

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2025 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

**за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:**

«Механізація вирощування цукрових буряків з удосконаленням
гичкозбиральної машини»

Виконав здобувач вищої освіти II курсу,
групи АІ-24М-1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____Кібукевич Святослав Сергійович

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

_____Юрій МАЧОК

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

доцент, канд. техн. наук

_____Станіслав КАТЕРИНИЧ

« ____ » _____ 2025 р.

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань 20 «Аграрні науки та продовольство»

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Освітньо-професійна програма «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

«__» _____ 2025 року

**ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ
ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ
ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

_____ Кібукевича Святослава Сергійовича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Механізація вирощування цукрових буряків з удосконаленням гичкозбиральної машини
2. Керівник роботи (проекту) Мачок Юрій Вікторович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання роботи до захисту 16.12.2025 р.
4. Мета та завдання дипломної роботи: Підвищення ефективності процесу видалення гички з коренеплодів цукрових буряків барабанним гичкорізом обґрунтуванням умови стійкості ножа.
5. Перелік ілюстративного матеріалу 1. Технологічна карта на вирощування цукрових буряків; 2. Обґрунтування об'єкта досліджень; 3. Аналіз конструкцій гичкозбиральних машин та гичкорізів; 4. Теоретичний аналіз об'єкта дослідження;

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Виконання розділу «Вступ»	20.10.2025 р.	
2	Виконання розділу «Стан досліджуваного питання та вибір напрямку досліджень»	10.11.2025 р.	
3	Виконання розділу «Наукова частина»	24.11.2025 р.	
4	Виконання розділу «Практична реалізація результатів досліджень»	01.11.2025 р.	
5	Виконання розділу «Охорона праці».	01.12.2025 р.	
6	Формулювання загальних висновків. Оформлення пояснювальної записки, ілюстративної частини, підготовка до захисту	16.12.2025 р.	

Дата видачі завдання
«13» жовтня 2025 р.

Підпис керівника

_____ (прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
«13» жовтня 2025 р.

Підпис здобувача

_____ (прізвище та ініціали)

Анотація

За результатами аналізу технологічної карти на вирощування цукрових буряків удосконалено технологію збирання гички шляхом впровадження у виробництво гичкозбирального агрегату на основі гичкозбиральної машини МГ-6.

Отримано математичну та графічну моделі умови стійкості ножів барабанного гичкорізу, практичне використання яких дозволить вибрати оптимальний режим його роботи. Обґрунтовано параметри барабанного гичкоріза, виконано кінематичні та силові інженерні розрахунки.

Розроблено заходи безпечного використання запропонованого гичкозбирального агрегату.

Abstract

Based on the results of the analysis of the technological map for growing sugar beets, the technology of harvesting tops was improved by introducing into production a top-harvesting unit based on the MG-6 top-harvesting machine.

A mathematical and graphical model of the stability conditions of the drum debarker knives has been obtained, the practical use of which will allow choosing the optimal mode of its operation. The parameters of the drum debarker have been substantiated, and kinematic and power engineering calculations have been performed.

Measures for the safe use of the proposed weed-harvesting unit have been developed.

ЗМІСТ

	стор.
1. Вступ	5
2. Стан досліджуваного питання та вибір напрямку досліджень	7
3. Наукова частина	22
4. Практична реалізація результатів досліджень	33
5. Охорона праці	38
6. Загальні висновки	41
Список використаної літератури	42

1. ВСТУП

Вирощування цукрових буряків в Україні залишається надзвичайно актуальним напрямом аграрного виробництва, адже ця культура має велике економічне, продовольче та стратегічне значення. Україна традиційно входить до числа провідних виробників цукрових буряків у Європі, що забезпечує не лише внутрішні потреби у цукрі, а й формує експортний потенціал.

Сприятливі кліматичні умови, родючі ґрунти та наявність потужних переробних підприємств створюють оптимальні передумови для стабільного розвитку буряківництва. Вирощування цієї культури сприяє збереженню сільськогосподарських традицій, розвитку інфраструктури села та створенню робочих місць.

Окрім основного продукту - цукру, важливим є використання побічної продукції, зокрема гички, як цінного корму для тваринництва

Гичка цукрових буряків має велике значення для сільського господарства України. Вона ефективно використовується у тваринництві та землеробстві. Після збирання буряків гичка залишається у значній кількості, і її раціональне використання дає змогу зменшити витрати на корм, підвищити продуктивність худоби та покращити родючість ґрунтів.

У складі гички містяться білки, клітковина, вітаміни групи В, С, каротин, а також кальцій, фосфор і калій. Завдяки такому складу вона є високопоживним кормом для великої рогатої худоби, свиней та овець, сприяє підвищенню надоїв молока й покращенню якості м'ясної продукції.

Крім того, гичка може використовуватися як сировина для силосування, сушіння або компостування, що забезпечує її довготривале зберігання. У господарствах, де тваринництво поєднується з вирощуванням буряків, це створює замкнутий цикл виробництва, зменшує залежність від закупівель кормів і підвищує економічну ефективність [20].

Отже, гичка цукрових буряків - це не просто відходи виробництва, а цінний ресурс, який сприяє розвитку тваринництва, збагаченню ґрунтів і підвищенню стійкості аграрного сектору України.

Метою роботи є оптимізація процесу збирання гички цукрових буряків шляхом дослідження та удосконалення конструкції роторного гичкоріза гичкозбиральної машини, що забезпечить підвищення надійності гичкоріза, процесу зрізання та подрібнення гички.

2. СТАН ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Господарське значення цукрових буряків

Господарське значення цукрових буряків є надзвичайно важливим для аграрної й переробної галузей, а також для всієї економіки. Ця культура вирізняється високим вмістом сахарози, що робить її основною сировиною для виробництва цукру - продукту, без якого неможливо уявити сучасну харчову промисловість [21]. Завдяки здатності буряків накопичувати цукор навіть у помірних кліматичних умовах, вони стали стратегічною культурою для України та інших країн Європи.

Виробництво цукру з буряків забезпечує роботою переробні заводи, транспортні підприємства й логістичні центри. Це сприяє створенню робочих місць у сільській місцевості, підвищує рівень зайнятості та стимулює розвиток інфраструктури. Окрім того, галузь формує значну частину бюджетних надходжень за рахунок податків і експорту.

Цукрові буряки мають й інші важливі напрямки використання. Побічні продукти переробки, такі як жом і меляса, активно застосовуються у тваринництві. Жом є цінним високобілковим кормом, який добре засвоюється худобою та сприяє підвищенню продуктивності. Меляса служить компонентом комбікормів і використовується в дріжджовому та спиртовому виробництві, що розширює економічні можливості підприємств.

Цінною є також гичка як органічне добриво, що підвищує родючість ґрунтів і покращує їхню структуру. Завдяки цьому підвищується ефективність рослинництва в цілому. Окреме значення має використання буряків як сировини для біоенергетики: із залишків виробництва отримують біогаз, що сприяє розвитку відновлюваної енергетики та зменшує залежність від традиційних енергоносіїв.

Таким чином, цукрові буряки є не просто культура для виробництва цукру, а комплексним економічним ресурсом, який забезпечує стабільний розвиток аграрного сектору, створює додаткову вартість у різних галузях і сприяє зміцненню продовольчої та енергетичної безпеки країни.

2.2. Аналіз базової технології вирощування цукрових буряків

Технологія вирощування цукрових буряків включає поетапне виконання механізованих процесів, спрямованих на забезпечення високих врожаїв. Сучасні інтенсивні та енергоефективні технології здебільшого розробляються провідними фахівцями у сфері створення нових сортів і гібридів, засобів хімізації та агротехнічного обладнання. Такі технології зазвичай мають схожі принципи, проте відрізняються залежно від умов їхнього застосування [21].

Важливе місце в будь-якій технології для будь-якої культури займає її попередник.

Попередники цукрових буряків. Цукрові буряки дуже чутливі до культури, яка займала дане поле не лише в попередньому, а й у позаминулому році. Крім того, важливу роль у виборі місця для висіву відіграють ґрунтово-кліматичні умови. Оптимальним попередником для цукрових буряків вважається озима пшениця, яка росла після добре удобреного пару. [21].

В свою чергу, цукрові буряки є відмінним попередником для ярих зернових та зернобобових культур. Проте, аби уникнути зараження ґрунту специфічними збудниками хвороб, поширення шкідників і засмічення спорідненими бур'янами, їх не рекомендується вирощувати на одному полі частіше, ніж раз на чотири-п'ять років у сівозміні.

Базова технологічна карта передбачає послідовне виконання технологічних операцій у зазначені терміни відповідними засобами механізації при дотриманні позитивних техніко-економічних показників. Проведений аналіз даного документа дав можливість стверджувати, що операція збирання гички має низькі техніко-економічні показники через використання морально і фізично застарілого, з низькою надійністю, енергоємного агрегату, який

складається з трактора МТЗ-80 та гичкозбиральної машини БМ-6Б. В першу чергу це стосується саме гичкозбиральної машини БМ-6Б.

Пропонується замінити зазначену машину на гичкозбиральну машину МГ-6 вітчизняного виробництва зі збереженням засобу агрегування, як рекомендованого виробником.

Для занесення необхідних техніко-економічних показників у технологічну карту виконаємо розрахунок проєктного тягово-приводного агрегату

2.3. Розрахунок проєктного агрегату

Вихідні дані: трактор МТЗ-80, гичкозбиральна машина МГ-6.

Вага складових агрегату:

- трактора МТЗ-80 - $G_{mp} = 33400H$;
- машини МГ-6 - $G_m = 13000H$;
- коефіцієнт опору кочення по підготовленому до збирання полю - $f = 0,16$;
- значення коефіцієнта буксування - $\delta = 11\%$;
- кут нахилу схилу - $i = 1,5^\circ$
- робоча швидкість - $V = 4-7 км / год$;
- ККД ВВП трактора - $\eta_{ВВП} = 0,95$;
- питома потужність на привод роторного барабана і шнека МГ-6 - $N_n = 3,15 кВт \cdot c / кг$;
- урожайність коренеплодів – $Q = 385ц / га$
- урожайність гички – $Q = 200ц / га$

Агрегат буде роботоздатним за умови, якщо [14,16,17]

$$N_{np} < N_{ВВП} \quad (2.1)$$

де, N_{np} - потужність на виконання процесу машиною, $кВт$;

$N_{ВВП}$ - потужність ВВП, $кВт$

$$N_{np} = N_n \cdot q \quad (2.2)$$

q - секундна подача зрізаної гички в машину, $кг/с$;

$$q = B_p \cdot V_p \cdot Q \quad (2.3)$$

де B_p - ширина захвату агрегату, $м$;

$$B_p = 2,7 м$$

V_p - робоча швидкість;

Q - урожайність гички ($Q = 200 кг/м^2$);

Агротехнічно рекомендовану швидкість трактор забезпечить на III передачі. Для неї $V_m = 7,24 км/год$ [14,16,17].

