{ТР}}} + \frac{l_{\text{ТР}}}{V_{\text{х}}} \quad (6.19)$$

де  $V_{\text{ТР}}$ ,  $V_{\text{х}}$  – швидкість руху завантаженого причепа і на холостому зворотному шляху, км/год .

$$t_{\text{тр}} = \frac{5}{15} + \frac{5}{20} = 0,58 \text{ год.}$$

Час на розвантаження причепа за нормативними даними становить  $t_{\text{роз}} = 0,08$  год. Всього затрати часу на цикл транспортування гички будуть дорівнювати:

$$t_{\text{тр1}} = t_3 + t_{\text{тр}} + t_{\text{роз}} \quad (6.20)$$

$$t_{\text{тр1}} = 0,22 + 0,58 + 0,08 = 0,88 \text{ год.}$$

Необхідна кількість транспорту для безперебійної роботи збирального агрегату і транспортування гички на місця використання буде становити:

$$n_{\text{тр}} = \frac{t_{\text{тр1}}}{t_3} \quad (6.21)$$

$$n_{\text{тр}} = \frac{0,88}{0,22} = 4$$

Таким чином, для безперебійної роботи удосконаленої гичкозбиральної машини необхідно 4 транспортних агрегати в складі трактора ЮМЗ-6 і причепа 2ПТС-4.

## 7 ОХОРОНА ПРАЦІ

### 7.1 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. 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.

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.

Управління охороною праці в кожному господарстві повинне бути складовою частиною, підсистемою загальної системи управління господарством, тому що тільки при високому рівні охорони праці може бути забезпечене ефективне вирішення завдань, поставлених перед ним.

Метою управління охороною праці є забезпечення безпеки, збереження здоров'я працездатності людини в процесі праці.

Мета управління у свою чергу може бути досягнута шляхом виконання визначених функцій управління. Об'єктом управління охороною праці є діяльність керівників з забезпечення безпечних умов праці на робочих місцях, в полі, і в цілому по господарстві.

Управління охороною праці здійснює керівник.

Нормативною і методичною основою (зовнішня інформація) системи управління охороною праці (СУОП) є: законодавчі акти про працю; постанови і розпорядження міністерства та інших центральних органів державної виконавчої влади, кабінету міністрів України, а також нормативна та нормативно - технічна документація.

Функціями управління охороною праці в господарстві є: планування, організація і координація робіт з охорони праці; облік, аналіз і контроль за станом охорони праці.

Мета управління охороною праці в господарстві може бути досягнута при вирішенні таких основних завдань: навчання працюючих безпеки праці і пропаганди питань охорони праці; забезпечення безпеки машинно-тракторного парку та безпеки виробничих процесів; нормалізації санітарно-гігієнічних умов праці; забезпечення працюючих засобами індивідуального захисту, оптимальних режимів праці і відпочинку працюючих; організації лікувально-профілактичного та санітарно-побутового обслуговування працюючих; професійного добору працюючих за окремими спеціальностями.

В сучасних умовах в роботі з охорони праці важливими є такі фактори:

- економічна зацікавленість власника в одержанні максимального прибутку, зменшення витрат на штрафні санкції, ремонт пошкодженого обладнання, відшкодування шкоди потерпілим;
- моральна і юридична відповідальність власника за нещасні випадки і відшкодування збитків їх сім'ям;
- моральна відповідальність власника перед трудовим колективом за створення гуманних умов праці;
- забезпечення постійного і якісного ремонту техніки, а також своєчасне

її оновлення;

- забезпечення досягнення перспективної мети господарства, що неможливо без підвищення рівня охорони праці.

## 7.2 Основні правила з техніки безпеки при збиранні буряків

Під час експлуатації удосконаленої машини 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 робочими органами, які знаходяться в транспортному положенні. Для проведення таких робіт необхідно зафіксувати рамку гичкоріза механічним фіксатором, а в місцях піддомкращення поставити спеціальні підставки, під колеса – гальмівні башмаки. При піддомкращуванні машини в випадку слабого 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 негороджених 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 лапами, які розвіваються.

14. Забороняється перевезення будь-яких вантажів на машині.

15. Максимально допустимий схил під час руху машини не повинен перевищувати 15°. 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 заблоковані педалі гальма витиснути в крайнє нижнє положення і поставити на заціпку гірського гальма.

