

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)  
Технічної механіки та сільськогосподарських машин  
(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення процесу збирання гички цукрових буряків з  
розробкою механізму зрізання гичкозбиральної машини

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГ-41  
спеціальності 208

Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Алексевич О.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Хомик Н.І.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Сташків М.Я.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Бабій А.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль  
2024

Міністерство освіти і науки України  
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій  
(повна назва факультету)

Кафедра Технічної механіки та сільськогосподарських машин  
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20\_\_ р.

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр  
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія  
(шифр і назва спеціальності)

студенту Алексевичу Олександрю Андрійовичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення процесу збирання гички цукрових буряків з  
розробкою механізму зрізання гичкозбиральної машини

Керівник роботи Хомик Надія Ігорівна, к.т.н., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 24 » січня 2024 року № 4/7-62

2. Термін подання студентом завершеної роботи 25 червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи трактор інтегральної схеми; експлуатаційна маса трактора 5600 кг; експлуатаційна потужність 150 к.с.; питома витрата палива 220г×кВт/год; робоча швидкість – до 6 км/год; гичкозбиральна машина МБФ-6 – фронтально-начіпна; ширина міжрядь 450 мм; кількість рядків, що збирається – 6 шт.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Реферат. Вступ. 1. Аналіз особливостей технологій збирання гички цукрових коренеплодів.

2. Удосконалення процесу зрізання гички зміною конструкції механізму зрізання.

3. Проектування та обґрунтування у конструкції механізму зрізання гички.

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Загальні висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точних зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1-2. Мета, предмет, об'єкт, задачі дослідження. Актуальність кваліфікаційної роботи.

3-4. Структура роботи. Зміст роботи. 5. Схема гичкозбирального агрегата на базі інтегрального

трактора. 6. Підбирач гички. 7. Трасмісія гичкозбиральної машини. 8. Зміст роботи (продовжен-

ня) ведучий вал приводу підбирача гички. 9. Ведучий вал в зборі підбирача гички.

10. Організація роботи агрегата в полі. 11. Практичне значення отриманих результатів.

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Окіпний І.Б., к.т.н., зав. каф. МТ		

7. Дата видач завдання

24 січня 2024 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін етапів виконання роботи	Примітка
1	Аналіз особливостей технологій збирання гички цукрових коренеплодів.	до 20.02.2024	
2	Удосконалення процесу зрізання гички зміною конструкції механізму зрізання.	до 30.03.2024	
3	Проектування та обґрунтування у конструкції механізму зрізання гички	до 30.04.2024	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	до 12.05.2024	
9	Реферат. Вступ. Загальні висновки	до 30.05.2024	
10	Ілюстративний матеріал	до 10.06.2024	

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Алексевич О.А.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_ (підпис)

Хомик Н.І.

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

**Автор роботи** – Алексевич Олександр Андрійович

**Тема роботи** – «Удосконалення процесу збирання гички цукрових буряків з розробкою механізму зрізання гичкозбиральної машини».

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

**Керівник роботи** – Хомик Надія Ігорівна, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

**Структура роботи.** Робота складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, переліку посилань (27 найменувань), 3 додатків. Загальний обсяг текстової частини – 52 сторінки, на яких є 10 рисунків та 1 таблиця. Ілюстративний матеріал розміщений на 11 аркушах формату А4.

**Актуальність теми роботи.** Удосконалення процесу збирання гички цукрових буряків можна досягти зміною конструкції механізму зрізання завдяки поєднанню дискового активного гичкоріза кінематично зв'язаного з механізмом копіювання розташування головок коренеплодів над поверхнею ґрунту та поєднаних з ним підбирачем і вивантажувальним транспортером, забезпечуючи тим самим укладання її у валок на зібрану ділянку поля. Начіпну гичкозбиральну машину з пропонованим механізмом видалення гички можна встановлювати на передню навіску трактора інтегральної схеми, а причіпну коренезбиральну машину на задню навіску трактора і в результаті досягти повноти завантаження трактора здійснюючи процес збирання гички і коренів одним тяговим агрегатом, що суміщає ці операції в одному проході, або виконує їх роздільно.

**Мета роботи:** Удосконалення процесу збирання гички цукрових буряків зміною механізму зрізання гичкозбиральної машини».

Мета роботи потребує вирішення таких завдань:

- проаналізувати особливості технологій видалення гички цукрових буряків;
- проаналізувати конструктивні особливості гичкоріжучих механізмів;

- обґрунтувати комплектування гичкозбирального агрегату з інтегральним трактором для удосконалення процесу збирання гички;
- вибрати тягово-приводну машину і встановити режими роботи агрегата в полі;
- обґрунтувати раціональну схему компонування гичкозбирального агрегата;
- розробити організацію процесу та умов роботи гичкозбиральної машини з розробленим механізмом зрізання;
- виконати конструктивний розрахунок ведучого вала приводу підбирача гички;
- розробити вимоги безпеки праці при підготовці до роботи та під час роботи трактора інтегральної схеми з начіпною гичкозбиральною машиною.

**Об'єкт дослідження.** Механізм зрізання гички гичкозбиральної машини.

**Предмет дослідження.** Технологічні та кінематичні розрахунки тягово-приводної машини і встановлення режимів роботи гичкозбирального агрегату в полі; умови роботи гичкозбиральної машини з розробленим механізмом зрізання; конструктивний розрахунок ведучого вала приводу підбирача гички.

**Практичне значення отриманих результатів.** Обґрунтовано зміни у конструкції механізму зрізання гички фронтальної гичкозбиральної машини агрегатованої з трактором інтегральної схеми. Видалення гички здійснюється дисковим активним гичкорізом кінематично зв'язаним з механізмом копіювання розташування головок коренеплодів над поверхнею ґрунту. Гичкорізи подають зрізану гичку на підбирач, що передає її на поперечний вивантажувальний транспортер, який вивантажує її укладаючи у валок на зібрану ділянку поля так, щоб вона не потрапляла під ходову систему енергозасобу. Визначено умови роботи гичкозбиральної машини з розробленим механізмом та послідовність реалізації процесу збирання гички, виконано розрахунок режимів роботи удосконаленим збиральним агрегатом, та проєктування й перевірений розрахунок ведучого вала приводу підбирача гички.

**Ключові слова:** гичкозбиральна машина, трактор інтегральної схеми, механізм зрізання гички, підбирач гички.

## ЗМІСТ

	стр.
ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕХНОЛОГІЙ ЗБИРАННЯ ГИЧКИ ЦУКРОВИХ КОРЕНЕПЛОДІВ.....	8
1.1. Технології видалення гички з головок цукрових буряків.....	8
1.2. Конструктивні особливості гичкоріжучих механізмів.....	11
2. УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗРІЗАННЯ ГИЧКИ ЗМІНОЮ КОНСТРУКЦІЇ МЕХАНІЗМУ ЗРІЗАННЯ.....	17
2.1. Обґрунтування комплектування гичкозбирального агрегату з інтегральним трактором.....	17
2.2. Вибір тягово-приводної машини і встановлення режимів для роботи агрегату в полі.....	20
3. ПРОЕКТУВАННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ У КОНСТРУКЦІЇ МЕХАНІЗМУ ЗРІЗАННЯ ГИЧКИ .....	28
3.1. Раціональна схема компонування гичкозбирального агрегата.....	28
3.2. Організація процесу та умови роботи гичкозбиральної машини з розробленим механізмом зрізання .....	30
3.3. Конструктивний розрахунок ведучого вала приводу підбирача гички.....	37
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	45
4.1. Вимоги безпеки при роботі трактора інтегральної схеми та фронтально-начіпної гичкозбиральної машини .....	45
4.2. Основні правила пожежної безпеки при роботі трактора інтегральної схеми та фронтально-начіпної гичкозбиральної машини .....	47
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	49
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	50
ДОДАТКИ .....	52

## ВСТУП

Удосконалення процесу збирання гички з коренеплодів цукрових буряків можна реалізовувати у різний спосіб – зміною знарядь з різноманітними робочими органами, регулюванням режимів роботи агрегатів, поєднанням та зміною способів збирання та ін. Важливим у цьому є дотримання агротехнічних вимог до якості цукросировини, врахування технічних можливостей наявних машин та агрегатів для виконання відповідних операцій, а також економічну доцільність, тобто досягти зменшення затрат праці і зниження собівартості продукції.

Удосконалення технологічних процесів у рослинництві реалізовується завдяки новим агротехнологіям вирощування сільськогосподарських культур, в основу яких покладені вимоги збереження природної родючості ґрунтів, її покращення, а також підвищення врожайності; завдяки цьому можна досягти зниження трудомісткості виробництва та економії матеріальних ресурсів.

У даній роботі, виходячи з аналізу технологій та засобів механізації у вирощуванні цукрових буряків, реалізується удосконалення процесу збирання гички цукрових буряків, використанням збирального агрегату скомпанованого на базі інтегрального трактора та навісної гичкозбиральної машини, встановленої на передню навіску трактора, з метою підвищення якості цукрової сировини, зменшення втрат і пошкоджень коренеплодів під час їх збирання.

Цукрові буряки вирощують в основному з міжряддями 45см із застосування шестирядної системи машин приєднаних до універсально-просапних тракторів (типу МТЗ-80) та спеціалізованих тракторів (типу Т-70С). Доцільним для збирання цукрових буряків є використання машин та знарядь, які можна агрегувати з універсальними тяговими агрегатами, наявними у господарствах, зокрема з тракторами інтегральних схем, які застосовують під час виконання багатьох операцій. Перспективним є компонування з інтегральним трактором навісної гичкозбиральної машини та причіпної коренезбиральної машини, які б здійснювали процес збирання гички і коренів одним тяговим агрегатом, що суміщає ці операції в одному проході, або виконує їх роздільно; гичкозбиральну машину обладнують активним гичкорізом і копіром.

# 1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТЕХНОЛОГІЙ ЗБИРАННЯ ГИЧКИ ЦУКРОВИХ КОРЕНЕПЛОДІВ

## 1.1. Технології видалення гички з головок цукрових буряків

Завдяки інтенсивним технологіям вирощування цукрових буряків можна отримувати високі врожаїв (400...500ц/га) вкладаючи затрати праці біля 80 люд-год/га. Значна більшість цих затрат праці необхідна для збирання гички та коренеплодів, а також на їх очищення від домішок [23].

Одним із способі збирання є роздільний. Гичку видаляють спеціалізованими механізмами і машинами, опісля підкопують, збирають та очищають коренеплоди коренезбиральними машинами [2, 9, 10, 15, 23].

Якість збирання гички суттєво впливає на якість роботи коренезбиральних агрегатів та машин, а також на якість цукросировини.

Гичкозбиральні агрегати реалізують технологічний процес збирання гички, взаємодіючи з гичкою та коренеплодами, мають відповідати технічним, виробничо-технологічним, експлуатаційним та економічним вимогам [9]. Важливим є забезпечення гичкозбиральними машинами дотримання високих функціональних параметрів встановлених ДСТУ 2258-93 щодо забрудненості коренеплодів гичкою не більше 1,5% по масі; буряків з рештками гички завдовжки 2 см не більше 5 % по загальній масі; зрізання коренеплодів має бути рівним і виконаним вище зон сплячих вічок; коренеплодів з пошкодженням глибоких шарів, тобто зі зломами, сколами, тріщинами не більше 8 % з усієї маси; вибивання буряків з рядків гичкозрізами не допускається.

Гичкозрізачі пристрої мають володіти високою технологічною надійністю (не нижче 0,95) та агротехнічною ефективністю, тобто добре виконувати технологічний процес за різних урожайності, параметрів насаджень, фізичного стану коренеплодів та гички, на засмічених бур'янами полях. Конструкції гичкорізальних машин мають відповідати певній універсальності, що реалізовується модульним принципом агрегування робочих органів завдяки чому вони можуть бути застосовані у різноманітних варіантах процесів збирання коренеплодів відповідно природно-виробничим умовам [9].



Для гичкозбиральних машин характерними мають бути високі надійність і довговічність, що дозволяє дотримання стабільності функціональних та експлуатаційних властивостей а також ресурсу роботи (напрацювання до відмови – це 40год не менше). Конструктивно такі машини мають мати потенціал для інтенсифікації процесу збирання гички через зміну робочої швидкості та можливості зниження метало- та енергомісткості.

Дотримання стабільного рівня агротехнічних показників – важлива вимога до усіх машин, задіяних у збиранні, для гичкозбиральних це особливо актуально в умовах високої врожайності, нерівномірності розташування коренеплодів у рядку, зміни стані гички, при можливій забур'яненості поля. Тобто існуючі конструкції гичкозрізувальних машин та їх пристроїв мають володіти певною пристосованістю до значних змін умов роботи.

За високих врожаїв, тобто на рівні 50...70т/га, якість видалення гички знижується, зокрема під кінець агротермінів збирання. В екстремальних умовах, до яких відносять високу врожайність, може зменшуватися також і продуктивність машин, іноді у 2...6 разів [2, 10, 23]. Усі ці фактори можуть знижувати техніко-експлуатаційні показники гичкозбиральних машин під час роботи, а такі машини мають забезпечувати дотримання їх на рівні: робоча швидкість має бути 1,4...0,6 м/с; продуктивність за одну годину основного часу – 1,35...2,43 га, відповідно експлуатаційного часу – 0,81...1,48га [9].

Конструювати та виготовляти гичкозбиральні машини необхідно з врахуванням технічних вимог до них [9]: можливість регулювати висоту зрізання гички з головок коренеплодів; виготовляти робочі органи гичкорізів потрібно із матеріалів з високою зносостійкістю, або передбачити їх покриття такими матеріалами; усі машини, незалежно від способу агрегування, а саме, причіпні, напівпричіпні, начіпні та напівначіпні мають мати можливість їх приєднання до відповідних систем трактора (гідро-, електро-, пневмо-); у транспортному положенні машини мають мати дорожній просвіт не менше 20см.

Збирання гички цукрових буряків здійснюють за одною із двох основних технологій: перша – зрізання з подальшим завантаженням у транспортні засоби для згодовування тваринам; друга – збирання, подрібнення та розкидання на

поверхні поля як альтернативу добрива. Гичка здебільшого становить 50...70% від маси коренеплодів. При пізніх термінах збирання цей відсоток зменшується у 2...2,5 рази. Переваги першої технології: додаткові корми; поля вільні від рослинних залишків; покращується якість збирання коренеплодів; запобігання поширенню бур'янів та хвороб гички (церкоспороз). За такої технології можливим є копіююче і безкопірне зрізання гички, застосовують як для цукрових, так і для кормових буряків.

