

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
освітнього ступеня "Магістр"

на тему:

**Удосконалення технології вирощування буряків
цукрових з розробкою і обґрунтуванням параметрів
копача збиральної машини**

Виконав: студент факультету, гр.МгМз-1-19

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Омельченко Віталій Вікторович

Керівник: _____ Кобець Анатолій Степанович

Рецензент: _____

Дніпро, 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри тракторів і

сільськогосподарських машин

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

(підпис)

(прізвище,
ініціали)

„____” _____ 20__ р.

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____

керівник роботи _____

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “ ____ ” _____ 20__ року № _____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

Студент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

(прізвище та ініціали)

А Н О Т А Ц І Я

Омельченко В.В. Удосконалення технології вирощування буряків цукрових з розробкою і обґрунтуванням параметрів копача збиральної машини/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Механізація рослинництва»). – ДДАЕУ, Дніпро, 2021. – 83 с.

В роботі представлено характеристики сортів і гібридів буряку, проведено аналіз сучасних технологій вирощування і розроблено технологію вирощування для умов і на замовлення приватного сільськогосподарського підприємства Агрофірма «Перше травня» Томаківського району Дніпропетровської області. Складено технологічну карту вирощування і визначено необхідний комплекс машин зі складанням графіків використання тракторів і сільськогосподарських машин.

Проведено аналіз і розроблена конструкція копача і проведені розрахунки основних його параметрів і режиму роботи агрегату. Визначено технологічні показники роботи агрегату.

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

Річний економічний ефект від застосування розробок на практиці становить 19348,65 грн., а затрати на розробку і впровадження окупаються протягом першого року її використання.

Ключові слова: буряк цукровий, коренеплоди, технологія, збиральна машина, параметри, режим роботи, охорона праці, економічний ефект.

З М І С Т

В С Т У П.	6
1 СОРТИ І ГІБРИДИ В СТРУКТУРІ ТЕХНОЛОГІЇ	9
2 ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ БУРЯКІВ І РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ДЛЯ УМОВ ГОСПОДАРСТВА.	12
2.1 Біологічні особливості вирощування цукрових буряків.	12
2.2 Складання технологічної карти вирощування цукрових буряків.	16
2.3 Визначення потреби в техніці.	19
3 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ КОПАЧІВ.	21
4 ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ ВИКОПУЮЧОГО ПРИСТРОЮ І РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМУ РОБОТИ.	30
4.1 Обґрунтування схеми копача.	30

4.2	Визначення основних параметрів.	31
4.3	Визначення показника кінематичного режиму роботи.	38
5	РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ УДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ В ГОСПОДАРСТВІ.	44
6	ОХОРОНА ПРАЦІ.	50
6.1	Правила техніки безпеки при роботі на удосконаленій машині.	50
6.2	Захист від вібрацій.	53
7	РОЗРАХУНКИ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЄКТУ.	58
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.	65
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.	66
	ДОДАТКИ.	69

ВСТУП

Цукровий буряк відноситься до родини марієвих і є дворічною культурою. В перший рік з насіння виростає потовщений коренеплід із запасами поживних речовин та розеткою прикореневих листків. На другий рік у висаджених у ґрунт коренеплідів із сплячих бруньок відростає листя і з'являються високі (до 1,5 м і вище) стебла з квітками, з яких формується насіння [1].

Цукрові буряки в Україні є єдиним джерелом для виробництва цукру – життєво необхідного джерела харчування. Цукор володіє високими смаковими якостями, сприяє підвищенню розумової і фізичної діяльності людини. Більша частина цього продукту використовується в харчовій промисловості: в хлібобулочному, кондитерському виробництві, виготовленні різних напоїв і т.

ін. Ґрунтово-кліматичні умови України є досить сприятливими для вирощування цукрових буряків. Проте економічна криза, яка уразила народне господарство України, спричинила різкий спад виробництва цукросировини і цукру. Скорочення площ посіву цукрових буряків, недостатня забезпеченість галузі матеріальними ресурсами, недосконалість взаємостосунків між виробниками і переробними підприємствами, а також порушення технології вирощування перетворили галузь у збиткову. Якщо в 2010 р цукровим буряком в Україні було засіяно 502,86 тис. га площ, то станом на 2019 рік площі посіву культури скоротились до 218,8 тис. га. Зокрема в Дніпропетровській області ще у 1993 році фабричні цукрові буряки займали близько 30 тис. га, урожайність їх становила в середньому 256 ц/га, і в більшості господарств вони забезпечували високі прибутки. Однак в останні роки площа цукрових буряків значно зменшилася і в 2019 р. (за даними Держстатуправління в Дніпропетровській області) вона становила 1 тис. га з валовим збором 28 тис. т.

Але й за такого стану галузь залишається стратегічно важливою для України. Для виведення її з кризи й підвищення господарсько-економічних та екологічних показників необхідна відповідна державна національна програма розвитку буряківництва.

Для призупинення спаду та подальшого нарощування обсягів виробництва цукросировини та цукру, що забезпечить не лише задоволення внутрішніх потреб, а й суттєве поповнення державного бюджету за рахунок експорту цукру, в Україні є необхідне наукове забезпечення галузі. Так, вітчизняними селекціонерами створені нові високопродуктивні сорти і гібриди цукрових буряків з біологічним потенціалом урожайності 50-60 т/га, цукристості — 18-19 % і збором цукру — 10-12 т/га. Вони не поступаються кращим сортам іноземних фірм, а за стійкістю їх до хвороб перевищують останні [2].

Найскладнішим в технології вирощування цукрових буряків є процес збирання врожаю. Оскільки ефективність бурякозбиральних машин обумовлюється сукупністю ряду показників — агротехнічних, техніко-

експлуатаційних і економічних, то для знаходження оптимальних параметрів машин по екстремальних значеннях цих показників необхідно виконати синтез машин і їх комплексів, тобто виконати такі розрахунки і проекти, які дозволяють врахувати об'єктивні взаємозв'язки між прийнятими механіко-технологічними принципами збирання врожаю, застосованими технічними рішеннями, факторами зовнішнього середовища і існуючими критеріями ефективності.

При вирішенні цієї задачі обґрунтування оптимальних видів механізованих процесів і типажу бурякозбиральних машин доцільно виконувати таким чином, щоб забезпечувалася необхідна якість збирання цукрових буряків і високі експлуатаційні і економічні показники в різних природно-виробничих умовах, які змінюються, а також при зберіганні сировини і її переробці.

Метою даної дипломної роботи є удосконалення технології вирощування цукрових буряків з розробкою і обґрунтуванням параметрів копача збиральної машини. Робота виконана на замовлення приватного сільськогосподарського підприємства Агрофірма «Перше травня» Томаківського району Дніпропетровської області.

1 СОРТИ І ГІБРИДИ В СТРУКТУРІ ТЕХНОЛОГІЇ

Сучасні (інтенсивні) технології виробництва цукрових буряків у принципі неможливі без використання високопродуктивних однонасінних сортів і гібридів та їх насіння з хорошими показниками посівних якостей. Базовий і зональні варіанти української інтенсивної технології виробництва цукрових буряків повністю забезпечуються сучасними сортами і гібридами вітчизняної селекції.

У державний Реєстр сортів рослин України занесені більше двадцяти однонасінних сортів та гібридів цукрових буряків вітчизняної та спільної з іноземними фірмами селекції. На значних площах в Україні вирощуються вітчизняні однонасінні диплоїдні сорти та однонасінні гібриди, які за комплексом ознак (продуктивність, екологічна стабільність, стійкість до хвороб, а особливо до гнилей коренеплодів, висока потенційна продуктивність насінників в умовах України) ще досить

конкурентоспроможні. Крім того, вони адаптовані до зональних варіантів інтенсивної технології виробництва цукрових буряків [3, 4].

При належному виконанні всіх елементів технології ці сорти в кінцевому результаті мають досить високі показники за виходом цукру з одиниці сировини. Найбільш поширені в сучасному виробництві п'ять сортів:

Веселоподолянський однонасінний 29 - створений Веселоподільською дослідно-селекційною станцією ІЦБ, диплоїдний сорт урожайно-цукристого напрямку, однонасінність плодів 92-94 %. Сорт високопродуктивний. На сортодільницях Полтавської області за роки сортовипробування в середньому зібрано коренеплодів 51,4 т/га при вмісті цукру 17-18,9% і його виході та зборі 7,6-8,9 т/га. Реєстром рекомендований для вирощування в зоні нестійкого та недостатнього зволоження (Лісостеп, Північний степ).

Уладівський однонасінний 35 - Уладово-Люлинецької дослідно-селекційної станції ІЦБ, диплоїдний сорт урожайно-цукристого напрямку, виведений методом індивідуально-групового добору, однонасінність плодів 82-92 %, схожість насіння — 81-84 %, високопродуктивний. На сортодільницях Житомирської області зібрано коренеплодів 50,4-46,5 т/га при вмісті цукру 16,8 % і його зборі 8,49 т/га. Реєстром рекомендований для вирощування в зоні достатнього зволоження (Полісся).

