

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Удосконалення процесу збирання гички кормових буряків
з розробкою гичковидаляючого механізму на базі
косарки-подрібнювача КІР-1,5

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

Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Окряк Д.В.
(підпис) (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)

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 Окряку Дмитру Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Удосконалення процесу збирання гички кормових буряків з розробкою гичковиделяючого механізму на базі косарки-подрібнювача КІР-1,5

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

Затверджені наказом ректора від « 22 » січня 2025 року № 4/7-25

2. Термін подання студентом завершеної роботи 21 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи урожайність коренеплодів кормових буряків – 700 ц/га; урожайність гички – 150 ц/га; ширина міжрядь – 450 мм; буряки посіяні сівалкою ССТ-12Б з шириною захвату 5,4 м; ширина захвату збиральної машини 1,35 м (3 рядки посівів); робоча швидкість до 7 км/год; продуктивність 5,5 га/зм; базова машина КІР-1,5 причіпна; агрегування з тракторами класу 1,4; площа поля – 60 га; довжина поля – 900 м.

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

1. Аналіз особливостей збирання гички кормових буряків. 2. Удосконалення процесу збирання гички кормових буряків розробкою гичковиделяючого механізму. 3. Проектування та обґрунтування конструкції механізму зрізання гички кормових буряків. 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Загальні висновки.

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

1. Мета, предмет, об'єкт, задачі дослідження. 2. Схема технологічного процесу збирання гички кормових буряків на базі косарки-подрібнювача КІР-1,5. 3. Ротор для видалення гички кормових буряків. 4. Труба ротора. 5. Шків пасової передачі приводу ротора косарки. 6. Цапфи ротора косарки. 7–9. Розрахункові схеми.

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

22 січня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін етапів виконання роботи	Примітка
1	Аналіз особливостей збирання гички кормових буряків	до 20.02.2025	
2	Удосконалення процесу збирання гички кормових буряків розробкою гичковиделяючого механізму.	до 30.03.2025	
3	Проектування та обґрунтування конструкції механізму зрізання гички кормових буряків.	до 30.04.2025	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.	до 12.05.2025	
9	Реферат. Вступ. Загальні висновки	до 30.05.2025	
10	Ілюстративний матеріал	до 10.06.2025	

Студент

_____ (підпис)

Окряк Д.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Хомик Н.І..

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Окряк Дмитро Васильович.

Тема роботи – «Удосконалення процесу збирання гички кормових буряків з розробкою гичковидаляючого механізму на базі косарки-подрібнювача КІР-1,5». 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 (44 найменувань), 2 додатки. Загальний обсяг текстової частини – 62 сторінок, на яких є 10 рисунків. Ілюстративний матеріал розміщений на 9 аркушах формату А4.

Актуальність теми роботи. Аналізуючи технології та способи збирання гички кормових буряків можна стверджувати, що вдалою є технологія її видалення завдяки подрібненню та розсіюванню на поверхні ґрунту з подальшим заорюванням. Проектуючи, змінюючи чи вдосконалюючи робочі органи для видалення гички кормових буряків, необхідно враховувати такі їх біологічні особливості: малі величини значень сил зв'язку коренеплодів з ґрунтом і значне варіювання висоти розміщення їх над поверхнею ґрунту. Виходячи з цього, найбільш придатними для збирання гички з таких коренеплодів є робочі органи з еластичними елементами. Такі механізми виконують видалення гички завдяки ударному та очісувальному впливам на коренеплоди з різними розташуванням по висоті над поверхнею ґрунту. Однією з переваг таких робочих органів є їх відносна проста будови, невисока вартість та низька енергомісткість.

Мета роботи: Удосконалити процес збирання гички кормових буряків розробивши гичковидаляючий механізм до косарки-подрібнювача КІР-1,5.

Мета роботи потребує вирішення таких завдань:

- проаналізувати використовувані технології та способи збирання гички з коренеплодів кормових буряків;

- проаналізувати механізми та їх робочі органи для видалення гички з коренеплодів кормових буряків;
- обґрунтувати можливості використання косарки-подрібнювача на збиранні гички кормових буряків;
- обґрунтувати схему гичковидаляючого механізму на базі косарки-подрібнювача;
- розрахувати кльинопасову передачу у складі привода гичкоріза;
- встановити геометричні та кінематичні параметри механізму зрізання гички кормових буряків;
- виконати технологічні розрахунки дотримання умов роботи косарки-подрібнювача КІР-1,5Г на збиранні гички кормових буряків;
- на основі загальних вимог охорони праці до сільськогосподарських машин розробити вимоги безпеки і порядок роботи удосконалюваної машини.

Об'єкт дослідження. Механізм зрізання гички кормових буряків на базі косарки-подрібнювача КІР-1,5Г.

Предмет дослідження. Геометричні та кінематичні параметри механізму зрізання гички кормових буряків; технологічні розрахунки умов роботи косарки-подрібнювача КІР-1,5Г на збиранні гички кормових буряків.

Практичне значення отриманих результатів. Удосконалено механізм зрізання збирання гички кормових буряків, який рекомендовано встановлювати на косарку-подрібнювач КІР-1,5. Конструктивно це реалізується так – взамін подрібнюючого пристрою косарки монтують два ротори обладнані еластичними гумовими білами, які обертаються у зустрічних напрямках з частотою 640 об/хв. Подрібнену гичку видаляють через гичкопровід. Збиральний агрегат монтують на рамі з опорно-ходовими колесами приєднують до трактора причіпним пристроєм. Привод роторів здійснюється через кльинопасову передачу встановлену за конічним редуктором, оберти на який передаються карданною передачею від ВВП трактора, що має частоту обертів 540 об/хв.

Ключові слова: гичка кормових буряків, гичковидаляючий механізм, кльинопасова передача, еластичні робочі органи, косарка-подрібнювач.

ЗМІСТ

	стр.
ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗБИРАННЯ ГИЧКИ КОРМОВИХ БУРЯКІВ.....	9
1.1. Аналіз використовуваних технологій та способів збирання гички з коренеплодів кормових буряків.....	9
1.2. Аналіз механізмів та їх робочих органів для видалення гички з коренеплодів кормових буряків.....	11
1.3. Обґрунтування можливості використання косарки-подрібнювача на збиранні гички кормових буряків.....	18
2. УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ГИЧКИ КОРМОВИХ БУРЯКІВ РОЗРОБКОЮ ГИЧКОВИДАЛЯЮЧОГО МЕХАНІЗМУ.....	21
2.1. Обґрунтування схеми гичковиделяючого механізму на базі косарки-подрібнювача.....	21
2.2. Розрахунок клинопасової передачі у складі привода гичкоріза....	23
3. ПРОЄКТУВАННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ МЕХАНІЗМУ ЗРІЗАННЯ ГИЧКИ КОРМОВИХ БУРЯКІВ.....	30
3.1. Встановлення геометричних і кінематичних параметрів механізму зрізання гички кормових буряків.....	30
3.2. Технологічні розрахунки дотримання умов роботи косарки- подрібнювача КІР-1,5Г на збиранні гички кормових буряків.....	41
4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	50
4.1. Загальні вимоги охорони праці до сільськогосподарських машин.....	50
4.2. Вимоги безпеки і порядок роботи удосконалюваної машини КІР-1,5.....	51
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	55
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	57
ДОДАТКИ.....	62

ВСТУП

Міцнісні властивості коренеплодів кормових буряків визначають такі показники: опір згинанню та навантаження, які спричиняють руйнування або значне пошкодження коренеплодів. Опір коренеплодів згинанню та надломлюванню зростає при збільшенні діаметра коренеплоду. Необхідно також враховувати опір коренеплодів переміщенням у бік від рядка, оскільки гичку видаляють з коренеплодів при їх безпосередньому контакті з робочими органами.

Сили зв'язку кормових коренеплодів з ґрунтом визначають значення сили, яка необхідна для завалювання коренеплодів у горизонтальній площині, тобто у бік рядка чи міжряддя, та сили, яку прикладають у вертикальній площині, що потрібна для витягування коренеплодів з ґрунту.

При механізованому процесі видалення гички з коренеплодів найбільше впливатимуть сили, які діють на коренеплоди у горизонтальній площині. Так як для коренеплодів кормових буряків характерними є низькі значення сил зв'язку з ґрунтом, наприклад, сила, достатня для завалювання коренеплодів у бік рядка, залежно від сорту кормових буряків, знаходиться у межах 70...160 Н, а значення сили для завалювання коренеплодів у бік міжрядь – 60...150 Н [1, 2, 15, 19], тобто сили зв'язку кормових буряків з ґрунтом незначні, тому перед збиранням рекомендовано виконувати їх підгортання, завдяки чому зростатимуть сили зв'язку коренеплодів з ґрунтом, хоче такий процес ускладнює подальше збирання коренеплодів.

На збирання гички значно впливає також положення головок коренеплодів щодо поверхні ґрунту. Для коренеплодів кормових буряків характерним є досить високий ступінь варіювання цього показника: залежно від сорту він коливається у межах 20...200 мм [1, 2].

Суттєво впливає на процес збирання гички також відхилення головок коренеплодів від осьової лінії рядка, цей показник також змінюється у досить широких межах – 10...160 мм [1, 2].

Механічні властивості гички кормових буряків мають визначальний вплив на конструктивні особливості та характер взаємодії робочих органів з гичкою та на основні параметри цієї взаємодії.

Важливим моментом є також і те, що міцнісні характеристики коренеплодів та гички отримані при статичних і динамічних навантаженнях суттєво відрізняються. Зміна конструкцій робочих органів для видалення гички та збирання коренеплодів, також оптимізація їх параметрів можлива лише при врахуванні міцнісних показників визначених для динамічних навантажень. Найважливішим з яких при збиранні гички, є сили зв'язку черешків гички з головками коренеплодів, вони перевищують міцність черешків на розтяг. Враховуючи цю особливість, найдоцільнішим є реалізація процесу видалення гички завдяки використанню деформацій зсуву та згину, при яких дотичні навантаження на коренеплоди будуть достатніми для видалення гички без травмування головок коренеплодів та їх вибивання з ґрунту.

Найперспективнішою вважають технологію збирання гички кормових коренеплодів при якій відбувається її подрібнення та розсіювання на поверхні поля з подальшим заорюванням.

Врахування біологічних особливостей кормових коренеплодів призводить до того, що найбільш доцільним є безкопірне видалення гички, при якому використовують еластичні робочі органи, які працюють за принципом ударної та очісуючої дії робочих елементів на гичку. Застосування таких робочих органів забезпечує крім очищення, також подрібнення і транспортування решток гички за межі зони, що обробляється.

Застосування еластичних робочих органів ударної дії забезпечує очищення коренеплодів, що мають різне по висоті розташування відносно поверхні ґрунту. Такі робочі органи мають відносно просту будову, порівняло недорогі, у для них характерна низька енергомісткість процесу видалення гички.

1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЗБИРАННЯ ГИЧКИ КОРМОВИХ БУРЯКІВ

1.1. Аналіз використовуваних технологій та способів збирання гички з коренеплодів кормових буряків

Завдяки використанню інтенсивних технологій вирощування кормових буряків отримують високі врожаї – до 600...800 ц/га; затрати праці при яких становлять орієнтовно 400 люд-год на гектар, з яких більше половини припадає на видалення гички, збирання коренеплодів і закладка їх для зберігання. Ранні терміни їх кагатування (кінець вересня – початок жовтня), призводять до поганого зберігання коренеплодів, їх гниття, а це позначається і на майбутньому врожаї насіння, яке вирощують із маточних коренеплодів. На сьогодні кормові коренеплоди збирають роздільним способом, який поєднує процес видалення гички за один-два дні до збирання, а згодом підкопування й очищення їх коренезбиральними машинами [1, 2, 15, 19].

Якісне видалення гички є відповідальною операцією у технології вирощування кормових буряків, оскільки якість її виконання впливає на якість викопування коренеплодів, тобто на умови роботи коренезбиральних машин і суттєво впливає на зберігання коренеплодів для використання їх у тваринництві.

Якісно зібрати гичку кормових буряків практично неможливо використовуючи машини призначені для збирання гички цукрових буряків через суттєві відмінності у їх біологічних і фізико-механічних властивостях.

Механізацію збирання гички кормових коренеплодів реалізують використовуючи одну із двох технологій [22, 32, 33, 36]: збирають із навантаженням у транспортні засоби для подальшого згодовування тваринам; збирають виконуючи одночасне подрібнення та розсіювання на поверхні поля як зеленого добрива.

Збирання гички у транспортні засоби з використанням її для годівлі тварин – це традиційна технологія, що має ще певне застосування в нашій країні. Її переваги: отримують додаткові корми, зменшує поширення бур'янів

і хвороб гички (церкоспороз); поле вільне від рослинних решток, що сприяє якісному збиранню коренеплодів і якіснішому обробітку ґрунту під посів.

Враховуючи, що гичка кормових буряків становить 20...30 % від маси коренеплодів на відміну від цукрових, у яких цей показник складає по масі 50...70 %, а при пізніх термінах збирання він зменшується у 2...2,5 рази, то часто використовують другу технологію збирання – розсівання гички по полю [22, 32, 33, 36].

Технологій виконання процесу збирання гички є дві – копіююче та безкопірне видалення. Перший спосіб збирання гички, тобто з копіюванням головок коренів – типовий на збиранні цукрових буряків. Він практично непридатний для кормових через те, що вони на $1/2...1/3$ довжини коренеплоду, залежно від сорту, ростуть над поверхнею ґрунту, через що, мають, порівняно із цукровими, невелику стійкість на завалення, тобто вибивання з ґрунту; також для кормових коренеплодів характерне значне варіювання висоти розміщення головок коренів щодо поверхні ґрунту.

Видозміни конструкцій механізмів для копірного зрізання гички непридатні для гички кормових буряків, оскільки залишали половину, іноді більше гички на коренях. Тому копіюючі гичкоріжущі пристрої на видаленні гички кормових буряків практично не використовують.

Безкопірне зрізання гички з кормових коренеплодів – найбільш вдалий спосіб, який має такі переваги [11, 14]: простота конструкції і невисока матеріалоемність при досить високій продуктивності; у зібрану гичку не потрапляють часточки ґрунту завдяки встановленню гичкозрізуючих робочих органів досить високо над поверхнею поля. Однак, такі механізми мають і певні недоліки: порівняно низька якість зрізання гички, яку встановлюють за висотою найвище розміщених коренеплодів; зрізана гичка подрібнюється під час збирання і втрачає кормову цінність, тому її розсівають на поверхні поля. Така технологія збирання гички, тобто зрізання та одночасне подрібнення і розсіювання на поверхню поля широко застосовується у країнах Західної Європи. Найчастіше для її реалізації використовують ротори-подрібнювачі, конструктивно виконані у вигляді

ротора, що має горизонтальну вісь обертання, на якій шарнірно або жорстко закріплені ножі, завдяки чому відбувається зрізання гички з одночасним подрібненням, у результаті чого зібрана гичка немає кормової цінності і для силосування її недоцільно використовувати, тому таку технологію збирання гички застосовують там, де розвинена досить висока культура землеробства.