Для збирання гички цукрових буряків частіше застосовують механізми з копіюванням головок коренеплодів. Такий спосіб має свої переваги: якісно очищаються коренеплоди від гички незалежно від різного їх положення щодо поверхні ґрунту; гичку не подрібнюють, тому вона має подальше використання як корми. Такий спосіб збирання має також і недоліки: складні та матеріаломісткі пристрої для реалізації; продуктивність машин нижча; завужена спеціалізація машин, які мають копіюючі гичкозрізуючі пристрої.

На більшості сучасних гичкозбиральних апаратів застосовують безкопірне видалення гички цукрових буряків завдяки таким перевагам: менша матеріаломісткість машин, простіші конструктивно, забезпечують вищу продуктивність; у зібрану гичку не потрапляє ґрунт завдяки достатньо високо встановленим гичкозрізуючим робочим органам над поверхнею поля. Недоліки: зібрана гичка подрібнюється і не придатна як корми; якість роботи нижча, бо зрізання гички відбувається по висоті найвище розміщених коренеплодів.

Технологія збирання гички, що поєднує одночасне подрібнення та розсіювання на поверхні поля широко застосовувана у країнах Європи. Практична доцільність її реалізується за високої культури землеробства.

Розмаїття конструкцій гичкозбиральних машин дозволяє реалізовувати технологію збирання для цукрових буряків, якою передбачено складання гички у валки, згодом її підсихання протягом певного періоду з подальшим підбиранням підбирачем-копнувачем обладнаним бункером. Впровадження будь-якої із технологій збирання потребує врахування наявних у господарствах технічних засобів, потенційну врожайність вирощеної культури, природні та господарські умови, реалізацію зібраної продукції, економічну доцільність.

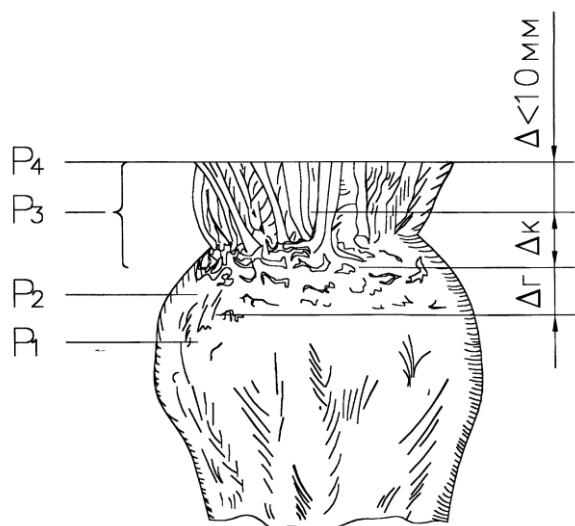
## 1.2. Конструктивні особливості гичкоріжучих механізмів

Гичковидаляючі або гичкозрізаючі механізми – це пристрої, що видаляють гичку з поверхні головок коренеплодів та відводять її за межі дії викопувальних пристроїв, тобто забирають із зони рядків. Відведення гички може бути: у міжряддя, на зібрану ділянку, у транспортні засоби.

Видалення гички гичкозрізувальними апаратами здійснюється різанням. Гичкозрізувальні робочі органи переважно використовують для зрізання основної маси гички. Залишки гички з коренеплодів видаляють очисники головок, їх називають – дообрізувачі, конструктивно це можуть бути окремі типи гичкозрізувальних пристроїв [2, 10, 23].

Видалення гички з верхівок коренеплодів має відбуватися так, щоб у зрізаних частинах було якнайменше цукроносної маси. Згідно агровимог видалена цукроносна маса з гичкою має бути не більше 5% щодо маси коренеплодів, залишків гички на буряках до 1,5% [9].

Поставлені агровимоги виконуються тоді, коли в основній масі коренеплодів площини зрізу переходять через зону коронки або сплячих вічок (рис 1.1). Таке видалення гички вважають нормально обрізаним. Відхилення площини зрізу вгору або вниз від межі допуску буде відповідати високо або низько обрізаним коренеплодам.



$P_1$  – низьке;  $P_2$  – нормальне;  
 $P_3$  – високе;  $P_4$  – незадовільне

Рисунок 1.1 – Показники якості обрізання коренеплодів:

Технології збирання гички, вимоги до якості її видалення, кількість рядків, з яких одночасно збирають гичку – критерії, що впливають на конструктивне виконання гичковидаляючих механізмів, а саме, поєднання у гичкозбиральних машинах, коренезбиральних машинах чи комбайнах, окреме виконання – гичкорізи, очисники та поєднання з копаками коренезбиральних машин [2, 10, 23].

Видалення гички зрізуванням, тобто зрізання лезом ножа, застосовують для видалення основної маси гички а також її решток для за без-печення кондиційного до обрізування головок коренеплодів. Ножі гичкорізів можуть бути активними або пасивними, зрізання гички виконують без підпору, тобто без зустрічного руху ножів і без встановлення протирізальних елементів.

Гичкозрізувальні пристрої обладнані ріжучими елементами, які різняться принципом дії, за яким їх поділяють на такі основні типи: з поступальним рухом (рис. 1.2а); з зворотньо-поступальним рухом (рис. 1.2б); з обертовим рухом (рис. 1.2в і рис. 1.2г).

Перші з них конструктивно найпросторіші, однак через ненадійність виконання техпроцесу зрізування не набули поширення. На забур'яненних полях можуть забиватися, і, як наслідок, – неякісне зрізання та вибивання коренів з ґрунту. Гичкозрізи з пасивними ножами встановлюють як до обрізки головок коренеплодів на деяких машинах фірм Stoll, Kleine, Herriau.

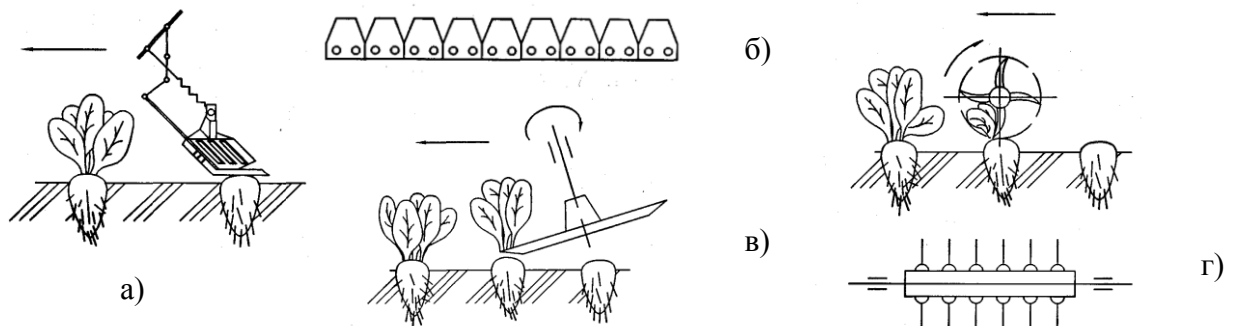


Рисунок 1.2

Гичкозрізувальні пристрої, ріжучі елементи яких виконують зворотньо-поступальний рух, зрізають гичку сегментними ножами на деякій висоті від поверхні ґрунту. Недоліком є те, що у зрізаній гичці немає верхівок головок коренеплодів, тому черешки під час зрізання розсипаються і відбувається забруднення збирання, а також зростають втрати.

Гичкозрізувальні апарати обладнані ножами, які обертаються, розділяють залежно від осі обертання зрізуючих елементів на такі, що мають: горизонтальну вісь (роторні); вертикальну вісь; нахилену вісь.

Найбільше поширення набули конструкції з активними дисковими ріжучими елементами (див. рис. 1.2в) поєднані з пасивними гребінчастими копірами. Ножі у таких апаратах, з'єднані з копіром паралелограмною підвіскою, їх обертовий рух здійснюється через конічний редуктор. Ріжуча поверхня дискових ножів конструктивно може бути суцільна, сегментна або зубчаста. На забур'яненних полях частіше застосовують ножі сегментні і зубчасті, на чистих – суцільні.

Дискові ножі придатні до застосування у всіх зонах, забезпечуючи задовільну якість зрізування за таких умов роботи машин: робочі швидкості до 1,9м/с, урожайність гички до 30т/га, відносно рівна поверхня поля, рівномірне розміщення рослин у рядках [2, 10, 23].

Недоліки дискових ріжучих пристроїв: невеликий діапазон (0...100мм) переміщення ножів у висоту, велика маса рухомих частин, складність конструкцій механізмів привода, підвіски ножів і копірів; можливе вибивання високо розміщених коренеплодів пасивними гребінчастими копірами; зниження якісного обрізування гички при роботі на підвищеній швидкості руху та за умови високоврожайної гички через відсутність повноти копіювання поверхонь головок буряків гребінками копірів.

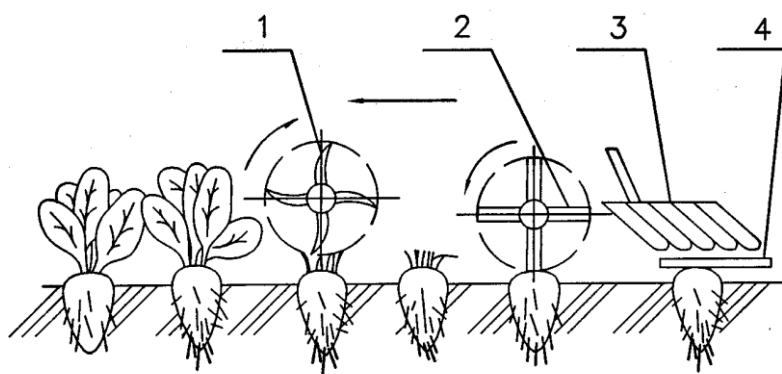
Такі недоліки усунені у конструкціях активних і комбінованих копірів, якими оснащують активні дискові ножі. Завдяки активним копіюючим пристроям кількість звалених коренеплодів під час видалення гички знижується, а щодо якості зрізування врожайної гички, то вона не підвищується. Такі апарати конструктивно складніші і менш надійні, тому їх застосовують нечасто.

Для добре розвиненої і високоврожайної гички застосовують безкопірні роторні пристрої з жорстко закріпленими на дисках лопатевими ножами, які попередньо обрізують гичку на заданій висоті, тоді як дообрізування головок коренеплодів відбувається дисковими апаратами з пасивними гребінчастими копірами. Принципова відмінність у техпроцесі із застосуванням такого пристрою у тому, що зрізана ротором верхня частини гички поступає на шнековий приймаючий транспортер, подрібнюється спеціальним пристроєм і вивантажується у транспортні засоби для відвезення до місць силосування

подрібненої гички, а верхівки головок коренеплодів із рештками гички зрізають доочисні дискові пристрої і викидають на зібране поле, їх не підбирають. Недолік такої технології – це додаткові втрати кормової маси з верхівками коренеплодів, що мають залишки гички і черешків, які залишаються на полі [2, 13, 15, 16, 17].

Гичкозрізувальні пристрої роторного типу (див. рис.1.2г) в основі мають вал, на якому шарнірно закріплюють S-подібні ножі. Такі гичкорізи широко застосовують на бурякозбиральних машинах, які виготовляють у Західній Європі дуже. Роторні гичкозрізувачі встановлені на машинах виробництва фірм Herriau, Matrot, Kleine, Stoll, Fahse (рис. 1.3).

Під час роботи роторних гичкозрізувачів, зрізання гички відбувається на одному рівні. На якість роботи гичкозрізувачів не впливає виступання головок, нерівномірне розташування буряків у рядках, основну частину гички вони зрізають рівно. Рештки гички, що залишилися на головках коренеплодів знімаються очисником головок. Розмаїття моделей роторних гичкорізувальних пристроїв відрізняються конструкціями очисників головок коренеплодів.



1 – вал з S- подібними ножами; 2 – очисник головок коренеплодів; 3 – копір; 4 – пасивний ніж.

Рисунок 1.3 – Схема видалення гички (комбайн Herriau):

Важлива перевага роторних гичкозрізувальних пристроїв – висока продуктивність навіть за високої врожайності гички та високої засміченості плантацій. У вітчизняних машинах роторні апарати не набули широкого використання через надмірне подрібнення

гички відповідно непридатність її для згодовування [13].

На сучасних машинах для збирання гички застосовують гичкозрізувальні пристрої, які можна поділити на три типи, що відрізняються конструкціями і поєднанням основних елементів, що забезпечують зрізання – копіра і ножа.

Перший тип – поєднання пасивного копіра та активного дискового ножа (рис. 1.4а), застосовують на поля за середньої врожайності гички, низького розташування і міцного закріплення буряків у ґрунті. Копіри виконані як гребінки або полозки. Незалежно від погодних умов робоча швидкість машин з такими апаратами до 1,5...1,7м/с. Результат – достатня повнота збирання гички. Збільшення робочої швидкості призводить до погіршення технологічного процесу обрізання гички, в результаті до втрат цукровмісної маси, що потрапляє в гичку. Такі апарати встановлювали на гичкозбиральні машини БМ-6А, БМ-6Б.

Другий тип – активний котковий копір, що обертається і пасивний ніж (рис. 1.4б). практичний на плантаціях високо врожайною гичкою (до 70т/га), яка збирають на корм. Такі пристрої застосовують на машинах виробництва Німеччини та Чехії. Основний недолік таких гичкозрізувальних апаратів – швидке затуплення та неякісне зрізання, особливо коли головки коренеплодів розташовані на рівні ґрунту або нижче.

Третій тип – пасивний копір і пасивний ніж (рис. 1.4в) застосовують для дообрізування головок коренеплодів, на яких гичка вже видалена. Встановлюють на машинах фірм «Herriau», «Kleine», «Moreau», «Stoll».

Варіант поєднання активних копіра і ножа на практичні у застосуванні, бо них усі частини рухомі, тому їх властиві великі інерційні зусилля, що створює надмірне навантаження на конструкцію машини.