Ялтушківський однонасінний 30 - Ялтушківської дослідно-селекційної станції ІЦБ, диплоїдний сорт урожайно-цукристого напрямку, виведений методом індивідуального добору та гібридизації, однонасінність плодів 86-94 %, схожість насіння — 80-85%, високоврожайний. Стійкіший від стандарту до церкоспорозу, ерізіфозу та кагатної гнилі. На сортодільницях Київської області зібрано коренеплодів 43,3-49,4 т/га при вмісті цукру 18,5-18,8 % і його зборі 7,71-9,02 т/га. Реєстром рекомендований для вирощування в усіх зонах буряківництва України.

Білоцерківський однонасінний 45 - Білоцерківської дослідно-селекційної станції ЩБ, диплоїдний сорт урожайно-цукристого напрямку, виведений методом індивідуально-групового добору, однонасінність плодів – 97%, схожість 85-90%, ви-соковрожайний, стійкіший до хвороб листків та цвітушності, ніж стандарти. Забезпечує врожайність коренеплодів на рівні 43,8 т/га при вмісті цукру 17,6 % і його зборі 7,63 т/га. Реєстром рекомендований для вирощування в зоні достатнього зволоження (Полісся).

Ялтушківський однонасінний 64 - виведений Ялтушківською дослідно-селекційною станцією ЩБ, сорт урожайно-цукристого напрямку. Середня врожайність при випробуванні — 48,2 т/га, цукристість коренеплодів - 17,9 %, збір цукру - 8,6 т/га. Характерною особливістю сорту є хороша стійкість до церкоспорозу і середня стійкість до борошнистої роси та коренеїду. Найкраще проявляє себе в Західному регіоні України (зона достатнього зволоження).

Занесені в Реєстр сортів України вітчизняні гетерозисні гібриди (ЧС гібриди) за продуктивністю не поступаються гібридам зарубіжної селекції, які теж останнього часу в зростаючій кількості заносяться до Реєстру (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 - Продуктивність та якісні показники вітчизняних і зарубіжних сортів та гібридів цукрових буряків

Показники	Вітчизняні	Зарубіжні
Урожайність коренеплодів, т/га	45,5	45,9
Цукристість, %	17,25	17,28
Збір цукру, т/га	7,85	7,90
Ураження коренеплодів паршою, %	3,5	7,5-15,4
Ураження гнилями, % гнилої маси	0,05-0,08	0,6
Втрати при зберіганні в кагатах терміном 70 діб, % гнилої маси загнилих коренеплодів	1,3	3,6
Ціна 1 посівної одиниці насіння (100 тис. насінин), доларів США	20-27	70-85

Продуктивність нових ЧС гібридів української селекції, особливо новітнє їх покоління, має потенціал урожайності коренеплодів на рівні 60 т/га і більше,

збору цукру — 10-12 т/га. Реалізація біологічного потенціалу нових сортів і гібридів цукрових буряків цілком залежить від технології їх вирощування.

Порівняльна комплексна оцінка гібридів і сортів вітчизняної та іноземної селекції показала, що останні не мають переваг у виробництві України.

2 ОСОБЛИВОСТІ ВИРОЩУВАННЯ БУРЯКІВ І РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ ДЛЯ УМОВ ГОСПОДАРСТВА

2.1 Біологічні особливості вирощування цукрових буряків

Біологічні особливості. Цукрові буряки – одна з основних технічних культур. При врожайності 400 ц/га дає 50—55 ц цукру, а також 150-200 ц гички, 200-280 ц сирого жому, 15-18 ц меляси, які використовуються на корм сільськогосподарським тваринам [5].

За поживністю цукрові буряки значно перевищують кормові. 100 кг коренеплодів відповідають 26 кормовим одиницям і містять 1,2 кг перетравного протеїну, а 100 кг гички – відповідно 20 корм. од. і 2,2 кг протеїну. Це одна з найбільш продуктивних сільськогосподарських культур. Цукрові буряки є цінним попередником для багатьох сільськогосподарських культур і підвищують загальну продуктивність польових сівозмін.

Цукрові буряки – дворічна рослина. У перший рік з насіння виростає потовщений коренеплід із запасами поживних речовин та розеткою прикореневих листків. На другий рік у висаджених у ґрунт коренеплодів із сплячих бруньок відростає листя і з'являються гіллясті, високі (до 1,5 м і вище) стебла з квітками, з яких формується насіння.

Ріст коренеплоду і кореневої системи тісно пов'язаний з формуванням листя: чим раніше й більше утворюється листя, тим інтенсивніше росте головний корінь.

Насіння цукрових буряків активно проростає при середньодобовій температурі ґрунту 6-8 °С на глибині 6-7 см. Сходи витримують заморозки до 4-5 °С, якщо вони настають не після тривалого періоду теплої погоди. Холодна погода на початку вегетації обумовлює цвітушність рослин, яка спричиняє

зниження цукристості, одерев'яніння тканин і зменшення маси коренеплодів, ускладнює переробку і зберігання буряків. Фотосинтез та ріст буряків найкраще відбуваються при температурі 20-22 °С, але активний ріст і накопичення цукру триває до настання зниження температури восени нижче 6°С [6].

Цукрові буряки як рослина довгого дня вимогливі до світла. Необхідна для них сумарна сонячна радіація становить до 3 тис., а фотосинтетична активна радіація (ФАР) – до 1,1-1,3 тис. МДж/м². Порівняно з іншими культурами вони краще використовують ФАР. Цукристість значною мірою залежить від кількості сонячних днів у серпні – вересні.

Цукрові буряки вимогливі до вологи і водночас є посухостійкими. Для бубнявіння і проростання насіння потрібно 150 – 170 % води від маси клубочків. Транспіраційний коефіцієнт у середньому становить 397. На формування 1 ц коренеплодів і відповідної кількості листя при урожайності 400 – 500 ц/га буряки використовують з ґрунту близько 80 ц води, або 3200 – 4000 м³/га. Тому при їх вирощуванні велике значення мають заходи, спрямовані на накопичення і зберігання вологи в ґрунті. Найбільше води буряки потребують в період посиленого росту (в липні – серпні). Оптимальна вологість ґрунту для них 65 – 70 % граничної польової вологоємності. Відносно менше зниження врожаю цукрових буряків в роки з недостатньою кількістю опадів порівняно з іншими рослинами пояснюється тим, що коренева система їх глибоко проникає в ґрунт (до 2 м і більше), а також тривалим періодом вегетації і здатністю використовувати пізні літні опади. У дощові прохолодні роки врожаї буряків бувають високими, але з низьким вмістом цукру.

Цукрові буряки потребують великої кількості поживних речовин. В середньому при утворенні 1 т коренеплодів і відповідної кількості гички вони виносять з ґрунту 5-6 кг азоту, 1,5-2 кг фосфору і 6-7,5 кг калію, а також значну кількість інших мікро- та макроелементів.

Найкращими для цукрових буряків є структурні чорноземні суглинкові ґрунти з нейтральною або слабо кислою реакцією (рН 6,5-7,5). Буряки

потерпають від підвищеної кислотності ($\text{pH} < 6$), стійкі до засолення ґрунтів. Оптимальна щільність орного шару для них становить $1,0 - 1,2 \text{ г/см}^3$.

Підвищенню інтенсивності й продуктивності фотосинтезу сприяють агротехнічні заходи щодо збільшення вмісту вуглекислоти в повітрі, оптимізації температури, мінерального живлення й вологості. Основним є створення оптимальної асиміляційної листкової поверхні посіву ($50 - 60 \text{ тис. м}^2/\text{га}$) за рахунок збільшення кількості листя, поліпшення його оптичних властивостей й безперервного функціонування. Цьому сприяють ранні строки сівби буряків, оптимальна густота посівів, рівномірність розміщення рослин на площі, обґрунтовані пізні строки збирання врожаю.

Ґрунтово-кліматичні умови. В Україні більше 70% площі посівів цукрового буряку розміщується на ґрунтах чорноземного типу, 27% - на сірих лісових і біля 3% - на дерново-підзолистих ґрунтах. В північному Степу, зокрема в Дніпропетровській області, переважають чорноземи звичайні, важко суглинкові з гумусовим профілем до 60-100 см і вмістом гумусу 4,2-6,3%. Буряки вирощують у трьох агрокліматичних зонах (таблиця 2.1): достатнього зволоження (західні області, частина районів Вінницької, Житомирської, Сумської і Чернігівської областей), нестійкого (більша частина Лісостепу) та недостатнього – південний та південно-східний Лісостеп, північний Степ (Дніпропетровська, Кіровоградська, Миколаївська, Одеська області).

Таблиця 2.1 – Агро-кліматичні зони вирощування цукрових буряків

Зона зво- ження	Кількість опадів, мм		Сума тем- ператур повітря, $^{\circ}\text{C}$	Запаси продуктив- ної вологи в метровому шарі ґрунту на початку весни, мм	Гідротерміч- ний кое- фіцієнт
	за рік	За вегета- ційний період			
Достатнього	> 550	450-340	2300-2600	170 – 200	1,2 – 1,5
Нестійкого	550-480	340-300	2600- 2850	150 – 180	0,8 – 1,2
Недостатнього	480-430	300-250	2850- 3100	100 – 150	0,75 – 0,90

Вегетаційний період буряків триває 160 – 175, у південно-західній частині України – до 185 днів. Кількість ФАР, яка надходить за травень – вересень, становить 1250 – 1550 МДж/м². У північному Степу фактором, який знаходиться у мінімумі і в першу чергу визначає рівень урожайності буряків, є волога.