23. При підготовці трактора на задні колеса встановлюються вузькі шини 9x42 з тиском 2 кг/см<sup>2</sup>. Привід гичкозбиральної машини з'єднується з ВВП трактора за допомогою карданної передачі, обов'язково захищеної кожухом. При під'єднанні трактора до машини причіпний пристрій необхідно обов'язково зафіксувати.

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.

### 7.3 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.

### 7.4 Рекомендації по поліпшенню умов праці

1. Провести паспортизацію виробничих підрозділів (керівник). Проводиться щорічно.

2. Укомплектувати медичні аптечки (керівник). Березень 2023 року.

3. Посилити контроль за виконанням шкідливих та небезпечних робіт (керівник). Постійно.

4. Забезпечити працюючих необхідною кількістю справних засобів індивідуального захисту (керівник). Травень 2023 року.

5. Укомплектувати пожежні щити необхідним інвентарем (керівник). Квітень 2023 року.

6. Придбати нову нормативно-технічну літературу з охорони праці (керівник). Постійно.

## 8 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Удосконалення конструкції машини для збирання гички цукрових буряків дозволяє підвищити робочу швидкість машини, а значить і її продуктивність. При цьому також підвищується якість збиральних робіт – зменшуються пошкодження коренеплодів, їх вибивання з ґрунту, а значить і втрати коренеплодів при їх викопуванні.

Вихідні дані для визначення економічних показників проекту представлені в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 - 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.	267000	270700
4. Ширина захвату, м	2,7	2,7
5. Кількість зібраних рядків, шт.	6	6
6. Кількість обслуговуючого персоналу	1	1

Затрати праці на збиранні гички цукрових коренеплодів визначаються за формулою:

$$H = \frac{m}{W_{\text{год}}}, \quad (8.1)$$

де:  $m$  – кількість обслуговуючого персоналу;

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

При збиранні гички цукрових буряків базовою машиною затрати праці становлять:

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

При збиранні гички цукрових буряків 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:

$$H_3 = H_6 - H_M = 1,0 - 0,81 = 0,19 \text{ люд.год./га.}$$

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

$$C = C_o + C_a + C_p + C_{\text{ПММ}}, \quad (8.2)$$

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 по шостому розряду. З врахуванням підвищення мінімальної зарплати (до 6700 грн.) вона становить 279,17 грн. за виконану норму виробітку.

За 1 га зібраної площі оплата праці становить:

$$C_o = \frac{C_T}{W_{3M}}, \quad (8.3)$$

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:

$$C_{OB}^1 = \frac{279,17}{7,0} = 39,88 \text{ грн./га}$$

Крім того в господарствах проводяться доплати: 50 % - за продукцію і 50 % за складність збиральних робіт, що становить 19,94 грн./га; 12 % - за інтенсивність робіт, що становить 4,79 грн./га. І оплата праці з нарахуваннями становить:

$$C_{об}^H = 39,88 + 19,94 + 19,94 + 4,79 = 84,55 \text{ грн./га.}$$

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

$$C_{OM}^1 = \frac{279,17}{8,68} = 32,27 \text{ грн./га}$$

Аналогічно, крім цього проводяться доплати: 50 % - за продукцію і 50% за складність збиральних робіт (становить 16,14 грн./га), 12 % за інтенсивність робіт (становить 3,87 грн./га). І оплата праці з нарахуваннями становить:

$$C_{ом}^H = 32,27 + 16,14 + 16,14 + 3,87 = 68,41 \text{ грн./га}$$

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

$$C_a = \frac{Ц \cdot \alpha}{100 \cdot Д \cdot К \cdot W_{3M}}, \quad (8.4)$$

де  $Ц$  – ціна машини, грн.;

$Д$  – кількість днів роботи в рік;

$К$  – коефіцієнт змінності.