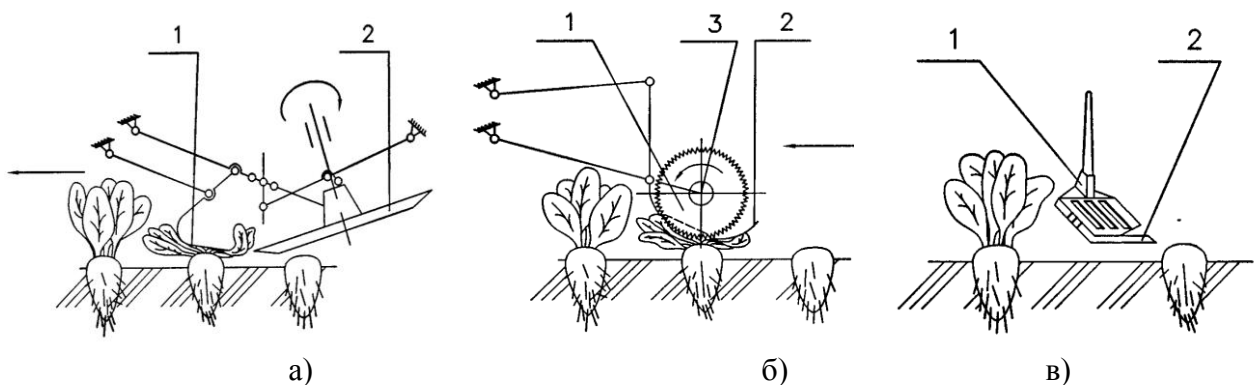


Рисунок 1.4

Якісне зрізання ножами гички відбувається за швидкості руху його леза в межах 15...20м/с [29]. Якщо діаметр ротора на кінцях ножів буде 500...700 мм, то швидкість різання буде відповідати частоті обертів  $600...800\text{хв}^{-1}$ . Для

доочищення головок коренеплодів від рештків гички того, як вона була зрізана на одному рівні, можна використовувати еластичні робочі органи змонтовані на одному валу з ріжучими. Діаметр по кінцям еластичних елементів має бути 600...800 мм, а швидкість руху їх кінців 20...30 м/с.

Швидкість з якою прикладають динамічне навантаження, за якого руйнується поверхневий шар коренеплодів, складає 3...3,5 м/с [23]. Якщо робочі органи, навіть еластичні, будуть діяти на головки коренеплодів з такою швидкістю, то це призведе до травмування їх травмування та вибивання з ґрунту, що негативно впливає на подальше збирання коренеплодів. Розміщати на одному валу робочі органи з різними принципами дії – різання та удар недоцільно, оскільки режими роботи їх взаємозалежні, а це принципово різні робочі органи. Наслідком є те, що оптимізуючи параметри і режими роботи одних, виходять за межі визначені як оптимальні параметри інших органів.

З виконаного аналізу конструкцій гичкорізужних апаратів встановлено, що нові машини для збирання гички цукрових буряків з метою дотримання агротехнічних вимог, мають працювати реалізуючи технологічний процес, що поєднує високе зрізання гички роторними пристроями і подальше доочищення головок коренеплодів пристроями виконаними поєднанням пасивних копирів (бажано гребінчастих) з пасивними плоскими ножами. Видалена таким чином гичка не придатна на корм, але її використовують як добриво.



## 2. УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗРІЗАННЯ ГИЧКИ ЗМІНОЮ КОНСТРУКЦІЇ МЕХАНІЗМУ ЗРІЗАННЯ

### 2.1. Обґрунтування комплектування гичкозбирального агрегату з інтегральним трактором

Для удосконалення процесу зрізання гички пропонується застосувати гичкозбиральний агрегат укомплектований фронтально-начіпною гичкорізальною машиною з'єднаною з трактором інтегральної схеми

Комплектацію гичкозбиральної машини необхідно виконувати враховуючи такі загальні технічні вимоги [9]: висоту обрізання гички регулюють з врахуванням умов роботи; гичкозрізаючі елементи мають бути виготовлені зі зносостійких матеріалів або мають мати зносостійке покриття; має забезпечуватися збирання гички за ширини міжряддя  $45 \pm 3$  см та при відхиленні коренеплодів від осьової лінії рядків не більше 3 см. Гичкозрізальна машина має добре виконувати технологічний процес за таких умов: біологічної врожайності коренеплодів і гички 20...70 т/га; твердості ґрунту до 4,0 МПа; вологості на глибині 10 см на важких ґрунтах 27 %, середніх – 23% і легких – 20%; на поздовжніх схилах до  $7^{\circ}$ ; за висоти гички від 25 до 100 см; за розташування головок буряків нижче від поверхні ґрунту на 3 см. Машина має приєднуватися до електро- та гідросистем трактора.

Вимоги до машини потрібно також конкретизувати виходячи з конкретних умов роботи та враховуючи особливості енергетичного засобу,

Удосконалювана машина для зрізання гички типу МБФ-6 видаляє гичку на висоті до 10 мм від основи головок коренеплодів. Кількість гички, що залишиться на коренеплодах після зрізання має бути не більше 1,5% порівняно з масою коренеплодів. Гички має бути чиста від ґрунту, забрудненість не більше 0,5% від її маси. Втрати гички після проходження машини не мають бути більше 10% від її врожайності. Під час зрізання гичкорізом машини гички допускається не більше 5% від загального урожаю вибитих з ґрунту коренеплодів. Допускається до 1,5% можливих пошкоджень коренеплодів, що відбуваються через дію робочих органів і ходові колеса гичкозбиральної машини,

У фронтально-начіпній гичкозбиральній машині (рис. 2.1), яку комплектують з інтегральним трактором, що має тяговий клас 20кН, пропонується удосконалити механізм зрізання гички з коренеплодів цукрових буряків, висіяних з шириною міжрядь  $450 \pm 30$ мм. Удосконалена конструкція має забезпечувати: видалення і збирання гички на швидкості до 5,0км/год; ножі встановлюють на задану висоту зрізу гички завдяки копіюванню головок коренеплодів; зрізана гички має бути вкладена на поверхню поля у валок для подальшого підбирання і використання. Зрізаючі робочі органи машини не мають залипати і не повинні забиватися ґрунтом і рослинними залишками. Обслуговувати агрегат має один тракторист. Радіус повороту – до 9 м.

Конструктивно гичкозбиральна машина є зручною у регулюваннях робочих органів, під час ремонту та у заміні зношених вузлів деталей. Маса машини –до 2,0т. Для безпечної роботи агрегату застосовується сигналізація про відмови чи порушення технологічного процесу. Термін використання машини до 7 років.

Машина має відповідати певним показникам-коефіцієнтам: надійність технологічного процесу не нижче 0,95; використання робочого часу зміни – 0,75; готовності – не нижчий 0,96. Напрацювання до відмови має бути не меншим 40год [1, 9].

З аналізу гичкозрізувальних пристроїв та, враховуючи умови збирання гички цукрових буряків, доцільно використати в машині МБФ-6 активний копіюючий гичкоріз. Отже, у фронтально-начіпній гичкозбиральній машині (рис. 2.1) встановлено як основний робочий орган дисковий активний гичкоріз 3, що зв'язаний кінематично з копіюючим механізмом 2 що відслідковує положення головок коренеплодів щодо поверхні ґрунту. Перед роботою встановлюють положення ножа до ґрунту з опорними колесами 6, які обладнані гвинтовими механізмами. Зрізана гичка поступає на підбирач 4, що переміщує її над поперечний вивантажувальний транспортер 5. Цей механізм зміщає гичку вліво на зібрану ділянку поля і формуєчи валок так, щоб запобігти його потраплянню під ходову систему трактора.

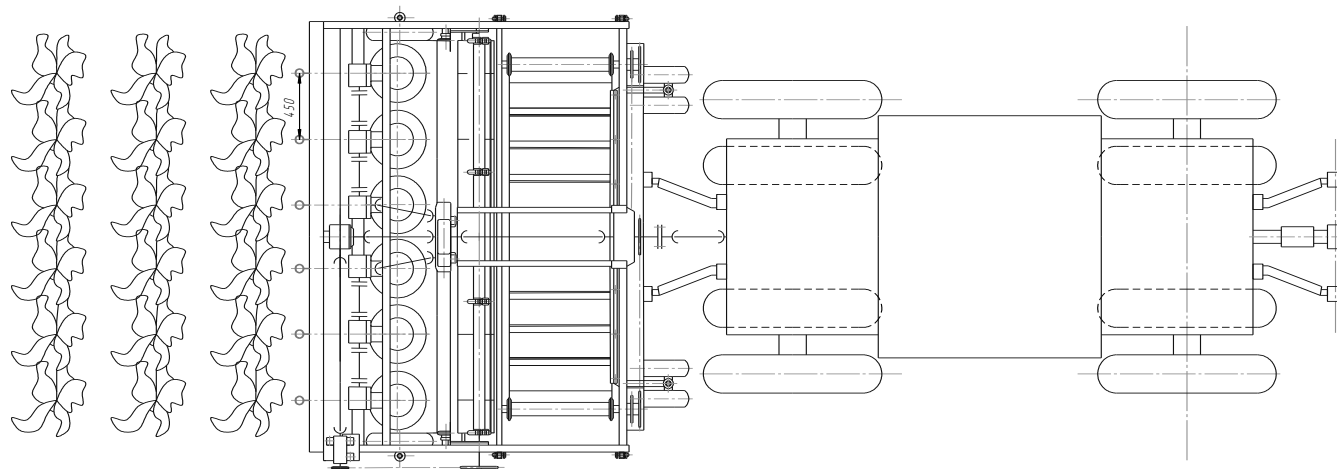
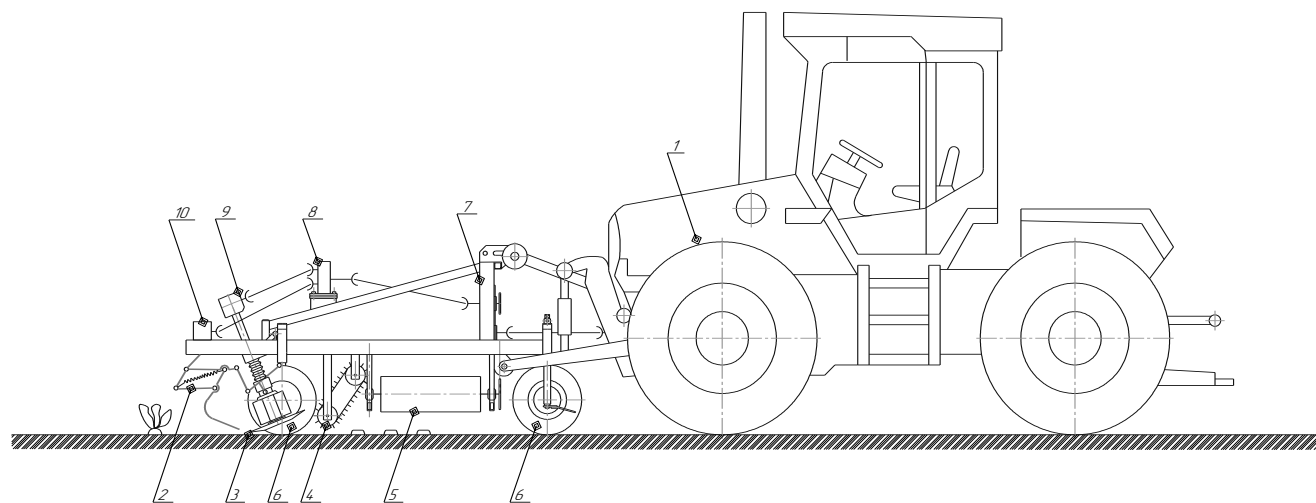


Рисунок 2.1

Приводиться в рух гичкозбиральна машина від переднього ВВП трактора ( $n=1000\text{хв}^{-1}$ ). Крутний момент з ВВП трактор передає через карданну передачу на центральний редуктор 7 (див. рис. 2.1) що має передаточне відношення  $i=1,87$ , далі він приводить поперечний транспортер 5 та роздаточний редуктор 8, який передає рух на карданні передачі, що приводять редуктори привода гичкорізів 9 і конічний редуктор 10 привода підбирача гички. У гичкозбиральній машині встановлюють запобіжні фрикційні муфти, налаштовані на передачу відповідних крутних моментів відповідно до умов роботи.

## **2.2. Вибір тягово-приводної машини і встановлення режимів для роботи агрегату в полі**

Цукрові буряки вирощують в основному з міжряддями 45 см, найчастіше застосовують шестирядну систему машин для сівби, догляду за посівами та збиранням. У випадку застосування причіпних та начіпних машин та агрегатів як енергозасіб для них використовують переважно універсальні просапні трактори типу МТЗ-80 тяговим класом 14кН та спеціалізовані трактори типу Т-70С.

У перспективній технології збирання цукрових буряків можна використовувати інтегральний трактор, фронтальну тобто передньоначіпну гичкозбиральну машину типу МБФ-6 та причіпну коренезбиральну машину МКК-6-02. За такої комплектації збирання гички і коренів можна здійснити одним тяговим агрегатом, що поєднує ці операції для виконання в одному проході, але може, залежно від агрегування, виконувати їх роздільно. Для окреслених потреб необхідно визначити, який оптимальний має бути тягово-приводний режим скомпонованого збирального агрегата.

Виконаємо послідовно тяговий розрахунок енергозасобу та побудову регуляторної характеристики двигуна і тягової характеристики трактора.

Для побудови регуляторної характеристики двигуна приймемо такі вихідні дані:

- енергетичний засіб – універсальний трактор;
- потужність двигуна номінальна –  $N_e = 130 \text{ кВт}$  [1];
- число обертів номінальне вала двигуна –  $n_e = 1850 \text{ хв}^{-1}$ ;
- питомі витрати палива –  $g_e = 200 \text{ г/кВт} \cdot \text{год}$ .

Номінальне значення крутного моменту [1]

$$M_e = \frac{9,81 \cdot 30 \cdot 102 \cdot N_e}{\pi \cdot n_e} \quad (2.1)$$

Отримаємо

$$M_e = \frac{9,81 \cdot 30 \cdot 102 \cdot 130}{3,14 \cdot 1850} = 672 \text{ Нм}.$$

Крутний момент, максимальний двигуна

$$M_{e \max} = 1,05 \cdot M_e; \quad (2.2)$$

тобто

$$M_{e \max} = 1,05 \cdot 672 = 706 \text{ Нм}.$$

Визначимо якою має бути частота обертання вала двигуна при максимальному значенні крутного моменту  $M_{e \max}$

$$n_{em} = n_e \cdot 1,5^{-1}, \quad (2.3)$$

де  $n_e$  – частота обертання номінальна вала двигуна,

тобто

$$n_{em} = \frac{1850}{1,5} = 1235 \text{ хв}^{-1}.$$

Максимальною буде частота обертання вала двигуна при  $M = 0$

$$n_{e \max} = n_e \cdot 0,92^{-1}; \quad (2.4)$$

тобто

$$n_{e \max} = \frac{1850}{0,92} = 2010 \text{ хв}^{-1}.$$

Знайдемо потужність двигуна трактора при  $M_{e \max}$

$$N_{em} = \frac{\pi \cdot M_{emax} \cdot n_{em}}{9,81 \cdot 30 \cdot 102}; \quad (2.5)$$

числом

$$N_{em} = \frac{3,14 \cdot 706 \cdot 1235}{9,81 \cdot 30 \cdot 102} = 91,2 \text{ кВт}.$$

При  $M = 0$  потужність двигуна дорівнюватиме 0.