Як перспективна може бути рекомендована до використання технологія, при якій зрізану гичку вкладають у валки, у яких вона підсихає деякий час і в подальшому її підбирають спеціалізованою машиною – підбирачем-копнувачем, який обладнують бункером, об'єм якого до 20...25 м³.

Вибираючи для впровадження певну технологію, враховують наявність технічних засобів для її реалізації, якісні та кількісні властивості культури, ґрунтово-господарські умови, особливості вирощуваного сорту та економічну доцільність.

1.2. Аналіз механізмів та їх робочих органів для видалення гички з коренеплодів кормових буряків

Завдяки біологічним і механіко-технологічним властивостям кормових буряків механізми та їх робочі органи для видалення гички з таких коренеплодів значно відрізняються від механізмів видалення гички з коренеплодів цукрових буряків, є простішими за будовою.

Найважливіша класифікаційна ознака для гичковидалаючих механізмів, застосовуваних для кормових буряків – за способом очищення головок від гички.

Виділяють два основні способи очищення коренеплодів від гички, які є принципово різними – різання та удар. Як класичний спосіб зняття гички з коренеплодів вважають різання двох різновидів – використання пристроїв з активними або пасивними ножами, вони є різного конструктивного виконання, потребують застосування копіїв, які для якісного зрізання гички мають забезпечувати тиск на головку коренів у діапазоні 150...250 Н, а оскільки завалювання кормових коренеплодів відбувається, залежно від

сорту, прикладанням сили у 70...170 Н [15, 25], то використовувати копіюючі гичкорізи для зняття гички з кормових коренеплодів, практично неможливо.

Часто, особливо у Західній Європі, використовують гичкорізи, що мають горизонтальну вісь обертання, тобто ротор-подрібнювач, який називають дефоліатор. Конструктивно такий гичкоріз має за основу горизонтальний приводний вал з ножами, які зрізають і подрібнюють гичку і перекидають її на відповідний транспортуючий пристрій. Такий пристрій завдяки прості будови та високій продуктивності є часто застосовуваним. Недоліком є висока частота обертання ротора, через що виникає вентиляційний ефект, і тим самим у гичку потрапляють частинки ґрунту і вона непридатна для згодовування тваринам.

Очищувати коренеплоди буряків завдяки ударній дії робочих органів – це широко використовувана практика на гичкозбиральних машинах різних фірм-виробників. Практично всі сучасні збиральні машини та їх модульні комбінації для збирання цукрових буряків мають у складі робочі органи ударної дії, які призначені для доочищення головок коренеплодів від рештків гички. Схожі за конструктивним виконанням розроблені механізми і пристрої для видалення гички з кормових коренеплодів, їх можна поділити на два типи пристроїв, перші, враховуючи біологічні особливості кормових коренеплодів, реалізують необхідну якість очищення, другі виконують очищення одночасно видаляючи рослинні рештки за межі оброблюваної зони.

Проаналізуємо деякі із конструкцій очисників гички з кормових коренеплодів. До першого типу очисників відносять механізм, обладнаний дисками з еластичними робочими елементами, які зчищають гичку, забезпечуючи підпір коренеплодів з боку міжрядь, щоб запобігти їх завалюванню при виконанні технологічного процесу. Недолік такого пристрою у тому, що відбувається намотування рослинних решток, тобто гички та бур'янів на очисні елементи дисків, неможливість його роботи на забур'янених посівах.

Для видалення гички застосовують також пристрої, які поєднують дві функції – очисну і транспортуючу (рис. 1.1). У такому механізмі,

змонтованому на рамі 1 з опорними колесами 3 є механізм приводу 2, який приводить у рух два вали 4 та 5, на які закріплюють еластичні робочі елементи 6. Над робочими органами встановлено кожух 7, з завдяки якому рослинні рештки потрапляють на шнек 8, який виносить їх за межі оброблюваної зони. Недоліком пристрою вважають наявність додаткового робочого органу – шнека, який відводить зрізану гичку за межі зони, що обробляється. Успішна робота такого очисника є за умови чистих від бур'янів міжрядь коренеплодів.

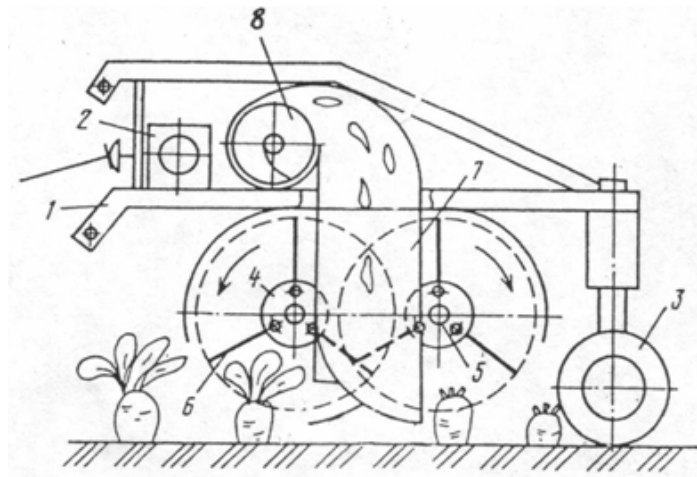


Рисунок 1.1 – Схема гичкоочисника згідно а.с. № 1568927

Еластичні робочі елементи на роторах очисників закріплюють шарнірно – очисник ОГД-6А або жорстко, очисники МБК-2,7; GC-85. Надійнішим у роботі вважають жорстке кріплення еластичних робочих елементів на роторах, хоча однозначної думки, підтвердженої детальними дослідження поки немає [11, 14].

Використання робочих органів ударної дії для очищення головок коренеплодів від решток гички почалося у 50...60 роках минулого століття, причиною цього стало те, що відбувся перехід від коренезбиральних машин браального типу до коренезбиральних машин витискного типу. Це стало причиною для конструювання високоефективних гичкозбиральних машинах, які виконували зрізання та очищення від гички не підкопаних коренеплодів. Тоді і появилися гичковідокремлюючі робочі органи ударної дії. Робочі органи таких пристроїв закріплювали шарнірно, вони мали виступи, тому досягалося видалення гички як завдяки ударній дії, так і завдяки зчісуванню

черешків. Практика використання таких пристроїв виявила їх суттєві недоліки: потреба у високій потужності для їх приводу та недовговічність самих робочих елементів. Перший недолік викликаний тим, що ефективного видалення гички можливе лише за високої швидкості руху робочих елементів, яка необхідна для подолання сил тертя та опору повітря. Недовговічність робочих елементів спричинена появою складних деформацій та контактом з ґрунтом, у якому містяться абразивні частинки. Однак у таких очисників є переваги, що виявляються у простоті конструкції і надійності у роботі, можливості виносити рослинні рештки за межі оброблюваної зони; забезпечується якісне доочищення від решток гички головок коренеплодів, які мають різне за висотою розташування над поверхнею ґрунту.

Типовий представник гичкозбиральних машин, які обладнують еластичними робочими органами, що чинять на коренеплоди ударну дію, є очисник ОГД-6А (рис. 1.2). Він має за основу раму 1 з опорними колесами 6, для приводу робочих органів використовують редуктори 2 і 3 та клинопасову передачу 4, та два вали – вал-доочищувач 5 і вал-очисник 7. Комплектують вали робочими органами, виготовленими з поліуретану та прогумованої стрічки. Використання таких робочих органів забезпечує очищення головок коренеплодів від гички здебільшого переважно з одного боку, тому для забезпечення умов якісного виконання технологічного процесу встановлюють додатковий ротор, якому надають зворотній напрям обертання, його комплектують еластичними робочими елементами з більшою жорсткістю на згин. Кріплять робочі елементи шарнірно, що забезпечує копіювання головок коренеплодів та збільшує ресурс їх роботи.

Такий очисник завдяки обладнанню еластичними елементами під час роботи працює як безнапірний осьовий вентилятор, який, не створює статичного напору, а лише переміщає повітря з певною швидкістю, завдяки чому потік повітря створений ротором виконує транспортування гички за межі обробки. Недолік пристрою у тому, що повітряний потік піднімає з поверхні частки ґрунту і вони потрапляють у зібрану масу, а також додаткові затрати енергії, що потрібні для створення вентиляційного ефекту.

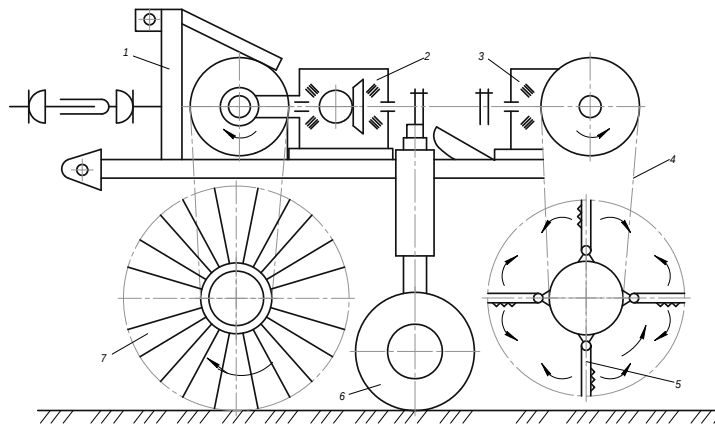


Рисунок 1.2

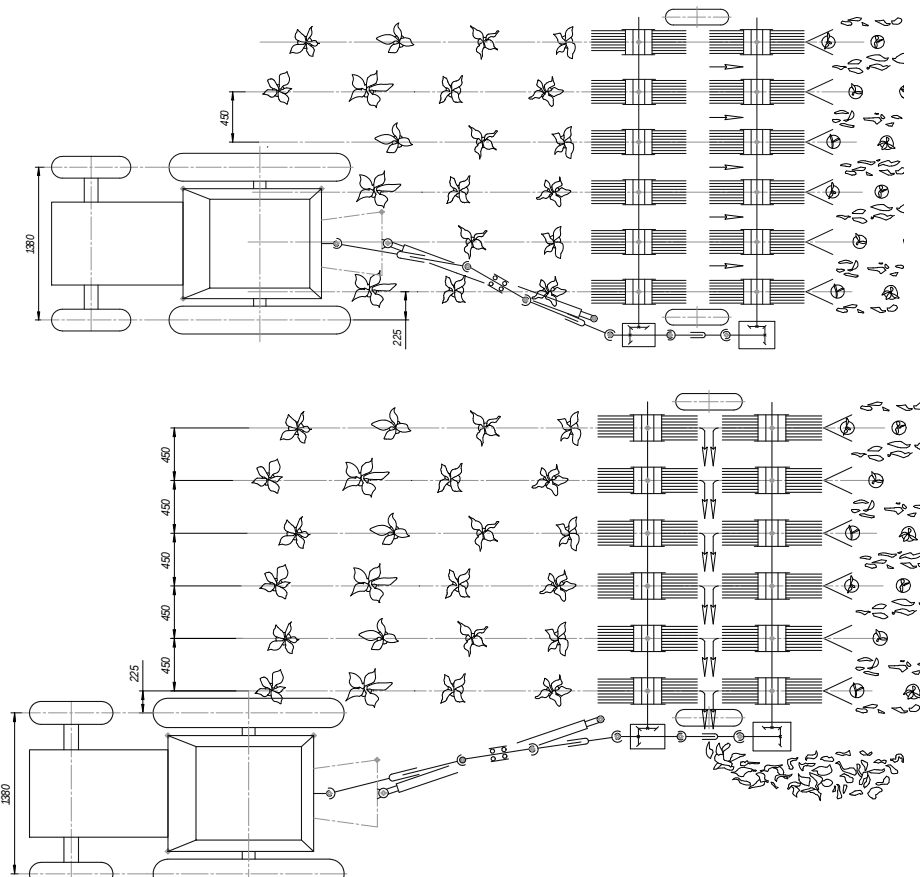
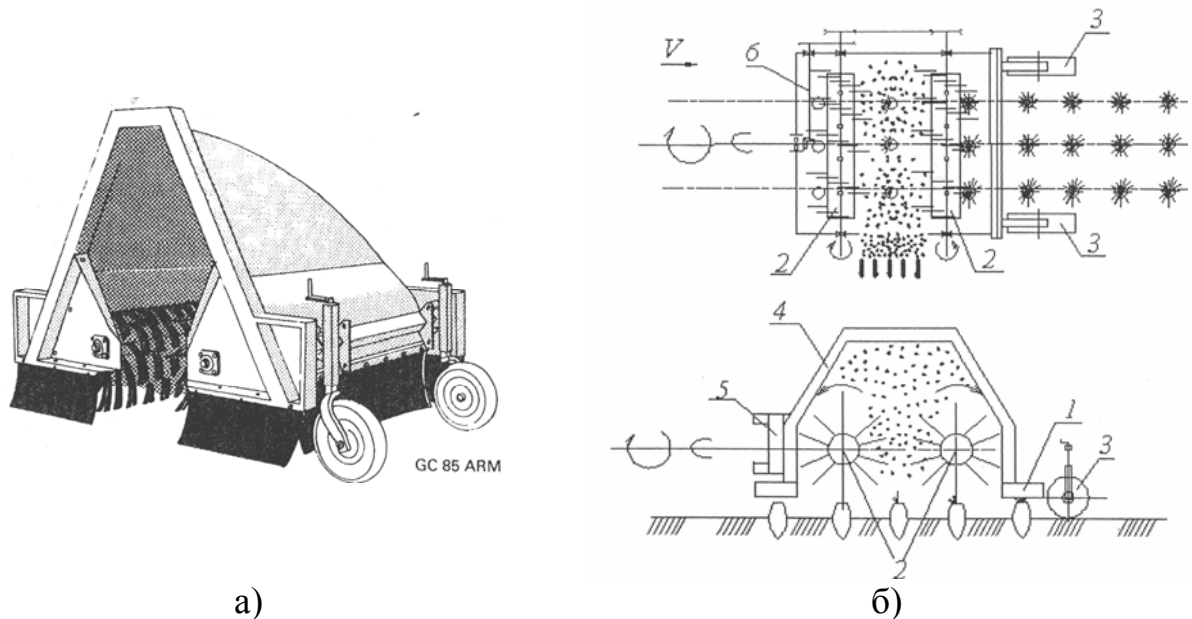


Рисунок 1.3 – Технологічна схема очисника ОГД-6А

Особливість машини ОГД-6А у тому, що є те, що агрегований з нею трактор, може рухатися по зібраній ділянці поля, не пошкоджувати коренеплоди і не зминати гичку, а може рухатися міжряддями за умови встановлення вузьких коліс. Зрізання гички на коренеплодах при використанні цієї машини проходить на одному рівні за висотою, продуктивність 0,6...1,65 га/год за робочої швидкості 0,62...1,65 м/с [20].