З урахуванням впливу буксування [14,16,17]

$$V_p^{III} = V_m \left(1 - \frac{\delta}{100}\right) = 7,24 \left(1 - \frac{11}{100}\right) = 6,45 км/год = 1,79 м/с \quad (2.4)$$

Тоді

$$q = 2,7 \cdot 1,79 \cdot 2,0 = 9,7 кг/с$$

З урахуванням викладеного

$$N_{np} = 3,15 \cdot 9,7 = 30,6 кВт$$

Здатність ВВП передати потужність [14,16,17]

$$N_{ВВП} = N_e \cdot \eta_{ВВП} - \frac{(R_{коч.тр} + R_{коч.м}) V_p \eta_{ВВП}}{3,6 \eta_{тр} \cdot \eta_{\delta}} \quad (2.5)$$

де N_e - ефективна потужність двигуна,

$$N_e = 58,9 кВт$$

$\eta_{тр}$ - ККД трансмісії трактора, $\eta_{тр} = 0,93$

η_{δ} - коефіцієнт буксування, $\eta_{\delta} = 0,89$

$R_{коч.тр}, R_{коч.м}$ - опори на перекочування трактора і гичкозбиральної машини, $кН$.

$$R_{коч.тр} = G_{тр} (f + i) = 33,4 \cdot (0,16 + 0,015) = 5,9 кН \quad (2.6)$$

$$R_{коч.м} = G_m (f + i) = 13,0 \cdot (0,16 + 0,015) = 2,28 кН \quad (2.7)$$

де $i = 0,015$ - величина нахилу схилу

Тоді

$$N_{\text{ВВП}} = 58,9 \cdot 0,95 - \frac{(5,9 + 2,28) \cdot 6,45 \cdot 0,95}{3,6 \cdot 0,93 \cdot 0,87} = 38,8 \text{ кВт}$$

Так як $30,6 < 38,8$ - то проектний гичкозбиральний агрегат можна вважати працездатним.

Продуктивність проектного агрегату, га/зм [[14,16,17]]

$$W_{\text{зм}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_p \quad (2.8)$$

де T_p - робочий час зміни

$$T_p = T_{\text{зм}} \cdot \tau \quad (2.9)$$

$T_{\text{зм}} = 7 \text{ год}$ - фактичний час зміни

$\tau = 0,73$ - коефіцієнт використання часу зміни при збиранні цукрових буряків;

Тоді

$$T_p = 7 \cdot 0,73 = 5,11 \text{ год}$$

З урахуванням останнього

$$W_{\text{зм}}^{\text{нр}} = 0,1 \cdot 2,7 \cdot 6,45 \cdot 5,11 = 8,9 \text{ га/зм}$$

Витрати пального (погектарні), кг/га [3,10]

$$Q_{\text{га}} = \frac{Q_{\text{зм}}}{W_{\text{зм}}} \quad (2.10)$$

де $Q_{\text{зм}}$ - змінні витрати палива, кг

$$Q_{\text{зм}} = Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot t_x + Q_3 \cdot t_3 \quad (2.11)$$

де - Q_p, Q_x, Q_3 - відповідно витрати палива при виконанні робочих та холостих ходів і при зупинках.

Тут

$$Q_p = 15,45 \text{ кг/год}, Q_x = 9,72 \text{ кг/год}, Q_3 = 2,1 \text{ кг/год}$$

T_p, t_x, t_3 - час виділений на робочі, холості ходи і зупинки.

$$t_x = t_3 = \frac{T_3 - T_p}{2}, \text{ год} \quad (2.12)$$

$$t_x = t_3 = \frac{7 - 5,11}{2} = 0,95 \text{ год}$$

Тоді

$$Q_{зм} = 15,45 \cdot 5,11 + 9,72 \cdot 0,95 + 2,1 \cdot 0,95 = 90,2 \text{ кг / зм}$$

Погектарні витрати палива складуть

$$Q_{са} = \frac{90,2}{8,9} = 10,13 \text{ кг / га}$$

За результатами отриманих розрахунків вносимо зміни в операцію збирання гички технологічної карти на вирощування цукрових буряків (рис. 2.1).

Технологічна карта

Культура: цукрові буряки; Площа – 100 га
Урожайність: основної продукції – 385 ц/га, супутньої – 200 ц/га
Валовий збір: основної продукції – 38500 ц, супутньої – 20000 ц

№ операції	Назва операції	Об'єм культури	Обсяг роботи	Час виконання		Агрегат		Кількість задіяних		Норма витрат палива	Необхідно на всю площу		Витрати пального		Витрати праці на виконання цієї роботи на операції, год/га	Кількість керосину
				кавалерія, трактори	оптиміст, трактори, оброблять	трактори, оброблять	с/г машини, з'єдн.	механізаторів	дільничних працівників		пропорційно, оброблять	с/г машин	на обліковий обсяг роботи, кг/га	на всю операцію, кг		
1.	Лущення стерні	га	200	15.07-20.07	5	Т-150К	ЛДГ-15	1	-	21,9	1	1	4,7	94,0	21,5	3,02
2.	Набраттяння ґною	т	300	5.08-20.08	15	ЮМЗ-6/1	ПЕ-Ф-1А	1	-	60	2	1	0,20	693	69,3	8,3
3.	Транспортування та внесення ґною	га	100	5.08-20.08	15	Т-150К	ПРТ-10	1	-	0,78	5	5	13,20	1525	150	21
4.	Набраттяння мінеральних добрив	т	92	1.08-4.08	5	ЮМЗ-6/1	ПЕ-Ф-1А	1	-	109,0	1	1	0,65	46,8	22,2	3,16
5.	Внесення мінеральних добрив	га	100	1.08-4.08	5	ЮМЗ-6/1	МВУ-100	1	-	316	1	1	1,67	167,0	22,15	3,16
6.	Оранка на зяб на глибину 27-30 см	га	100	5.08-20.08	15	Т-150К	П/Н-4-35	1	-	5,3	1	1	23,10	2310	162,08	18,87
7.	Вирівнювання борозен по зребені	га	100	21.08-5.08	15	Т-150	ЗБТ-06 СТ-21	1	-	22,0	1	3	0,93	106,9	8,1	1,13
8.	Перевезення рідких азотних добрив	т	40	1.09-10.09	10	Т-150К	РХТ-8	1	-	14	1	1	9,51	384,6	2,8	4,12
9.	Культывація з внесенням добрив	га	100	1.09-10.09	10	Т-70С	ЧМК-5,4 ПЮ	3	-	2,8	3	3	3,5	404,4	4,16	5,9
10.	Снігозапирнення	га	100	1.01-11.01	10	Т-150	СВУ-2,6	1	-	6	1	1	4,10	473,7	19,6	2,7
11.	Ранньосівне розпушування ґрунту	га	100	4.04-6.04	2	Т-150		2	-	22,0	2	4,2	1,30	152,2	12,4	1,77
12.	Вирівнювання ґрунту	га	100	5.04-7.04	2	Т-150	СТ-16 ШБ-2,5	5	-	13,9	1	21	1,00	115,55	16,17	2,39
13.	Перевезення води	т	30	5.04-8.04	3	ЮМЗ-6/1	ВР-3	2	-	2,6	2	2	0,60	17,3	11,26	1,6
14.	Перевезення гербицидів	т	0,5	5.04-8.04	3	МТЗ-80	ЗЖБ-1,8	1	-	12	1	1	0,62	71,64	0,04	0,004
15.	Підготовка робочого розчину гербицидів	т	30	5.04-8.04	3	МТЗ-80		1	3	8,18	1	1	2,0	57,7	14,4	1,59
16.	Передсівний обробіток з внесенням гербицидів	га	100	5.04-8.04	3	Т-150	АПР Темп- ПЮ	3	-	22,0	2	4,2	1,30	152,2	13,86	2,24
17.	Набраттяння мінеральних добрив	т	20,8	5.04-8.04	3	ЮМЗ-6/1	ПЗ-0,86	1	-	60	1	1	0,20	4,16	0,41	0,05
18.	Перевезення мінеральних добрив	т	20,8	5.04-8.04	3	МТЗ-80	2ПТС-4	1	-	4	1	1	1,00	20,8	0,52	0,74
19.	Передсівна культывація	га	100	5.04-8.04	3	МТЗ-80	ЧМК-5,4	6	-	2	6	6	2,50	288,9	57,77	8,25
20.	Передсівне копчування	га	100	5.04-8.04	3	ЮМЗ-6/1	СТ-11 ЗЖБ-1,4	3	-	3,5	3	9	1,4	161,78	33,5	18,05
21.	Перевезення пасивного матеріалу	т	100	5.04-8.04	3	ГАЗ-53Б		1	-	8,57	-	-	-	-	0,11	0,03
22.	Забраттяння сіволок	га	100	5.04-8.04	3		вручну	-	12	1	-	-	-	-	136,7	8,25
23.	Сівба	га	100	5.04-8.04	3	Т-70С	ССТ-12В	7	-	1,7	7	7	2,9	351,1	69,3	9,71
24.	Суцільне досадобне розпушування ґрунту	га	100	12.04-15.04	3	Т-70С	СТ-11 ЗОР-0,7	5	-	5	25	25	0,80	0,92	23,11	3,3
25.	Перевезення пестицидів	т	20	20.04-23.04	3	МТЗ-80	2ПТС-4	1	-	6,5	1	1	1,00	17,33	2,1	0,62
26.	Перевезення води	т	35	20.04-23.04	3	МТЗ-80	ЗЖБ-1,8	3	-	3,15	3	3	1,00	29	10,8	1,83
27.	Підготовка робочого розчину пестицидів	т	35	20.04-23.04	3	ЮМЗ-6/1	АПР Темп- ПЮ	1	3	8,17	1	1	2,00	78	13,8	0,7
28.	Суцільне одрискування посівів	га	100	20.04-23.04	3	Т-70С	ОН-400-3	4	-	7,64	4,2	4,144	2,267,6	25424,75	15,02	2,53
29.	Боронювання після появи сходів	га	100	23.04-26.04	4	Т-70С	СТ-11 ЗОР-0,7	5	-	5	5	25	0,80	92,44	23,11	3,24
30.	Внесення робочого розчину бетанола	га	100	4.05-8.05	4	Т-70С	ОН-400-3	3	-	7,6	3	3	2,20	254,2	15,02	2,53
31.	Перше міжрядне розпушування	га	100	9.05-19.05	10	Т-70С	ЧМК-5,4	7	-	15	7	7	6,25	751,1	77,4	17,67
32.	Прорідження	га	100	19.05-29.05	10	Т-70С	ЧМК-5,4	4	-	0,86	4	4	2,5	288,9	134	19,19
33.	Підвезення аміачної води	т	45	25.05-5.06	10	ЮМЗ-6/1	ЗЖБ-1,8	1	-	12,7	1	1	0,30	12	3,2	1,35
34.	Друге міжрядне розпушування	га	100	25.05-5.06	10	Т-70С	ПЮ ЧМК-5,4	4	-	2	4	4	2,5	288,9	57,7	8,25
35.	Набраттяння мінеральних добрив	т	35	5.06-10.06	5	ЮМЗ-6/1	ПЗ-0,86	1	-	60	1	1	0,20	6,93	0,57	0,08
36.	Забраттяння добрив у культыватор	га	100	5.06-10.06	5		вручну	-	15	1	-	-	-	-	1733,3	8,2
37.	Міжрядне розпушування з підвильненням	га	100	5.06-10.06	5	Т70-С	ЧМК-5,4	4	-	4	4	4	2,5	288,9	57,8	16,5
38.	Розпушування міжряд перед збиранням	га	100	10.08-20.08	10	Т70-С	ЧМК-5,4	4	-	2	4	4	2,5	288,9	57,8	8,25
39.	Збирання гички	га	100	30.09-16.10	15	МТЗ-80	МГ-6	2	-	8,9	2	2	10,13	1013	59,6	11,2
40.	Перевезення гички	т	140	30.09-16.10	15	ЮМЗ-6/1	2ПТС-4	7	-	7	7	7	0,2	4,16	291,2	42,4
41.	Транспортування та розрівнювання	т	140	30.09-16.10	15	Т-150		2	-	20	2	2	0,80	166,4	37,3	8,19
42.	Збирання коренелобів	га	100	30.09-16.10	15	РКМ-6		1	1	1,95	-	3	15,6	8,63	6,35	42,4
43.	Набраттяння коренелобів	т	500	30.09-16.10	15	МТЗ-80	2ПТС-4	9	-	8,6	9	9	0,50	1756,4	421,53	58,35
44.	Перевезення коренелобів	т	500	6.10-20.10	15	-	СПС-4,2	2	5	42,9	2	2	0,18	6,32	491,33	11,69
	Всього													1772165	159604	