Місце в сівозміні і попередники. Правильне розміщення цукрових буряків у сівозміні – один із основних чинників поліпшення забезпеченості рослин вологою і елементами живлення, зменшення засміченості посівів, кількості шкідників і хвороб, усунення токсичності ґрунтів, підвищення врожайності та якості коренеплодів. На Уладово-Люлінецькій дослідній станції при вирощуванні буряків у трьохпільній сівозміні урожайність цукрових буряків в середньому за шість років становила 428, а на беззмінних посівах – 261 ц/га [6].

У зоні достатнього зволоження найсприятливіші умови для цукрових буряків створюються при розміщенні їх після озимих зернових, які висівали після багаторічних трав на один укіс, по зайнятих парах, після гороху. У зоні нестійкого зволоження буряки розміщують після озимих по зайнятих, а в південно-східних районах – і по чистих парах, після гороху, багаторічних трав на один укіс.

У зоні недостатнього зволоження найкращим попередником для буряків у сівозміні є озимина після чорних удобрюваних парів. Допустиме розміщення їх після озимини, висіяної після багаторічних трав одного року користування на один укіс або однорічних трав, а також кукурудзи на зелений корм.

В дослідженнях Дніпропетровського державного аграрного університету урожайність коренеплодів після озимої пшениці по чорному пару становила 349 ц/га, або на 27-31 ц/га більше за врожайність після озимої пшениці, висіяної після еспарцету на один укіс і гороху на зелений корм, і на 40-52 ц/га більше за врожайність при сівбі після озимої пшениці, висіяної після кукурудзи на силос і ярого ячменю.

За даними Інституту цукрових буряків УААН, частка цукрових буряків у сівозміні на не еродованих ґрунтах в зоні достатнього зволоження може становити 30%, нестійкого і недостатнього – 25-30%. При цьому повертати буряки на попереднє місце вирощування слід не раніше, ніж через 2-3 роки.

Отже, в зоні недостатнього зволоження, зокрема в Дніпропетровській області, у 10-пільних сівозмінах доцільно мати таке чергування:

- | | |
|----------------------------|--------------------------------------|
| 1 – чорний і зайнятий пар; | 6 – озима пшениця; |
| 2 – озима пшениця; | 7 – кукурудза на зерно; |
| 3 – цукрові буряки; | 8 – зернобобові, кукурудза на силос; |
| 4 – ярі зернові; | 9 – озима пшениця; |
| 5 – кукурудза на силос; | 10 – соняшник. |

Для фермерських господарств рекомендуються сівозміни з короткою ротацією (насиченість буряками 25%):

- 1 – чорний і зайнятий пари, горох;
- 2 – озима пшениця;
- 3 – цукрові буряки;
- 4 – ярі зернові.

2.2 Складання технологічної карти вирощування цукрових буряків

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

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

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

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

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

де T_{δ} – тривалість роботи агрегату за добу, год.;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, год.;

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

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

$$K_{зм} = \frac{7}{7} = 1.$$

Для лущення стерні вибираємо такий склад машинно-тракторного агрегату – трактор Т-150К і лущильник дисковий ЛДГ-15.

Змінну норму виробітку і норму витрати палива на одиницю роботи визначаємо за [8]. Вони відповідно становлять $W_{зм} = 66,2$ га /зм. та $g_{п} = 2,4$ кг /га.

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

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

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

Необхідну кількість агрегатів n_a визначаємо за формулою:

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

де Ω – обсяг робіт, га;

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

$K_{зм}$ – коефіцієнт змінності;

D_p – тривалість роботи, днів;

$$n_a = \frac{200}{66,2 \cdot 1 \cdot 5} = 0,6.$$

Приймаємо 1 агрегат.

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

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

$$D_\phi = \frac{200}{1 \cdot 66,2 \cdot 1} = 3 \text{ дні.}$$

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

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

де $N_{зм}$ – число нормозмін,

$$N_{зм} = \frac{200}{66,2} = 3.$$

Необхідну кількість обслуговуючого персоналу визначаємо за формулою:

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

де m_m – кількість механізаторів, обслуговуючих агрегат.

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

Аналогічно визначають кількість допоміжних робітників.

Кількість палива, необхідного для виконання роботи визначаємо за формулою:

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

$$G_n = 200 \cdot 2,4 = 480 \text{ кг.}$$

Затрати праці на виконання роботи підраховуємо за формулою:

$$Z_n = (n_m + n_\rho) \cdot N_{zm} \cdot T_{zm}, \quad (2.7)$$

$$Z_n = (1 + 0) \cdot 3 \cdot 7 = 21 \text{ год. / га.}$$

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

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

де Ω_Y – виріток агрегату в умовних одиницях, у.е.га.

$$\Omega_Y = 1,65 \cdot 3 \cdot 7 = 34,7 \text{ у.е.га.}$$

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

2.3 Визначення потреби в техніці

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

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

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

3 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ КОПАЧІВ

При механізованому збиранні цукрових буряків технологічний процес викопування коренеплодів умовно можна розділити на дві фази: порушення зв'язку коренеплодів з ґрунтом (підкопування) і вилучення коренеплодів з ґрунту, з подальшою подачею їх на очисні органи.

Першими засобами механізованого збирання буряків слід вважати використання для підкопування коренів звичайного плуга із знятою полицею. Тому замість корпусу плуга стали використовувати спеціальну лапу, яка складається з лемеша і опорної п'ятки або польової полиці, для забезпечення стійкого ходу знаряддя. Заглиблена в ґрунт лапа піднімала при русі пласт і порушувала тим самим зв'язки коренеплодів з ґрунтом. Такі робочі органи мали значний тяговий опір і тому, з метою його зменшення, була створена велика кількість робочих органів цього типу.

Робочі органи бурякозбиральних машин, які випускають в теперішній час, доцільно розділити за виконанням технологічного процесу на дві групи. До першої групи слід віднести робочі органи, які витискають корені та подають їх разом з пластом ґрунту на очисні транспортуючі робочі органи; до другої – системи двох робочих органів; одного – для порушення зв'язків кореня з ґрунтом і другого – для захвату, вилучення і транспортування кореня.

Викопуючі робочі органи (ВРО) першої групи, які отримали назву копачів, за формою робочої поверхні поділяються на три основних типи: вильчасті, лемішні, та дискові. Кожен із цих типів копачів має свої переваги і недоліки.

ВРО для вилучення коренеплодів другої групи, технологічний процес яких ґрунтується на принципі вилучення коренеплоду за його тіло або за гичку

встановлюється, на так званих, бральних машинах. На цих машинах руйнування зв'язків коренеплоду із ґрунтом здійснюється підкопуючою лапою.

Проте, робочі органи, які вилучають корені гичку, при недостатньо розвинутій гичці, або поганому її стані (20...40% лежачих листків), не задовольняють агротехнічним вимогам. Агрегати з робочими органами такого типу втрачають 8...10% коренеплодів. Незадовільно працюють бральні апарати при збиранні поля цукрового буряка високої врожайності (350...450 ц/га і вище), так як при цьому втрачається 12...15% коренів. Затрати праці на підбір таких втрат складають 15...16 люд.-год./га. Бральні колеса з голками для наколювання коренеплодів, також, допускають значні втрати коренів (8,1...24,7%) і, окрім того, вони пошкоджують тіло кореня.

ВРО першої групи, а також підкопуючі лапи робочих органів другої групи, є найбільш енергоємними вузлами бурякозбиральних машин. За даними відомих досліджень, 60...75% тягового опору бурякозбирального комбайна, складає опір копачів, і 70...80% – підкопуючих лап. Від потужності, необхідної для роботи бурякозбиральної машини, це складає 32...48%.

Високий тяговий опір копачів і підкопуючих лап бурякозбиральних машин не дозволяє використовувати для збирання буряків просапні трактори класу 14кН і, крім того, не дозволяє працювати на більш високих швидкостях. При використанні трактора загального призначення класу 20 кН, середня робоча швидкість трирядного агрегату складає 4,5...5,0 км/год., середня продуктивність – 0,6...0,7 га за годину змінного часу.

Вимозі забрудненості вороху та інтенсивності його сепарації в більшій мірі відповідають ВРО витискного типу. Особливістю викопуючих органів витискного типу є наявність двох робочих поверхонь, що проходять уздовж осі рядка цукрових буряків. Пласт ґрунту з коренеплодом проходить при викопуванні через січення, що звужується внаслідок чого він піддається стисканню з обох сторін і відбувається його переміщення наверх.