На збиранні гички кормових буряків використовують очисник GC 85 (фірма «Case», Франція), який виконує одночасне подрібнення і розсіювання на поверхні поля (рис. 1.4).



а) — загальний вигляд

б) — технологічна схема

Рисунок 1.4

Очисник GC 85 застосовують для зняття гички з кормових коренеплодів без попереднього зрізання, одночасно розсіваючи її на зібрану частину поля. Основою очисника є рама 1 з опорними колесами 3 та механізмом навіски 5 (див. рис. 1.4). На рамі встановлено два ротори 2, які обертаються назустріч один одному, кожух-спрямовувач гички 4 і механізм 6, що приводить у рух робочі органи. Машина має напівначіпне виконання. Ротори очисника обладнують еластичними робочими елементами, виготовленими з прогумованої стрічки, закріплюють їх на валу жорстко по гвинтовій лінії. Машину виконують у модифікаціях, що передбачають два способи агрегатування — передньоначіпна і задньоначіпна, на ній також можуть встановлювати пристрій для підгортання коренеплодів.

Під час роботи очисник спирається на навісну систему трактора та опорні колеса, регулюючи які, змінюють висоту встановлення роторів над поверхнею ґрунту. Очисник отримує крутний момент для приведення в дію робочих органів від ВВП трактора, частота обертання якого 540 хв^{-1} . Видалення гички відбувається при обертанні роторів назустріч один одному,

і при поступальному русі машини завдяки ударній та очісуючій діям робочих елементів на коренеплоди. Під час зрізання гичка подрібнюється і завдяки розміщенню робочих елементів по гвинтовій лінії, та встановленню кожуха-напрямляча гичка відводиться за межі зони, яку обробляють, і розсіюється на зібрану частину поля. Машина має ширину захвату – 1,5 м, тобто збирає гичку з трьох рядків з міжряддями 50 см. Потрібна потужність для приводу робочих органів – орієнтовно 37 кВт, продуктивність – 0,8...0,9 га/год.

Висока потужність на привод робочих органів очисника викликана тим, що він виконує основну функцію – видалення гички роторами, які виконують ще й додаткову функцію – транспортування зрізаної гички за межі оброблюваної зони. Завдяки обертанню плоских робочих елементів Туюрюється повітряний потік, а це спричиняє додаткові витрати потужності. На роботі такого очисника найбільше позначається довговічність еластичних робочих елементів, яка залежить, найбільше від матеріалу робочих елементів і режимів їх роботи. Найчастіше робочі елементи гичкоочисників виготовляють з прогумованої стрічки, литої гуми, поліуретану, поліаміду та інших матеріалів. Через інтенсивне їх зношування збільшуються затрати на експлуатацію машин та зменшується її продуктивність [4, 14, 20].

Основні вимоги до матеріалу робочих елементів – зносостійкість, високі показники міцності, пружність, мають бути порівно недорогими.

Часто через перевищення швидкості руху кінців еластичних робочих елементів тобто при 20...30 м/с, руйнується поверхневий шар коренеплодів., оскільки для їх травмування достатньо швидкості динамічно прикладеного навантаження у межах 3...3,5 м/с. Тому дія робочих органів, навіть якщо вони еластичні, з високою швидкістю на головки коренеплодів спричиняє їх травмування та можливе вибивання з ґрунту, що у подальшому ускладнює процес збирання коренеплодів. Тому небажаним для збирання гички кормових коренеплодів є використання робочих пристроїв обладнаних одночасно робочими органами ріжучої та ударної дії, оскільки через необхідність узгодження режимів роботи одного з них виходять за межі оптимальних параметрів іншого.

1.3. Обґрунтування можливості використання косарки-подрібювача на збиранні гички кормових буряків

Проаналізуємо та обґрунтуємо вимоги до гичкозбиральної машини для кормових буряків. Зняття гички має бути на висоті не більше 40 мм від основи головок, площина зрізання повинна проходити вище головки для найвище розташованих над поверхнею ґрунту коренеплодів, загальна кількість гички, яка залишається на коренеплодах після зрізання, має бути до 3 % від їх маси, загальна маса завалених у рядках коренеплодів має бути до 15 % від урожаю, пошкодження коренеплодів робочими органами машини і ходовими колесами – до 1,5 %, забруднення гички частинками ґрунту має бути до 0,5% від її маси, втрати вільної гички після проходу машин не більше 10 % від врожайності гички при її збиранні у транспортний засіб.

Виконання гичкозбиральної машини – причіпна, агрегатування з тракторами тяговий клас яких – 1,4; машина має виконувати видалення гички кормових коренеплодів посіяних з шириною міжрядь 450 ± 30 і 600 ± 30 мм. Одночасно збирання гички має бути з шести або трьох рядків при ширині міжрядь 450 мм або шести при 600 мм, з посівів посіяних сівалками з рядністю кратною чотирьом для міжрядь 600 мм і шести для міжрядь шириною 450 мм. Робочі органи машини мають бути надійними у роботі не мають залипати під час роботи та забиватися ґрунтом і рослинними залишками. Машина має бути простою і зручною для регулювання робочих органів, заміни зношених деталей, вузлів та для ремонту; у машині має бути сигналізація про відхилення чи порушення у технологічному процесі роботи окремих робочих органів [4, 14,20, 22].

Конструктивно гичкозбиральна машина має забезпечувати: встановлення гичковидаляючих робочих органів на потрібну висоту зрізання гички; відділення та збирання гички на робочій швидкості до 6,0 км/год; доочищати головки коренеплодів від решток гички; навантажувати гичку у транспортні засоби з високою вантажопідйомністю при висоті вивантаження до 3,0 м; транспортування машин на швидкості до 20 км/год; дорожній просвіт – більше 250 мм; радіус повороту агрегата – до дев'яти метрів [1, 2].

Машина має забезпечувати дотримання меж відповідних коефіцієнтів: надійності виконання техпроцесу – не нижче 0,95; використання робочого часу зміни – 0,75; готовності – вище 0,96. Напрацювання машин на відмову може бути не менше сорока годин. Рекомендована маса машини – до трьох тон, обслуговування агрегату одним трактористом; термін експлуатації – не менше семи років, гарантійний – два роки. Конструкція машини має відповідати «Єдиним вимогам до конструкції тракторів і сільськогосподарських машин по безпеці і гігієні праці» (ГОСТ 12.2.02-81).

Враховуючи зазначені передумови, пропонуємо використати на збиранні гички кормових буряків переобладнану косарку-подрібнювач КІР-1,5, яка у базовому виконанні обладнана ротаційними ріжучими апаратами 3, що мають ширину захвату 1,5 м. Ножі 4 цих різальних апаратів обертаються у горизонтальній площині виконуючи технологічний процес зрізання з подрібненням (рис. 1.4). Під час роботи косарки-подрібнювача процес різання відбувається таким чином: для короткостеблових рослин з довжиною $l < R + h$, де R – відстань до краю леза ножа від осі обертання ротора, h – висота зрізання (див. рис. 1.5), стебла зрізаються не повністю – кожен прохід ножа 4 відрізає від стебел шматочки певної довжини, що схоже на фрезерування стебел на корені. При довжині стебел $l > R + h$, стебла, що нахилилися вперед переднім щитком 1 косарки, зрізаються і, притиснуті у горизонтальному положенні до щита 1 та нерухомого ножа 2, подрібнюються завдяки повторним ударам ножів, що обертаються; постійна подача стебел до цих ножів відбувається завдяки швидкості руху косарки.

В обох випадках, подрібненні частинки стебел, отримавши певний запас кінетичної енергії, рухаються по трубі 5 вгору, де відбивач 6 спрямовує їх у приєднаний візок або транспортний засіб. Швидкість кінців лез має забезпечувати умови безпідпiрного зрізання стебел. Якщо косарку-подрібнювач використовують для зрізання тонкостеблових культур, то швидкість різання має бути більше 40 м/с, при зрізанні товстостеблових, наприклад соковитих трав, гичка кормових буряків, – не більше 20 м/с.

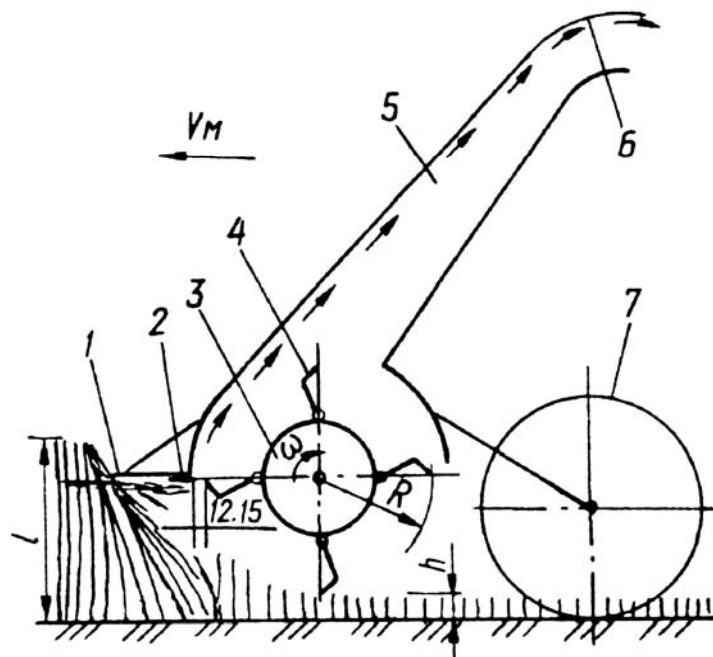


Рисунок 1.5

Основна перевага косарки-подрібнювача у тому, що вона обладнана тільки одним робочим органом – ротором 3 з ножами 4, що забезпечує збирання різних рослин подрібнюючи їх і транспортуючи у візок або інший засіб з можливістю подальшого використання для згодовування тваринам. Щоб застосувати цей агрегат для збирання гички кормових буряків, потрібно встановити два робочі органи – ротори, що мають обертання назустріч один одному, чим забезпечується краще виконання технологічного процесу.

Косарка-подрібнювач КІР-1,5 має такі переваги – універсальність та висока надійність. Недоліками її є нерівномірне подрібнення стебел, підвищена енергоємність, підвищення втрат під час збирання довгостеблових культур, підвищене забруднення подрібнюваної маси ґрунтом особливо на зріджених посівах та сухому ґрунті, трудомісткість перезаточування ножів, що потребує їх зняття, загострення, потім підбирання попарно однакових за вагою та закріплення на барабані, щоб запобігти дисбалансу.

2. УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ЗБИРАННЯ ГИЧКИ КОРМОВИХ БУРЯКІВ РОЗРОБКОЮ ГИЧКОВИДАЛЯЮЧОГО МЕХАНІЗМУ

2.1. Обґрунтування схеми гичковиделяючого механізму на базі косарки-подрібнювача

Аналізуючи технології та способи збирання і зрізання гички з кормових буряків можна стверджувати, що вдалою є технологія її видалення завдяки подрібненню та розсіюванню на поверхні ґрунту з подальшим заорюванням.

Проектуючи, змінюючи чи вдосконалюючи робочі органи для видалення гички кормових буряків, необхідно враховувати такі їх біологічні особливості: малі величини значень сил зв'язку коренеплодів з ґрунтом і значне варіювання висоти розміщення їх над поверхнею ґрунту. Виходячи з цього, найбільш придатними для збирання гички з таких коренеплодів є робочі органи з еластичними елементами. Такі механізми виконують видалення гички завдяки ударному та очікувальному впливам на коренеплоди з різними розташуванням по висоті над поверхнею ґрунту. Однією з переваг таких робочих органів є їх відносна проста будови, невисока вартість та низька енергомісткість.

Мета роботи – удосконалити процес збирання гички кормових буряків розробивши гичковиделяючий механізм основою якого є робочий орган з еластичними елементами, який би забезпечував якісне видалення гички. Базовою машиною для реалізації поставленої мети пропонується використати косарку-подрібнювач КІР-1,5 не вносячи принципово нових змін у конструктивне виконання та технологічний процес.

Схема виконання технологічного процесу видалення гички кормових буряків удосконаленою машиною на базі косарки-подрібнювача показана на рис. 2.1. Удосконалена машина монтується на рамі 1 з опорно-ходовими колесами 2, має причіпний пристрій 3, два ротори 4, які приводить в рух клинопасова передача 7, що отримує оберти від конічного редуктора 5, який карданною передачею 6 з'єднаний з ВВП трактора, що має частоту обертання

540 об/хв. Зняту з коренеплодів подрібнену гичку транспортують гичкопроводом 8 на зібрану ділянку поля.

Технологічний процес видалення гички удосконаленою косаркою-подрібнювачем відбувається у такий спосіб. На тракторі з яким агрегатують машину встановлюють вузькі шини, щоб направляти машину міжряддями кормових буряків. Ротори гичкозбиральної машини приводяться в рух клинопасовою передачею. Крутний момент пасова передача отримує від ВВП трактора через карданну передачу і конічний редуктор, передаточне відношення якого $i=1$. Ротори, які призначені для видалення гички, обладнують еластичними елементами (гумові шнури). Вони взаємодіють з коренеплодами під час обертання назустріч один одному. Видалення гички відбувається завдяки ударній та очісувальній дії на коренеплоди робочих елементів. Зустрічне обертання роторам надає клинопасова передача гілки якої перехрещуються. Під час видалення гички з коренеплодів відбувається її подрібнення, а завдяки тому, що ротори створюють повітряний потік, відбувається її транспортування трубопроводом для подальшого використання (завантаження у транспортний засіб або розкидання на поверхні поля). Положення роторів по відношенню до поверхні ґрунту змінюють залежно від врожайності буряків і встановлюють його змінюючи положення опорно-ходових коліс машини щодо рами. Такі регулювання аналогічні змінам висоти зрізання різних рослин, для яких використовують косарку КІР-1,5. Потрібний натяг клинопасової передачі виконують використовуючи кріплення переднього ротора, який має можливість зміни свого положення.