Годинна витрата палива при  $M = M_e$

$$G_e = g_e \cdot N_e; \quad (2.6)$$

тобто

$$G_e = 200 \cdot 130 = 26000 \text{ г} = 26 \text{ кг}.$$

Годинна витрата палива при  $M_e = M_{e \max}$

$$G_{em} = g_e \cdot N_{em}; \quad (2.7)$$

тобто

$$G_{em} = 200 \cdot 91,2 = 18,24 \text{ кг}.$$

Годинна витрата палива при  $M = 0$  буде

$$G = G_{em} = 18,24 \text{ кг}. \quad (2.8)$$

Отримані дані зведемо у таблицю 2.1.

Побудуємо регуляторні характеристики двигуна  $N_e = f(M)$ ;  $P_e = f(M)$ ;  $G_e = f(M)$  (рис. 2.2).

Побудуємо тягову характеристику трактора.

Таблиця 2.1

Число обертів вала двигуна, $\text{хв}^{-1}$		Крутний момент, $\text{Нм}$	
СИМВОЛ	значення	СИМВОЛ	значення
$n_e$	1850	$M_e$	672
$n_{em}$	1235	$M_{e \max}$	706
$n_{e \max}$	2010	$M_{em}$	0

Максимальна сила тяги виходячи з умови буксування рушія [1]

$$\delta = A \cdot \left( \frac{T_{\max}}{9,81 \cdot G_m} \right) + B \cdot \left( \frac{T_{\max}}{9,81 \cdot G_m} \right)^n = 1, \quad (2.9)$$

де  $T_{\max}$  – сила тяги максимальна, кН;

$\delta$  – коефіцієнт буксування;

$A, B, n$  – коефіцієнти, вони змінні, на їх значення впливають ґрунтові умови;

для кількості ударів твердоміра  $C_y = 4 \dots 7$  та при тиску у шинах коліс

$$P = 120 \text{ кПа} ; \quad A = 0,115 ; \quad B = 1,4 ; \quad n = 6 ;$$

$G_m$  – маса трактора,  $G_m = 5,5 \text{ т}$  .

Розклавши рівняння (2.9) у ряд Фур'є і обмежившись першими п'ятьма членами, отримаємо, що  $T_{\max} = 48 \text{ кН}$  .

Побудова графіка. Вздовж осі абсцис доцільно відкласти у масштабі  $T_{\max}$  і поділити його на п'ять рівних частин, так що  $T_1 = 10 \text{ кН}$  ,  $T_2 = 20 \text{ кН}$  ,  $T_3 = 30 \text{ кН}$  ,  $T_4 = 40 \text{ кН}$  ,  $T_5 = T_{\max} = 48 \text{ кН}$  .

Кожному значенню  $T_i$  буде відповідати такий коефіцієнт буксування  $\delta$  :

$$\delta_1 = 0,115 \cdot \left( \frac{10}{9,81 \cdot 5,5} \right) + 1,4 \cdot \left( \frac{10}{9,81 \cdot 5,5} \right)^6 \cong 0,018 ;$$

$$\delta_2 = 0,115 \cdot \left( \frac{20}{9,81 \cdot 5,5} \right) + 1,4 \cdot \left( \frac{20}{9,81 \cdot 5,5} \right)^6 \cong 0,076 ;$$

$$\delta_3 = 0,115 \cdot \left( \frac{30}{9,81 \cdot 5,5} \right) + 1,4 \cdot \left( \frac{30}{9,81 \cdot 5,5} \right)^6 \cong 0,19 ;$$

$$\delta_4 = 0,115 \cdot \left( \frac{40}{9,81 \cdot 5,5} \right) + 1,4 \cdot \left( \frac{40}{9,81 \cdot 5,5} \right)^6 \cong 0,24 ;$$

$$\delta_5 = 0,115 \cdot \left( \frac{50}{9,81 \cdot 5,5} \right) + 1,4 \cdot \left( \frac{50}{9,81 \cdot 5,5} \right)^6 = 1 .$$

Сила опору коченню рушя

$$P_f = 9,81 \cdot G_M \cdot f_{\text{коч}} , \quad (2.10)$$

де  $G_M$  – маса агрегата (усієї машини)

$$G_M = G_m + G_{\text{г.м.}} + G_{\text{к.м.}} , \quad (2.11)$$

де  $G_{\text{г.м.}}$  – маса машини гичкозбиральної,  $G_{\text{г.м.}} = 1,3 \text{ т}$  ;

$G_m$  – маса трактора,  $G_m = 5,5 \text{ т}$  ;

$G_{\text{к.м.}}$  – маса машини коренезбиральної,  $G_{\text{к.м.}} = 5,1 \text{ т}$  ;

$f_{\text{коч}}$  – коефіцієнт опору кочення,  $f_{\text{коч}} = 0,2$  .

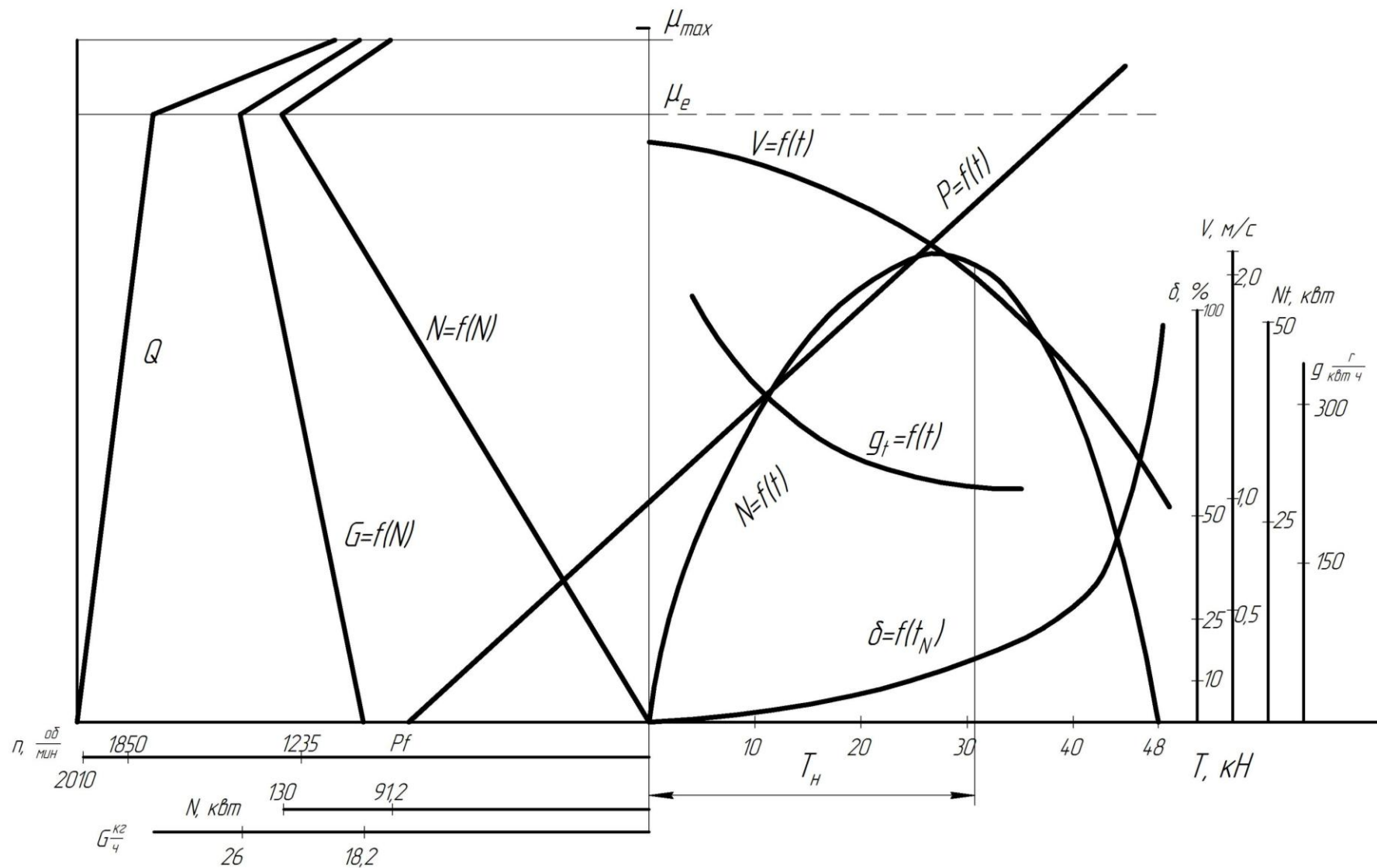


Рисунок 2.2



Отримаємо, що  $G_m = 5,5 + 1,3 + 5,1 = 11,9 \text{ т}$ .

Відповідно сила опору коченню рушія

$$P_f = (9,81 \cdot 11,9 \cdot 10^3) \cdot 0,2 = 23347,8 \text{ Н} = 23,34 \text{ кН}.$$

Визначимо колову силу на ведучому колесі [1]

$$P_0 = \frac{M_e \cdot u \cdot \eta}{R}, \quad (2.12)$$

де  $u$  – передаточне число трансмісії;

$R$  – радіус ведучого колеса,  $R = 0,76 \text{ м}$ ;

$\eta$  – ккд трансмісії,  $\eta = 0,75$  [1].

Допустима швидкість для дотримання агротехнічних умов під час збирання цукрових буряків  $V = 4,5 \text{ км/год}$ . Відповідно і для умов роботи гичкозбиральних машин. Передаточне число трансмісії –  $u = 61$ .

Колове зусилля буде

$$P_0 = \frac{672 \cdot 61 \cdot 0,75}{0,76} = 40,4 \text{ кН}.$$

На графіку тягової характеристики (див. рис. 2.2) від початку координат вліво відкладаємо  $P_1$ , а вправо –  $P_0$ .

Підраховуємо потрібні швидкості руху збирального агрегата [1]

$$V_{gi} = \frac{\pi \cdot R \cdot n_i \cdot (1 - \delta_i)}{30 \cdot u}. \quad (2.13)$$

З регуляторної характеристики визначимо значення  $n_i$ ,  $\delta$  для відповідних величин  $T_1$ . Визначимо швидкості:

$$V_{g1} = \frac{3,14 \cdot 0,76 \cdot 1750 \cdot (1 - 0,018)}{30 \cdot 61} = 2,16 \text{ м/с};$$

$$V_{g2} = \frac{3,14 \cdot 0,76 \cdot 1625 \cdot (1 - 0,076)}{30 \cdot 61} = 1,93 \text{ м/с};$$

$$V_{g3} = \frac{3,14 \cdot 0,76 \cdot 1550 \cdot (1 - 0,19)}{30 \cdot 61} = 1,6 \text{ м/с};$$

$$V_{g4} = \frac{3,14 \cdot 0,76 \cdot 1150 \cdot (1 - 0,24)}{30 \cdot 61} = 1,12 \text{ м/с}.$$

Графік  $v_g = f(T)$  показаний на рис. 2.2.

Визначимо тягову потужність  $N_{mi}$  для відповідних значень  $T_i$

$$N_{mi} = T_i \cdot V_{gi} \quad (2.14)$$

Підставивши дані, отримаємо:

$$N_{m_1} = 10 \cdot 2,16 = 21,6 \text{ кВт} ;$$

$$N_{m_2} = 20 \cdot 1,93 = 38,6 \text{ кВт} ;$$

$$N_{m_3} = 30 \cdot 1,6 = 48,0 \text{ кВт} ;$$

$$N_{m_4} = 40 \cdot 1,12 = 44,8 \text{ кВт} .$$

Побудуємо графік  $N_m = f(T)$  (див. рис. 2.2).

Питому витрату палива визначаємо так

$$g_{ri} = \frac{1000 \cdot G_{ri}}{N_{\partial}} \quad (2.15)$$

Отримаємо

$$g_{r_1} = \frac{1000 \cdot 36,4}{130} = 280 \text{ г/кВт} \cdot \text{год} ;$$

$$g_{r_2} = \frac{1000 \cdot 35,7}{130} = 275 \text{ г/кВт} \cdot \text{год} ;$$

$$g_{r_3} = \frac{1000 \cdot 35,1}{130} = 270 \text{ г/кВт} \cdot \text{год} ;$$

$$g_{r_4} = \frac{1000 \cdot 41,6}{130} = 320 \text{ г/кВт} \cdot \text{год} ..$$

Залежність для визначення сумарного тягового опору агрегату [1]

$$\sum W = W_{PO} + W_{ПЕР} + W_{IH} , \quad (2.16)$$

де  $W_{PO}$  – тяговий опір потрібний для робочих органів,  $W_{PO} = 3,5 \text{ кН}$  [23];

$W_{ПЕР}$  – тяговий опір потрібний на пересування агрегату;

$W_{IH}$  – тяговий опір інерції потрібний під час рушення агрегату, кН.

Тяговий опір затрачуваний на пересування агрегата

$$W_{ПЕР} = G_{agr} \cdot f_{\partialв} , \quad (2.17)$$

де  $f_{\partial e}$  – коефіцієнт руху машини; для агрофону посівів буряків –

$$f_{\partial e} = 0,15 \text{ [1];}$$

$G_{aзp}$  – вага гичкозбирального агрегата

$$G_{aзp} = G_m + G_{z.m}, \quad (2.18)$$

тобто

$$G_{aзp} = 5,5 + 1,3 = 6,8 \text{ т.}$$

Відповідно

$$W_{ПЕР} = 6,8 \cdot 10^3 \cdot 9,81 \cdot 0,15 = 6,6 \cdot 10^3 \text{ Н} = 6,6 \text{ кН}.$$

Тяговий опір інерції, що виникає при рушанні агрегата

$$W_{IH} = \frac{G_{aзp}}{g} \cdot \frac{V_{\partial}}{t}, \quad (2.19)$$

де  $V_{\partial}$  – швидкість руху,  $V_{\partial} = V = 2 \text{ м/с}$ ;

$t$  – час для розгону,  $t = 2 \dots 3 \text{ с}$ .