Одним із перших та основних ВРО бурякозбиральних машин були лемішні копачі, які складаються з двох симетрично розміщених лемеші, що встановлені під кутом до напрямку руху коренезбиральної машини. Викопуючі робочі органи лемішного типу бурякозбиральних машин можуть бути замкнутими і розімкнутими (рис 3.1 г,д). Робоча поверхня лемішних копачів, з точки зору їх геометрії, є найбільш простою. Лемішні копачі також дуже різноманітні за конструкцією. Випущені в 1957-61 рр. експериментальні зразки вітчизняних комбайнів із зрізанням гички на корені були обладнані лемішними копачами. Поставлений на виробництво бурякозбиральний комбайн СКН-2 був обладнаний лемішними копачами з дисками для обмеження деформації ґрунту. За кордоном лемішні копачі широко застосовуються на бурякозбиральних машинах таких фірм як “Kleine”, “Holmer”(Німеччина), “Stoll”, “Moreau”, “Matrot”(Франція), “Herriau”, “Standen”(Великобританія), “Bariqelli”, “Italo Svizzeva”, “Rimeco”, “Guaresi”, “Lossi”(Італія), “TIM”(Данія), “Gilles”(Бельгія).

Для лемішних копачів, внаслідок недостатнього подрібнення ґрунту, характерне попадання разом з коренеплодами на очисні органи машини великої кількості землі, особливо на твердих ґрунтах (твердість більше 2,5 МПа). Крім того, при збільшенні швидкості переміщення машини до 2 м/с, навіть на легкому ґрунті, перед лемішними копачами утворюється нагромадження технологічних мас що приводить до забивання копачів, відбувається намотування рослинних залишків і коренеплодів цукрових буряків. Всі ці недоліки лемішних копачів обумовлюють їх низьку технологічну надійність.

Вильчасті копачі являють собою спарені загострені стержні, які можуть бути активними (що обертаються) та пасивними. Процес викопування коренеплодів активними копачами протікає більш динамічно, ніж пасивними, що призводить до більшого руйнування зв'язків коренеплоду за рахунок додаткового витягуючого зусилля, яке створюють вилки, що обертаються. Вильчасті копачі, так само, як і лемішні можуть бути замкнутими або розімкнутими (рис. 3.1 е,є) Найбільш широко використовуються вильчасті копачі в сполученні з очищувачами різних конструкцій в машинах німецьких і

чеських фірм. Наприклад у комбайна СЦЗ (Чехія) розімкнута вилка поєднується з шнековим очищувачем.

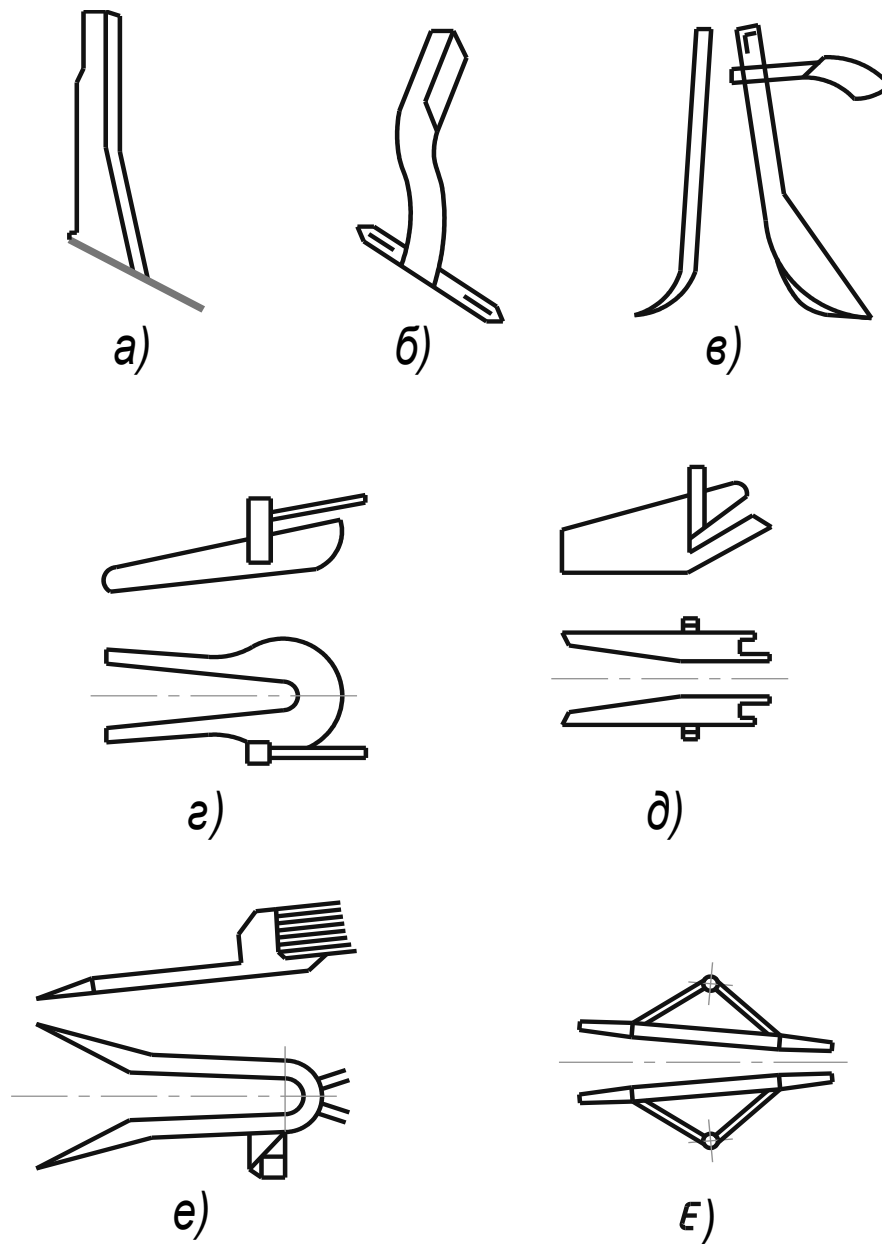


Рисунок 3.1 - Пасивні робочі органи бурякозбиральних машин:

- а) лапа “Дейл”; б) лапа “Дейл Кляузінг”; в) “лапа Кляузінга”;
 г) леміш замкнутий; д) леміш розімкнутий; е) вилка замкнута;
 е) вилка розімкнута

Недоліком роботи робочих органів такого типу є те, що через відсутність ґрунтового прошарку між коренеплодом і самим копачем збільшується

пошкоджуваність буряків, а недостатня ступінь подрібнення ґрунту підвищує кількість землі у воросі.

Характер виконання технологічного процесу лемішними та пасивними вильчастими викопуючими органами полягає у підрізанні шару ґрунту лезом клина або поверхнею вилки на глибині підкопування і його переміщені по руслу копача. Лемішні копачі з від'ємним кутом атаки і граничною робочою швидкістю до 1,8...2,0 м/с, при роботі на легких ґрунтах, обладнують меншу кількість кінців коренів в порівнянні з вильчастими. При підвищенні ж поступальної швидкості бурякозбиральної машини збільшуються втрати у вигляді обламаних кінців коренів, які залишаються в землі.

Лемішні та вильчасті розімкнуті ВРО відрізняються від замкнутих окремим укріпленням лапи (вилки) до стояка, що сприяє більш ефективному проході вороху коренеплодів на очищувальні пристрої.

Незважаючи на простоту конструкції і порівняно малу матеріалоемність викопуючі робочі органи даних типів (лемішні і вильчасті) мають обмежене застосування, в наслідок їх низької технологічної надійності та високих енерговитратах.

Починаючи з 60-х років ХХ століття, все більшу популярність отримали дискові копачі. Фірмою "Farmhand" (США) в 1960-1961 роки створено цілий ряд бурякозбиральних машин з дисковими копачами: комбайни "Farmhand 300", "Farmhand 400". Пізніше дискові копачі почали використовувати на своїх комбайнах і ряд інших фірм: "John Deere", "McCormick", "Gachpole"(США), "Viesent P2"(ФРГ) та ін.

Дискові (ротаційні) копачі являють собою встановлені під кутом два плоских або сферичних диски, вертикальні осі яких утворюють кут розвалу, а горизонтальні – кут атаки, і характеризуються радіусом сфери і диска. Типові конструктивні схеми дискових копачів зображені на рис.3.2. Вони виконуються у версіях з обома пасивними, одним або двома активними дисками. Головною

перевагою дискових викопуючих органів є те, що збиральна машина, оснащена ними, може працювати при більшій поступальній швидкості, ніж машина із лемішними або вильчастими копачами, при однаковій якості роботи.