Удосконалена машина задіяна нетривало у часі на збиранні гички кормових буряків, тому після завершення збирання виконують демонтаж роторів, які видаляють гичку і встановлюють штатний ротор подрібнювача.

Запропоновану технологічну схему збирання гички кормових буряків можна реалізувати, використовуючи косарку-подрібнювач КІР-1,5, не вносячи принципових змін у її конструкцію.

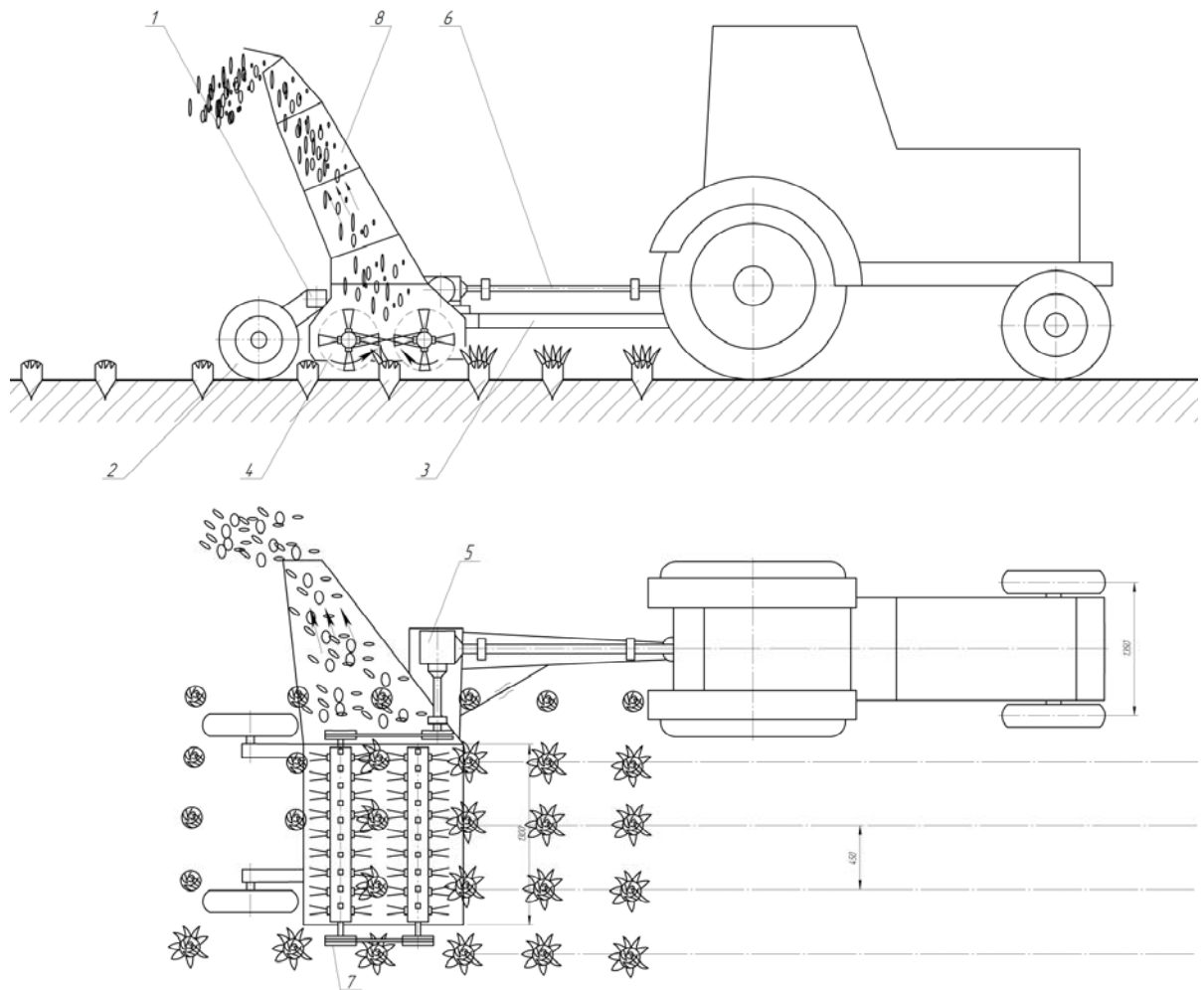


Рисунок 2.1

Практичне використання запропонованої конструкції гичковидалючого робочого органу можливе після обґрунтування основних технологічних, кінематичних і геометричних параметрів при врахуванні біологічних і фізико-механічних властивостей кормових буряків.

2.2. Розрахунок пасової передачі у складі привода гичкоріза

У привод гичкоріжучого механізму змонтованого на базі косарки-подрібнювача КІР входить клинопасова передача (див. рис. 1, поз.7), яка забезпечує обертання першого із валів гичковидалючого пристрою. Передачі потрібно розрахувати, тому спершу виберемо переріз паса користуючись

номограмою [5, 27] враховуючи передавану від ВВП трактора потужність P_1 і частоту обертання n_1 . Якщо потужність передавана ведучим шківом $P_1 = 8$ кВт і частота $n_1 = 540$ об/хв., то потрібно вибрати клиновий пас з нормальним перетином тип В. Враховуючи величину крутного моменту M_1 на валу гичковидаляча, і враховуючи вибраний перетин паса приймемо приймемо номінально допустиме значення діаметра ведучого шківа, $d_{1\min} = 200$ мм [27].

Щоб підвищити термін придатності пасів керуються рекомендаціями використовувати ведучі шків, у яких діаметр d_1 на один-два порядки вищий за $d_{1\min}$, тому приймемо із стандартного ряду $d_1 = 215$ мм [5, 27].

Визначимо діаметр веденого шківа передачі [5]

$$d_2 = \frac{d_1}{u_1(1-e)}, \quad (2.1)$$

де u_1 – передавальне число розраховуваної передачі, для відкритої клинопасової приймемо $u_1 = 1,2$;

e – коефіцієнт ковзання, приймаємо $e = 0,015$.

Отримаємо

$$d_2 = \frac{215}{1,2(1-0,015)} = 182,2 \text{ мм.}$$

Приймемо $d_2 = 180$ мм.

Визначимо яким буде фактичне передатне число клинопасової передачі u_ϕ , врахувавши відхилення його на величину Δu від заданого [5, 27]

$$u_\phi = \frac{d_1}{d_2(1-e)}. \quad (2.2)$$

Визначимо

$$u_\phi = \frac{215}{180(1-0,015)} = 1,25.$$

У подальшому визначаємо потрібну міжосьову відстань

$$a \geq 0,92(d_1 + d_2) + h, \quad (2.3)$$

тут h – висота перетину вибраного клинового паса, з [5] прийmemo

$$h = 10,5 \text{ мм.}$$

Отримаємо міжосьову відстань

$$a \geq 0,92(215 + 180) + 10,5 = 374,6 \text{ мм.}$$

Прийmemo $a = 380 \text{ мм.}$

Визначимо якою має бути розрахункова довжина паса [5, 27]

$$L = 2a + \frac{\pi}{2}(d_1 + d_2) + \frac{(d_1 - d_2)^2}{4a}. \quad (2.4)$$

Розрахуємо

$$L = 2 \cdot 380 + \frac{\pi}{2}(215 + 180) + \frac{(215 - 180)^2}{4 \cdot 380} = 1259,05 \text{ мм.}$$

Прийmemo ближче стандартне значення з ряду довжин клинових пасів $L = 1600 \text{ мм}$ [5, 27].

Вибираючи довжину клинового паса потрібно забезпечити можливість зменшити міжосьову відстань a на $0,1 L$, для полегшення надягання паса на шків; щоб збільшити натяг паса потрібно врахувати можливість збільшення міжосьової відстані на $0,025 L$.

Визначають кут охоплення α_1 ведучого шківа пасом [5, 27]

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57^\circ \cdot \frac{d_1 - d_2}{a}. \quad (2.5)$$

Отримаємо

$$\alpha_1 = 180^\circ - 57^\circ \cdot \frac{215 - 180}{380} = 146,36^\circ.$$

Кут α_1 має бути $\geq 120^\circ$. Умова дотримана, оскільки $146^\circ > 120^\circ$.

Визначимо швидкість паса передачі V_{II} [5, 27]

$$V_{II} = \frac{\pi \cdot d_1 \cdot n_1}{60 \cdot 10^3} \leq [V_{II}], \quad (2.6)$$

де $[V_{II}]$ – значення допустимої швидкості, для клинових пасів $[V_{II}] = 25$ м/с.

Отримаємо

$$V_{II} = \frac{3,14 \cdot 215 \cdot 540}{60 \cdot 10^3} = 7,9 \text{ м/с} \leq [V_{II}] = 25 \text{ м/с}.$$

Частота пробігання паса

$$u_{II} = \frac{L_{II}}{V_{II}} \leq [u_{II}], \quad (2.7)$$

де $[u_{II}]$ – значення допустимої частоти пробігів паса, $[u_{II}] = 30 \text{ с}^{-1}$.

Отримаємо

$$u = \frac{1,6}{7,9} = 0,2 \text{ с}^{-1} \leq 30 \text{ с}^{-1}.$$

Умова $u_{II} \leq [u_{II}]$ показує, що довговічність паса клинопасової передачі витримується і при дотриманні допустимої умови пробігів гарантованим буде термін служби передачі – 1000...5000 год.

Допустима потужність, яку передає пас, залежить від ряду коефіцієнтів

$$[P_N] = [P_0] \cdot C_P \cdot C_0 \cdot C_L \cdot C_Z, \quad (2.8)$$

де $[P_0]$ – допустима потужність, яку може передати один клиновий пас, кВт, вибираємо з [5, 27] залежно від типу та перетину паса, його

швидкості та і діаметра ведучого шківa, $[P_0] = 4,15$ кВт;

C_P – поправний коефіцієнт, залежить від навантаження і часу роботи передачі, $C_P = 1$;

C_0 – поправний коефіцієнт, залежить від кута охоплення пасом меншого шківa, $C_0 = 0,95$;

C_L – коефіцієнт, який визначає вплив відношення довжин паса, розрахункової до початкової, $C_L = 1$;

C_Z – коефіцієнт, що залежить від числа пасів у клинопасовій передачі, $C_Z = 0,95$.

Визначимо

$$[P_N] = 4,15 \cdot 1 \cdot 0,95 \cdot 1 \cdot 0,95 = 3,84 \text{ кВт.}$$

Визначимо кількість пасів передачі

$$Z_{II} = \frac{P_{НОМ}}{[P_N]} = \frac{P_{ВВП}}{[P_N]} . \quad (2.9)$$

Обчислимо

$$Z_{II} = \frac{8}{3,84} = 2,1, \text{ прийmemo } Z_{II} = 2 .$$

Визначають силу попереднього натягу у пасі

$$F_O = \frac{850 P_{НОМ} \cdot C_P}{Z_{II} \cdot V_{II} \cdot C_\alpha \cdot C_L} . \quad (2.10)$$

Розраховувавши, отримаємо

$$F_O = \frac{850 \cdot 8 \cdot 1}{2 \cdot 7,9 \cdot 0,95 \cdot 1} \approx 352 \text{ Н.}$$

Визначають колове зусилля, яке передає клиновий пас

$$F_t = \frac{P_{\text{НОМ}} \cdot 10^3}{V}. \quad (2.11)$$

Отримаємо

$$F_t = \frac{8 \cdot 10^3}{7,9} \approx 1013 \text{ Н.}$$

Визначають сили натягу у ведучій і веденій гілках клинового паса

$$F_1 = F_0 + \frac{F_t}{2 Z_{\Pi}}; \quad (2.12)$$

$$F_2 = F_0 - \frac{F_t}{2 Z_{\Pi}}. \quad (2.13)$$

Визначимо

$$F_1 = 352 + \frac{1013}{2 \cdot 2} = 605 \text{ Н};$$

$$F_2 = 352 - \frac{1013}{2 \cdot 2} = 99 \text{ Н.}$$

Визначимо можливу силу тиску на вал від пасової передачі

$$F_{OP} = 2 F_0 \cdot Z_{\Pi} \cdot \sin(\alpha_1/2). \quad (2.14)$$

Отримаємо

$$F_{OP} = 2 \cdot 352 \cdot 2 \cdot \sin(146,4^\circ/2) = 1146 \text{ Н.}$$

Виконаємо перевірний розрахунок підібраної клинопасової передачі.

Перевіримо міцність клинового паса визначивши максимальні напруження у перетині ведучої гілки [5, 27]

$$G_{\max} = G_1 + G_{3\Gamma} + G_V < [G_P], \quad (2.15)$$

де G_1 – напруження розтягу у пасі

$$G_1 = \frac{F_0}{a} + \frac{F_1}{(2Z_{II} \cdot a)}, \quad (2.16)$$

$G_{3\Gamma}$ – напруження згину у пасі

$$G_{3\Gamma} = E_{II} \cdot \frac{h}{d_1}, \quad (2.17)$$

тут E_{II} – модуль пружності матеріалу паса при згині, для прогумованого паса $E_{II} = 80 \dots 100$ МПа;

h – для клинового паса висота його перерізу [27];

G_V – напруження у пасі, що виникає від відцентрових сил

$$G_V = \rho_{II} \cdot V_{II}^2 \cdot 10^{-6}, \quad (2.18)$$

ρ_{II} – густина матеріалу паса, $\rho_{II} = 1250 \dots 1400$ кг/м³ [5, 27];

$[G_P]$ – допустиме напруження, для матеріалу вибраного клинового паса,

$$[G_P] = 10 \text{ Н/мм}^2.$$

Визначимо допустиме напруження у пасі згідно залежності (2.15)

$$G_{\max} = \frac{302}{138} + \frac{674}{2 \cdot 138 \cdot 2} + 80 \cdot \frac{10,5}{315} + 1300 \cdot 8,9^2 \cdot 10^{-6} = 7,1 \text{ Н/мм}^2 < [G_P] = 10 \text{ Н/мм}^2.$$

Отриманий результат стверджує правильність розрахунку клинопасової передачі.

3. ПРОЄКТУВАННЯ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ МЕХАНІЗМУ ЗРІЗАННЯ ГИЧКИ КОРМОВИХ БУРЯКІВ

3.1. Встановлення геометричних і кінематичних параметрів механізму зрізання гички кормових буряків

Для коренеплодів кормових буряків характерним є значна різниця у висотах їх розташування над поверхнею ґрунту та порівняно із цукровими значно менша сила зв'язку з ґрунтом; враховуючи такі особливості, вважаємо за доцільне, використати як спосіб зняття гички з них, – зчісування механізмом обладнаним еластичними елементами. При застосуванні таких робочих органів видалення гички відбувається як з високо розміщених коренеплодів, так і з низько розміщених, до того ж відбувається одночасне подрібнення рослинних залишків та їх розсіювання на поверхню зібраної ділянки поля.