Отримаємо

$$W_{IH} = \frac{6,8 \cdot 10^3 \cdot 9,81}{9,81} \cdot \frac{2}{2} = 6,8 \cdot 10^3 \text{ Н} = 6,8 \text{ кН}.$$

Маємо, що сумарний тяговий опір агрегата

$$\sum W = 3,5 + 6,6 + 6,8 = 16,9 \text{ кН}.$$

Отримане значення відповідає номінальному режиму роботи дизельного двигуна трактора, тягові можливості якого –  $T = 20 \text{ кН}$ .

Ступінь завантаження трактора

$$D = \frac{\sum W}{T}, \quad (2.20)$$

тобто

$$D = \frac{16,9}{20} = 0,84.$$

### 3. ПРОЄКТУВАННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ У КОНСТРУКЦІЇ МЕХАНІЗМУ ЗРІЗАННЯ ГИЧКИ

#### 3.1. Раціональна схема компоновки гичкозбирального агрегата

Збирати цукрові буряки, а також їх гичку можна застосовуючи різні машини та комбайни, які різняться як рядністю, так і типажем, конструктивно обладнані різними робочими органами для зрізу гички, викопування коренеплодів. Застосовують також машинно-тракторні агрегати, які комплектують із гичкозбиральних та коренезбиральних машин приєднуючи їх на навіску інтегральних тракторів типу ХТЗ-160. Комплектувати такі агрегати можна користуючись тягово-штовхаючою чи штовхаючою схемою компоновки (рис. 3.1а, б).

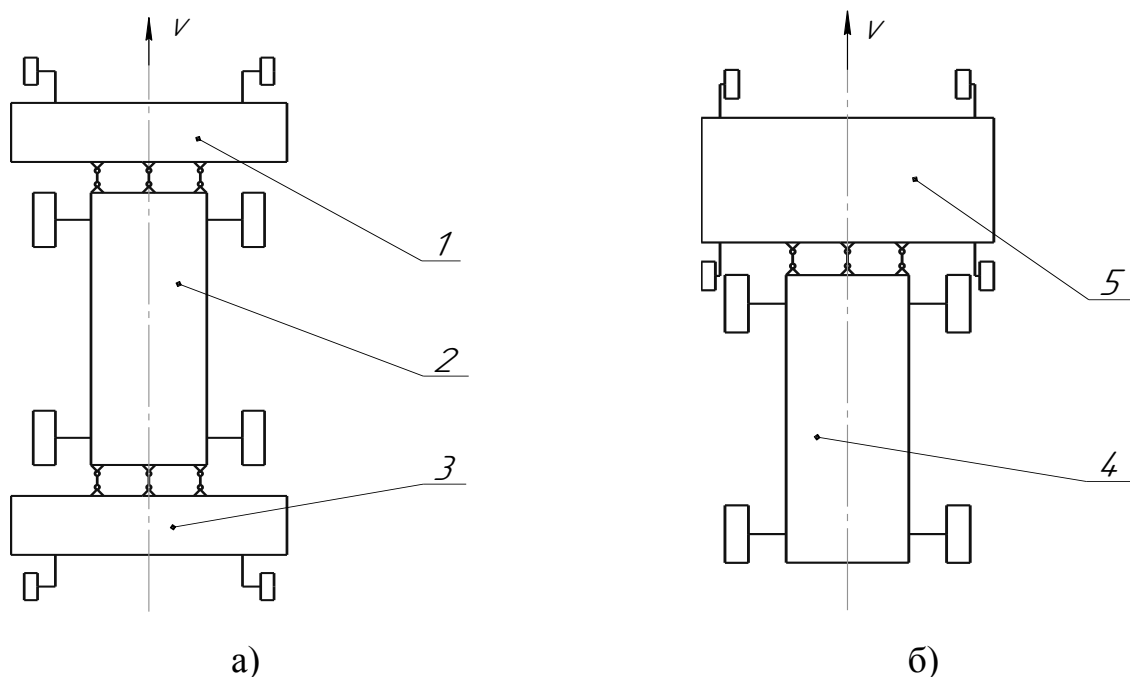


Рисунок 3.1

Тягово-штовхаюча схема компоновки агрегатів (рис. 3.1а) реалізується агрегаттуванням начіпної гичкозбиральної машини на передню начіпну систему трактора, відповідно на задню начіпну систему приєднують копач-валкоутворювач. Як приклад, можна навести агрегат, енергозасобом якого є трактор типу ХТЗ-16131, гичкозбиральна машина типу БМ-01 і копач-валкоутворювач типу КВЦБ-1,2. Трактор за такої схеми компоновки агрегата працюватиме в режимі тяга-штовхання.

Агрегати, що компонують на основі тракторів ХТЗ-160, можуть реалізувати різні схеми компоновки, їх використовують для збирання коренеплодів цукрових буряків вирощуваних за типовою технологією, що базується на використанні тракторів класів 1,4 та 2 (тип МТЗ-80, Т-70С) та 12-рядних комплексів машин, також застосовують за колійної технології, що базується на використанні тракторів класу 3 (типу ХТЗ-160) та 18-рядних комплексів машин.

Відмінність роботи збиральних агрегатів на основі тракторів ХТЗ-160 з різними схемами компоновки, тобто тягово-штовхаюча і штовхаюча на збиранні коренеплодів за типовою технологією є те, що копач-валкоутворювач КВЦБ-1,2 агрегатують в тяговому режимі, а машину гичкозрізаючу типу КР-6 – у штовхаючому. Ширину колії тракторів встановлюють 1800мм.

За тягово-штовхаючого режиму агрегування трактор своїми колесами переміщається міжряддями цукрових буряків, з яких гичку уже зрізали. Для якісної роботи, тобто, щоб запобігти наїжджанню на рядки буряків, на колесах трактора встановлюють вузькопрофільні шини. Агрегат після попереднього зрізання гички викопує коренеплоди та укладає їх у валок позаду трактора. Трактор спрямовують так, щоб колеса рухались не розпушеною копачами зоною рядків, а міжряддями. Потрібно уникати наїжджання на розпушений ґрунт, уникаючи тим самим погіршеного керування агрегатом, запобігаючи підвищеному буксуванню, у результаті, так можна запобігти зниженню продуктивності агрегата, перевитратам пального і зниженню якості збирання.

Використовують також збиральний агрегат на базі трактора ХТЗ-16131 та приєднаних до нього гичкозрізальної машини на передню навіску і на задню навіску копача-валкоутворювача (рис. 3.1а) або бурякозбиральну машину (рис. 3.1б) приєднану на задню навіску. Такий агрегат розглядають як матеріалу систему, що рухається поверхнею поля. Характер руху таких агрегатів буде залежати від впливу реакції ґрунту на опорні колеса приєднаних машин, на колеса ходової системи тракторів, а також сумарний опір гичкорізів і копачів.

### 3.2. Організація процесу та умови роботи гичкозбиральної машини з розробленим механізмом зрізання

Визначити технологічні показники процесу зрізання гички з цукрових буряків з використання передньоначіпної машини можна прийнявши потрібні вихідні дані: довжину поля – 900 м; площу поля – 70 га; нахил поля –  $1^{\circ}$ ; урожайність буряків – 350 ц/га; урожайність гички – 150 ц/га; ширину міжрядь – 450 мм; сівба буряків виконана сівалкою ССТ-12Б, ширина захвату  $v_c = 5,4$  м.

Машина для збирання гички типу МБФ-6 обладнана розробленим механізмом для зрізання гички відповідає основним агротехнічним вимогам:

- після зрізання гички можуть залишатися черешки довжиною не більше 15 мм, такі коренеплоди мають займати не менше 95 % з усієї маси;
- на коренеплодах може бути зв'язана з ними гичка, але не більше 1,5 % від маси коренеплоду;
- ворох коренеплодів може бути забруднений домішками допустимо до 5%, враховуючи домішки рослинні, не зв'язані з коренеплодами – до 3%;
- коренеплоди з механічними пошкодженнями – до 15% по масі, значні пошкодження – до 5%.

Полях придатні для вирощування цукрових коренеплодів можуть мати схил до  $5^{\circ}$ ; вологість ґрунту на глибину 0...300мм може бути до 25 %. Твердість ґрунту для нормального розвитку кореневої системи – до 2,0 МПа. Ширину міжрядь вибирають відповідно умовам вирощування – 450 або 600мм. На початок збирання коренеплодів висота розташування їх головок над поверхнею ґрунту може бути 0...80 мм. Густота коренеплодів на одному метрі погонному рядків – від 4 до 6. Відстань між буряками – 100 мм і менше. Рекомендують дотримання такої густоти рослин – 85...100 тис.шт. на гектар [17].

Фронтальну начіпну гичкозбиральну машину (див рис. 2.1) агрегатують з колісним трактором тягового класу 20кН. Готуючи агрегат до збирання трактор обладнують вузькими здвоєними шинами, які встановлюють на ширину колії – 1800 мм.

Оптимальна робоча швидкість пересування гичкозбирального агрегату –  $V_p = 6 \dots 7 \text{ км/год}$ . Доцільно працювати на 3 передачі ( $V_T = 7,24 \text{ км/год}$ ). Потрібно також враховувати значення коефіцієнта буксування, для умов збору гички цукрових буряків він буде  $\delta = 0,2$ , відповідно робоча швидкість –  $V_p = 6,9 \text{ км/год}$ . Збиральна машина має ширина захвату  $B_p = 2,7 \text{ м}$ , що відповідає шести рядкам посівів.

Гичкозбиральний агрегат має незначний тяговий опір, завдяки чому потужність двигуна трактора майже повністю витрачається на привод робочих органів, тобто гичкорізів. Розраховувати завантаження трактора за тяговою потужністю та за тяговим зусиллям не потрібно.

Агрегат до зрізання гички з коренеплідів готують у такій послідовності:

- оглядають машину і перевіряють її комплектність;
- встановлюють навіску трактора для з'єднання з начіпними знаряддями;
- перевіряють ВВП трактора;
- агрегують машину з трактором і встановлюють передачу для приводу робочих органів;
- встановивши агрегат на рівний майданчик, перевіряють колію коліс трактора і положення ходових коліс машини згідно зі схемою агрегату;
- встановлюють висоту розташування робочих органів щодо поверхні ґрунту.
- перевіривши працездатність машини обкатують її 30 хвилин на холостому ході.

Для збирання гички обирають спосіб руху начіпної машини – врозгін з правим поворотом (рис. 3.2), врахувавши, що вивантажувати зібрану гичку будуть на ліву сторону агрегату.

Оптимальна ширина загінки під час роботи гичкозбирального агрегату [1]

$$C_{opt} = \sqrt{16 \cdot R^2 + 2 \cdot B_p \cdot L_p}, \quad (3.1)$$

де  $C_{opt}$  – ширина загінки оптимальна, м;

$L_p$  – довжина загінки робоча, м;

$R$  – радіус повороту, який виконує агрегат на поворотній смузі, м.

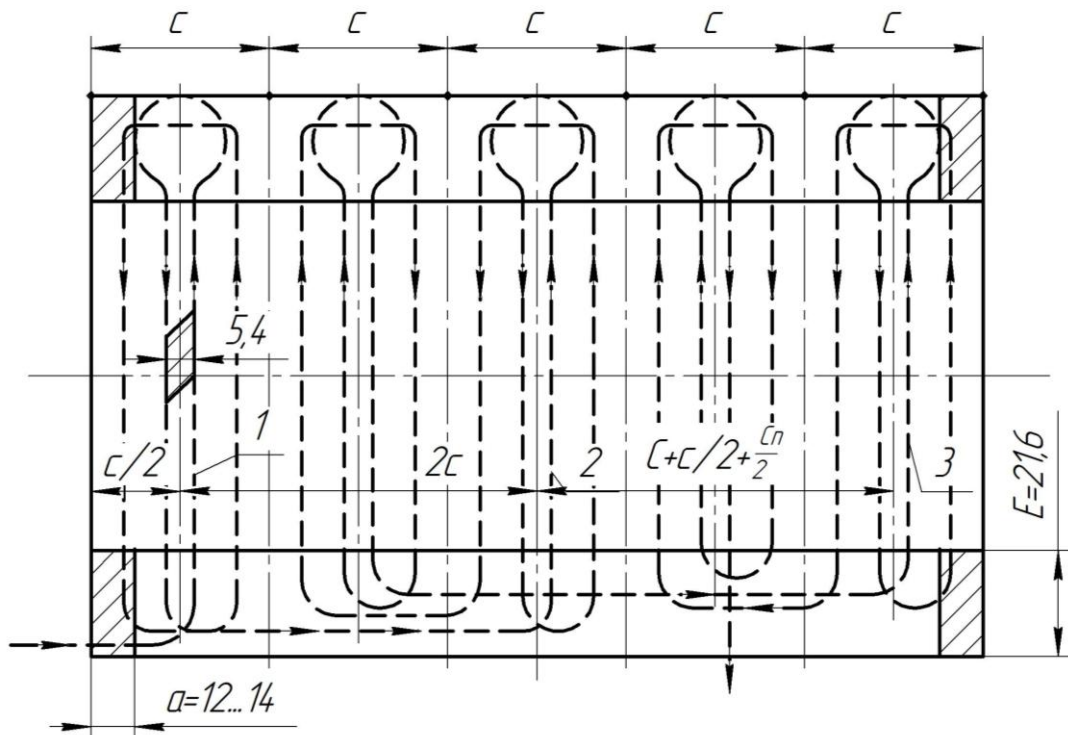


Рисунок 3.2

Радіус повороту укомплектованого агрегату визначається типом та станом ґрунту і буде збільшуватися за умови підвищення його швидкості руху на повороті

$$R = K_p \cdot R_0 \cdot \quad (3.2)$$

Мінімальний радіус колеса визначають так

$$R_0 = L_1 \cdot \operatorname{ctg} \alpha, \quad (3.3)$$

де  $L_1$  – база поздовжня трактора;

$\alpha$  – кут повертання направляючих коліс.

Матимемо, що  $R_0 = 5,1 \text{ м}$ .

Врахувавши швидкість руху агрегату, визначимо реальний радіус повороту

$$R = 1,3 \cdot 5,1 = 6,63 \text{ м}.$$

Відповідно оптимальне значення ширини загінки

$$C_{\text{opt}} = \sqrt{16 \cdot 6,63^2 + 2 \cdot 2,7 \cdot 857} = 73 \text{ м}.$$



Узгодивши отриману величину ширини заїнки та подвійну ширину захоплення агрегата отримаємо  $C_{omn} = 75,6 м$ .