Рис. 2.1 Технологічна карта на вирощування цукрових буряків.

2.4. Аналіз технологій збирання гички

Збирання гички цукрових буряків є одним із ключових етапів технологічного процесу вирощування та заготівлі коренеплодів, що безпосередньо впливає на якість сировини, рівень технологічних втрат, ефективність наступних операцій та загальну економічну результативність виробництва. Із розвитком машинобудування та агротехнологій відбувається постійне вдосконалення конструкцій машин і технологічних схем, проте питання оптимізації процесу зрізання та відведення гички залишаються складними через природну варіативність рослин, агротехнічні умови та економічні обмеження. Цей критичний аналіз має на меті всебічно оцінити сучасні технології, визначити їхні сильні та слабкі сторони та окреслити напрями подальших удосконалень [8,16,26].

Процес збирання гички повинен забезпечувати мінімальні пошкодження головки кореня, повне або майже повне видалення надземної частини та запобігання втратам маси, що може вплинути на цукристість і зберігання коренеплодів. Основною проблемою є те, що рослини цукрових буряків значно відрізняються за висотою гички, товщиною та положенням головки коренеплоду над або під поверхнею ґрунту, що ускладнює створення універсального механізму для її якісного зрізання [2,3,8,23,25].

З технічної точки зору технологія повинна забезпечувати стабільність зрізу при різних швидкостях руху машин, відповідність параметрів гичкорізального механізму біометричним характеристикам рослин та адаптивність до нерівностей поля. Існує критична залежність між параметрами гички, положенням коренеплоду та висотою розташування гичкорізального механізму [2,3,8,23,25]:

- недостатнє заглиблення кореня призводить до зрізання його верхньої частини;

- надмірне заглиблення призводить до залишення частини черешків, що знижує якість очищення та підвищує забруднення маси.

Автори [2] пропонують узагальнену схему, яка характеризує технології збирання гички (рис. 2.2).



Рис. 2.2 Структурна схема технологій збирання гички коренеплодів [2]

Вибір тієї чи іншої технології залежить від поставлених задач.

По-перше, це потреба господарства в гичці для годівлі тварин, як безпосередньо, так і наприклад, для приготування силосу. Важливим також є забезпечення домогосподарств цим цінним кормом. Як правило, черешки гички в цьому випадку при зрізанні зберігають цілісний стан. Їх кагатують чи вивозять безпосередньо до місця застосування. Як варіант, завдяки використанню роторного гичкоріза гичка зрізається, подрібнюється, завантажується в транспортний засіб та вивозиться для згодовування чи силосування, виробництва біогазу чи біоетанолу [2,3,8,23,25].

По-друге, це необхідність відновлення родючості ґрунту. Тут пішли шляхом використання гички в подрібненому стані. Для цього застосовують роторні гичкорізи. Здебільшого шнекові транспортери переміщують отриману

масу на прибрану площу. Далі вона розкидається по полю і заорюється. Гичка в даному випадку є первинною органікою. Подрібнена гичка також використовується для силосування чи згодовування тваринам.

Слід зазначити, що кожна з розглянутих технологій передбачає доочищення головок від залишків черешків, особливо на їх бічній поверхні.

2.5. Аналіз конструкцій машин для збирання гички за зазначеними технологіями

Технологія збирання гички в цілісному стані найбільшого поширення набула в бувшому СРСР, а в пострадянський час в країнах, які входили до його складу і займалися вирощуванням цукрових буряків. Однією з найбільших виробників цукру в цьому просторі є Україна.

Використовувалось два підходи до вирішення питання збирання гички. У виробництві можна було бачити бурякозбиральний комбайн КСТ-3А (рис. 2.3) [7]. Фактично він став прототипом комбайнів для однофазного збирання урожаю. В основу його конструкції покладено застосування брального апарату. Сутність технологічного процесу його роботи полягала в тому, що попередньо зрушений лапою-копачем коренеплід захоплювався за гичку бральним механізмом конвеєрного типу, витягувався з ґрунту та переміщувався до різального апарату, який відділяв гичку від коренеплоду. Далі утворювалось два технологічних потоки. Коренеплоди потрапляли на шнековий очисник і далі у кузов автомобіля, а гичка, вивантажувальним транспортером в причіп тракторного транспортного агрегату [2,3,8,23,25].

Здавалося б, в конструкцію закладена досить продуктивна ідея, але надійність виконання процесу була досить низькою. Багато факторів впливало на якість роботи. В першу чергу це наявність та стан гички (її розлогість). Мала місце висока ймовірність пропусків, що призводило до втрат урожаю. Тому від такого комбайна і ідеї однофазного процесу в такому вигляді відмовились на багато років.

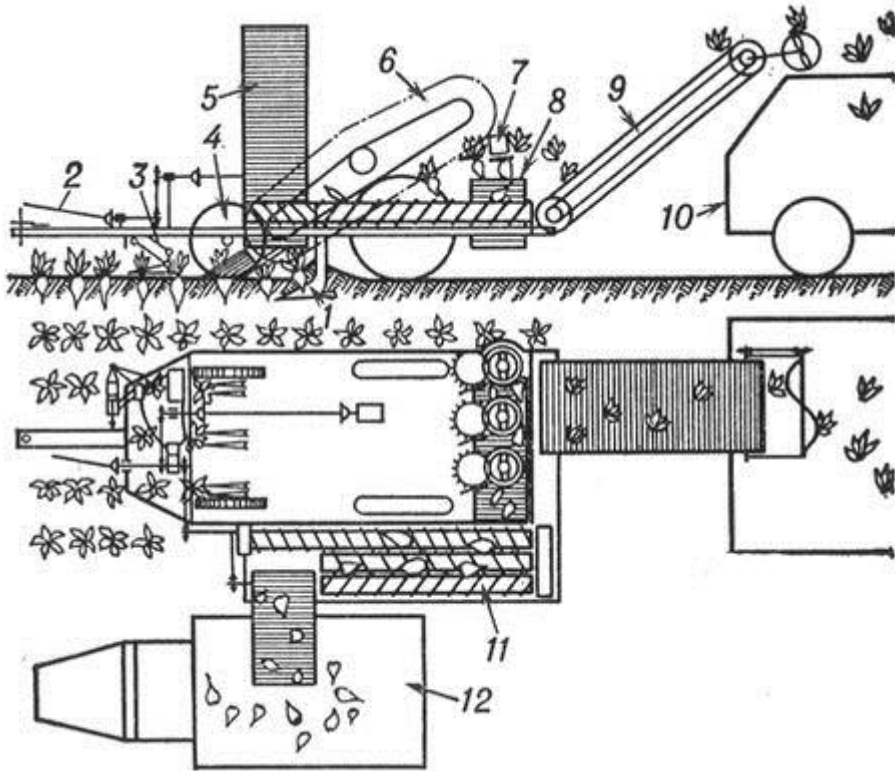


Рис. 2.3. Функціональна схема бурякозбирального комбайна КСТ-3А:

1 – лапа-копач 2 - карданна передача; 3 гідравлічний механізм водіння по рядках; 4 - колесо копіююче; 5 – вивантажувальний елеватор коренеплодів; 6 - бральний механізм; 7 - гичкоріз; 8 - транспортер коренеплодів; 9 - вивантажувальний транспортер гички; 10 - тракторний причіп; 11 - шнековий очисник коренеплодів; 12 - автомобіль для транспортування коренеплодів.

В технологію вирощування цукрових буряків ввели операцію гичкозбирання, як першу з дво- або трифазної технології збирання урожаю.

У виробництві з'явилася гичкозбиральна машина БМ-6А, а потім її модифікація БМ-6Б (рис. 2.4) [2,3,8]. До речі, останню можна бачити на бурякових полях невеликих господарств і дотепер.