Розглянемо схему дії очисника гички з еластичними робочими органами на головки коренеплодів кормових буряків із вказаними конструктивними параметрами (рис. 3.1).

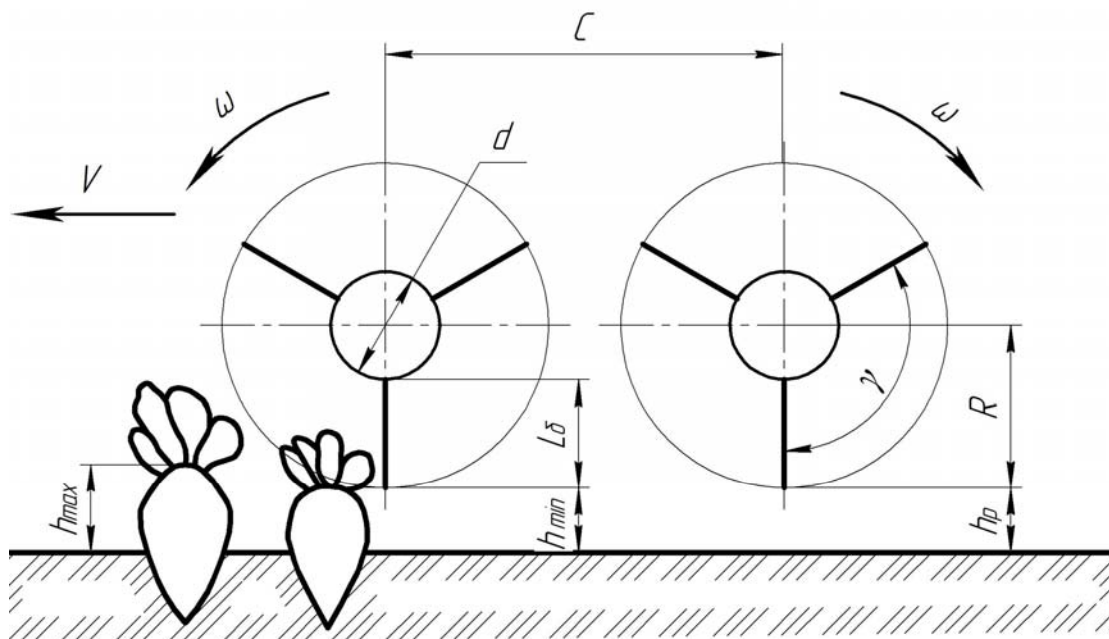


Рисунок 3.1

Такий очисник складається з двох роторів, що мають горизонтальні осі обертання. Напрямок обертання першого з них – за напрямом ходу машини, напрям обертання другого – протилежний, кутова швидкість обертання обох

роторів однакова – w . Ротори обладнані жорстко або шарнірно закріпленими на них еластичними робочими елементами (бичами або білами), що мають довільну довжину l_{ϕ} . Бичі закріплюють на роторах, так, щоб вони розташовувалися під кутом один відносно одного. Конструктивне виконання ротора вміщене в ілюстративні частині роботи.

Під час роботи очисника, щоб забезпечити якісне очищення коренеплодів від гички, які розташовані низько над поверхнею ґрунту, тобто з мінімальною висотою $h_{\min}$, то необхідну відстань від бича до поверхні ґрунту встановлюють як робочу – h_p (див. рис. 3.1).

Робочі елементи очисного ротора виконують складний рух: здійснюють обертання разом з обертанням ротором (відносний рух) і переміщаються разом з рухом збиральної машини (переносний рух).

Очисник гички з гнучкими елементами як основну кінематичну характеристику має коефіцієнт кінематичного режиму роботи λ , що пов'язаний залежністю у яку входять поступальна швидкість руху збиральної машини V_M та лінійна швидкість очисних робочих елементів V_B [1, 2]

$$\lambda = \frac{V_B}{V_M} = \frac{w \cdot R}{V_M}. \quad (3.1)$$

Основна кінематична характеристика гичкоочисника, як зазначалося раніше, – коефіцієнт кінематичного режиму його роботи λ ; він залежить від поступальної швидкості руху збирального агрегата і швидкості обертання ротора (залежність (2.1)). За умови, що $\lambda = 1$, – траєкторія руху робочого кінця бича – циклоїда; за умови, що $\lambda < 1$ – укорочена циклоїда, при $\lambda > 1$ – видовжена циклоїда або трохоїда [1, 2]. Траєкторія абсолютного руху, яку описує зовнішня точка бича – трохоїда (рис. 3.2), її параметри залежать, як від геометричних так і від кінематичних параметрів гичкоочисника.

Беручи до уваги, що для існуючих очисників гички, типу ОГД-6А та МБК-2,7, характерними є такі параметри: швидкість руху машини $V_M = 0,62 \dots 2,65$ м/с, частота обертання ротора $w = 72 \dots 123$ рад/с, відстань від центра ротора до кінця бича $R = 0,3 \dots 0,425$ м, то значення коефіцієнта

кінематичного режиму роботи очисників гички знаходиться у межах $\lambda = 9...84$.

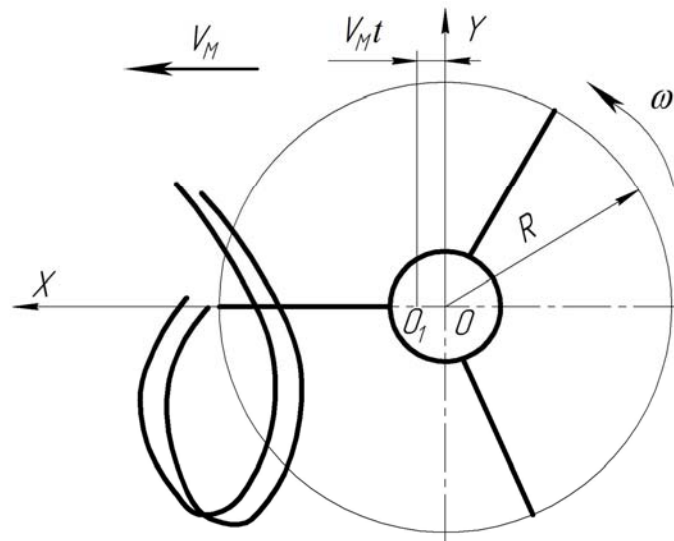


Рисунок 3.2

За умови вільного переміщення рівняння траєкторії руху робочого кінця бича буде мати вигляд [1, 2, 3]

$$\left. \begin{aligned} x &= V_M \cdot t + R \cdot \cos \omega t; \\ y &= R \cdot \sin \omega t. \end{aligned} \right\} \quad (3.2)$$

Під час взаємодії еластичних робочих органів з коренеплодами проявляється деформація робочої частини бичів та відхилення їх траєкторії руху від класичної. За таких умов головки коренеплодів зазнають ударної та очікувальної дій робочої частини еластичних елементів, завдяки чому відбувається видалення гички.

Враховуючи геометричні параметри очисника (рис. 3.3), залежності (3.2) запишемо у вигляді

$$\left. \begin{aligned} x &= V_M \cdot t + R \cdot \cos \omega t; \\ y &= h_p + R - R \cdot \sin \omega t = h_p + R \cdot (1 - \sin \omega t). \end{aligned} \right\} \quad (3.3)$$

де R – радіус очисного ротора;

h_p – відстань від кінця бича до поверхні ґрунту (зазор, який встановлюють між положенням робочих органів і поверхнею ґрунту).

Виконуючи розрахунки, зазор h_p вибирають такий, що дорівнює мінімальній висоті розташування головок коренеплодів над поверхнею ґрунту $h_{\min}$. На практиці потрібну висоту регулюють гвинтовим механізмом, що є на опорних колесах очисника, завдяки чому буде зчищатися гичка як з найбільш високо розташованих так і з низьких коренеплодів.

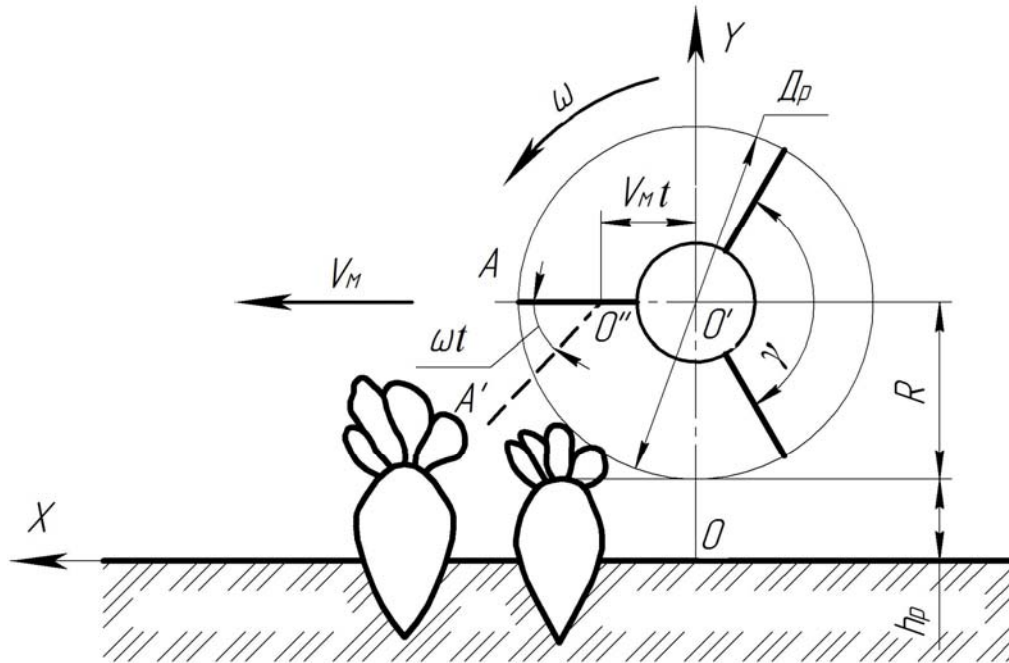


Рисунок 3.3

При взаємодії робочих органів з коренеплодами спостерігається відхилення від очікуваної траєкторії руху (залежність 3.3) у нижніх квадрантах. Цю ділянку позначають центральним кутом φ_1 (рис. 3.4), при проходженні якого робочий орган очисника починає взаємодіяти з коренеплодом і центральним кутом φ_2 , при проходженні якого робочий орган, тобто било, виходить із контакту з коренеплодом і вирівнюється завдяки впливу відцентрових сил. Кут φ_1 визначають з такої умови [1, 2]

$$\cos \varphi_1 = \frac{R - \Delta h_{\Gamma}}{R} = 1 - \frac{\Delta h_{\Gamma}}{R}; \quad (3.4)$$

звідки

$$\varphi_1 = \arccos \left(1 - \frac{\Delta h_{\Gamma}}{R} \right), \quad (3.5)$$

де $\Delta h_{\Gamma} = h_{\Gamma \max} - h_{\Gamma \min}$, згідно рис. 3.1 і 3.4.

Значення кута φ_2 визначають залежно від матеріалу еластичного робочого органу, його довжини, способу закріплення на валу та від розмірних параметрів коренеплодів, у розрахунках приймають – $\varphi_2 = (0,5 \dots 0,8) \varphi_1$.

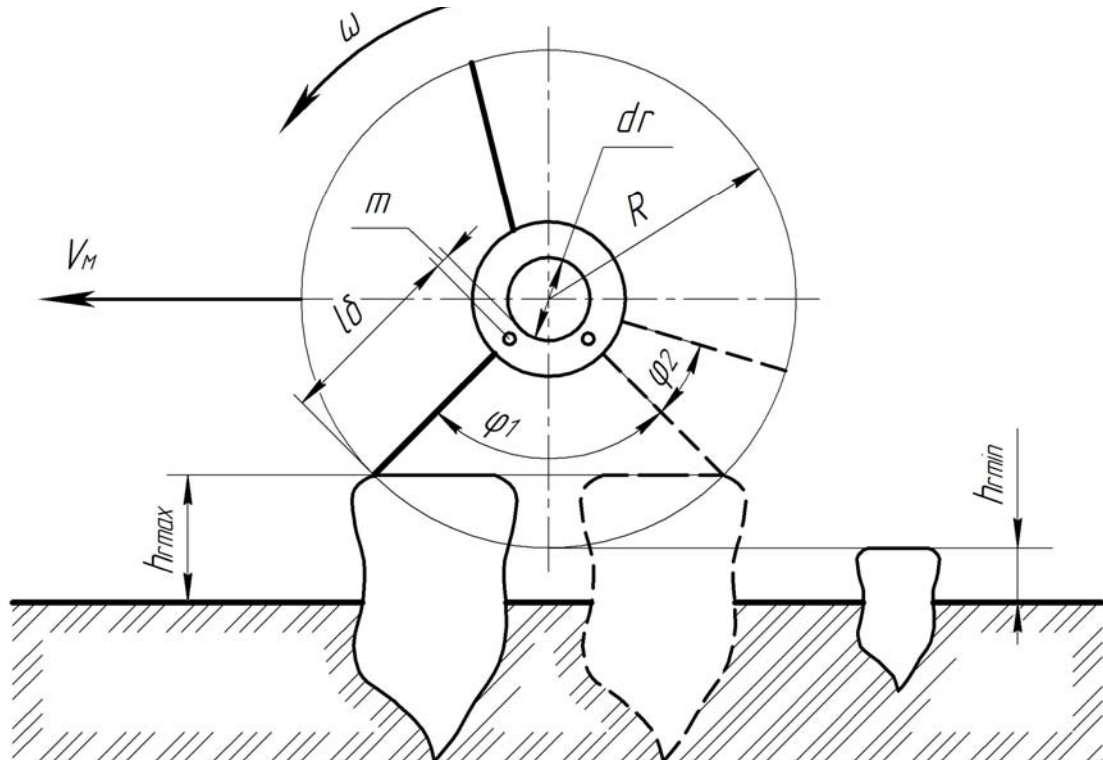


Рисунок 3.4 – Схема визначення зони відхилення гнучкого робочого органу роторного очисника

Ділянку траєкторії руху кінців еластичних робочих органів у нижніх квадрантах, на якій біла відхиляються від передбачуваної схеми руху, тобто циклоїди, визначають кутом φ

$$\varphi = 2\varphi_1 + \varphi_2. \quad (3.6)$$

Радіус очисного ротора визначають додаючи до радіуса труби $d_T/2$, на яку кріплять біла, довжину еластичних елементів, тобто біла l_B , зазор, що має бути між трубою і місцем кріплення біла m

$$R = l_B + m + d_T/2. \quad (3.7)$$

Для отримання величини радіуса ротора скористаємося розмірами складових елементів в існуючих очисниках гички, а саме: діаметр труби коливається у межах $d_T = 80...100$ мм; зазор у кріпленнях бил вибирають конструктивно з такого діапазону $m = 25...40$ мм; довжину бил вибирають так, що вона має бути більшою за величину Δh_G , тобто приймають її у таких межах $l_B = 350...400$ мм, що рекомендовано для очищення від гички кормових коренеплодів [1, 2, 3, 4, 15, 19]. Труба ротора показана в ілюстративній частині роботи.