Число заїнок на вибраному полі

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot F}{L_p \cdot C_{omn}}, \quad (3.4)$$

де  $F$  – площа поля, га.

Визначивши,

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot 70}{856 \cdot 75,6} = 10,8.$$

Прийmemo –  $n_3 = 10$ .

Для організації процесу збирання гички з цукрових буряків потрібно визначитися з основними кінематичними характеристиками агрегата, укомплектованого з трактора інтегральної схеми та навісної гичкозбиральної машини з удосконаленим механізмом зрізання:

- центр агрегату кінематичний  $C_a$ ;
- довжина виїзду агрегату  $e$ ;
- кінематичну довжину агрегата  $l_k$  визначають як проекцію відстані між кінематичним центром агрегата та лінією, що показує розміщення найбільше віддалених робочих механізмів машини за її прямолінійного руху;
- кінематичну ширину агрегату  $B_k$  визначають як проекцію відстані між поздовжньою віссю агрегата та лівими і правими крайніми точками ширини агрегата.

Довжину виїзду визначають як відстань, на яку виводять агрегат відміряну від контрольної лінії поворотної смуги до початку повороту, щоб уникнути пошкодження рослин, запобігти огріхам у роботі. Під час роботи агрегату приймаємо посіб поворота – петльовий. Його характеристики:

- радіус поворота агрегата  $R$ ;
- ширина смуги повороту  $E$ ;
- зона резервна для поворотної смуги  $B_p$  ( $B_p = 2 \dots 5 м$ ).

Ширина смуги для поворота

$$E = 3 \cdot R + e; \quad (3.5)$$

тобто

$$E = 3 \cdot 6,63 + 2 = 21,9 \text{ м.}$$

Ширину смуги повороту збирального агрегату узгоджують з шириною смуги повороту посівного агрегата.

Посівний агрегат комплектують у складі трактора Т-70С і сіваки ССТ-12Б. Ширина поворотної смуги буде

$$E_n = n \cdot B_c, \quad (3.6)$$

де  $n$  – кількість проходів посівного агрегата під час засіву поворотної смуги.

Отримаємо

$$E_n = 4 \cdot 5,4 = 21,6 \text{ м.}$$

Прийmemo, що ширина поворотної смуги відповідатиме отриманому значенню  $E_n = 21,6 \text{ м.}$  Урожай на поворотні смугі збирають у першу чергу, щоб підготувати поле для збиральних робіт.

Робоча довжина поля

$$L_p = L - 2 \cdot E; \quad (3.7)$$

тобто

$$L_p = 900 - 2 \cdot 21,6 = 856,8 \text{ м.}$$

Довжина холостого ходу під час повороту

$$L_{xx} = 6 \cdot R + 2 \cdot (0,5 \cdot e), \quad (3.8)$$

де  $e$  – довжина виїзду агрегата.

Матимемо, що

$$L_{xx} = 6 \cdot 6,63 + 2 \cdot (0,5 \cdot 2) = 41,8 \text{ м.}$$

Коефіцієнт робочих ходів агрегата

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_{x.x}}; \quad (3.9)$$

відповідно

$$\varphi = \frac{856,8}{856,8 + 41,8} = 0,95.$$

Для подальших розрахунків приймаємо таку умову – агрегат на поворотній смугі буде рухатися зі швидкістю, яка дорівнює робочій швидкості

$$V_{xx} = V_p. \quad (3.10)$$

Тривалість поворотів визначають коефіцієнтом

$$\tau = \frac{1 - \varphi}{\varphi}; \quad (3.11)$$

$$\tau = \frac{1 - 0,95}{0,95} = 0,04 .$$

Для розрахунків маємо, що тривалість зміни  $T_{3M} = 7 \text{ год}$  .

Визначаємо робочий час

$$T_p = \frac{T_{3M} - (T_{TEX} + T_{T.O} + T_{\Phi} + T_{OP})}{1 + \tau}, \quad (3.12)$$

де  $T_p$  – робочий час чистий;

$T_{TEX}$  – час на технічні перерви;

$T_{T.O}$  – час на технічне обслуговування агрегата;

$T_{\Phi}$  – час витрачений обслуговуючим персоналом на фізіологічні потреби;

$T_{OP}$  – час для вирішення організаційних моментів.

$$T_p = \frac{7 - (0,2 + 0,4 + 0,1 + 0,1)}{1 + 0,04} = 5,96 \text{ год} .$$

Визначимо коефіцієнт використання часу зміни

$$\tau_{3M} = \frac{T_p}{T_{3M}}; \quad (3.13)$$

а саме

$$\tau_{3M} = \frac{5,96}{7,0} = 0,85 .$$

Визначимо величину продуктивності агрегата за зміну

$$W_{3M} = 0,1 \cdot B_p \cdot T_{3M} \cdot V_p \cdot \tau_{3M}, \quad (3.14)$$

де  $B_p$  – ширина робоча захвату агрегата, м;

$V_p$  – швидкість робоча руху агрегата.

Отримаємо

$$W_{3M} = 0,1 \cdot 2,7 \cdot 7 \cdot 6,9 \cdot 0,85 = 11,08 \text{ га/змі} .$$

Визначимо якою буде продуктивність агрегата за годину роботи

$$W_{ГОД} = 0,1 \cdot B_P \cdot V_P \cdot \tau_{ЗМ} ; \quad (3.15)$$

тобто

$$W_{ГОД} = 0,1 \cdot 2,7 \cdot 6,9 \cdot 0,85 = 1,58 \text{ га/год} .$$

Під час роботи агрегата для збирання гички з коренеплодів цукрових буряків будуть питомі витрати палива, які визначимо за формулою

$$g = \frac{G_P T_P + G_{XX} \cdot T_{XX} + G_O \cdot T_O + G_{неп} \cdot T_{неп}}{W_{ЗМ}} , \quad (3.16)$$

де  $G_P, G_{xx}, G_{неп}, G_O$  – витрати палива на робочих і холостих ходах, на

переїздах, на зупинках із ввімкненим двигуном;

$T_P, T_{xx}, T_{неп}, T_O$  – час на роботу, холостий хід, переїзди та зупинки

протягом зміни.

Під час збирання гички цукрових буряків приймаємо такі норми витрат палива та режим роботи агрегат:  $G_P = 11,5 \text{ кг}$ ;  $G_{xx} = 5 \text{ кг}$ ;  $G_{неп} = 8 \text{ кг}$ ;  $G_O = 2,1 \text{ кг}$ ;

$T_P = 5,96 \text{ год}$ ;  $T_{xx} = 0,6 \text{ год}$ ;  $T_{неп} = 0,472 \text{ год}$ ;  $T_O = 0,44 \text{ год}$  .

Питомі витрати палива

$$g = \frac{22 \cdot 5,96 + 11 \cdot 0,6 + 2,1 \cdot 0,44 + 8 \cdot 0,47}{11,08} = 14,9 \text{ кг/га} .$$

Час циклу роботи

$$t_{Ц} = \frac{2 L_P \cdot 60}{1000 \cdot V_P} + \frac{2 L_{XX} \cdot 60}{1000 \cdot V_{XX}} + t_{T.O} , \quad (3.17)$$

де  $t_{T.O.}$  – час на ТО машини за один цикл, хв, (прийmemo згідно нормативів

$t_{T.O.} = 4 \text{ хв}$  ).

Отримаємо

$$t_{Ц} = \frac{2 \cdot 856,8 \cdot 60}{1000 \cdot 5} + \frac{2 \cdot 35,6 \cdot 60}{1000 \cdot 5} + 4 = 25,4 \text{ хв} .$$

Число циклів за зміну

$$n_{Ц} = T_{ЗМ} - t_1 / t_{Ц} , \quad (3.18)$$

де  $t_1$  – час щозмінного ТО,  $t_1 = 35 \text{ хв}$  ;

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

Тоді  $n_{\text{ц}} = 420 - 35 / 25,4 = 15,2$ .

Продуктивність агрегата за цикл

$$W_{\text{ц}} = B_P \cdot 2 \cdot L_P / 1000, \quad (3.19)$$

Визначимо

$$W_{\text{ц}} = 2,7 \cdot 2 \cdot 856,8 / 1000 = 0,46 \text{ га/цикл}.$$

Витрата палива за цикл

$$q_{\text{ц}} = q \cdot W_{\text{ц}}; \quad (3.20)$$

тоді

$$q_{\text{ц}} = 12,52 \cdot 0,46 = 5,76 \text{ кг/цикл}.$$

### 3.3. Конструктивний розрахунок ведучого вала приводу підбирача гички

Гичкозбиральна начіпна машина типу МБФ-6 (див. рис. 2.1) працює так. Дискові активні гичкорізи зрізають гичку, яка далі передається на підбирач, що транспортує зрізану масу до вивантажувального поперечного транспортера.

Підбирач гички – ланцюгово-прутковий транспортер, який приводиться в рух від ведучого вала привода підбирача. Транспортер встановлений на валах із зірочками.

Основний критерій працездатності вала – міцність та жорсткість. Аналізуючи умови роботи вала встановимо, що він перебуває у складному напруженому стані, оскільки зазнає сумісної дії кручення та згину. Розрахуємо вал на міцність і перевіримо дотримання жорсткості.

На рис. 3.3а показана схема вала із встановленими опорами і приводними зірочками. Уточнимо вихідні дані для розрахунку вала:

- потужність передавана валом  $P = 5 \text{ кВт}$  ; - кутова швидкість  $\omega = 31,4 \text{ с}^{-1}$ .

Крутний момент на валу

$$T = \frac{P}{\omega}, \quad (3.21)$$

тобто 
$$T = \frac{5000}{31,4} = 159 \text{ Нм} .$$

Визначимо розміри вала виходячи з компоновки машини. Наближене значення середнього діаметра вала [7]

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T}{\pi \cdot [\tau]}} , \quad (3.22)$$

де  $[\tau]$  – допустиме напруження, прийємо матеріал сталь 45,  $[\tau] = 25 \dots 30 \text{ МПа}$  .

Визначимо, що 
$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 159 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 20}} = 34,3 \text{ мм} .$$

Прийємо з конструктивних міркувань діаметр під посадку підшипників  $d = 35 \text{ мм}$  і виберемо підшипник радіальний кульковий легкої серії 207 з шириною  $B = 17 \text{ мм}$  [3, 24].

Користуючись схемою (рис. 3.3а), визначимо відстані для встановлення підшипників і зірочок:

- відстань між підшипниками (опорами) –  $l = 2900 \text{ мм}$  ;
- відстань до опори від привідної зірочки –  $a = 130 \text{ мм}$  ;
- відстань між приводними зірочками транспортера –  $b = 90 \text{ мм}$  .

Для розрахунку вала зобразимо його схему у вигляді балки встановленої на шарнірних опорах (рис. 3.3б).

Визначимо реакції опор і згинальні моменти.

Зовнішні сили, що діють на вал прийємо з умов виконання технологічного процесу:

$F_{r1}$  – сила, з якою тисне приводний ланцюг на вал; Н;

$F_{r2}, F_{r3}, F_{r4}, F_{r5}$  – сили тиску на вал ланцюгів транспортерів, Н.

Сила тиску приводного ланцюга на вал  $F_{r1}$  [3, 24]

$$F_{r1} = K_b F_t + 2 F_0 , \quad (3.23)$$

де  $K_b$  – коефіцієнт навантаження,  $K_b = 1,2$  ;

$F_0$  – попередній натяг ланцюга, що виникає від провисання, Н.

$F_t$  – колове зусилля, яке передає ланцюг.

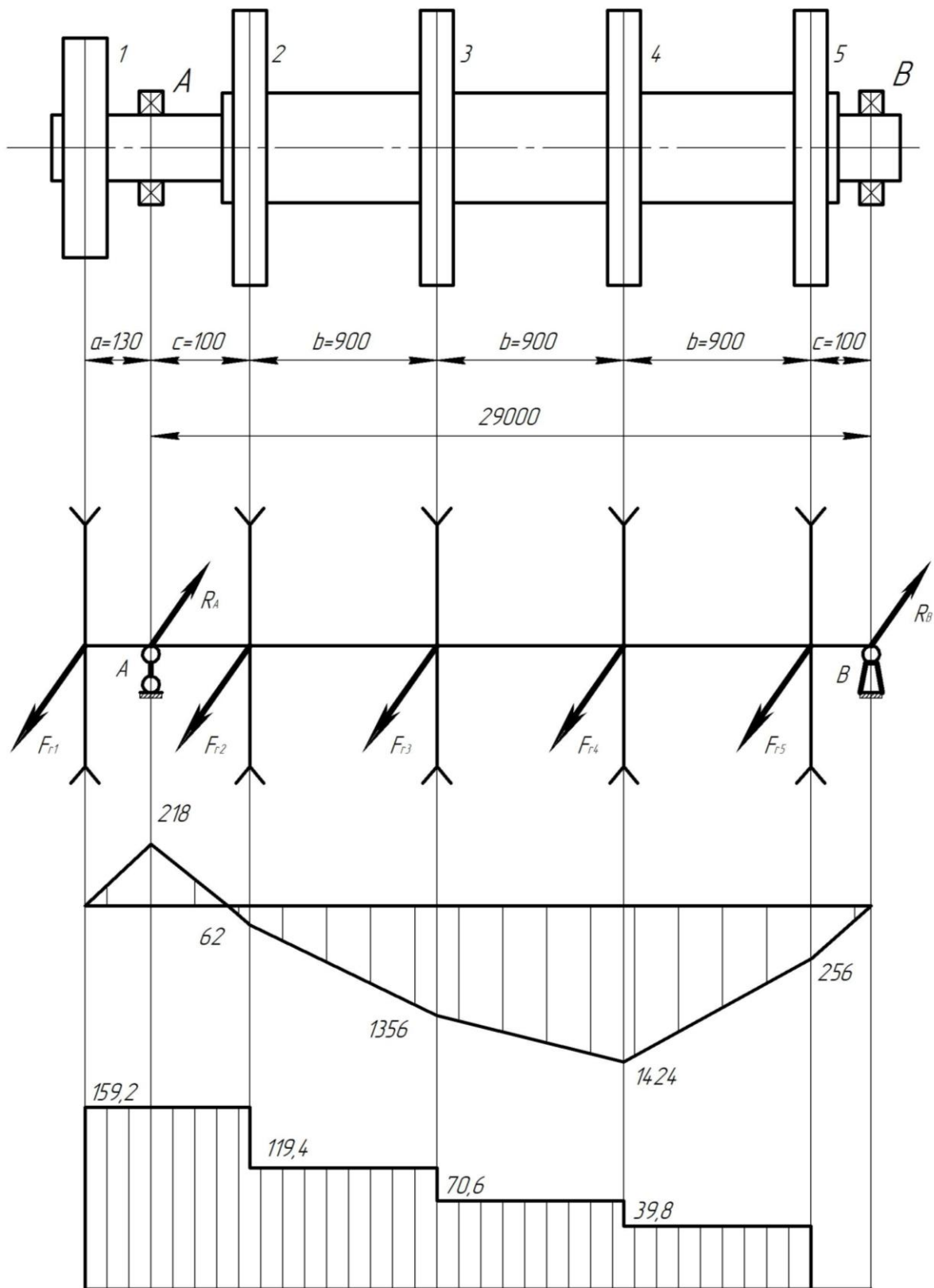


Рисунок 3.3

Визначимо колове зусилля [5]

$$F_t = P \cdot 10^3 / V, \quad (3.24)$$

де  $P$  – потужність передавана ланцюгом, кВт;

$V$  – швидкість руху ланцюга, м/с.