Машина здебільшого використовується для двофазної технології у взаємодії з комбайнами РКС-6, РКМ-6 КС-6Б та їх модифікаціями [2,3,8].

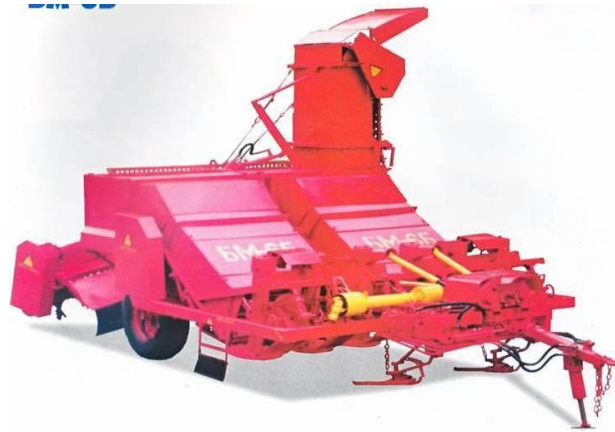


Рис. 2.4. Гичкозбиральна машина БМ-6Б.

Для неї характерна складність будови, як самої так і гичкоріза, висока питома енергоємність, низька надійність тощо. Але через відсутність альтернативи виробники змушені були її експлуатувати. Слід зазначити, що якість зрізування гички цією машиною є досить високою.

У виробництві також присутні сучасні вітчизняні гичкозбиральні машини МБП-6 (рис. 2.5), МГ-6 (2.6), МБУЗ,0, МБУ-3,6 (рис. 2.7). Конструктивно це прості, оснащені барабанними (роторним) гичкорізом безкопінного типу та доочисником головок.



Рис. 2.5. Гичкозбиральна машина МБП-6.



Рис. 2.6. Гичкозбиральна машина МГ-6.



Рис. 2.7. Гичкозбиральна машина МБУ3,0.

Стосовно закордонних аналогів, то на полях можна бачити гичкозбиральну машину (дефоліатор) WIC Amity 3300 / 3500 / 3700 американської фірми WIC (рис. 2.8).



Рис.2.8. Загальний вигляд гичкозбиральної машини (дефоліатор) WIC Amity 3300 / 3500 / 3700 американської фірми WIC.

Машина оснащена трьома роторами для видалення гички, які приводяться в дію від ВВП трактора. Причому, назвати їх гичкорізами буде не коректно, тому що процес відбувається за рахунок ударів еластичних бил 1 армованих штифтами 2 (рис. 2.9) по головках коренеплодів. На машині також встановлені доочисники головок, досить позитивно впливає на роботу наступних машин технологічного ланцюга та, відповідно, якість урожаю [2,3,8].

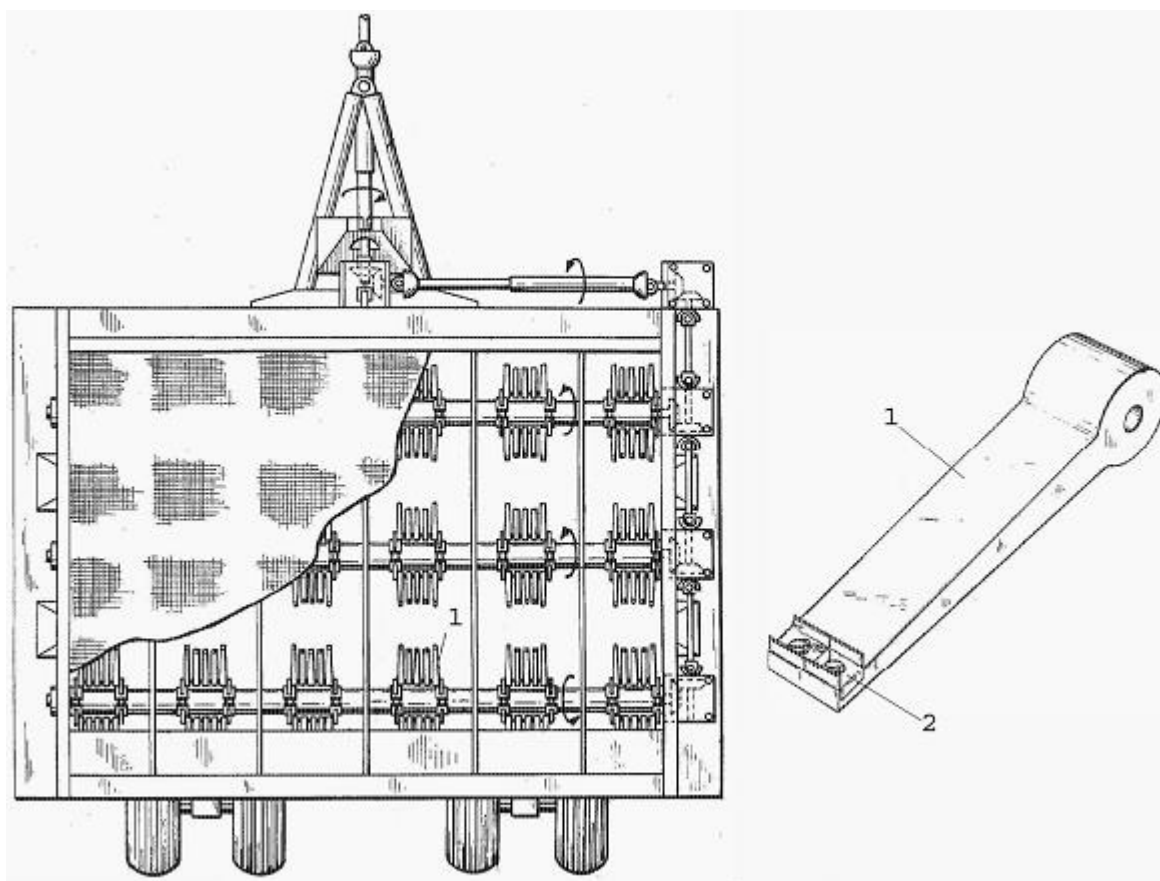


Рис. 2.9. Функціональна схема дефоліатора WIC Amity 3300 / 3500 / 3700.

Слід зазначити, що ротори, кожний наступний від першого розміщений дещо нижче, що сприяє кращому очищенню головок коренеплодів. Дефоліатор відноситься до групи машин безкопінного типу.

2.6. Загальна будова та технологічний процес роботи гичкозбиральної машини МГ-6

З групи розглянутих машин позитивно можна виділити гичкозбиральну машину МГ-6 (рис. 2.10). Робочими органами зазначеної машини є

гичкорізальний барабан (ротор) так шнек. Вони приводяться в дію від ВВП трактора за допомогою механізму передач. Одночасно машина зрізає гичку з шести рядків

Технологічний процес, який виконується, включає зрізання з одночасним подрібненням гички.

Подрібнена маса транспортується шнеком на поле, де формується у валок. Згодом вона може бути зібрана для використання як корм для тварин або розкидана по полю для подальшого заорювання як зелене добриво. Висоту зрізу регулюють переміщенням опорних коліс відносно поверхні поля. При цьому змінюється положення лез ножів відносно головок коренеплодів. Під час виконання даного регулювання орієнтуються на найвищий корінь.

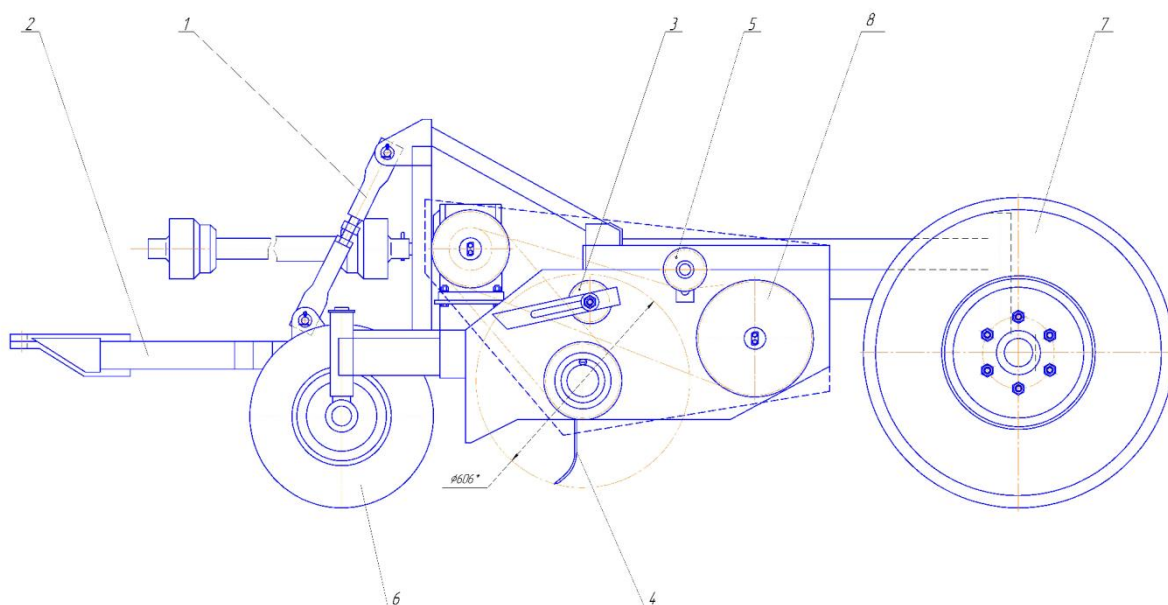


Рис. 2.10. Гичкозбиральна машина МГ-6: 1 – регулювальний гвинт, 2 – сниця, 3, 5 – зірочка натяжна, 4 – барабан (ротор), 6 - опорне колесо, 7 – заднє колесо, 8 – шнек.

Завдяки простій конструкції, високій продуктивності та доступній ціні, ця техніка є конкурентоспроможною на ринку обладнання для збирання буряків.

2.7. Загальна характеристика запропонованої конструкції гичкоріза

На машині встановлено найбільш поширений на даний час тип гичкоріза - барабанний з жорстко прикріпленими до його валу ножами. Таке кріплення забезпечує високу якість роботи при досить низькому рівні надійності. При

ймовірному зіткненні ножа з перешкодою він може вийти з ладу. Шарнірне кріплення ножів забезпечило б вищу надійність конструкції при незначному погіршенні якості роботи. Тому, обираємо шарнірне кріплення ножів.