Враховуючи наведені рекомендації, отримаємо розміри очисного ротора

$$R = (350...400) + (25...40) + (80...100) = 455...540 \text{ мм.} \quad (3.7)$$

Визначаючи параметри роторного очисника враховують, що еластичні робочі органи (била) при обертанні та вдарянні об коренеплоди, видовжуються через дію відцентрових сил. Величина видовження δ_B буде залежати від частоти обертання вала роторного очисника n , початкової довжини бил l_B , матеріалу з якого вони виготовлені і розмірів їх поперечного перетину.

Окрім кінематичної характеристики λ , важливим є критерій якості роботи очисника гички, який визначають як відношення маси залишків гички m_3 до всієї маси гички m_G [1, 2]

$$\varepsilon = \frac{m_3}{m_G} \cdot 100\%. \quad (3.8)$$

Якість очищення ε безпосередньо залежить від кількості ударів еластичних бичів по коренеплоду, щоб отримати відповідну залежність спершу визначимо від чого залежатиме подача на один робочий орган очисника

$$S_B = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{z_B \cdot \lambda}. \quad (3.9)$$

де z_B – кількість еластичних робочих органів (бил) розташованих у поздовжньо-вертикальній площині.

У роботі запропоновано використовувати двовальний очисник, тому кількість ударів билами по коренеплоду, які розміщені в одній вертикальній площині, можна визначити з такої залежності [1, 2]

$$n_{y\mathcal{D}} = 2 \frac{d_k}{S_B} = \frac{d_k \cdot z \cdot \lambda}{\pi \cdot R}. \quad (3.10)$$

При фронтальному закріпленні еластичних бил вздовж вала очисного ротора, з коренеплодом одночасно може взаємодіяти певна кількість бил, яку визначають за такою формулою

$$z_k = \frac{d_k}{e_B + \Delta e}, \quad (3.11)$$

де e_B – розмір бича у поперечній площині;

Δe – зазор між поряд розміщеними билами, $\Delta e = 5 \dots 10$ мм.

Очищенню коренеплодів від гички присвячено багато робіт, оскільки дослідженнями якості очистки займалося багато вчених-дослідників протягом кількох десятиліть. Експериментальні дані доводять, що забезпечити якісне очищення коренеплодів кормових буряків від гички, можна за умови, що коефіцієнт кінематики режиму його роботи буде $\lambda = 20 \dots 30$ [1, 2]. Якщо менші значення λ , то на коренеплодах може залишатися маса гички, що більша за допустиму, якщо більші значення λ , то відбуватиметься пошкодження коренеплодів і можливе вибивання їх з ґрунту.

Вибивання коренеплодів кормових буряків з ґрунту відбувається за умови, що сила удару бил F_B є більшою, ніж горизонтальна складова сили зв'язку (утримання) коренеплоду з ґрунтом F_G , тобто якщо не виконується умова

$$F_B < F_G. \quad (3.12)$$

Силу удару бил F_B визначають користуючись законом про зміну кількості руху [1, 7, 9]

$$F_B \cdot \Delta t = m_B \cdot (V_1 - V_0), \quad (3.13)$$

де Δt – час протягом якого триває контакт била з коренеплодом;

m_B – маса била виготовленого з еластичного матеріалу;

V_1 – швидкість, з якою рухається било до удару з коренеплодом;

V_0 – швидкість, з якою рухається било в кінці удару об коренеплід.

Приймемо, що швидкість била під кінець удару об коренеплід $V_0 = 0$, то рівняння (3.13) набуде вигляду

$$F_B \cdot \Delta t = m_B \cdot V_1. \quad (3.14)$$

Оскільки била виконують обертальний рух, то для била рівняння (3.14) запишемо у вигляді

$$M_B \cdot \Delta t = I_X \cdot w, \quad (3.15)$$

де M_B – момент інерції била щодо осі обертання;

I_X – осьовий момент інерції била;

w – швидкість обертання била.

Момент сили інерції била відносно осі обертання

$$M_B = F_B \cdot R. \quad (3.16)$$

Підставивши (3.16) у (3.15), отримаємо

$$F_B \cdot R \cdot \Delta t = I_X \cdot w. \quad (3.17)$$

Звідси отримаємо залежність для визначення сили удару бил виражену через геометричні та кінематичні параметри

$$F_B = \frac{I_X \cdot w}{R \cdot \Delta t}. \quad (3.18)$$

Вважаємо, робочі елементи очисника, тобто била, у виготовлені із матеріалу з поперечним перетином у вигляді круга, тому зможемо визначити масу била

$$m_B = \rho \cdot \pi \cdot r^2 (R - r_0), \quad (3.19)$$

де ρ – густина матеріалу била;

r – радіус круга, що відповідає поперечному перетину била;

r_0 – відстань від точки кріплення била на валу до осі обертання била,
визначимо її з рівняння

$$r_0 = \frac{d_T}{2} + m_B. \quad (3.20)$$

Наведемо схему для визначення моменту інерції била (рис. 3.5).

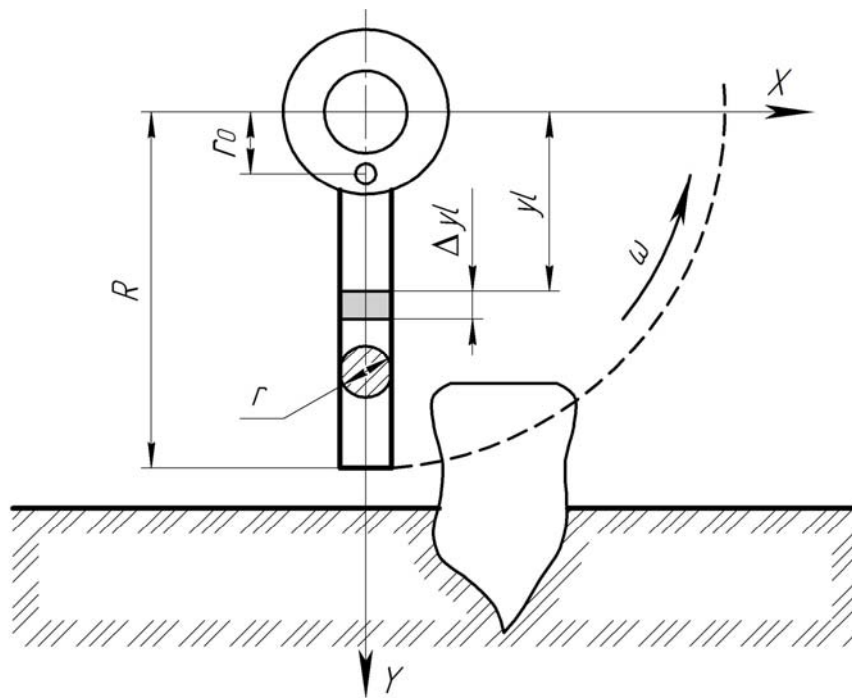


Рисунок 3.5 – Схема до визначення моменту інерції била

Можемо розділити робочий орган, тобто било, по довжині на нескінченно малі елементи Δy_i , тоді зможемо визначити масу кожного з них [1, 2]

$$m_i = \rho \cdot \pi \cdot r^2 \Delta y_i. \quad (3.21)$$

Наведемо залежність для визначення моменту інерції била відносно осі X (рив. рис. 3.5)

$$I_X = \sum_{i=1}^n m_i \cdot y_i^2 = \sum_{i=1}^n \rho \cdot \pi \cdot r^2 \cdot \Delta y_i \cdot y_i^2. \quad (3.22)$$

Залежність (3.22) можемо записати через визначений інтеграл враховуючи межі суми

$$I_X = \int_{r_0}^R \rho \pi r^2 dy = \pi r^2 \rho \int_{r_0}^R y^2 dy = \pi r^2 \rho \left(\frac{R^3}{3} - \frac{r_0^3}{3} \right) = \frac{1}{3} \pi \cdot r^2 \cdot \rho (R^3 - r_0^3). \quad (3.23)$$

Час Δt протягом якого триває контакт била з коренеплодом запишемо через рівняння

$$\Delta t = \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{w} = \frac{1,5 \left[\arccos \left(1 - \frac{\Delta h_{\Gamma}}{R} \right) \right]}{w}. \quad (3.24)$$

Підставимо залежності (3.23) і (3.24) у рівняння (3.18), у результаті матимемо вираз для визначення силу удару била (робочого органу) по коренеплодах [1, 2]

$$F_B = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot \rho (R^3 - r_0^3) w^2}{4,5 R \left[\arccos \left(1 - \frac{\Delta h_{\Gamma}}{R} \right) \right]}. \quad (3.25)$$

Маючи рівняння (3.25), можемо вибрати за об'ємною масою γ матеріал для виготовлення робочих органів, тобто бил, а також параметри очисника, враховуючи виконання умови (3.12), тобто, щоб коренеплоди під час роботи

очисника не вибивалися з ґрунту. Прийнемо вихідні дані для розрахунку геометричних і кінематичних параметрів роторного очисника [1, 2, 15, 17]:

- матеріал бил (робочих елементів) – гумовий шнур, об’ємна маса $\rho = 1400 \text{ кг/м}^3$ круглого поперечного перетину у діаметрі $d = 10 \text{ мм}$, (ГОСТ 1065-82);
- радіус кола для закріплення робочих елементів $r_0 = 50 \text{ мм}$;
- радіус гичкорізного ротора по кінцях робочих органів (бил) $R = 300 \text{ мм}$;
- кутова швидкість обертання робочих елементів (бил) $\omega = 56 \text{ с}^{-1}$;
- різниця за висотою розміщення найвищих і найнижчих коренеплодів у рядках $\Delta h_r = 100 \text{ мм}$;
- швидкість пересування гичкозбиральної машини $V_M = 1,5 \text{ м/с}$.

Визначаємо коефіцієнт кінематичного режиму роботи очисника керуючись умовою (3.1)

$$\lambda = \frac{0,3 \cdot 56}{1,5} = 10 < [\lambda].$$

Визначимо величину сили удару робочих елементів (бил) по коренеплодах згідно залежності (3.25) і прийнятих умов

$$F_B = \frac{3,14 \cdot 0,01^2 \cdot 1400 (0,3^3 - 0,05^3) \cdot 56^2}{4,5 \cdot 0,3 \left[\arccos \left(1 - \frac{0,1}{0,3} \right) \right]} = 125 \text{ Н.}$$

Умова не вибивання коренеплодів з ґрунту (3.12) виконується

$$F_B = 125 \text{ Н} < [F_r] = 150 \text{ Н.}$$

Виконані розрахунки підтверджують доцільність використання пропонуваного механізму зрізання на базі косарки-подрібнювача КІР-1,5, завдяки чому удосконалюється процес збирання гички кормових буряків.

3.2. Технологічні розрахунки дотримання умов роботи косарки-подрібнювача КІР-1,5Г на збиранні гички кормових буряків

Призначимо умови роботи агрегату, щоб визначити технологічні показники процесу очищення головок кормових буряків від гички. Прийmemo такі вихідні дані: площа поля, яке потрібно зібрати – 60 га; довжина поля – 900 м; врожайність кормових коренеплодів – 700 ц/га; врожайність гички кормових буряків – 150 ц/га; ширина міжрядь – 450 мм; сівба буряків виконана сівалкою ССТ-12Б з шириною захвату 5,4 м.

Обумовимо основні агротехнічні вимоги, яким повинна відповідати удосконалена гичкозбиральна машина [1, 2, 15]: довжина черешків листків, які залишаються після зчісування гички не більше 40 мм, кількість таких коренеплодів має бути менше 85 % від загальної маси; кількість гички зв'язаної з коренеплодами не має перевищувати 3 % від маси коренеплодів; забрудненість домішками зібраного вороху коренеплодів має бути не більше 10 %, у тому числі рештками рослинного походження, не зв'язаними з коренеплодами, наприклад бур'яни, – не більше 3 %; коренеплодів, у яких помітні механічні пошкодження, має бути до 15 % від усієї маси, у тому числі із значними пошкодженнями – до 5 %; кормові коренеплоди можна вирощувати на полях, які мають ухил до 5⁰; вологість ґрунту в орному горизонті 0...300 мм до 25 %; твердість ґрунту має бути до 3,0 МПа; ширина міжрядь коливається залежно від умов вирощування і може бути 450 і 600 мм. На початок збирання висота розміщення головок коренеплодів над ґрунтом має бути 100...250 мм. На один погонний метр рядка в середньому має бути від чотирьох до шести коренеплодів з дотриманням відстані між ними 100 і менше міліметрів. Загалом густота рослин на гектар – 70...100 тис. шт.

Виконаємо комплектування агрегату. Двовальний очисник удосконалений у даній роботі є причіпним, його агрегують з колісними тракторами класу 14 кН (МТЗ-80). До початку збирання трактор обладнують вузькими шинами і встановлюють ширину колії розміром 1350 мм.

Оптимальна робоча швидкість руху такого гичкозбирального агрегата – $V_P = 6...7$ км/год. Для виконання процесу зрізання гички вибираємо третю передачу трактора ($V_T = 7,24$ км/год). Враховуючи те, для умов збирання гички кормових буряків коефіцієнт буксування становить $\delta=0,2$, робочу швидкість руху матимемо $V_P = 6,9$ км/год. Ширина захвату збирального агрегату $B_P = 1,35$ м, що відповідає ширині трьох рядків посіву. Враховуючи те, що тяговий опір такого гичкозбирального агрегату малий, а потужність двигуна трактора в основному використовується на привод робочих органів, тобто роторів з гнучкими еластичними білами, то розраховувати ступінь завантаження трактора за тяговим зусиллям, а також за тяговою потужністю не потрібно.

Для збирання гички агрегат готують у такий такий послідовності: виконують зовнішній огляд машини і перевіряють її комплектність. Встановлюють навіску трактора для роботи з причіпним знаряддям; перевіряють ВВП трактора. Виконують агрегування збиральної машини з трактором і встановлюють карданну передачу для приводу робочих органів.