Визначаємо швидкість ланцюга [3, 12]

$$V = z_1 \cdot t \cdot n_1 / (60 \cdot 10^3), \quad (3.25)$$

де  $z$  – число зубів зірочки,  $z = 38$  ;

$t$  – крок ланцюга,  $t = 25,4 \text{ мм}$  ;

$n$  – частота обертання зірочки,  $n = 300 \text{ об}^{-1}$  .

Отримаємо  $V = 38 \cdot 25,4 \cdot 300 / 60 \cdot 10^3 = 4,8 \text{ м/с}$  .

Колове зусилля буде

$$F_{t1} = 5 \cdot 10^3 / 4,8 = 1042 \text{ Н} .$$

Визначимо попередній натяг ланцюга [12]

$$F_O = K_t \cdot q \cdot a \cdot g, \quad (3.26)$$

де  $K_t$  – коефіцієнт провисання, для горизонтальної передачі  $K_t = 6$  ;

$q$  – маса одного погонного метра ланцюга,  $q = 2,6 \text{ кг}$  ;

$a$  – відстань між осями,  $a = 1,4 \text{ м}$  ;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,81 \text{ м/с}^2$  .

Матимемо  $F_{O1} = 2,6 \cdot 6 \cdot 1,4 \cdot 9,81 = 214 \text{ Н}$  .

Сила тиску від приводного ланцюга транспортера на вал (3.23)

$$F_{r1} = 1,2 \cdot 1042 + 2 \cdot 214 = 1678 \text{ Н} .$$

Передавана потужність  $P$  рівномірно розподілена між чотирма зірочками привода транспортера, тому  $P_2 = \frac{P}{4} = \frac{5}{4} = 1,25 \text{ кВт}$  .

Швидкість з якою рухається ланцюг транспортера

$$V_2 = z_2 \cdot p \cdot n_2 / 60 \cdot 10^3,$$

Тобто  $V_2 = 18 \cdot 31,75 \cdot 150 / 60 \cdot 10^3 = 1,43 \text{ м/с}$  .

Визначимо значення колового зусилля на зірочці за (3.24)

$$F_{t2} = 1,25 \cdot 10^3 / 1,43 = 874 \text{ Н} .$$

Ланцюга має попередній натяг, який відповідно до (3.26)

$$F_{O2} = 6 \cdot 3,8 \cdot 0,7 \cdot 9,81 = 157 \text{ Н} .$$



Силу, з якою ланцюг тисне на вал, визначимо за (3.23)

$$F_{r2} = 1,2 \cdot 874 + 2 \cdot 157 = 1363 \text{ Н}.$$

Позначимо на розрахунковій схемі (рис. 3.3б) сили тиску ланцюгів на вал.

Визначимо реакції в опорах. Складемо для плоскої системи сил (рис. 3.3а, б) рівняння рівноваги щодо точок  $A$  і  $B$

$$\sum M_A = 0;$$

$$- F_{r1} \cdot a + F_{r2} \cdot c + F_{r3}(b + c) + F_{r4} \cdot (2b + c) + F_{r5} \cdot (3b + c) - R_B \cdot (3b + 2c) = 0;$$

$$R_B = \frac{F_{r2} \cdot c + F_{r3}(b + c) + F_{r4} \cdot (2b + c) + F_{r5} \cdot (3b + c) - F_{r1} \cdot a}{3b + 2c} =$$

$$= \frac{1363 \cdot 0,1 + 1363 \cdot 1 + 1363 \cdot (2 \cdot 0,9 + 0,1) + 1363 \cdot (3 \cdot 0,9 + 0,1) - 1678 \cdot 0,13}{3 \cdot 0,9 + 2 \cdot 0,1} = 2650,8 \text{ Н}.$$

$$\sum M_B = 0;$$

$$R_A \cdot (2c + 3b) - F_{r5} \cdot c - F_{r4}(b + c) - F_{r3}(2b + c) - F_{r2}(3b + c) - F_{r1}(3b + 2c + a);$$

звідси

$$R_A = \frac{F_{r5} \cdot c + F_{r4}(b + c) + F_{r3}(2b + c) + F_{r2}(3b + c) + F_{r1}(3b + 2c + a)}{2c + 3b} =$$

$$= \frac{1363 \cdot [0,1 + (0,9 + 0,1) + (2 \cdot 0,9 + 0,1) + (3 \cdot 0,9 + 0,1)] + 1678 \cdot (3 \cdot 0,9 + 2 \cdot 0,1 + 0,13)}{2 \cdot 0,1 + 3 \cdot 0,9} =$$

$$= 4479,2 \text{ Н}.$$

Перевірка  $\sum X = 0;$   $R_A + R_B - F_{r1} - F_{r2} - F_{r3} - F_{r4} - F_{r5} = 0.$

$$4479 + 2651 - 1678 - 4 \cdot 1363 = 0.$$

Епюра згинальних моментів за результатами розрахунку показана на рис. 3.3в.

Крутний момент  $T$  на валу маємо визначений за формулою (3.21). Враховуємо, що він рівномірно розподілений між чотирма зірочками привода транспортера. Відповідно  $T_2 = T_3 = T_4 = T_5 = 159,2 / 4 = 39,8 \text{ Нм}$ .

Епюра крутних моментів  $T$  показана на рис. 3.3г.

Перевірити правильність вибору діаметра вала можемо визначивши значення приведеного момента у небезпечних перетинах 3 і 4 [5]

$$M_{np} = \sqrt{M_{ze}^2 + (\alpha T)^2}, \quad (3.28)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт пропорційності,  $\alpha = 0,6$ .

У небезпечному перетині 4  $M_{np4} = \sqrt{1424^2 + 70,6^2} = 1425 \text{ Нм}.$

Прийmemo матеріал вала – сталь 45 з такими механічними характеристиками:

$$\sigma_b = 750 \text{ МПа} ; \sigma_T = 460 \text{ МПа} .$$

Границі витривалості при згині для симетричного циклу навантаження:

- для нормальних напружень  $\sigma_{-1} = 0,4\sigma_B = 300 \text{ МПа} ;$

- для дотичних напружень  $\tau_{-1} = 0,2\sigma_B = 150 \text{ МПа} .$

Перевіримо небезпечний перетин. Визначимо потрібний діаметр вала у цьому перетині виходячи з величини приведеного моменту

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{np4}}{\pi \cdot [\tau]}}, \quad (3.29)$$

тобто 
$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1425 \cdot 10^3}{3,14 \cdot 150}} = 44 \text{ мм} .$$

Враховуючи, що зірочки привода, після встановлення на вал транспортера, закріплюють зваркою, потрібно збільшити діаметр вала. Кінцево прийmemo  $d_1 = 35 \text{ мм} , \quad d_2 = 75 \text{ мм} .$  Робоче креслення вала показано в ілюстративній частині роботи. Завдяки збільшенню діаметра вала у небезпечних перетинах, міцність його буде витримуватися, тому перевірений розрахунок не виконуємо. Доцільно розрахувати вал на жорсткість.

Умови роботи вала підбирача гичкоріза та аналіз епюр згинальних і крутних моментів вказують на те, що найнебезпечнішим щодо жорсткості буде перетин 4, або перетин у точці С, у якому прогин вала буде найбільшим. Діаметр вала тут –  $d_2 = 75 \text{ мм} .$  Визначимо величину осьового моменту інерції вала у небезпечному перетині [7]

$$I = \frac{\pi d^4}{64}, \quad (3.30)$$

розрахувавши, матимемо, що

$$I = \frac{3,14 \cdot 0,075^4}{64} = 1,55 \cdot 10^{-6} \text{ м}^4 = 155,2 \cdot 10^{-8}$$

Визначатимемо прогин вала у перетині С, користуючись графоаналітичним способом розв'язування інтеграла Мора (рис. 3.4а) [7].

Визначаємо прогин вала гичкоріза у перетині С користуючись формулою

$$y_c = \frac{\sum \omega_i \cdot \overline{M}_i}{EI}, \quad (3.31)$$

де  $\omega_i$  – площі окремих ділянок вантажної епюри (рис. 3.4б), що відповідають характерним ділянкам вала;

$\overline{M}_i$  – ординати одиничної епюри (рис. 3.4.в) розташовані під центрами ваги ділянок вантажної епюри.

Визначимо їх користуючись рисунком 3.4б, в.

$$\omega_1 = \frac{1}{2} \cdot 0,08 \cdot 2,18 = 8,72; \quad \overline{M}_1 = 0,34 \cdot \frac{1}{3} \cdot 0,08 = 9 \cdot 10^{-3};$$

$$\omega_2 = \frac{1}{2} \cdot 62 \cdot 0,02 = 0,62; \quad \overline{M}_2 = 0,34 \cdot \left( 0,08 + \frac{2}{3} \cdot 0,02 \right) = 0,03;$$

$$\omega_3 = 62 \cdot 0,9 = 55,8; \quad \overline{M}_3 = 0,34 \cdot (0,1 + 0,45) = 0,187;$$

$$\omega_4 = \frac{1356 - 62}{2} \cdot 0,9 = 582,3; \quad \overline{M}_4 = 0,34 \cdot \left( 0,1 + \frac{2}{3} \cdot 0,9 \right) = 0,24;$$

$$\omega_5 = 1356 \cdot 0,9 = 1220,4; \quad \overline{M}_5 = 0,34 \cdot (0,1 + 0,9 + 0,45) = 0,493;$$

$$\omega_6 = \frac{1424 - 1356}{2} \cdot 0,9 = 30,6; \quad \overline{M}_6 = 0,34 \cdot \left( 0,1 + 0,9 + \frac{2}{3} \cdot 0,9 \right) = 0,544;$$

$$\omega_7 = \frac{265}{2} \cdot 0,1 = 13,2; \quad \overline{M}_7 = 0,66 \cdot \frac{2}{3} \cdot 0,1 = 0,04;$$

$$\omega_8 = 265 \cdot 0,9 = 238,5; \quad \overline{M}_8 = 0,66 \cdot \left( 0,1 + \frac{2}{3} \cdot 0,9 \right) = 0,363;$$

$$\omega_9 = \frac{1424 - 265}{2} \cdot 0,9 = 521,6; \quad \overline{M}_9 = 0,66 \cdot \left( 0,1 + \frac{2}{3} \cdot 0,9 \right) = 0,462.$$

Тоді

$$EIy_c = -\omega_1 \cdot \overline{M}_1 + \omega_2 \cdot \overline{M}_2 + \omega_3 \cdot \overline{M}_3 + \omega_4 \cdot \overline{M}_4 + \omega_5 \cdot \overline{M}_5 + \omega_6 \cdot \overline{M}_6 + \omega_7 \cdot \overline{M}_7 + \omega_8 \cdot \overline{M}_8 + \omega_9 \cdot \overline{M}_9.$$

Отримаємо у числовому вигляді

$$EIy_c = -8,72 \cdot 10^{-3} \cdot 9 + 0,62 \cdot 0,03 + 55,8 \cdot 0,187 + 582,3 \cdot 0,24 + 1220,4 \cdot 0,493 + 30,6 \cdot 0,544 + 13,2 \cdot 0,04 + 238,5 \cdot 0,363 + 521,6 \cdot 0,462 = 1096,5 \text{ Нм}.$$

Маючи величину осьового момента інерції поперечного перетину вала у

точці  $C$ , тобто  $I = 155,2 \cdot 10^{-8}$  та модуль пружності  $E = 2 \cdot 10^5 \text{ МПа} = 2 \cdot 10^{11} \text{ Па}$ , визначимо за формулою (3.31) прогин вала від дії зовнішнього навантаження

$$y_c = \frac{1096,5}{2 \cdot 10^{11} \cdot 155,2 \cdot 10^{-8}} = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ м} = 3,5 \text{ мм}.$$