Висновки по розділу. Заміна передбаченого базовою технологічною картою агрегату в складі трактора МТЗ-80 і гичкозбиральної машини БМ-6Б на агрегат, основою якого є машина МГ-6, що працює з тим же трактором дозволить скоротити час на збирання урожаю завдяки більшій продуктивності та надійності запропонованого агрегату. Прогнозовано скоротяться витрати паливо-мастильних матеріалів. Це вказує на економічну ефективність даної заміни.

3. НАУКОВА ЧАСТИНА

3.1. Мета, задачі, об'єкт та предмет досліджень

Мета і задачі дослідження. Мета - підвищення ефективності процесу видалення гички з коренеплодів цукрових буряків барабанним гичкорізом обґрунтуванням умови стійкості ножа.

Для досягнення зазначеної мети потрібно вирішити наступні задачі:

- проаналізувати відомі конструкції гичкорізальних машин, бурякозбиральних комбайнів з гичкорізальними модулями та гичкорізальних апаратів;

- аналітично дослідити процес взаємодії ножа барабанного гичкоріза з головкою коренеплоду;

- побудувати математичну та графічну моделі стійкості ножа барабанного гичкоріза при його взаємодії з головкою коренеплоду.

Об'єкт дослідження - процес видалення гички з коренеплодів при збиранні урожаю цукрових буряків.

Предмет дослідження - конструкція та параметри ножа барабанного гичкоріза.

Наукова новизна - отримано аналітичну та графічну моделі стійкості ножа барабанного гичкоріза при його взаємодії з головкою коренеплоду.

3.2. Аналіз конструкцій гичкорізів бурякозбиральних комбайнів та гичкозбиральних машин

Для зрізання гички з коренеплодів застосовують чотири основні типи гичкорізів:

1. барабанні (роторні) - з віссю обертання, розташованою перпендикулярно до напрямку рядка;

2. дискові - складаються з копіра та активного дискового ножа, вісь обертання якого майже вертикальна;

3. гичкорізи з активним без приводу котковим копіром і нерухомим (пасивним) ножом;

4. гичкорізи, які мають пасивний полозковий копір та пасивний ніж [2,8].

Вони бувають пасивної або активної дії, з використанням копирів або безкопирні (рис. 3.1) [1,12].

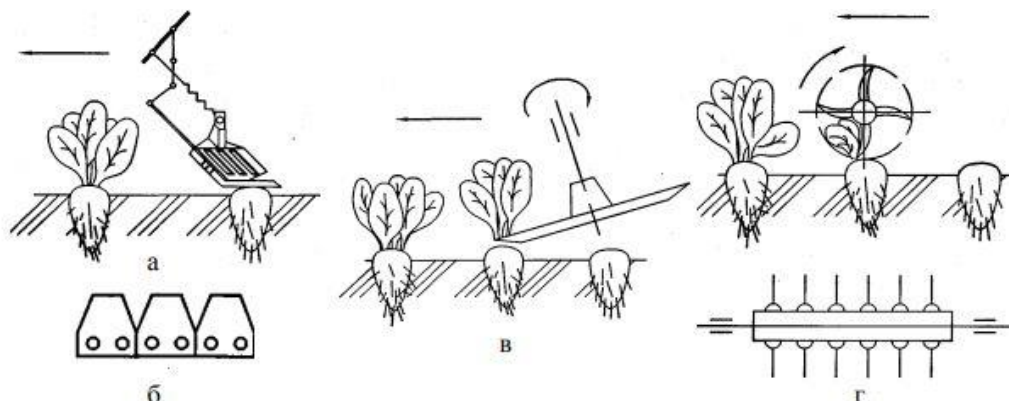


Рис. 3.1. Схеми гичкорізів.

Конструкція гичкорізу пасивної дії (рис. 3.1а, рис. 3.2) представлена горизонтальним, встановленим під кутом до напрямку руху плоским ножом та п'ятиполозковим копіром.



Рис. 3.2. Гичкоріз з пасивним ножом та п'ятиполозковим копіром [8].

З рисунку видно, що досить прості механізми, через що знайшли досить широкого використання. Але, на нашу думку, вони мають суттєвий недолік, це низька швидкість різання, яка залежить від швидкості руху агрегату. Наслідком цього може бути навіть вивертання коренеплодів. Тому, найчастіше вони виконують функцію доочисників головок. Вони використовуються на наступних машинах: вітчизняних - КС-6Б-10, РКМ 6-07, МГР-6-04, МБП-6,

закордонного виробництва Holmer Terra Dos, Grimme FT 270 V, Amity WIC, TIM MII SA/TE 120Kleine KR-6 [2,8].

Апаратом з робочими органами активної дії є сегментні гичкорізи (рис. 3.1б). Процес їх роботи подібний до роботи різальних апаратів косарок. В силу певних обставин вони не знайшли широкого використання.

Досконалою конструкцією з точки зору якості виконання процесу є дисковий апарат (рис. 3.1в, рис. 3.3). Цей пристрій є частиною гичкозбиральної машини БМ-6Б (рис. 2.4), яка наразі використовується в дво- чи трьохфазних технологіях збору коренеплодів. Апарат належить до копірних механізмів і функціонує як пристрій індивідуальної дії, оскільки працює виключно по рядку. Завдяки копіру забезпечується якісне обрізання гички.

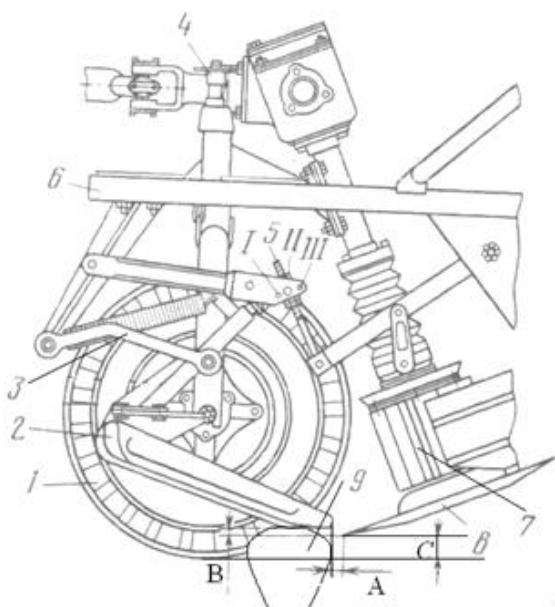


Рис. 3.3. Дисковий гичкоріз машини БМ-6Б: 1 - колесо; 2 - копір; 3 – паралелограмна підвіска; 4 - гвинт регульовальний; 5 - гвинтова регульовальна тяга; 6 - рама; 7 - бітер; 8 - дисковий ніж; 9 - буряк.

У порівнянні з іншими гичкорізами, цей має більш складну конструкцію та технологічні налаштування, що дещо негативно впливає на його конкурентоспроможність.

Гичкорізи барабанного (роторного) (рис. 3.1г) типу набули чи не найширшого використання на сучасній бурякозбиральній техніці. Їх встановлюють на гичкозбиральних модулях всіх провідних фірм, виробників

самохідних бурякозбиральних комбайнів (Amity WIC, Holmer, Kleine, Rora, Stoll, Grimme, Franquet, Matrot, Mazzotti тощо) [2,8,24,25].

До прикладу, це самохідні комбайни Holmer Terra Dos T4-40 (рис. 3.4), Rora Euro-Tiger V8-4 (рис. 3.5), KLEINE SF-10 (рис. 3.6).



Рис. 3.4. Бурякозбиральний комбайн Holmer Terra Dos T4-40.



Рис. 3.5. Бурякозбиральний комбайн Rora Euro-Tiger V8-4.



Рис. 3.6. Буякозбиральний комбайн KLEINE SF-10

Слід зазначити, що вітчизняними спеціалістами також було запропоновано конструкцію аналогічного за функціоналом комбайна КСБ-6-10 «ТЕРНОПІЛЬ» (рис. 3.7). Його гичкозбиральний модуль також оснащено барабанним (роторним) гичкорізом.



Рис. 3.7. Комбайн буякозбиральний КСБ-6-10 «ТЕРНОПІЛЬ».

Таку довіру і поширеність він набув завдяки конструкційній простоті, високій надійності та універсальності.

В загальному, вони можуть мати вигляд (рис. 3.8) [2,15].

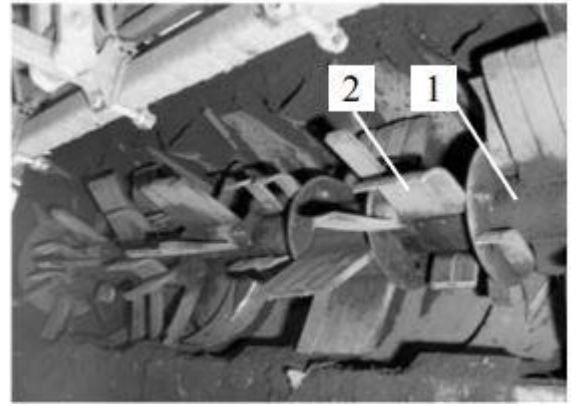
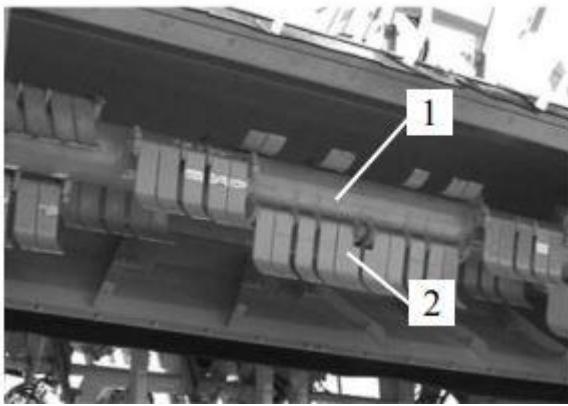


Рис. 3.8. Загальний вигляд барабанного гичкоріза: 1 - вал; 2 – ніж.

Кріплення ножів до ротора може бути жорстким (рис. 3.11) на болтових з'єднаннях та шарнірним (3.9, 3.10). Здебільшого це лопатеві ножі з загостреним лезом. Завдяки такій конструкції вони при обертанні ротора можуть створювати ефект роботи вентилятора. Створювані таким чином повітряні потоки сприяють очищенню з боків головок засохлих або підв'ялених стебел гички.