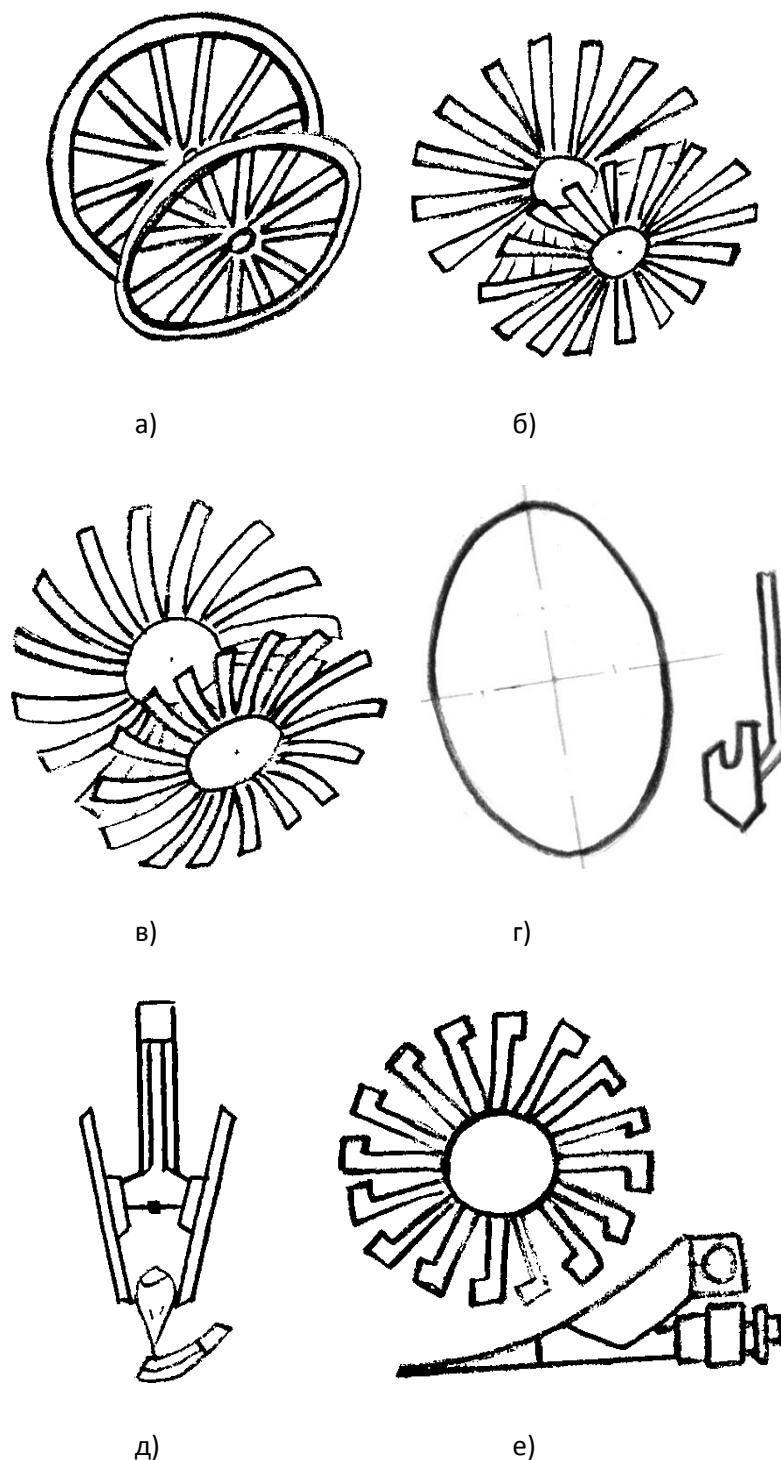


Рисунок 3.2 - Активні викопуючі робочі органи бурякозбиральних машин:

а) дискові з кільцевим лезом; б) дискові долотоподібні; в) дискові пальцеві;

г) лемішно-дискові; д) дискові із попереднім підкопуванням;

е) вильчасто-дискові

Порівняльні експериментальні дослідження, проведені в нашій країні і Чехії, при яких ворох коренеплодів підлягав якісній оцінці, безпосередньо після викопуючого робочого органа, показали, що дискові ВРО, в порівнянні, наприклад, з вильчастими, мають більшу високу подрібнюючу здатність, краще очищують коренеплоди від налиплої землі, не забиваються при роботі на ділянках поля з підвищеною забрудненістю.

Проте, поряд із вказаними перевагами, дискові копачі мають ряд недоліків. Серед існуючих робочих органів вони є найбільш енергомісткими, на важких ґрунтах, твердість яких 3,0...4,5МПа, погано заглиблюються, допускають попадання грудок землі в купи зібраних коренеплодів, обривають хвости коренів, на вологих ґрунтах (25...28%) коренеплоди сильно забруднюються землею.

Дискові ВРО частіше, ніж вильчасті, наносять пошкодження коренеплодам, внаслідок того, що мають постійну величину розхилу, особливо при збиранні високоврожайних цукрових буряків. Це обумовлюється недостатньо великим кутом розвалу дисків, збільшити який при багаторядному викопуванні і існуючій ширині міжрядь (45 см) неможливо. Відрізаний дисками пласт землі разом з коренеплодами поступово стискається в розводі між дисками і піднімається вгору до зустрічі з бітером, лопаті якого діють на коренеплоди і пошкоджують їх, особливо при забиванні дискового копача. Окрім того, дискові копачі, які також відносяться до витискуючих, більш складні за конструкцією і у виготовленні.

Незважаючи на вище вказані недоліки, дискові копачі в останні десятиріччя знайшли широке застосування як у вітчизняних коренезбиральних машинах (КС-6Б, КС-6Б-02, КС-6В, КБ-6, РКМ-6-05, МКР-2,3, КСП-2) так і в коренезбиральних машинах зарубіжних фірм “Garford-Victor”, “Stanten” (Англія), “ТІМ”, “Thyregod” (Данія), “WKM” (Німеччина), “Juko”(Фінляндія), “WIC”).

Різноманітність технологічних процесів вирощування, збирання цукрових буряків і ґрунтово-кліматичних умов привели до появи різних варіантів комбінованих копачів.

Найбільше поширеним у зарубіжній практиці є простий комбінований копач, виконаний у вигляді пасивних спарених елементів: сферичного диска луцильника і, встановленого на ребро, плоского видовженого лемеша. Диск встановлений вертикально під кутом 30° , а леміш – під невеликим кутом (до 7°) до осі рядка. Перевагами таких копачів є простота виконання технологічного процесу і самої конструкції копача, можливість забезпечити якісне викопування коренеплодів при врожайності цукрового буряка 300...700 ц/га. Поряд з перевагами, даний тип копачів має суттєві недоліки. Так при роботі таких копачів на твердих ґрунтах (твердість більше 2,5 МПа), процес викопування проходить з підвищеними втратами, в першу чергу, через обрив хвостової частини коренеплоду, а при урожайності меншій як 250 ц/га, спостерігається підвищені втрати дрібних коренеплодів.

На закордонній техніці часто застосовується колісно-пальцеві викопуючі робочі органи, які забезпечують їм необхідний рівень технологічних і експлуатаційних показників. Однак, недостатня пристосовуваність копачів цього типу до зміни умов роботи приводить до підвищення втрат і, особливо пошкоджень коренеплодів і тому з цієї причини даний тип робочих органів широкого застосування не знайшов.

Результати досліджень фізико-механічних властивостей коренеплодів і ґрунту, з робочими органами сучасних бурякозбиральних машин, показують, що можна значно покращити якість процесу викопування, зменшити його трудо- і енергоємність, якщо робочий орган буде витягувати коренеплоди без землі. Однак, повністю викопати коренеплід без землі навряд чи можливо. Тому необхідно домагатися того, щоб ґрунт деформувався робочими органами в верхньому, найбільш рихлому пласті.

Таким чином, аналізуючи результати досліджень з точки зору якості виконання технологічного процесу викопування коренеплодів цукрового буряка сучасними викопуючими робочими органами, можна зробити висновок, що актуальною залишається задача створення нових конструктивних, модернізованих схем ВРО, які забезпечували б необхідну якість і низьку трудоемність збирання коренеплодів при будь-якому стані ґрунту, бурякової плантації, і задовольняли б вимогам зменшення матеріало- та енергоемності бурякозбиральної техніки.

4 ОБҐРУНТУВАННЯ СХЕМИ ВИКОПУЮЧОГО ПРИСТРОЮ І РОЗРАХУНОК ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМУ РОБОТИ

4.1 Обґрунтування схеми копача

При обґрунтуванні схеми копача слід враховувати характеристики буряку і ґрунту.

Принцип терблення найбільш доцільний при роботі на твердих ґрунтах, але його можна застосовувати і на вологих ґрунтах. Однак для цього необхідно покращити конструкції копачів шляхом їх об'легшення за рахунок застосування пластмас, діставання коренів без глибокого підкопування, фронтального розміщення вибиральних апаратів. Недоліком такого типу викопуючого пристрою є невирішене питання очистки коренів від зв'язаної і вільної гички.

На вологих суглинках і засмічених полях добру працездатність проявили коренезбиральні машини з привідними дисковими копачами (КС-6).

На легких і середніх ґрунтах ефективні коренезбиральні машини з роторними або з роторно-вильчастими копачами (РКС-6). При більш високій вологості ґрунту (26-30%), а також на важких суглинках через різке зниження технологічної надійності копачі не забезпечують підйом і подачу пласту ґрунту з коренями на очисники, а ті в свою чергу не забезпечують очистку вороху. В таких умовах різко знижується прохідність важких машин (10-12 т).