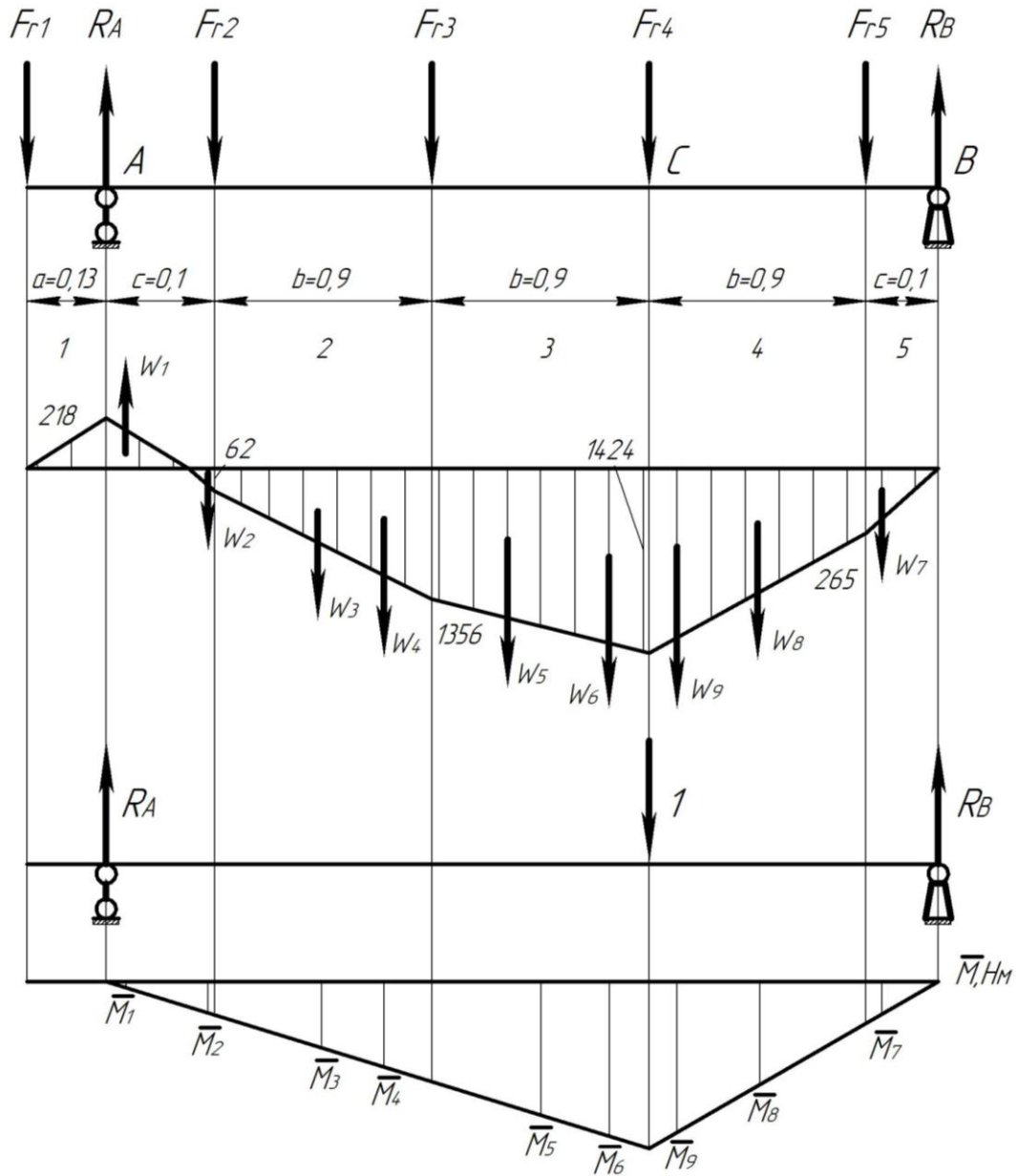


Рисунок 3.4

Допустима величина прогину вала від дії сили  $F_r$ ,  $[y] = 5 \text{ мм}$ . Отже, жорсткість витримується, оскільки  $y < [y]$ . Виконані розрахунки обґрунтовують доцільність розробленого удосконалення механізму зрізання гички збирального агрегата.

## **4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ**

### **4.1. Правила техніки безпеки при роботі трактора інтегральної схеми та фронтально-начіпної гичкозбиральної машини**

Під час експлуатації інтегрального трактора та фронтально-начіпної гичкозбиральної машини типу МБФ-6 необхідно виконувати вимоги безпеки, вказані у «Правилах техніки безпеки при роботі на тракторах, сільськогосподарських і спеціалізованих машинах».

Для безпечної роботи агрегату необхідно [4, 8]:

- 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 у реєстраційному журналі;

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

- забороняється ремонтувати або регулювати вузли і робочі органи машини при працюючому двигуні. Всі види регулювань і технічного обслуговування виконувати тільки після повної зупинки машини і при заглушеному двигуні трактора;

- забороняється виконувати будь-які роботи під машиною, якщо під її колеса не поставлені гальмівні башмаки;

- забороняється проводити будь-які роботи під гичкорізом, який знаходиться у транспортному положенні. Для проведення таких робіт необхідно зафіксувати гичкоріз механічним фіксатором, а в місцях піддомкращення поставити спеціальні підставки, під колеса – гальмівні башмаки. При піддомкращуванні машини у 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 таке: 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.

- перед включенням двигуна приводу машини і важеля коробки передач для переміщення машини необхідно обов'язково подати тривалий звуковий сигнал;

- після подання сигналу перевірити можливість руху машини і роботи її механізмів і, впевнившись, що це нікому не загрожує, здійснити запуск двигуна або включити привод машини;

- забороняється робота машини при ослабленому кріпленні вузлів та агрегатів;

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

- забороняється торкатися руками робочих органів збиральної машини під час роботи;

- необхідно систематично перевіряти надійність роботи гальма і рульового управління;

- не допускати роботу з несправним інструментом;

- у кабіні трактора необхідно мати аптечку і слідкувати за її поповненням необхідними медикаментами;

- забороняється працювати у незручному одязі з рукавами і полами, які розвіваються;

- забороняється перевезення будь-яких вантажів на машині;

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

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

- після зупинки машини необхідно обов'язково перевести важіль коробки передач у нейтральне положення і виключити вал відбору потужності трактора;

- забороняється робота машини у нічний час без електричного освітлення;

- транспорт, швидкість руху якого дорівнює або перевищує швидкість руху машини, обганяти забороняється, а при настанні темноти обгін будь-якого транспорту, який рухається, заборонено;

- перегін машини дорогами загального користування необхідно виконувати відповідно з правилами дорожнього руху;

- необхідно періодично оновлювати знаки безпеки, які нанесені на машині;

- при відсутності тракториста-машиніста у кабіні машини необхідно використовувати стоянкові гальма трактора.

- при виконанні навантажувально-розвантажувальних робіт необхідно:

а) керуватися правилами будови і безпечної експлуатації вантажопідйомних кранів, які затверджені відповідними комітетами і організаціями;

б) стропування машини виконувати тільки за спеціальні кронштейни, які приварені до поздовжніх лонжеронів рами;

в) для підймання машини у зборі використовувати кран вантажопідйомністю не менше 8т.

#### **4.2. Основні правила пожежної безпеки при роботі трактора інтегральної схеми та фронтально-начіпної гичкозбиральної машини**

При експлуатації необхідно дотримуватися таких основних правил пожежної безпеки [4, 8]:

1. Необхідно постійно слідкувати за технічним станом 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 підтікання з системи живлення, мащення і гідросистеми трактора і збиральної машини.
  4. У випадку загорання палива користуватися вогнегасником або засипати полум'я ґрунтом, піском або накрити войлоком, брезентом. Категорично забороняється заливати паливо, яке горить, водою.
  5. У випадку виходу з ладу електропроводки у нічний час необхідно користуватися вогнебезпечними ліхтарями.
  6. Щодня необхідно перевіряти справність електропроводки і не допускати її забруднення мастилами і пилом. Несправність може призвести до замикання проводів та їх загорання.
  7. Місця стоянки і зберігання машини необхідно забезпечити протипожежними засобами, узгодженими з пожежною інспекцією.
- При підготовці до роботи бурякозбиральної машини у складі інтегрального трактора ЛТЗ-155 та гичкозбиральної машини МБФ-6 необхідно дотримуватися розроблених правил техніки безпеки та протипожежних заходів. Для забезпечення цього необхідно організувати навчання обслуговуючого персоналу та робітників, провести інструктажі і комплектування збирального агрегату засобами індивідуального захисту.
- Небезпечні зони збирального агрегату повинні мати інформаційні таблички із зрозумілим символом небезпечного фактору. Дотримання рекомендацій з безпеки праці дозволить уникнути виробничого травматизму, зберегти здоров'я людей, підвищити продуктивність праці і покращити показники господарської діяльності підприємства.



## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Процес збирання гички цукрових буряків у даній роботі удосконалений завдяки розробці механізму зрізання гичкозбиральної машини, її виконання передньо-начіпне, агрегатується з трактором інтегральної схеми. Перевагою таких тракторів є їх виконання за блочно-модульним принципом; конструктивно вони добре пристосовані для модульного комплектування, тобто створення на їх базі МТА різноманітного призначення завдяки системі відбору потужності та монтажної бази з двома начіпними системами.

Механізм зрізання гички видаляє її на висоті до 10 мм від основ головок коренеплодів, процес відбувається із дотриманням агротехнічних вимог щодо кількості невідділеної гички на коренеплодах, забрудненості її ґрунтом, втратами вільної гички, пошкодження коренеплодів ходовими колесами та вибивання їх з ґрунту гичкорізами. Видалення гички здійснюється дисковим активним гичкорізом кінематично зв'язаним з механізмом копіювання розташування головок коренеплодів над поверхнею ґрунту. Зрізаючий ніж відносно поверхні ґрунту встановлюють користуючись гвинтовими механізмами опорних коліс гичкозбиральної машини. Зрізана гичкорізами гичка поступає на підбирач, що передає її на поперечний вивантажувальний транспортер, який переміщає її вліво на зібрану ділянку поля, на якій укладає гичку у валок так, щоб вона не потрапляла під ходову систему енергозасобу.

Приводиться в рух гичкозбиральна машина переднім ВВП трактора з частотою обертання  $n=1000\text{хв}^{-1}$ . Передавання крутного моменту відбувається карданною передачею на центральний редуктор, передаточне відношення якого  $i=1,87$ , а звідти приводиться в рух поперечний транспортер та роздаточний редуктор, який карданными передачами здійснює привод редукторів гичкорізів і редуктор підбирача гички.

Визначено умови роботи гичкозбиральної машини з розробленим механізмом та послідовність реалізації процесу збирання гички, виконано розрахунок режимів роботи удосконаленим збиральним агрегатом, та проектування й перевірений розрахунок ведучого вала привода підбирача гички.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Бондаренко М.Г., Демещук В.А. Комплектування і використання машинно-тракторного парку в рослинництві. Київ: Вища школа, 1995. 236 с.
2. Гевко Р.Б., Баліцький І.Б., Хомик Н.І. Вдосконалення процесів очищення коренеплодів при розробленні та модернізації машин. *Сучасні технології промислового комплексу-2020* : матеріали VI-ої міжнар. наук.-практ. конф., вип. 6, м.Херсон, 8-12 верес. 2020 р. Херсон: ХНТУ, 2020. С. 91-94.
3. Гевко Р.Б., Хомик Н.І., Жаровський О.С., Довбуш Т.А Деталі машин та основи автоматизованого конструювання: навчальний посібник до лабораторних робіт Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 256 с.
4. Гогіташвілі Г.Г., Лапін В.М. Основи охорони праці. Львів: Новий світ, 2000. 230 с.
5. Довбуш А.Д. Прикладна механіка і основи конструювання: навчально-методичний посібник до розрахунково-графічної роботи / А.Д. Довбуш, Н.І. Хомик, Т.А. Довбуш, Н.А. Рубінець. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. 116 с.
6. Довбуш Т.А. Методи проектування сільськогосподарських машин: навчально-методичний посібник до курсового проектування /Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.Д Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. 72 с.
7. Довбуш Т.А. Опір матеріалів: навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи / Т.А.Довбуш, Н.І.Хомик, А.В. Бабій, Г.Б.Цьонь, А.Д.Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А.,2022. 220с
8. Лапін В.М. Безпека життєдіяльності людини. Львів: ЛБК НБУ; Київ: Знання, 2000. 188 с.
9. Машини бурякозбиральні ДСТУ 2258-93. Київ: Держстандарт України, 1993. 18 с.
10. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник /Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. Київ: Вища освіта, 2005. 464 с.

11. Хомик Н.І. Вступ до фаху: навчальний посібник для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія» / Н.І. Хомик, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, І.Й. Блозва, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 348 с.
12. Хомик Н.І. Деталі машин. Курс лекцій для студентів заочної форми навчання. / Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш, О.П. Цьонь. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 160 с.
13. Хомик Н.І., Довбуш А.Д., Олексюк В.П. Машини та обладнання для тваринництва: навчальний посібник (курс лекцій). Частина друга. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 246 с.
14. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання дипломної роботи для здобуття освітнього ступеня «магістр» для спеціальності 133 Галузеве машинобудування /Н.І. Хомик, М.Я. Сташків, В.П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. 164 с.
15. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник (курс лекцій) /Н.І. Хомик, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, В.П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 232 с.
16. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник до практичних занять та самостійної роботи /Н.І. Хомик, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, Н.А. Антончак. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 320 с.
17. Хомик Н.І. Технологія виробництва і переробки сільськогосподарської продукції: курс лекцій / Н.І. Хомик, Н.Б. Гаврон, Н.А. Рубінець. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2016. 248 с.
18. Andreikiv, O.E., Babii, A.V., Dolinska, I.Y. *et al.* Determination of the Residual Life of the Spraying Boom of a Field Sprinkler in the Maneuvering Loading Mode. *Mater Sci* 56, 112–118 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11003-020-00404-2>
19. Babii A., Dovbush T., Khomuk N., Dovbush A., Tson A., Oleksyuk V. Mathematical model of a loaded supporting frame of a solid fertilizers distributor *Procedia Structural Integrity*, 2022. No 36, 203-210. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2022.01.025>

20. Dovbush Taras, Khomyk Nadia, Dovbush Anatolii, Dunets Bogdan. Evaluation technique of frame residual operational life. *Scientific Journal of the Ternopil national technical university*. Tern.: TNTU, 2019. Vol. 93. No. 1. P. 61-69.
21. Dovbush Taras, Khomyk Nadia, Tson Hanna, Dovbush Anatolii, Improvement of prt-9 constructive system on the basis of frame elements strength balance. *Scientific Journal of the Ternopil national technical university*. Tern.: TNTU, 2020. Vol. 100. No. 4. P. 40-45.
22. Dovbush Taras, Khomyk Nadia, Dovbush Anatolii, Palyukh A. Estimation of the load capacity and the strain-stress state of rod transporters. *Scientific Journal of the Ternopil national technical university*. Tern.: TNTU, 2022. Vol 108. No 4. P. 5-15.
23. Hevko R.B., Tkachenko I.G., Khomyk N.I., Gumeniuk Y.P., Flonts I.V., Gumeniuk O.O. Determination of technical-and-economic indices of root crop conveyer-separator during their motion on curved path. *INMATEH - Agricultural Engineerin*, 2020. Vol. 61. Is. 2. P. 175-182.
24. Хомик Н.І., Довбуш А.Д. Технічна механіка: навчально-методичний посібник до курсової роботи для студентів напряму підготовки «Електротехніка та електротехнології» денної та заочної форм навчання Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. І.Пулюя, 2013. 192с.
25. Хомик Н.І. Експлуатаційні властивості транспортних засобів: конспект лекцій. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2014. 92 с.
26. Babii A., Levytskyi B., Dovbush T., Babii M., Khomuk N., Dovbush A., Valiashek V. [Mathematical model of sprayer tank loading](#). *Procedia Structural Integrity*, 2024. No 59, 609-616.

## **ДОДАТКИ**