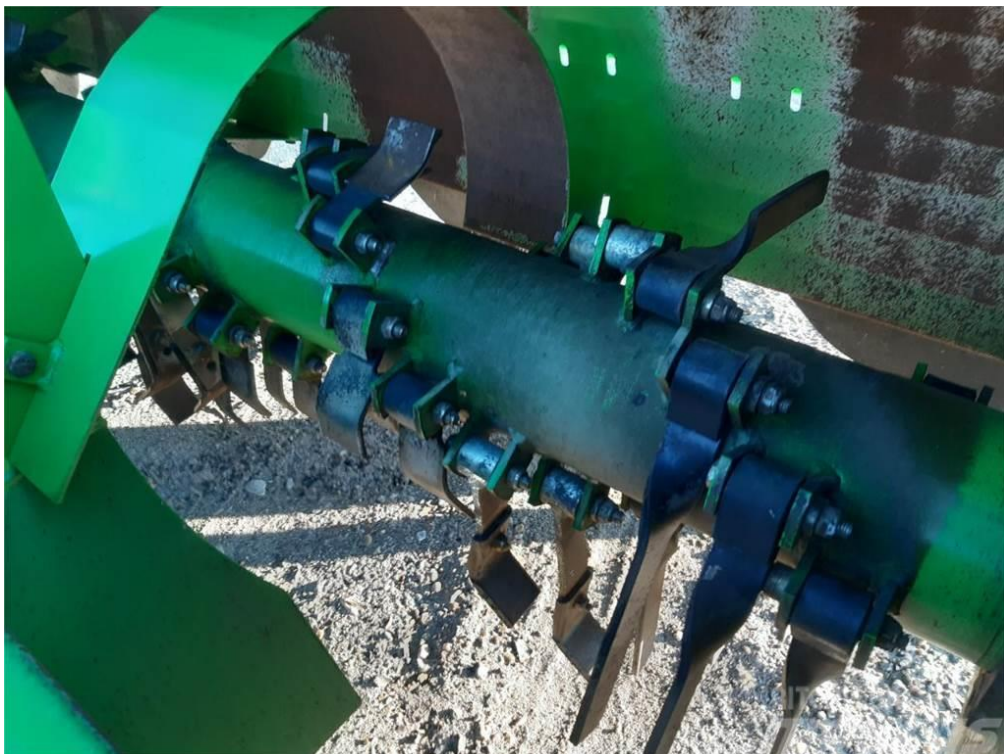


Рис. 3.9. Барабанний гичкоріз машини AVR RAFALE



Рис. 3.10. Барабанний гичкоріз машини Grimme KS 3600



Рис. 3.11. Барабанний гичкоріз машини AVR Multivator

Очевидно, що більш якісні показники матиме гичкоріз з жорстким кріпленням ножів, але в плані надійності переважатиме гичкоріз з шарнірним кріпленням останніх. Тут виробник і споживач повинні визначитися з вибором.

3.3. Обґрунтування умови стійкості ножів від дії зовнішніх сил.

Для ефективної роботи роторного гичкоріза потрібно забезпечити радіальне розташування ножів (молотків). Навіть незначне відхилення від цього положення може негативно вплинути на якість роботи машини [2,3,4,8,23]. На

фактичне положення ножа (молотка) впливають відцентрова сила та сила тертя в шарнірі, яким ніж кріпиться до кронштейна ротора. Завдяки дії сили тертя шарнірне з'єднання можна вважати майже жорстким (рис. 3.12, 3.13). Щоб відхилити ніж від його робочого положення, до його леза потрібно прикласти зусилля, що перевищує дію сили тертя. У цьому випадку величина сили тертя буде пропорційною потужності, необхідній для зрізання, тобто

$$T = f \cdot N, \quad (3.1)$$

де N - потужність, потрібна для зрізання гички, кВт ;

$f = 0,16$ - коефіцієнт тертя в шарнірі (пара сталь-сталь) [9].

Шарнірне з'єднання ножа з барабаном забезпечує захист леза та привідного механізму від пошкоджень у разі зіткнення з перешкодою (рис. 3.12).

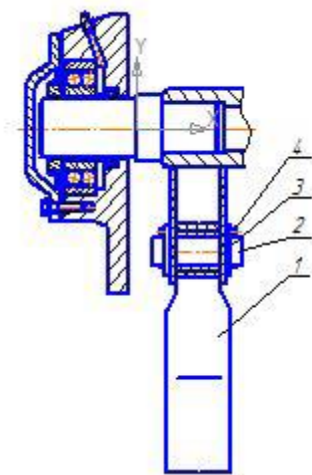


Рис. 3.12. Ніж в зборі: 1 – ніж; 2 – палець; 3 – шайба; 4 - шплінт

Рівняння моментів сил відносно осі шарніра матиме вигляд [2,4,8,15]

$$P \cdot S = m \cdot \omega^2 \cdot \rho \cdot a \cdot \sin \gamma + f \cdot m \cdot \omega^2 \cdot \rho \cdot r \quad (3.2)$$

де $l = 0,195\text{ м}$ - відстань між віссю симетрії шарнірного з'єднання та лезом ножа;

γ - кут, на який може відхилитися ніж від радіального положення;

$m = 1,1\text{ кг}$ - маса ножа;

$\omega = 93\text{ с}^{-1}$ - кутова швидкість барабана;

$a = 0,050\text{ м}$ - відстань між віссю обертання та центром ваги ножа;

$R_1 = 0,108\text{ м}$ - відстань між осями симетрії барабана та підвісу;

$r = 0,0125\text{ м}$ - радіус шарніра;

$\rho = R_1 + a = 0,108 + 0,050 = 0,158\text{ м}$;

$R_0 = 0,303\text{ м}$ - радіус барабана.

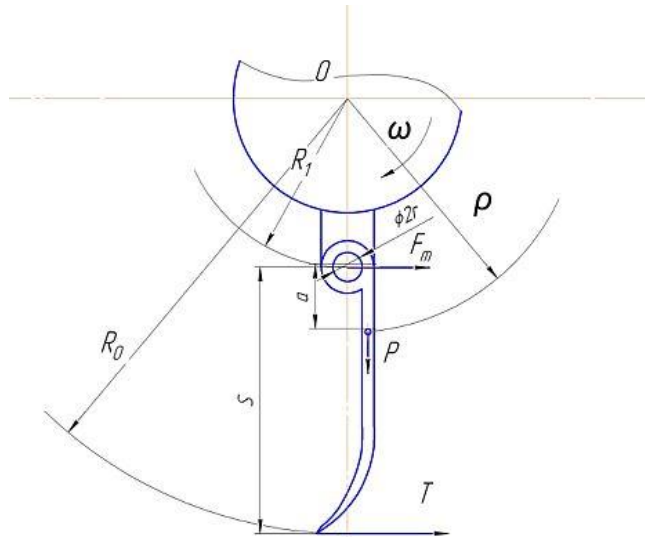


Рис. 3.13. Схема сил, які діють на ніж ротора барабана

У випадку, коли ніж займає радіальне положення кут γ дорівнюватиме нулю. Відповідно, ніж максимально якісно буде зрізати гичку.

Тут

$$P \cdot l = f \cdot m \cdot \omega^2 \cdot \rho \cdot r \quad (3.3)$$

Тобто, сила тертя в шарнірі і сила T , яка спрямована на відхилення ножа будуть знаходитися у врівноваженому стані.

Очевидно, що відхилення ножа не буде, якщо виконуватиметься нерівність.

Або, відхилення ножа буде відсутнім за умови виконання нерівності

$$P \cdot l \leq f \cdot m \cdot \omega^2 \cdot \rho \cdot r \quad (3.4)$$

В свою чергу, значення моменту сили, який спрямований на відхилення ножа від радіального положення визначиться з виразу.

$$P \cdot l = M_p = \frac{N \cdot l}{n \cdot z \cdot R_0} \quad (3.5)$$

де $z = 3$ - число ножів, які одночасно приймають участь у якісному зрізанні гички з головки кореня цукрового буряка.

$N = N_{\text{ВВЛ}} = 38,8 \text{ кВт}$ - з попередніх розрахунків потужність, необхідна для зрізання гички.

З урахуванням того, що

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} \quad (3.6)$$

отримаємо математичну модель, яка описує умову стійкості ножа

$$\frac{10^3 \cdot \pi \cdot N \cdot l}{30 \cdot \omega \cdot z \cdot R_0} \leq f \cdot m \cdot \omega^2 \cdot \rho \cdot r \quad (3.7)$$

Враховуючи конструктивні особливості машини МГ-6 маємо

$$\frac{10^3 \cdot 3,14 \cdot 38,8 \cdot 0,195}{30 \cdot 93,0 \cdot 3 \cdot 0,303} \leq 0,16 \cdot 1,1 \cdot 10 \cdot 93,0^2 \cdot 0,195 \cdot 0,0125$$

$$9,37 \leq 37,1,$$

що вказує на те, умова стійкості ножа при зазначених характеристиках виконується.

Використавши математичну модель 3.7 будемо графічну модель залежності (рис. 3.14) впливу зміни кутової швидкості барабану на радіальну стійкість ножа.

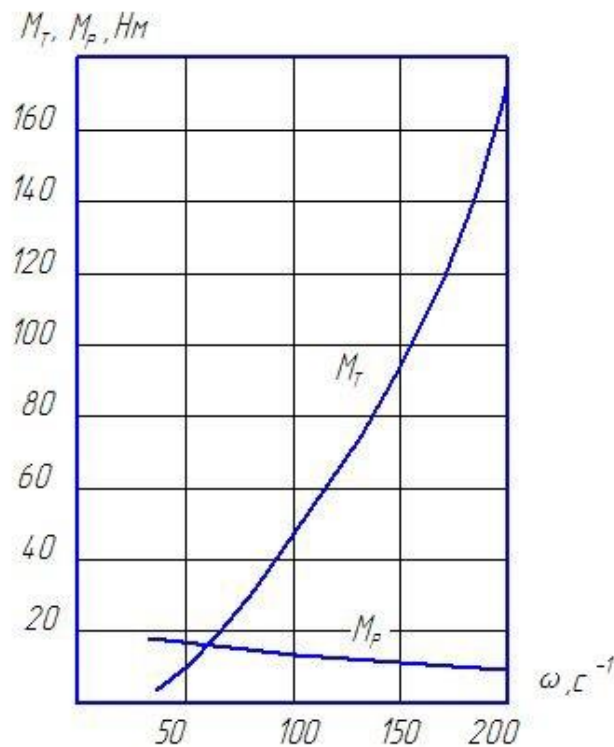


Рис. 3.14. Графік залежності моментів M_T та M_P від величини кутової швидкості ножа.