Тому вибираємо викопувальний пристрій з активними дисковими копачами, які є найбільш ефективними при різних ґрунтах. Окрім хорошого підкопування і подачі коренів активні диски сприяють кращому рухові комбайна по полі, створюючи додаткове тягове зусилля.

Дискові копачі є найбільш універсальними, які надійно виконують технологічний процес в широких ґрунтово-кліматичних умовах. Вони

виконуються у версіях з обома пасивними, одним або двома активними дисками і можуть працювати з робочими швидкостями до 2,6 м/с. Характерною ознакою дискових робочих органів є розташування двох плоских або сферичних дисків, вертикальні осі яких утворюють кут розвалу, а горизонтальні – кут атаки.

Відомо, що дискові викопуючі робочі органи, у порівнянні з лемішними або вильчастими, мають більш високу подрібнювальну властивість, краще очищують коренеплоди від землі, не забиваються при роботі на ділянках поля з підвищеною забур'яненістю. При одних і тих самих відхиленнях коренеплодів від осі збиральна машина з дисками може працювати при більшій поступальній швидкості ніж машина з лемішними або вилковими при однакових якісних показниках роботи.

Серед недоліків технологічної схеми дискових копачів можна віднести більшу енергоємність, на важких ґрунтах погано заглиблюються, допускають попадання землі в купи зібраних коренеплодів. Маючи постійну величину розхилу дисків копачі пошкоджують великі корені, а дрібні втрачають. Тому вони потребують регулювання відстані між дисками у відповідності з розмірами коренів і досить точного водіння по рядках. Копачі з одним привідним диском забезпечують менші забруднення коренів землею і можуть працювати у важчих умовах ніж копачі з пасивними дисками.

4.2 Визначення основних параметрів

Викопуючі робочі органи коренезбиральних машин вирізають пласт ґрунту разом із коренеплодом, передають суміш до очисних робочих органів для їх розділення і транспортування корисної частини до накопичувальних ємкостей або у валок. Для вирізання пласту ґрунту разом із коренеплодом його переміщення до очисників застосовують різні робочі органи: розташовані під визначеним кутом один до одного і до ґрунту. В даному випадку робочими

органами являються диски. Для переміщення коренеплоду на очисники застосовують коренезабірники.

Незважаючи на конструктивну різноманітність, механіко-технологічний принцип роботи копачів полягає у порушенні зв'язку коренеплоду з ґрунтом при вирізанні пласту і створенні витягуючого зусилля для наступного переміщення коренеплоду по поверхні дисків, які обертаються. Якщо застосовуємо примусове обертання дисків або конусів, то для забезпечення захвату коренеплодів необхідно після розташування заглибитись в ґрунт, що також пов'язане з діставанням кореня разом із ґрунтом.

В даному викопуючому пристрої застосовуємо два викопуючих диски один із яких обертається примусово. Визначимо основні параметри дисків. Кутові параметри зв'язані співвідношенням:

$$\operatorname{tg} \frac{\varepsilon}{2} = \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} + \cos \alpha \cdot \operatorname{tg} \frac{\beta}{2} \quad (4.1)$$

де ε – гострий кут між півсями на яких обертаються диски;

α – кут розміщення зони максимального зближення дисків у площині переміщення копача відносно його вертикальної осі;

γ – кут розкриття дисків в січенні, яке проходить через найбільш віддалений один від одного на поверхні ґрунту кромки заглиблення дисків у зону максимального їх зближення;

β – кут установки дисків у вертикальній площині перпендикулярній до напрямку руху копачів.

Дискові копачі руйнують зв'язки із ґрунтом і захоплюють їх в звужуючому руслі дисків, що обертаються, піднімають корені з землею і рослинними рештками на очисні органи машини. З врахуванням вказаного підйому діаметр дисків визначають за формулою:

$$D_0 = \frac{2 \cdot H_k}{(1 - \cos \alpha) \cos \frac{\beta}{2}} \quad (4.2)$$

де $H_k = H_p + \Delta_H = 8 + 1 = 9$ см;

H_p – робоче заглиблення копача, достатнє для повного руйнування зв'язку коренів з ґрунтом;

Δ_H – відстань по висоті від поверхні ґрунту до лінії найбільшого зближення кромки дисків.

Величину α , а також параметр Δ_H вибираємо в залежності від розмірів коренів і їх розміщення відносно рівня землі.

Приймаємо $\alpha = 35-45^\circ$. Ширина зони найбільшого зближення дисків обумовлюється середнім максимальним діаметром коренеплодів. У нас $d_6 = 95$ мм. Тому при врожайності 400 ц/га приймаємо $b = 60$ мм.

Кути β і γ визначають експериментально в залежності від фізико-механічних властивостей ґрунту розподілення зусиль передаючих на корінь в процесі деформації її копачами. Встановлено, що для ґрунтів основної зони бурякосіяння $\beta = 24-32^\circ$. При цьому менше значення кута відповідає урожайності 200-250 ц/га, а більше $30-32^\circ$ – урожайності 400-500 ц/га.

Кут $\gamma = 18-25^\circ$. Отже прийmemo $\beta = 30^\circ$; $\gamma = 23^\circ$.

Тоді діаметр дисків:

$$D_0 = \frac{2 \cdot 90}{(1 - \cos 40^\circ) \cos \frac{30^\circ}{2}} = \frac{2 \cdot 90}{0,2 \cdot 1,32} = 681 = 680 \text{ мм}$$

Лінійний кут розкриття дисків $2a = 200 - 220$ мм.

Приймаємо $2a = 220$ мм. Глибина ходу $H_p = 8-10$ см. Приймаємо $H_p = 8$ см.

Викопуючий пристрій повинен бути спроектований, щоб врахувати цілий

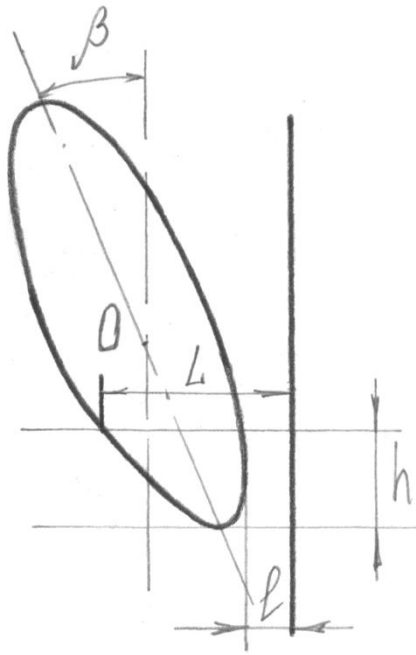


Рисунок 4.1 - Дисковий копач

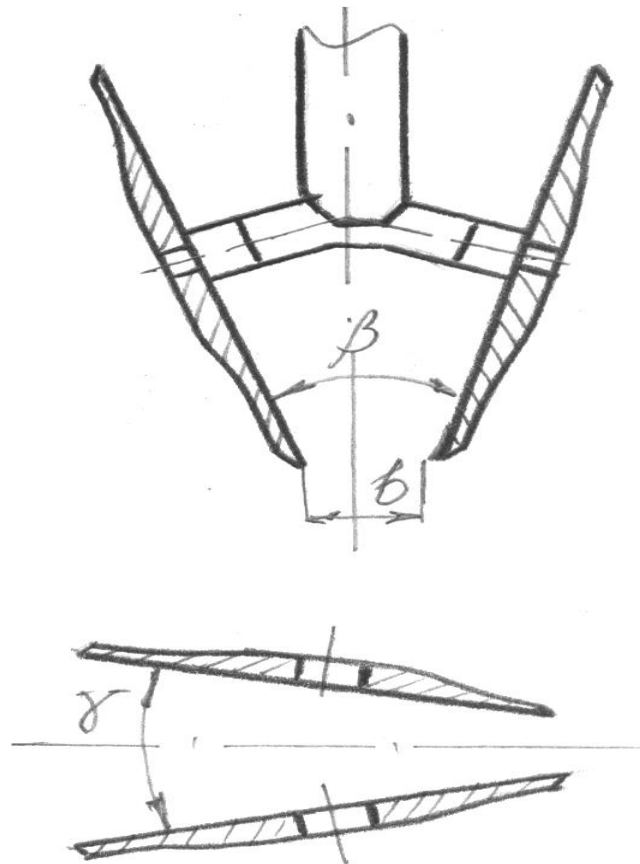


Рисунок 4.2 - Схема розміщення дисків у копачі

ряд вимог, таких як максимальна повнота підбору; мінімальне пошкодження коренеплодів; мінімальний вміст землі у воросі, який передається на очисник; необхідність переміщення коренеплодів на висоту H звідки вони подаються бітером на очисні органи; можливість розміщення дисків у багаторядній машині.

На повноту викопування впливає перш за все відстань L і l від повздовжньо-вертикальної площини симетрії до ріжучих кромek дисків на висоті h від дна борозни до поверхні ґрунту. Максимальна відстань між ріжучими кромками дисків $2L$ повинна бути такою, щоб були захоплені усі коренеплоди, розміщені в рядку:

$$2L \geq d_k + 2m + 2n \quad (4.3)$$

де d_k – діаметр коренеплоду, $d_k = 95$ мм;

m – відхилення центру коренеплоду від осьової лінії рядка, $m = 3$ см [22. стор 37]

n – відхилення напрямку руху викопуючого пристрою по рядках, виникає внаслідок неточності керування, $n = 3$ см. [22. стор 37]

Тому $2L \geq 9,5 + 2 \cdot 3 + 2 \cdot 3 = 21,5$ см

Приймаємо $2L = 22$ см.