Встановлюють агрегат на рівному майданчику та перевіряють положення ходових коліс машини і колію коліс трактора відповідно до схеми агрегату. Виконують попереднє встановлення висоти зрізу, що залежить від висоти розташування робочих органів гичкоріза над поверхнею ґрунту. Виконують перевірку працездатності машини та обкатують її протягом 30 хвилин на холостому ході.

Щоб виконати технологічний процес збирання гички приймаємо спосіб руху агрегату – врозгін з правим поворотом враховуючи те, що вивантаження зібраної гички виконують на ліву сторону агрегату.

Оптимальна ширина заїмки для роботи удосконалюваного гичкозбирального агрегату [8, 20, 21]

$$C_{onm} = 16 R_A^2 + 2 B_P \cdot L_P, \quad (3.26)$$

де C_{opt} – ширина заїнки оптимальна для обробки м;

B_P – ширина захвату машини;

L_P – робоча довжина заїнки; м;

R_A – радіус повороту агрегата, який він виконує на поворотній смузі, м.

Радіус повороту, який агрегат виконує на поворотній смузі залежить від типу та стану ґрунту; його величина збільшується при підвищенні швидкості руху агрегату на поворотах; визначають його так

$$R_A = K_P \cdot R_0. \quad (3.27)$$

Тут R_0 – оптимальний радіус повороту агрегата, який визначають згідно відомої методики [21, 24]

$$R_0 = L_T \cdot \operatorname{ctg} \alpha, \quad (3.28)$$

де L_T – поздовжня база трактора;

α – кут повороту направляючих коліс.

Розрахувавши, отримаємо, що $R_0 = 5,1$ м.

Радіус повороту агрегату з врахування прийнятої швидкості руху буде

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

Враховуючи отримані значення, визначимо оптимальну ширину заїнки – $C_{opt} = 56$ м. Узгодивши оптимальне значення ширини заїнки та подвійну ширину захвату агрегату, отримаємо $C_{opt} = 54$ м.

Визначаємо кількість заїнок на полі [21, 24]

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot A_{II}}{L_P \cdot C_{opt}}, \quad (3.29)$$

де A_{II} – площа поля, га.

Розрахувавши, матимемо

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot 60}{857 \cdot 54} = 12,3.$$

Кінцево прийmemo $n_3 = 12$.

Обумовимо основні кінематичні характеристики збирального агрегату:

L_K – кінематична довжина агрегату, визначають її при прямолінійному русі агрегату як проекцію відстані між кінематичним центром агрегата та лінією розміщення найбільше віддалених робочих органів машини;

B_K – кінематична ширина агрегата, визначають її як проекцію відстані між поздовжньою віссю агрегата та крайніми правими і лівими точками ширини агрегату;

$\mathcal{C}_A$ – кінематичний центр агрегата;

e – довжина виїзду агрегата. Визначають її як відстань, на яку потрібно виїхати агрегатом від контрольної лінії на поворотній смузі до початку повороту так, щоб уникнути пошкоджень рослин, у даному випадку коренеплодів, та огріхам у роботі, $e = 2$ м.

Прийmemo під час роботи агрегату основний спосіб повороту – петлевий. Його основні характеристики: радіус повороту; ширина поворотної смуги та резервна зона поворотної смуги, $B_{PI} = 2...5$ м.

Ширина поворотної смуги [8, 20, 21]

$$E_{IC3} = 3R_A + e. \quad (3.30)$$

Визначимо

$$E_{IC3} = 3 \cdot 6,63 + 2 = 21,9 \text{ м.}$$

Ширину поворотної смуги гичкозбирального агрегата узгоджують з шириною поворотної смуги посівного агрегата. Посівний агрегат у складі трактор Т-70С+сівалка ССТ-12Б потребують ширини поворотної смуги, яку визначаємо з такої умови

$$E_{ISC} = n_{IA} \cdot B_C, \quad (3.31)$$

де n_{IA} – кількість проходів посівного агрегату під час засівання поворотної смуги, $n_{IA} = 4$;

B_C – ширина захвату сівалки, $B_C = 5,4$ м.

Отримаємо

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

Враховуючи отримані значення $E_{ПСЗ}$ і $E_{ПСС}$ приймемо ширину поворотної смуги 21,6 м. На поворотній смузі найперше зрізають гичку та збирають врожай при підготовці поля до збиральних робіт.

Визначимо робочу довжину поля

$$L_P = L_{\Pi} - E_{ПСС}, \quad (3.32)$$

тобто

$$L_P = 900 - 2 \cdot 21,6 \approx 857 \text{ м.}$$

Визначасмо довжину холостого ходу агрегату на поворотах [8, 21, 24]

$$L_{XX} = 6 \cdot R_A + 2(0,5 \cdot e), \quad (3.33)$$

отримаємо

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

Визначимо коефіцієнт робочих ходів агрегата [8, 21, 24]

$$\varphi = \frac{L_P}{L_P + L_{XX}}. \quad (3.34)$$

Числом

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

Щоб виконати наступні розрахунки приймемо, що швидкість руху агрегата на поворотній смузі V_{XX} така сама, як і робоча швидкість V_P , тобто

$$V_{XX} = V_P. \quad (3.35)$$

Визначимо яким має бути коефіцієнт тривалості поворотів

$$\tau = \frac{1 - \varphi}{\varphi}. \quad (3.36)$$

Числом

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

Приймемо тривалість робочої зміни $T_{3M} = 7$ год.

Визначимо чистий робочий час зміни, T_P , год, враховуючи його складові за формулою [8, 21, 24]

$$T_P = \frac{T_{3M} - (T_{TEX} + T_{T.O} + T_{\Phi} + T_{OP})}{1 + \tau}, \quad (3.37)$$

де T_{TEX} – час для технологічного налагоджування агрегату;

$T_{T.O}$ – час, за який виконують технічне обслуговування агрегату;

T_{Φ} – час, необхідний на фізіологічні потреби обслуговуючого агрегат персоналу;

T_{OP} – час для вирішення різних організаційних питань.

Підставивши дані, рекомендовані у [21], отримаємо

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

Враховуючи отримані значення, визначимо коефіцієнт використання часу зміни користуючись формулою [21, 24]

$$\tau_{3M} = \frac{T_P}{T_{3M}}. \quad (3.38)$$

Числом

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

Визначимо продуктивність гичкозбирального агрегата за зміну [8, 21]

$$W_{3M} = 0,1 \cdot B_P \cdot T_{3M} \cdot V_P \cdot \tau_{3M}. \quad (3.39)$$

Отримаємо у числовому вигляді

$$W_{3M} = 0,1 \cdot 1,35 \cdot 7 \cdot 6,9 \cdot 0,85 = 5,54 \text{ га/зм.}$$

Продуктивність роботи агрегата за годину роботи

$$W_{ГОД} = 0,1 \cdot B_P \cdot V_P \cdot \tau_{3M}. \quad (3.40)$$

Отримаємо

$$W_{ГОД} = 0,1 \cdot 1,35 \cdot 6,9 \cdot 0,85 = 0,79 \text{ га/год.}$$

Визначимо питомі витрати палива під час роботи агрегата [8, 21, 24]

$$g = \frac{G_P \cdot T_P + G_{XX} \cdot T_{XX} + G_O \cdot T_O}{W_{3M}}. \quad (3.41)$$

де G_P, G_{XX}, G_O – витрати палива під час робочого і холостого ходів відповідно, і на вимушених зупинках із працюючим двигуном;

T_P, T_{XX}, T_O – час роботи на виконанні зрізання гички, час холостого ходу і час зупинок протягом зміни відповідно.

На збиранні гички кормових буряків відповідно до норм витрат палива і дотримання режиму роботи агрегату приймаємо [21, 24]: $G_P = 11,5$ кг, $G_{XX} = 5,0$ кг, $G_O = 2,1$ кг, $T_P = 5,96$ год, $T_{XX} = 0,6$ год, $T_O = 0,44$ год.

Визначимо питомі витрати палива

$$g = \frac{11,5 \cdot 5,96 + 5,0 \cdot 0,6 + 2,1 \cdot 0,44}{5,54} = 9,02 \text{ кг/га.}$$

Визначимо час циклу роботи збирального агрегата за формулою [8, 21]

$$t_{\text{ц}} = \frac{2L_P \cdot 60}{1000 \cdot V_P} + \frac{2L_{\text{ХХ}} \cdot 60}{1000 \cdot V_{\text{ХХ}}} + t_{T.O}, \quad (3.42)$$

де $t_{T.O}$ – час для технічного обслуговування збирального агрегату за один цикл, приймемо згідно норм $t_{T.O} = 4$ хв.

Отримаємо час циклу роботи

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

Визначимо кількість циклів роботи за зміну [8, 21]

$$n_{\text{ц}} = \frac{T_{3M} - t_1}{t_{\text{ц}}}, \quad (3.43)$$

де t_1 – час на щозмінне технічне обслуговування машини, $t_1 = 35$ хв;

T_{3M} – чистий час зміни, $T_{3M} = 420$ хв.

Отримаємо

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

Визначимо продуктивність збирального агрегата за цикл [8, 21]

$$W_{\text{ц}} = \frac{B_P \cdot 2L_P}{10000}. \quad (3.44)$$

Отримаємо

$$W_{\text{ц}} = \frac{1,35 \cdot 2 \cdot 856,8}{10000} = 0,23 \text{ га/цикл.}$$

Визначимо витрати палива за цикл роботи [8, 21]

$$q_{\text{ц}} = q \cdot W_{\text{ц}}. \quad (3.45)$$

Числом

$$q_{\text{ц}} = 9,02 \cdot 0,23 = 2,07 \text{ кг/цикл.}$$

Оцінювання якості виконання процесу зрізання гички. Під час збирання гички кормових буряків удосконаленою гичкозбиральною машиною з роторним очисником необхідно контролювати якісні показники роботи: наявність і розміри залишків гички на головках коренеплодів, кількість ушкоджених і звалених очисником коренеплодів, втрати гички під час її збирання у транспортний засіб.

Контролювати процес роботи та оцінювати якісні показники роботи такого гичкозбирального агрегата потрібно не менше ніж двічі за робочу зміну, а також при неочікуваних і миттєвих змінах умов роботи.

Отже, проведені розрахунки дали можливість визначити геометричні та кінематичні параметри роторного очисника гички кормових буряків встановлюваного на косарку-подрібнювач КІР-1,5. Встановлено, що сила взаємодії робочих елементів, тобто бичів з коренеплодами не перевищує силу завалювання коренеплодів з ґрунту.

Пропонований роторний очисник гички кормових буряків має високі технологічні показники робочого процесу – продуктивність, витрата пального, використання часу зміни.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Загальні вимоги охорони праці до сільськогосподарських машин

Сільськогосподарські машини здебільшого працюють під відкритим небом, технологічні операції виконують у запиленому повітрі або при високій температурі, обслуговуючий персонал зазнає впливу вібрації і напрузі при виконанні робіт, що негативно впливає на здоров'я працівників. Тому при конструюванні сільськогосподарських машин велику увагу приділяють питанням зручності їх обслуговування, зменшення затрат енергії обслуговуючого персоналу і навантаженості роботи, впровадження здорових умов праці.

Зручність обслуговування машини забезпечується визначеним розміщенням вузлів і механізмів, вільним доступом до них при їх ремонті та експлуатації; швидкознімними та відкидними огорожуючими пристроями, які підлягають частому огляду. У машинах необхідним є облаштування відповідного робочого місця обслуговуючого персоналу для забезпечення нешкідливих і комфортних умов роботи; у машинах із складною системою управління у відповідних місцях наносять написи і встановлюють таблички.

Полегшення фізичної праці при управлінні машиною досягається застосуванням гідравліки у найбільш трудомістких і часто застосовуваних механізмах регулювання, що сприяє зменшенню необхідного зусилля на важіль регулювання. Зменшення напруження при роботі досягається також застосуванням автоматичних вимикачів або сигналізаторів, які контролюють правильність функціонування робочих органів і механізмів, які попереджують про перевантаження або про не функціонування деяких робочих органів.

Сигналізаторами оснащують робочі органи, які найбільш часто перестають функціонувати – шнеки, транспортери, бітери. Застосовують також копії рельєфу поля, які забезпечують постійне положення робочих органів машини відносно поля, а також інші автоматично діючі пристрої для

регулювання робочих процесів і водіння агрегату сільськогосподарської машини.

Безпека обслуговування сільськогосподарських машин досягається надійним закріпленням і огороженням передаточних механізмів, карданних, ланцюгових, пасових і зубчастих передач, з якими може контактувати обслуговуючий персонал під час роботи.

На машинах, у місцях, доступних для огляду, наносять написи і таблички із основними вимогами техніки безпеки, виробничої санітарії і пожежної безпеки.

Габарити сільськогосподарських машин у транспортному положенні вибирають із умов забезпечення безпечного і зручного проїзду дорогами, під лініями електропередач і дорожніми спорудами [6, 16].

4.2. Вимоги безпеки і порядок роботи удосконалюваної машини КІР-1,5

Вимоги безпеки до удосконалюваної машини. Для безпечної роботи на переобладнаній косарці КІР-1,5 у гичкозбиральну машину необхідно дотримуватися таких правил:

а) усі види регулювань при технічному обслуговуванні виконувати тільки після повної зупинки машини та при заглушеному двигуні трактора;

б) не виконувати будь-які роботи під ріжучими апаратами, що знаходяться у транспортному положенні і з не закріпленими механічними фіксаторами;

в) перед початком роботи переконатись у повній справності всього агрегату, перевірити наявність і міцність кріплення всіх затискних щитків і огорожень; не починати роботу при знятих огороженнях;

г) про пуск і початок руху агрегату попередити сигналом людей, що стоять поряд;

д) не виконувати запуск машини, якщо вона не з'єднана штирем з енергозасобом;

е) переміщення машини у нічний час і під час сильного туману не рекомендовано [6, 16, 18].

Обслуговувати машину повинен оператор, який має права тракториста-машиніста.

Оператор, до початку експлуатації машини, повинен пройти інструктаж з техніки безпеки і уважно ознайомитись з інструкцією з експлуатації.

Перед кожним увімкненням ВВП трактора і початком руху необхідно подавати звуковий сигнал.

Забороняється знаходитись перед машиною та на машині під час роботи агрегату.

Регулювання, очищення, обслуговування машини, усунення неполадок необхідно проводити тільки при непрацюючому двигуні трактора.

Очищення машини потрібно проводити спеціальними чистиками, які прикладені до машини.