З помітним зростанням кутової швидкості барабана спостерігається зменшення моменту сили, що прагне відхилити ніж від радіального положення. Водночас значно підвищується момент сил тертя в шарнірі, який сприяє збереженню радіальної стійкості ножа.

Виходячи з отриманих моделей, збільшення частоти обертання барабана виглядає доцільним для забезпечення ефективної роботи розглянутого типу гичкоріза.

Висновки по розділу. Виконано критичний аналіз відомих закордонних та вітчизняних конструкцій самохідних бурякозбиральних комбайнів з гичкорізальними модулями та, безпосередньо, гичкорізів.

Отримано математичну та графічну моделі умови стійкості ножа барабанного гичкорізу, практичне використання яких дозволить вибрати оптимальний режим його роботи.

4. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Обґрунтування параметрів барабана

Траєкторія руху лез ножів описується циклоїдою (рис. 4.1)

Тому, зазначену траєкторію можна описати наступними залежностями [2,4,8,19].

$$X = V_m \cdot t + R_0 \cdot \sin \omega t ; \quad (3.8)$$

$$Y = R_0(1 - \cos \omega t) . \quad (3.9)$$

де V_m - робоча швидкість агрегату;

t - час проходження шляху, $S = d_r$;

$d_r = 0,125m$ - середнє значення діаметру головки коренеплоду [техн. культ];

Кут обертання барабана за час t

$$\varphi = \omega t = \frac{2\pi}{z} = \frac{2 \cdot 180^\circ}{1} = 360^\circ , \quad (3.10)$$

$z = 1$ - число ножів, розміщених в одній площині.

Параметри S, n_0, V_m та z взаємопов'язані

де S - ширина площини взаємодії леза ножа з головкою коренеплоду, m

$$S = \frac{60 \cdot V_m}{n_0 \cdot z} \quad (3.11)$$

Підставивши значення, отримаємо

$$n_0 = \frac{60 \cdot 1,79}{0,125 \cdot 1} = 859,2 \text{ хв}^{-1}$$

Відповідно до кінематичної схеми (рис. 4.3) та рекомендацій заводу-виробника гичкозбиральної машини частота обертання барабана складає $n = 889,0 \text{ хв}^{-1}$. Отримане за результатами розрахунків значення частоти обертання барабана дуже близьке до значення заводського. Тому, призначаємо $n_0 = n = 889 \text{ хв}^{-1}$. Це значення також відповідає рекомендованим для такого типу гичкоріза $n_0 = 700 \dots 900 \text{ хв}^{-1}$, при цьому колова швидкість лез ножів буде знаходитись в межах $V_0 = 20 \dots 30 \text{ м/с}$ [2,8].

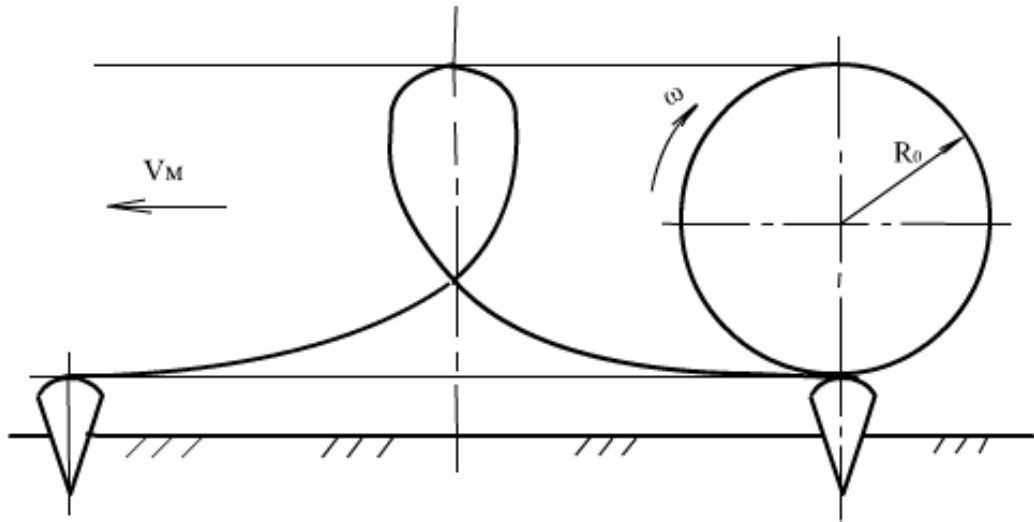


Рис. 4.1. Схема взаємодії леза молотка з головкою коренеплоду.

З урахуванням того, що $V_0 = 28,5 \text{ м/с}$ при $n_0 = 889 \text{ хв}^{-1}$, діаметр барабана гичкоріза по краях лез ножів визначиться (рис. 4.2)

$$D_0 = \frac{60 \cdot 1000 \cdot V_0}{\pi \cdot n_0} = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 28,5}{3,14 \cdot 889} = 612 \text{ мм} \quad (3.12)$$

Видно, дане значення діаметра барабана близьке до значення закладеного заводом в конструкцію машини. Тому, приймемо заводський варіант, перевірений в умовах експлуатації - $D_0 = 606 \text{ мм}$.

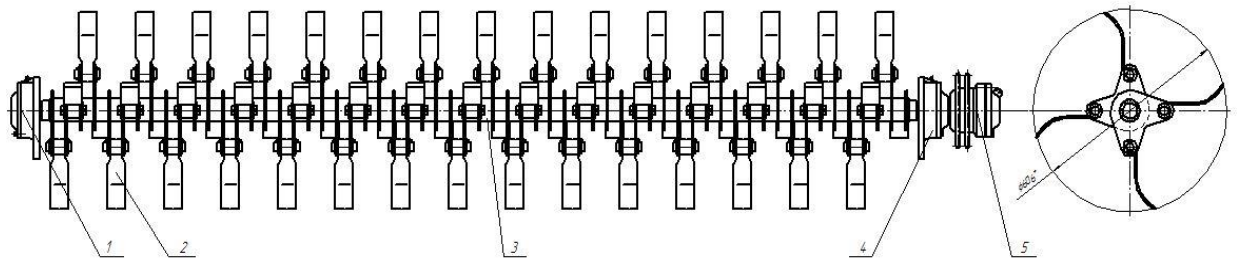


Рис. 4.2. Барабан: 1,4 - підшипникові опори; 2 – ніж; 3 – вал барабана; 5 – обгінна муфта.

В зв'язку з цим, дійсне значення колової швидкості лез ножів розрахується

$$V_0 = \frac{\pi \cdot D_0 \cdot n_0}{60 \cdot 1000} = \frac{3,14 \cdot 606 \cdot 889}{60 \cdot 1000} = 28,2 \text{ м/с}$$

4.2. Кінематичний розрахунок

Визначаємо частоти обертання валів.

Згідно кінематичної схеми (рис. 4.3) частота обертання валу I дорівнюватиме частоті обертання ВВП $n_{BVI} = 540 \text{ хв}^{-1}$ трактора, $n_1 = 540 \text{ хв}^{-1}$. Тоді, частоти обертання наступних валів дорівнюватимуть [11]

$$n_{II} = n_I \frac{z_1}{z_2} = 540 \frac{28}{17} = 889,4 \text{ хв}^{-1};$$

$$n_{III} = n_{II} \frac{z_3}{z_4} = 889,4 \frac{26}{26} = 889,4 \text{ хв}^{-1}$$

$$n_{IV} = n_{III} \frac{z_5}{z_6} = 889,4 \frac{14}{28} = 444,7 \text{ хв}^{-1}$$

Кутові швидкості зазначених валів

$$\omega = \frac{\pi \cdot n}{30}, \quad (3.13)$$

$$\omega_I = \frac{3,14 \cdot 540}{30} = 56,5 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_{II} = \frac{3,14 \cdot 889,4}{30} = 93,0 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_{III} = \frac{3,14 \cdot 889,4}{30} = 93,0 \text{ с}^{-1}$$

$$\omega_{VI} = \frac{3,14 \cdot 444,7}{30} = 46,5 \text{ с}^{-1}$$

4.3. Силовий аналіз механізмів машини

В основу силового аналізу буде покладено значення потужності, необхідної для приводу барабана та шнека отриманого в розділі 2 - $N_{BVI} = 38,8 \text{ кВт}$ при агрегуванні машини з трактором МТЗ-80.

Потужність на вище розглянутих валах механізму приводу [11].

$$N_I = N_{BVI} = 38,8 \text{ кВт}$$

$$N_{II} = N_I \cdot \eta_{нк}^4 \cdot \eta_{м}^3 \cdot \eta_{зн} = 38,8 \cdot 0,995^4 \cdot 0,99^3 \cdot 0,98 = 36,1 \text{ кВт}$$

де $\eta_{нк} = 0,995$ - ККД підшипників кочення;

$\eta_{зн} = 0,98$ - ККД зубчастої передачі;

$\eta_{м} = 0,99$ - ККД муфти.

$$T_{II} = \frac{N_{II}}{\omega_{II}} = \frac{10^3 \cdot 36,1}{93,0} = 388,2 \text{ Нм}$$

$$T_{III} = \frac{N_{III}}{\omega_{III}} = \frac{10^3 \cdot 33,3}{93,0} = 358,1 \text{ Нм}$$

$$T_{IV} = \frac{N_{IV}}{\omega_{IV}} = \frac{10^3 \cdot 32,1}{46,5} = 690,3 \text{ Нм}$$

Висновок по розділу. В розділі наведено результати інженерних розрахунків, в яких обґрунтовано параметри барабана гичкоріза, кінематичні та силові розрахунки. Вони підтверджують працездатність удосконаленого гичкоріза.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Будь-який сільськогосподарський процес завжди включає вплив різноманітних чинників і явищ, здатних спричинити травми або іншу шкоду здоров'ю працівників. Під час вирощування цукрових буряків застосовуються численні мобільні агрегати, серед яких є і гичкозбиральний. Як було зазначено раніше, цей агрегат складається з трактора МТЗ-80 та гичкозбиральної машини МГ-6. Кожен із компонентів такого агрегату може становити потенційну небезпеку для обслуговуючого персоналу та оточуючих [13].

Особливо небезпечно використовувати агрегати, які є несправними або не укомплектованими необхідними конструктивними складовими, засобами безпеки і особистої гігієни.