Відстань $2l$ регулюється і приймається не більшим діаметру таких коренеплодів, втрати яких допускаються. В залежності від урожайності відстань $2l = 3,0-7,0$ см. Приймаємо $2l = 7$ см.

Пошкодження коренеплодів викопуючим пристроєм можливе при недопустимих напруженнях розтягу, стиску, згину або кручення коренеплоду. Напруження розтягу, стиску, згину або кручення мають місце із-за дії стискаючих поверхонь дисків на ґрунт. При цьому вона піддається складній деформації, яка передається на коренеплід. Внаслідок надання одному з дисків

примусового обертання на коренеплід із сторони ґрунту діють сили зсуву, які приводять до кручення коренеплоду в сторону, обернено напрямку руху машини. Саме цей фактор і відрізняє дискові викопуючі пристрої з приводом від дисків, що вільно обертаються. В вказаних пристроях рівнодійна сил, діючих на коренеплід, дещо нахилена в сторону напрямку руху, внаслідок чого має місце обломлення хвостових частин коренеплоду при роботі на зв'язаних ґрунтах. Надання диску обертання приводить також до руйнування ґрунту, внаслідок чого на очисні органи поступає менша кількість ґрунту. Однак частота обертання диску повинна бути оптимальною. Цей фактор прийнято характеризувати відношенням лінійної швидкості нижньої частини приводного диску V_n до поступальної швидкості машини:

$$\lambda = \frac{V_n}{V} = \frac{\omega_n}{\omega_n} \quad (4.4)$$

Тоді $V_n = \lambda \cdot V = 1,5 \cdot 6 = 9$ км/год.;

V_n – лінійна швидкість нижньої точки привідного диску.

При недостатньому коефіцієнті λ можливе завалювання коренеплоду вперед з обриванням хвостової частини, а також передача разом із коренеплодом на очисник значної кількості землі. При значному значенні коефіцієнта λ спостерігається пошкодження коренеплоду через його кручення. Це особливо характерно при роботі на сухій і щільній землі. Тому оптимальне значення $\lambda = 1,3 - 3,0$. Менше значення відноситься до роботи на сухих і щільних ґрунтах, більше – в оптимальних умовах збору. Значення λ також можна визначити експериментально.

Тепер коли знайшли діаметр дисків і їх швидкість перевіримо умову їх розміщення у багаторядній машині:

$$2D \cdot \sin \alpha + 2C_0 + a + b \leq 0,45 \text{ м} \quad (4.5)$$

де $2a$ – зазор між дисками суміжних викопуючих пристроїв ($a = 0,05$ м);

b – границя регулювання мінімального розміру між дисками ($b=0,03$ м).

$$\text{Тоді} \quad 2 \cdot 0,68 \cdot 0,26 + 0,02 + 0,05 + 0,03 \leq 0,45$$

$$0,45 = 0,45$$

Можливе також збільшення діаметру до 700 мм, тому, що покращується руйнування ґрунту і збільшує висоту коренеплодів і подачу їх на очисні органи.

Радіус сфери диску приймаємо $R = 650$ мм, при даному значенні зростає діюча сила.

При викопуванні коренеплід піднімається у викопуючому пристрої до тих пір поки відстань між дисками не стане більше його діаметра.

В траєкторії руху незначних коренеплодів зона порушення зв'язків не чітко розрізняється, так, як основні зв'язки цих коренеплодів знаходяться у зоні вирізаємого пласту, разом із яким коренеплід і переміщається. Тому такі коренеплоди починають вийматись у середній частині робочого русла і процес виймання протікає при незначних згинаючих деформаціях.

Коренеплоди крупні із міцними зв'язками виймаються в задній частині робочого русла, а на деякі при вийманні діють поверхні робочих органів без шару ґрунту. Процес виймання таких коренеплодів протікає при наявності згинаючих деформацій.

Для інтенсифікації подачі викопаних коренів на очисні органи машини і очистки їх від землі і рослинних решток дискові копачі оснащують подаючим пристроєм у вигляді чотирьохлопатевого бітера із резиновими бичами. Кутова швидкість бітера 10-14 м/с, число бичів – 12 (по три бичі шириною 45-50 мм і товщиною 20-25 мм на одну лопать).

При нормальній вологості ґрунту дискові копачі краще, ніж лемішні кришать ґрунт, подають менше землі на очисні органи машини, а також краще працюють на забруднених полях. Однак із збільшенням вологості до 20% і більше їх працездатність суттєво знижується.

Кількість секторальних просвітів (8-12) впливає на роботу цих копачів. Приймаємо кількість просвітів 9. При сухому ґрунті краще більша їх кількість, на вологій менше, але з більшою площею.

Необхідне зусилля заглиблення нерідко досягає 100 Н. Цю особливість будемо враховувати при компоновці робочих органів.

4.3 Визначення показника кінематичного режиму роботи

В сучасних бурякозбиральних машинах найбільш широкого розповсюдження отримали дискові копачі і, зокрема парні дискові копачі, диски яких нахилені один до одного в горизонтальній і вертикальній площині. Дискові копачі в порівнянні з лемішними та вильчастими значно краще виконують кришення шару ґрунту, дозволяють працювати на більш високих швидкостях і забезпечують більшу висоту підйому коренеплодів. Дослідженнями [9] встановлена залежність між основними параметрами дискового копача:

$$D = \frac{h}{\cos \frac{\beta}{2}} + \frac{k^2 \cdot \cos \frac{\beta}{2}}{4h \cdot \sin^2 \frac{\gamma}{2}} \quad (4.6)$$

де D – діаметр диска;

h – глибина підкопування коренеплодів;

β - кут встановлення дисків в вертикальній площині;

γ - кут встановлення дисків в горизонтальній площині;

$$k = \frac{2a - c}{2};$$

$2a$ – максимальна відстань між кромками дисків на поверхні ґрунту;

c – мінімальна відстань між кромками дисків на поверхні ґрунту.

Удосконалений дисковий копач складається з двох дисків, які розташовані один до одного під кутом 2α . Один з дисків приводиться в рух від системи приводу збиральної машини і має кутову швидкість ω_a , а другий – обертається від зачеплення з ґрунтом зі швидкістю ω_n . При цьому виконується умова:

$$\omega_a \succ \omega_n \quad (4.7)$$

Мінімальна відстань $2C_0$ між зовнішніми кромками дисків відхилена від вертикально-поперечної площини копача, яка проходить крізь центри їх обертання, на кут φ_0 . Завдяки такому взаємному розташуванню диски створюють робочу зону, яка характеризується тим, що відстань між симетричними точками двох дисків змінюється на протязі всього процесу викопування коренеплодів з ґрунту. Початок робочої зони визначається максимальною відстанню між дисками $2C$ на рівні поверхні ґрунту, а закінчення – місцем звільнення коренеплодів від дисків після проходження ними мінімальної відстані $2C_0$. Зв'язок між характерними кутами копача визначається залежностями [9]:

$$\operatorname{tg}\alpha = \frac{\operatorname{tg}\beta}{\cos\varphi_0}, \quad (4.8)$$

$$\operatorname{tg}\varphi_0 = \frac{\operatorname{tg}\gamma}{\operatorname{tg}\beta} \quad (4.9)$$

Якщо систему координат розташувати так, щоб вісь OX проходила крізь площину симетрії копача на рівні проєкцій нижніх точок дисків на цю площину і була направлена в бік руху машини, а вісь OZ лежала в вертикальній поперечній площині копача і вісь OY була перпендикулярна OX і направлена в бік активного диска, то можна скласти рівняння траєкторії руху довільної точки леза диска в параметричній формі:

а) для пасивного диска:

$$\begin{aligned}x &= R \cdot \sin \omega_n t \cdot \cos \gamma; \\y &= -R(\sin \alpha - \sin \beta - \sin \omega_n t \cdot \sin \gamma) + C_0; \\z &= R \cdot \cos \beta(1 - \cos \omega_n t)\end{aligned} \quad (4.10)$$

б) для активного (привідного) диска:

$$\begin{aligned}x &= V \cdot t - R \cdot \sin \omega_a t \cdot \cos \gamma \\y &= R(\sin \alpha - \sin \beta - \sin \omega_a t \cdot \sin \gamma) + C_0 \\z &= R \cdot \cos \beta(1 - \cos \omega_a t).\end{aligned} \quad (4.11)$$

де V – поступальна швидкість машини;

R – радіус диска;

t – час руху.