Перед початком роботи необхідно впевнитись у повній справності всіх робочих органів, перевірити наявність і міцність кріплення огорожень.

Підфарбування, консервацію, розконсервацію машини необхідно проводити в ізольованому приміщенні з примусовою вентиляцією або на відкритій площадці. Приміщення для згаданих робіт повинне бути обладнане протипожежними засобами і укомплектованою аптечкою з медикаментами для надання першої допомоги при нещасному випадку. У такому приміщенні не допускається: користуватись відкритим вогнем; зберігати і споживати їжу.

Особи, які зайняті підфарбовуванням, консервацією, розконсервацією повинні користуватись засобами індивідуального захисту.

Монтаж, демонтаж, усунення несправностей, технічне обслуговування необхідно виконувати справним інструментом. Інструмент, який використовують повинен відповідати операції, яку виконують.

Під машину, підняту домкратом, необхідно встановити страхуючі підставки.

Забороняється проводити які-небудь роботи під машиною, якщо під її колеса не встановлені противідкатні башмаки, а гичкорізи не зафіксовані в транспортному положенні.

При м'якому ґрунті під домкрат необхідно підкласти підкладку із некрихкого матеріалу.

Забороняється присутність сторонніх осіб поблизу машини під час роботи агрегату.

Зняття, демонтаж колеса проводити, впевнившись у відсутності тиску в камері. Перед накачуванням повітря в колеса впевнитись у наявності всіх болтів кріплення дисків і їх повній затяжці.

Порядок роботи машини. Перед початком роботи на вибраній ділянці необхідно відрегулювати робочі органи.

Потім регулюванням гідрокерування слід добитися водіння машини точно по рядках буряків. Чим точніше буде іти машина по рядках, тим краще буде здійснюватися зрізання гички.

Необхідно постійно слідкувати за роботою механізмів машини і своєчасно її зупиняти у випадку неполадок.

Після закінчення роботи гичкозбиральну машину необхідно очистити від бруду і бур'янів [6, 16].

Технічне обслуговування та зберігання машини. Своєчасне і якісно проведене технічне планове обслуговування гичкозбиральної машини забезпечує нормальний технічний стан і зберігання заданих характеристик машини, попереджає передчасне зношування і поломку складових частин, збільшує термін служби, зменшує розхід експлуатаційних матеріалів і засобів протягом встановленого ресурсу і терміну служби машини, підвищуючи цим продуктивність праці і відповідно ефективність використання машини.

Система технічного обслуговування гичкозбиральної машини є планово-попереджувальною і включає [6, 16, 18]:

- технічне обслуговування при транспортуванні;
- технічне обслуговування при використанні;
- технічне обслуговування при зберіганні.

Для довгострокової і надійної роботи машини необхідно проводити щозмінний технічний огляд, що включає такі заходи:

- очищення від пилу, ґрунту і рослинних решток складових часток ножів;
- перевірку надійності різьбових з'єднань;
- стан ріжучих апаратів;
- доводку до необхідної норми тиску повітря у шинах;
- необхідне змащення підшипників, шарнірів карданних передач;
- натяг транспортерних полотен.

Періодичність технічного обслуговування встановлюється через визначений наробіток машини, виражений у годинах, а саме:

- щозмінне технічне обслуговування – через 8...10 год;
- перше технічне обслуговування – через 60 год;
- друге технічне обслуговування – через 240 год;

Залежно від умов експлуатації машини допускаються відхилення від встановленої періодичності проведення технічних обслуговувань у межах $\pm 10\%$. Експлуатація машини без проведення робіт планового технічного обслуговування забороняється.

Машина має зберігатися у закритому приміщенні або під навісом.

Допускається зберігання машини на відкритих обладнаних майданчиках при обов'язковому виконанні робіт з консервації, герметизації і знаттю вузлів та деталей, що вимагають складського зберігання [6, 16, 18].

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Удосконалено механізм зрізання, який пропонується застосовувати для збирання гички кормових буряків, встановивши його на косарку-подрібнювач КІР-1,5, тобто взамін подрібнюючого пристрою на рамі з опорно-ходовими колесами монтують два ротори, які обертаються у зустрічних напрямках з частотою 640 об/хв, та обладнані еластичними гумовими білами. Збиральний агрегат приєднують до трактора причіпним пристроєм.

Для виконання технологічного процесу видалення гички кормових буряків трактор обладнують вузькими шинами і під час роботи направляють міжряддями. Ротори гичкозбиральної машини приводять в рух клинопасовою передачею, яка отримує оберти через кардан і конічний редуктор з передаточним відношенням $i=1$ від ВВП трактора, що має частоту обертів 540 хв^{-1} . Необхідний натяг клинопасової передачі забезпечують кріпленням переднього ротора гичкоріза, що має можливість зміни його положення. Ротори-гичкорізи мають зустрічне обертання, яке забезпечується використанням клинопасової передачі, у якій гілки перехресшуються.

Розрахунок клинопасової передачі у приводі роторів доводить доцільність її використання у кінематичній схемі приводу робочих органів гичкозбиральної машини.

Видалення гички відбувається завдяки поєднанню ударної та очісуючої дії робочих органів на коренеплоди. Ротори обладнують еластичними робочими елементами, які під час зустрічного обертання взаємодіючи з коренеплодами видаляють з них гичку. Під час зняття гички з головок коренеплодів відбувається її подрібнення і завдяки повітряного потоку створеному роторами вона транспортується трубопроводом для вивантаження у транспортний засіб або розсівання на поверхні поля, де її приорюють як добриво.

Положення роторів щодо поверхні ґрунту регулюють враховуючи урожайність і сорт буряків, виконують його змінюючи положення опорно-

ходових коліс по відношенню до рами машини, що відповідає змінам висоти зрізання рослин, які застосовують на косарці КІР-1,5. Для кращого використання машини після збирання гички кормових буряків, що триває обмежений час, виконують демонтаж роторів для видалення гички і встановлюють штатний ротор косарки-подрібнювача.

Технологічна схема збирання гички кормових буряків реалізована із використанням косарки-подрібнювача без внесення суттєвих змін у конструкцію косарки, що забезпечує її подальше використання безпосередньо за призначенням.

У роботі виконані розрахунки геометричних і кінематичних параметрів роторного очисника гички кормових буряків. Конструктивно-кінематичні параметри гичкозрізаючого пристрою з еластичними елементами виконані з урахуванням ударного характеру дії бил на коренеплоди. Встановлено, що сила взаємодії еластичного робочого органу з коренеплодом залежить в основному від кутової швидкості била та щільності матеріалу робочих елементів, тобто бил. Встановлено, що сила взаємодії робочих елементів, тобто бичів з коренеплодами не перевищує силу завалювання коренеплодів з ґрунту. Результати розрахунків показують, що пропонуваний роторний очисник гички кормових буряків має високі технологічні показники робочого процесу – продуктивність за зміну 5,6 га, продуктивність за годину 0,8 га витрата пального 9 кг/га, використання часу зміни 0,85.

Застосування пропонованого гичкоріза-очисника за дотримання вимог технології збирання гички забезпечує високу якість очищення коренеплодів кормових буряків. Гичкозбиральна машина через наявність кількох робочих органів, а саме: ротор, карданна та клинопасові передачі, може створювати підвищену небезпеку роботи механізаторів та інших робітників, тому обов'язком є дотримання правил охорони праці, щоб запобігти виробничому травматизму.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Булгаков В.М., Головач І.В. Основи теорії і розрахунку процесу очистки головок коренеплодів на корені гнучкою лопаттю. Зб. наук. пр. НАУ «Механізація сільськогосподарського виробництва». Т.VII. Київ : НАУ. 2005. С. 12-44.
2. Булгаков В.М. Теорія бурякозбиральних машин. Монографія. Київ: Видавничий центр НАУ, 2005. 245 с.
3. Гевко Р.Б., Каліцький І.Б., Хомик Н.І. Методи зниження пошкоджень коренеплодів при їх переміщенні у транспортно-очисних системах машин. *Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій* : матеріали міжнар. наук.-техн. конф. до 60-річчя з дня заснування ТНТУ та 175 річчя з дня народження Івана Пулюя, м. Тернопіль, 14-15 трав. 2020 р. Тернопіль, 2020. С. 58-59.
4. 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.
5. 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.
6. Гогіташвілі Г.Г., Лапін В.М. Основи охорони праці. Львів: Новий світ, 2000. 230 с.
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. Довбуш Т.А., Хомик Н.І. Зниження металомісткості шнекових транспортних механізмів великої довжини. *Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практики*: зб. тез доповідей міжнар. наук.-практ. конф. присвяченої 90-річчю від дня народження професора Рибак Тимофія Івановича та 60-річчю кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин, м. Тернопіль, 29-30 верес. 2022 р. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. С.20-21.
 11. Довбуш Т.А., Хомик Н.І., Верескля А.В. Визначення внутрішніх силових факторів в елементах пристрою для дообрізання гички. *Актуальні задачі сучасних технологій*: зб. тез доповідей XIII міжнар. наук.-практ. конф. молодих учених та студентів. м. Тернопіль, 11-12 грудня 2024 р. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2024. С.71-72.
 12. Довбуш Т.А., Хомик Н.І., Дунець Б.О. Експериментальні дослідження циклічної тріщинотривкості конструктивної системи. матеріали XXI наук. конф ТНТУ імені Івана Пулюя. м. Тернопіль, 16-17 трав. 2019 р. Тернопіль, 2019. С. 15-16.
 13. Довбуш Т.А., Хомик Н.І., Цьонь Г.Б. Зниження металоємності гнучких транспортуючих механізмів. *Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій*: матеріали міжнар. наук.-техн. конф. до 60-річчя з дня заснування ТНТУ та 175 річчя з дня народження Івана Пулюя, м. Тернопіль, 14-15 трав. 2020 р. Тернопіль, 2020. С. 20-21.
 14. Довбуш Т.А., Хомик Н.І., Цьонь Г.Б. Обґрунтування силових параметрів пасивного ножа для дообрізування головок коренеплодів цукрових буряків. *Прикладна механіка*: матер. I міжнар. наук.-техн. конф. м. Тернопіль, 6-7 червня 2024 р. Тернопіль: ТНТУ, 2024. С. 174–177. (Механіка руйнування матеріалів і конструкцій).
https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/45592/2/AM_2024_Dovbush_T-Justification_of_the_power_174-177.pdf
 15. Кобець А.С., Шемавньов В.І. Характеристики міцності кормових коренеплодів //Вісник аграрної науки. Київ, 1995. №8. С.93-96.

16. Лапін В.М. Безпека життєдіяльності людини. Львів: ЛБК НБУ; Київ: Знання, 2000. 188 с.
17. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Сучасні інтенсивні технології вирощування основних польових культур. Львів НВФ «Українські технології», 2006. 730 с.
18. Машина для уборки ботвы кормовой свеклы МБК-2,7. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. Днепропетровск, 1998.
19. Погорілий Л.В., Волянський М.С., Фомічов А.М. Агробіологічні і фізико-механічні властивості кормових буряків як основа для розробки механізованого процесу збирання //Вісник сільгосп.науки. Київ, 1988. №1. С.64-70.
20. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник /Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. Київ: Вища освіта, 2004. 544 с.
21. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн.1: Машини для рільництва /П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний; За ред. М.І. Черновола. Київ: Урожай, 2001. 382 с.
22. Солошенко О.В. Технології вирощування сільськогосподарських культур: Навчальний посібник /О.В. Солошенко, Н.Ю. Гаврилович, В.І. Солошенко, Л.С. Осипова, С.І. Кочетова; за ред. О.В. Солошенко. Харків : Торнадо, 2006. 348 с.
23. Солошенко О.В. Основи агрономії: Навчальний посібник /О.В. Солошенко, Б.С. Носко, Н.Ю. Гаврилович, А.А. Богачов, В.І. Солошенко; за ред. О.В. Солошенко. Харків : Торнадо, 2003. 368 с.
24. Типові норми на механізовані сільськогосподарські роботи /Упоряд. Л.С. Пристапчук, О.Ф. Лук'янчук, В.М. Карпенко. Київ : Урожай, 1982. 504 с.
25. Фомічов А.М. Кормові коренеплоди. Київ: Урожай, 1987. 100 с.
26. 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.
27. 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.

28. Хомик Н.І., Довбуш А.Д., Олексюк В.П. Машини та обладнання для тваринництва. Навчальний посібник (курс лекцій). Частина перша. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2021. 240 с.
29. Хомик Н.І., Довбуш Тарас, Дунець Богдан. Розрахунок ресурсу роботи конструктивної системи розкидача добрив / Міжнародна науково-технічна конференція «Фундаментальні та прикладні проблеми сучасних технологій» до 100 річчя з дня заснування НАН України та на вшанування пам'яті Івана Пулюя. Тернопіль: ТНТУ, 2018. С. 102-103.
30. Хомик Н.І., Довбуш Т.А., Рубінець Н.А., Довбуш А.Д. Аналітичне дослідження напружено-деформованого стану складних конструктивних систем з довільним зовнішнім навантаженням. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Випуск 158. «Ресурсозберігаючі технології, матеріали та обладнання у ремонтному виробництві»*. Харків: ФО-П Дуюнова Т.В., 2015. С.44–50.
31. 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.
32. 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.
33. 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.
34. Хомик Н.І., Цьонь Г.Б., Довбуш Т.А. Ознайомча практика: методичний посібник для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 80 с.
35. Хомик Н. І., Цьонь Г Б., Довбуш Т.А. Навчальна практика: методичний посібник для студентів спеціальності 208 «Агроінженерія». Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 140 с.
36. 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.
37. Хомик Н.І. та ін. Агрозахист: навчальний посібник / Н.І. Хомик, В.В. Мартинюк, А.В. Бабій, Г.Б. Цьонь, Т.А. Довбуш, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2025. 520 с.
38. 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.
39. 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.
40. 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.
41. DovbushTaras, Dovbush Anatolii, Khomyk Nadia, Tson Hanna, Substantiation of flexible screw conveyor metal consumption under productivity maintenance conditions. *Scientific Journal of the Ternopil national technical university*. Tern.: TNTU, 2021. Vol. 103. No. 3. P. 33-42.
42. 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>
43. 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. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2024.04.086>.
44. Tchoursinov Yuriy. Phyto-feed additives production: technological aspects and biological value. / Yuriy Tchoursinov, Olena Kovaliova, Viktoriia Kalyna, Svitlana Mykolenko, Nadiia Khomuk /*Scientific Bulletin. Series F. Biotechnologies*, Vol. XXIV, No. 2, 2020, P.43-48.

ДОДАТКИ