Експлуатація гичкозбирального агрегату забороняється у таких випадках:

- несправність гальм трактора а також механізмів керування рухом;
- відсутність захисних огорожень на рухомих частинах трактора та гичкозбиральної машини.
- несправність начіпної системи трактора і машини;
- використання несертифікованого обладнання під час виконання ремонтних чи регламентних робіт;
- відсутність засобів для очищення робочих органів від рослинних залишків та ґрунту;
- несправність або відсутність конструктивних елементів трактора, що створюють безпечний доступ механізатора до кабіни (наприклад, сходинки);
- несправна освітлювальна система і звукова сигналізація складових агрегату;
- робота чи переміщення на схилах, що може призвести до втрати стійкості агрегату в повздовжній чи поперечній площині;

Окрім технічних аспектів, виникнення небезпечних ситуацій може бути обумовлене негативним впливом на механізатора навколишніх умов. До таких факторів належать екстремальні коливання температурного режиму, підвищена

або знижена вологість повітря, загазованість і запиленість робочої зони, а також погодні явища, як-от дощ, вітер тощо.

Небезпечні фактори можуть виникати і через недостатню організацію процесу збирання гички [10,13]. Серед основних причин можна виділити:

- відсутність інструктажу з дотримання правил та вимог охорони праці;
- брак попереджувальних знаків, які інформують про небезпечні елементи конструкцій трактора чи машин.

Для запобігання цим ризикам необхідно забезпечити виконання відповідних заходів.

Перед початком збору гички важливо перевірити технічний стан трактора і машини. Усі механічні передачі й шнек машини мають бути обладнані захисними огороженнями, пофарбованими в контрастні до основного кольору машини відтінки. На конструктивних елементах, які можуть становити потенційну небезпеку, необхідно розмістити попереджувальні знаки відповідно до вимог державного стандарту [10].

Для забезпечення комфортних умов праці механізатора внутрішня частина кабіни має бути оброблена шумоізоляційними матеріалами згідно з положеннями ДСП 3.3.2.041-99. Перед початком роботи в полі обов'язково слід перевірити справність гальмівної, освітлювальної та електричної систем трактора, а також заповнити його резервуари необхідними експлуатаційними рідинами.

Керівник технічної служби оцінює кваліфікацію механізатора та його здатність виконувати свої професійні функції. Спеціаліст з охорони праці проводить необхідний інструктаж, а медичний працівник здійснює перевірку на ознаки алкогольного або наркотичного сп'яніння.

Під час роботи на загінці тракторист зобов'язаний уважно стежити за навколишньою обстановкою, щоб уникнути наїзду на обслуговуючий персонал або зіткнення з іншими технічними засобами. Серед його обов'язків також контроль роботи механізму передач машини, барабана та шнека. У разі

забивання робочих органів ґрунтом, гичкою чи іншою рослинністю він має розчистити їх за допомогою чистика, залишаючи відходи на поверхні поля.

Під час роботи в сонячний день слід користуватися сонцезахисними щитками, розташованими у верхній частині кабіни над лобовим склом, а також, за необхідності, сонцезахисними окулярами.

Фізична та психічна втома є важливими факторами, що впливають на безпеку виконання робіт. Такий стан найчастіше виникає через монотонний характер завдань. Для запобігання перевтомі в робочому графіку необхідно передбачити технологічні перерви.

Висновки по розділу. На основі аналізу небезпечних факторів і явищ, які супроводжують роботу гичкозбирального агрегату запропоновано ряд рекомендацій, які допоможуть забезпечити безпечні умови праці під час збору гички цукрових буряків.

6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

За результатами виконаної роботи можна зробити наступні загальні висновки:

1. Критично проаналізовано та обґрунтовано внесені зміни в існуючу технологічну карту на вирощування цукрових буряків. А саме, запропоновано здійснювати зрізання та видалення гички збиральним агрегатом в складі трактора МТЗ-80 та гичкозбиральної машини МГ-6.

2. Виконано критичний аналіз відомих закордонних та вітчизняних конструкцій різних способів агрегування гичкозбиральних машин, самохідних бурякозбиральних комбайнів з гичкорізальними модулями та, безпосередньо, гичкорізів.

3. Отримано математичну та графічну моделі умови стійкості ножів барабанного гичкорізу, практичне використання яких дозволить вибрати оптимальний режим його роботи.

3. Обґрунтовано параметри барабанного гичкоріза, виконано кінематичні та силові інженерні розрахунки.

4. Запропоновано заходи безпечного використання гичкозбирального агрегату.

5. Запропоновані зміни в технологію вирощування цукрових буряків дозволять скоротити час на збирання урожаю завдяки більшій продуктивності та надійності запропонованого агрегату. Прогнозовано скоротяться витрати паливо-мастильних матеріалів. Це вказує на економічну ефективність даної заміни.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Амосов, В. В. Математичне моделювання процесів і машин : навч. посіб. : [для студентів агротехнічних спеціальностей] / В. В. Амосов, В. М. Сало, М. О. Свірень. Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2022. 218 с.
2. Барановський В. М. Технологічні аспекти процесів роботи гичкозбиральних модулів: Монографія / В.М. Барановський, М.Р. Паньків, Е.Б. Береженко, Б.М. Береженко, В.А. Бойко. – Тернопіль: Ред.-вид. відділ ТНТУ ім. І. Пулюя, 2022. – 294 с.
3. Борис М.М. Обґрунтування конструктивної схеми машини для відокремлення гички цукрових буряків. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. 2012. № 11. Т. 1(65). С. 98 – 102.
4. Булгаков В.М. Теорія бурякозбиральних машин. К.: Видавничий центр НАУ, 2005. 245 с.
5. Буряки цукрові. Збирання. Показники якості та методи їх визначання: ДСТУ 7062:2009. - [Чинний від 2009-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 9с. – (Національний стандарт України).
6. Васильковський О.М., Лещенко С.М., Васильковська К.В., Петренко Д.І. Підручник дослідника : навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. Харків : Мачулін, 2016. 204 с.
7. Васильковський О., Лещенко С., Васильковська К., Петренко Д. Основи наукових досліджень. Перші наукові кроки. : навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. Харків : Мачулін, 2019. 164 с.
8. Волоха М.Н. Технологічний комплекс машин для виробництва буряків цукрових: ширина міжрядь. Теорія, моделювання, результати випробувань [монографія] / М.П. Волоха.- Київ: Центр учбової літератури, 2015. – 220 с.
9. Гірка В. О. Фізичний практикум з механіки та молекулярної фізики / В. О. Гірка, І. О. Гірка, Р. І. Старовойтов – Х. : ХНУ імені В. Н. Каразіна, 2014. - 227 с.

10. Графічні символи: Кольори та знаки безпеки. Частина 1. Принципи проектування знаків безпеки для робочих місць та місць градського призначення: ДСТУ ISO 3864-1:2005.– [Чинний від 2005-05-25].– К: Держстандарт України, 2006. 25 с.

11. Деталі машин. Розрахунок та конструювання [Текст] : підручник / Г. В. Архангельський, М. С. Воробйов, В. С. Гапонов [та ін.]. Київ : Талком, 2014. 684 с.

12. Довідник з машиновикористання в землеробстві / В.І. Пастухов, А.Г. Чигрин, П.А. Джолос та ін.; за ред. В.І. Пастухова. Харків : ООО „Веста”, 2001. 343 с.

13. ДСТУ 2189-93 Система стандартів безпеки праці. Машини сільськогосподарські навісні та причіпні. Загальні вимоги безпеки. Зі зміною № 1 та поправкою.

14. Експлуатація машинно-тракторного парку в агропромисловому комплексі. / В.Д. Войтюк, І.І. Мельник, Р.В. Шатров, В.Г. Опалко, В.І. Солтисюк, В.В. Марченко, Л.С. Шимко : навч. посібник. Ніжин : ТОВ «Видавництво «Аспект-Поліграф», 2016, 632 с.

15. Клімук, М. В., Герасимчук, О. О., Подоляк, В. М. Огляд машин для видалення гички з головок коренеплодів цукрових буряків. Наукові нотатки. 2002. № 11. С. 182 – 186.

16. Мельник І.І., Гречкосій В.Д., Бондар С.М.. Проектування технологічних процесів у рослинництві. Ніжин : Аспект-Поліграф, 2005. 192 с.

17. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсів «Технологія механізованих робіт в рослинництві» та «Машиновикористання в рослинництві» для студентів спеціальностей 208 «Агроінженерія» та 133 «Галузеве машинобудування» / Укладачі: В. М. Сало, С. М. Лещенко, Д. І. Петренко, О. М. Васильковський, П. Г. Лузан. – Кропивницький : ЦНТУ, 2018. – 170 с.

18. Пастухов В.І. Енергетична оцінка механізованих технологій рослинництва. Харків : „Ранок-НТ”, 2003. 100 с.

19. Скрипник В.І. Розробка, виробництво, конструктивні особливості нової сільськогосподарської техніки : навчальний посібник для здобувачів професійної (професійно-технічної) освіти / В.І. Скрипник. – Київ : Літера ЛТД, 2019. – 256 с.
20. Сільськогосподарські машини : навч. посіб. / Войтюк Д.Г. та ін. Київ : "Агроосвіта", 2017. 180 с.
21. Технічні культури: навч. посібник / О.С. Городецький, Л.М. Качан, С.П. Вахній, В.С. Хахула; За ред. О.С. Городецького.- Біла Церква, 2018. – 288 с.
22. Управління технологічними процесами у рослинництві : підручник / В.Д. Войтюк, С.М. Бондар, Л.С. Шимко, В.М. Пришляк. Ніжин. : ТОВ «Видавництво «Аспект-Поліграф»», 2016. 672 с.
4. Процеси, машини та обладнання АПВ : навч. посіб. / М. О. Свірень, В. П. Смірнов, І. М. Осипов [та ін.]. Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2018. 296 с.
23. Berezhenko E. Analysis of methods for harvesting haulm root crops and designs of harvest modules. Innovative Solutions in Modern Science. USA, New York: Center for international scientific cooperation ТК Meganom, LLC. 2020. № 2(38). С. 46 – 54.
24. Котович Х. Техніка для збирання цукрових буряків. URL: <https://agroelita.info/tekhnika-dlia-zbyrannia-tsukrovyykh-buryakiv>.
25. Машини для збирання цукрових буряків: конструкції та сучасні вимоги. URL: <https://propozitsiya.com/ua/mashini-dlya-zbirannya-cukrovih-buryakiv-konstrukciyi-ta-suchasni-vimogi>.
26. Чи буде солодко від цукрових буряків агроному, залежить від технології вирощування. URL: <https://superagronom.com/articles/718-chi-bude-solodko-vid-tsukrovih-buryakiv-agronomu-zalejit-vid-tehnologiyi-viroschuvannya>.