За нормативами річна норма відрахувань на амортизацію для гичкозбиральної машини становить 15 % [18]. Тоді відрахування для базової машини будуть становити:

$$C_{аб} = \frac{267000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 7,0} = 105,95 \text{ грн./га.}$$

Амортизаційні відрахування на вдосконалену гичкозбиральну машину будуть становити:

$$C_{ам} = \frac{270700 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 8,68} = 86,63 \text{ грн./га.}$$

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

$$C_p = \frac{Ц \cdot \beta}{100 \cdot Д \cdot К \cdot W_{3M}}, \quad (8.5)$$

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

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

$$C_{p.б} = \frac{267000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 7,0} = 105,95 \text{ грн./га.}$$

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

$$C_{p.м} = \frac{270700 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 8,68} = 86,63 \text{ грн./га.}$$

Витрати на паливо і мастильні матеріали визначаються по формулі:

$$C_{\text{ПММ}} = Ц_{\text{п}} \cdot G_{\text{га}} \quad (8.6)$$

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

$g_{\text{га}}$  – 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.

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 54,6 грн./кг. Тоді затрати на паливо і мастильні матеріали для базової машини становлять:

$$C_{\text{ПММ}}^б = 54,6 \cdot 10,75 = 586,95 \text{ грн./га.}$$

При роботі агрегату з удосконаленим доочисником гички затрати на ПММ будуть становити:

$$C_{\text{ПММ}}^м = 54,6 \cdot 8,65 = 472,29 \text{ грн./га.}$$

Загальні прямі експлуатаційні затрати при роботі базового агрегату будуть дорівнювати:

$$C_{\text{б}} = 84,55 + 105,95 + 105,95 + 586,95 = 883,40 \text{ грн./га.}$$

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

$$C_{\text{м}} = 68,41 + 86,63 + 86,63 + 472,29 = 713,96 \text{ грн./га.}$$

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

$$E = C_{\text{б}} - C_{\text{м}} = 883,40 - 713,96 = 169,44 \text{ грн./га} \quad (8.7)$$

В відсотках економічний ефект буде становити:

$$E_{\text{в}} = \frac{169,44 \cdot 100}{883,40} = 19,2 \text{ \%}.$$

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

$$E_{\text{р}} = 169,44 \cdot 100 = 16944 \text{ грн.}$$

Крім того, застосування удосконаленої технології і гичкозбиральної машини дозволить збільшити урожайність цукрових буряків на 15-20%, що при урожайності 400 ц/га становить в середньому 5 ц/га додаткової продукції.

Економічний ефект від отримання додаткової продукції на площі 100 га при закупівельній ціні 27000 грн за тону становить

$$E_{\text{д}} = 0,5 \cdot 27000 \cdot 100 = 1350000 \text{ грн.}$$

Загальний економічний ефект від впровадження розробок становить

$$E_{\text{з}} = 1350000 + 16944 = 1366944 \text{ грн.}$$

Окупність затрат на удосконалення збиральної машини визначаються за формулою:

$$E_{\text{о}} = \frac{C_{\text{м}}}{E_{\text{р}}} \quad (8.8)$$

$$E_{\text{о}} = \frac{3700}{1366944} = 0,003 \text{ років.}$$

Основні техніко-економічні показники проекту приведені в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 - Основні техніко-економічні показники проекту

Показники	Базовий агрегат	Модернізований
1. Продуктивність, га/год.	1,0	1,24
2. Питомі витрати палива, кг/га	10,75	8,65
3. Затрати праці, люд.год./га	1,0	0,81
4. Прямі експлуатаційні затрати, грн./га	883,40	713,96
в т.ч. – оплата праці з нарахуваннями	84,55	68,41
- амортизаційні відрахування	105,95	86,63
- затрати на ремонт і ТО	105,95	86,63
- затрати на ПММ	586,95	472,29
5. Зниження прямих затрат, грн./га	-	169,44
6. Економічний ефект від отримання додаткової продукції, грн	-	1350000
6. Річний економічний ефект, грн.	-	1366944
7. Строк окупності затрат, років	-	0,003

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Вирощування цукрових буряків в господарстві може бути рентабельним при умові отримання більше 400 ц/га цукрових коренеплодів. Для досягнення цієї мети слід впроваджувати нові технології вирощування та збирання, які ґрунтуються на сучасних, удосконалених засобах механізації всіх операцій технологічного процесу. Впровадження передових технологій сприяє не тільки підвищенню врожайності цієї культури, але й поліпшенню економічних показників.

2. Існуючий парк бурякозбиральних машин в господарстві застарів і його слід замінити більш ефективним і надійним в роботі. В процесі накопичення необхідних коштів слід провести малозатратні але ефективні удосконалення конструкції робочих органів. Це дасть можливість підвищити економічні показники вирощування цукрових буряків в господарстві.

3. Розроблена конструкція гичкорізального апарату гичкозбиральної машини дозволяє підвищити ефективність роботи машини - збільшити продуктивність збиральних робіт і якість продукції. Визначені технологічні показники процесу показують ефективність впровадженні удосконаленої технології і машини для збирання гички.

4. Проведений аналіз стану охорони праці в господарстві дає можливість намітити шляхи поліпшення показників. Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані для проведення інструктажу на робочому місці перед початком збиральних робіт.

5. Економічна ефективність розробленого проекту становить 1366944 грн і затрати на удосконалення машини і удосконаленої технології окупаються за перший впровадження в господарстві.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Чи варто вирощувати цукровий буряк?// <https://aggeek.net/ru-blog/ukraintsi-siyut-tsukrovij-buryak>.
2. Огляд сезону-2021 вирощування цукрових буряків// <https://www.agronom.com.ua/oglyad-sezonu-2021-vyroshhuvannya-tsukrovih-buryakiv/#:~:text=%D0%97%D0%B0%20%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%96%D1%85%2030%20%D1%80%D0%BE%D0%BA%D1%96%D0%B2%20%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%89%D1%96,%D1%86%D1%83%D0%BA%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D0%BC%D0%B8%20%D0%B1%D1%83%D1%80%D1%8F%D0%BA%D0%B0%D0%BC%D0%B8%20%D0%B2%202022%20%D1%80%D0%BE%D1%86%D1%96>.
3. Цукровий буряк 2022. Посівні площі. Переробні потужності. Залишки й експорт//<https://latifundist.com/spetsproekt/964-tsukrovij-buryak-2022-posivni-ploshchi-pererobni-potuzhnosti-zalishki-j-eksport>.
4. Загальна технологія вирощування цукрових буряків//<https://www.syngenta.ua/zagalna-tehnologiya-viroshchuvannya-cukrovih-buryakiv>.
5. Фурса А.В. Ринок цукробурякового виробництва в Україні// Економіка АПК, 2012, №6.- с. 36 – 43.
6. Пиркін В.І. Перспективи ефективного розвитку галузі буряківництва в Україні// Цукрові буряки. – 2008, № 3-4. – с. 9-11.
7. Індустріальна технологія виробництва цукрових буряків / О.А. Маковецький, В.В. Брей, Л.В. Погорілий і ін. під ред. Л.В. Погорілого – К.: Урожай,1983 – 136с.
8. Яценко В.Г. Технологія індустріального виробництва цукрових буряків, К.: Урожай, 1987.
9. Довідник з механізації виробництва цукрових буряків / В.І.Паламарчук, А.М. Козачук та ін.; за ред. О.О. Проценка – К.: Урожай, 1981 – 232 с.

10. Гоменюк В.О. Буряківництво. – Вінниця: Континент Прим, 1999. – 276 с.
11. Проценко О.О. Довідник з механізації виробництва цукрових буряків.- К.: Урожай, 1987. –256 с.
12. Погорілий М. Перспективна бурякозбиральна техніка і шляхи її розвитку// Техніка АПК. - № 4. – 1998. – с. 21 – 23.
13. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / Войтюк Д.Г. Царенко О.М. Яцун С.С. Довжик М.Я. Швайко В.М., Саржанов О.А. –К.: Вища школа, 2000. – 93 с.
14. 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.
15. 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.
16. Кобець А.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин: Навчальний посібник/ Дніпропетровський державний аграрний університет. – Дніпропетровськ, 1999. – 204 с.
17. Машиновикористання в землеробстві /В.Ю. Ільченко, Ю.П. Нагірний, П.А. Джолос та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка, Ю.П. Нагірного. – К.: Урожай, 1996. –384с.
18. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві /В.Ю. Ільченко, В.П. Карасьов, А.С. Лімонт та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка. –К.: Урожай, 1993. 224 с.
19. Машиновикористання та екологія довкілля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф.Головчука. – К.: Грамота, 2007.- 360 с.
20. Войтюк Я.Ю., Гаврилук Г.Р. Сільськогосподарські машини. – К.: Урожай, 1994. – 448 с.

21. Свеклоуборочные машины. (Конструирование и расчет) /Л.В.Погорелый, Н.В. Татьяна, В.В. Брей и др.-К.: Техніка, 1983.-168 с.

22. 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.

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