Для нормальної роботи копача необхідно, щоб показник кінематичного режиму роботи копача задовольняв вимогу:

$$\lambda = \frac{\omega_a}{\omega_n} > 1 \quad (4.12)$$

При мінімальній швидкості руху машини $V_{\min} = 1,0$ м/с без врахування ковзання кутова швидкість руху пасивного диска буде дорівнювати:

$$\omega_n^1 = \frac{V_{\min}}{R} = \frac{1,0}{0,34} = 2,94 \text{ с}^{-1}$$

З врахуванням коефіцієнта ковзання $\varepsilon = 0,95$ дійсна кутова швидкість пасивного диска буде дорівнювати:

$$\omega_{n_{\text{MIN}}} = \omega_n^1 \cdot \varepsilon = 2,79 \text{ с}^{-1}.$$

При максимальній швидкості руху збиральної машини $V_{\max} = 2,77$ м/с кутова швидкість пасивного диска дорівнює:

$$\omega_{n_{\max}} = \omega'_{n_{\max}} \cdot \varepsilon = \frac{V_{\max}}{R} \cdot \varepsilon = \frac{2,77}{0,34} \cdot 0,95 = 7,74 \text{ с}^{-1}$$

Кутова швидкість активного диска копача при частоті обертання диска $n_d = 104$ хв⁻¹ буде дорівнювати:

$$\omega_a = \frac{\pi \cdot n_d}{30} = \frac{3,14 \cdot 104}{30} = 10,89 \text{ с}^{-1}.$$

Тоді по формулі (4.7) показник кінематичного режиму роботи при мінімальній і максимальній швидкості руху машини буде відповідно дорівнювати:

$$\lambda_{\min} = \frac{\omega_a}{\omega_{n_{\min}}} = \frac{10,89}{2,79} = 3,9$$

$$\lambda_{\max} = \frac{\omega_a}{\omega_{n_{\max}}} = \frac{10,89}{7,74} = 1,41$$

Таким чином, умова нормальної роботи копача виконується у всьому діапазоні робочих швидкостей збиральної машини.

Процес викопування коренеплодів з ґрунту можна умовно розділити на декілька фаз:

1. Деформація ґрунту навколо непідкопаного коренеплоду.
2. Виймання (підйом) коренеплоду.
3. Вільний рух коренеплоду до сепараторів після виходу його з копача.

Відомо, що ступінь кришення ґрунту при обробці ґрунтообробними машинами залежить не тільки від її типу, твердості і вологості, але і від швидкості збільшення деформацій і напруженості в шарі ґрунту [10]. В серійному дисковому копачі шар ґрунту, який захоплюється разом з

коренеплодами, сприймає деформацію стискання, зсуву і розтягу. Але лезо дискового копача, на відміну від лемішного, діє на шар ґрунту постійно по всій глибині ходу і процес відбувається менш динамічно, ніж в інших типів копачів. В зв'язку з цим запропонована нами зміна форми різальної кромки пасивного диска, а саме виконання її з вигнутими і увігнутими ділянками, дозволяє інтенсифікувати процес кришення шару ґрунту, що дуже важливо і особливо при збиранні в умовах підвищеної твердості ґрунту. Для того, щоб не було втрат в вигляді непідкопаних коренеплодів, максимальне значення вигнутої ділянки різальної кромки пасивного диска при його діаметрі 680 мм не повинно перевищувати 20-25 мм.

Одним з основних показників якості роботи викопувальних пристроїв є повнота викопування коренеплодів з ґрунту, яка визначається як імовірність P того, що вертикальна складова сили виймання перевищує сили опору [10]:

$$P (P_b \cos \delta_z \geq mz + P_z + Q), \quad (4.13)$$

і ступінь пошкодження коренеплодів, яка визначається як імовірність того, що діюча в горизонтальному напрямку сила не перевищує допустиму силу опору згину коренеплоду:

$$P (P_b \cos \delta_x \geq m_x + [P_x]), \quad (4.14)$$

де P_b – сила виймання;

P_z – сила опору коренеплоду вертикальному переміщенню;

$[P_x]$ – допустиме значення сили опору коренеплоду горизонтальному переміщенню;

δ_x, δ_z - кути між напрямком сили P_b і відповідними осями координат;

m, Q – відповідна маса і вага коренеплоду (рис. 4.3).

Вертикальна і горизонтальна складові сили виймання будуть відповідно дорівнювати:

$$P_{Bz} = \pi \cdot p \cdot h \cdot \operatorname{tg} \gamma (d_k - h \cdot \operatorname{tg} \gamma) \cos \delta_z, \quad (4.15)$$

$$P_{Bx} = p(d_k - h \cdot \operatorname{tg} \gamma) h \cdot \cos \delta_x \quad (4.16)$$

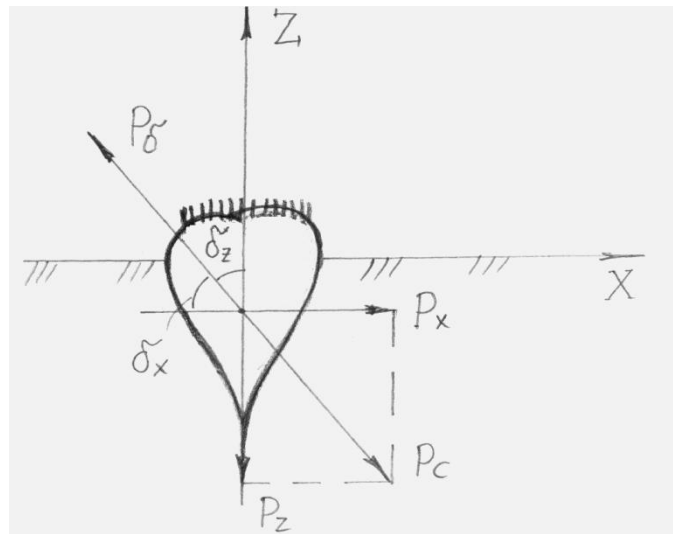


Рисунок 4.3 - Схема сил, що діють на коренеплід при вийманні копачами

де p – питомий тиск на поверхню коренеплоду:

$$p = \frac{E_n \cdot \Delta S}{S_\varphi} \quad (4.17)$$

E_n – модуль деформації ґрунту;

ΔS - деформація шару ґрунту між поверхнями копача і коренеплоду;

S_φ - початкова на момент стискання товщина шару ґрунту;

d_k, γ - відповідно діаметр і кут конусності коренеплоду;

h – глибина ходу копача в ґрунті.

В зв'язку з тим, що величини, що входять в ці рівняння, змінюються в великих межах і залежать від фізико-механічних властивостей ґрунту і коренеплодів (система ґрунт - коренеплід"), то і сила виймання P_B також змінюється і складає від 300 до 550 Н.

5 РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ УДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ В ГОСПОДАРСТВІ

При розрахунках за вихідні приймаємо середньостатистичні дані:

- площа посівів цукрового буряку – $F = 300$ га;
- довжина гонів поля - $L = 2000$ м;
- урожайність коренеплодів – $Q_k = 350$ ц/га;
- урожайність гички – $Q_r = 150$ ц/га;
- середній кут нахилу поля - $\alpha = 2^\circ$;
- ширина міжрядь - $a = 450$ мм;
- відстань перевезення коренеплодів на приймальний пункт цукрового заводу – $l_{тр} = 13$ км;
- цукровий буряк посіяний сівалкою ССТ-12Б з шириною захвату $V_c = 5,4$ м.

За існуючою методикою [26, 27] визначаємо, що радіус повороту агрегату становить $R = 4,1$ м. Ширину поворотної смуги визначаємо за рівнянням:

$$E = 3R + e, \quad (5.1)$$

де e – довжина виїзду агрегату з рядків – відстань, на яку необхідно вивести агрегат від контрольної лінії на поворотній смузі до початку повороту, щоб запобігти пошкодженню і втратам коренеплодів.

$$E = 3 \cdot 4,1 + 4,0 = 16,3 \text{ м.}$$

Ширина поворотної смуги збирального агрегату повинна бути узгоджена з шириною поворотної смуги посівного агрегату. Для посівного агрегату (Т-70С + ССТ-12Б) ширина поворотної смуги визначається аналогічно і перевіряється умовою:

$$E_n = \pi \cdot V_c, \quad (5.2)$$

де n – число проходів посівного агрегату при засіванні поворотної смуги.

$$E_n = 3 \cdot 5,4 = 16,4 \text{ м.}$$

Приймаємо ширину поворотної смуги по більшому значенню – $E = 16,4$ м і вона збирається при підготовці поля до збирання.

Робочу довжину поля визначаємо за рівнянням:

$$L_p = L - 2E \quad (5.3)$$

$$L_p = 2000 - 2 \cdot 16,4 = 1967,2 \text{ м.}$$

Довжина холостого ходу агрегату на повороті буде дорівнювати:

$$L_{x.x} = 6R + 2(0,5 \cdot e) \quad (5.4)$$

$$L_{x.x} = 6 \cdot 4,1 + 2 \cdot 0,5 \cdot 4,0 = 28,6 \text{ м.}$$

Коефіцієнт робочих ходів агрегату визначаємо за рівнянням:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_{x.x}} \quad (5.5)$$

$$\varphi = \frac{1967,2}{1967,2 + 28,6} = 0,99.$$

При подальших розрахунках приймаємо, що швидкість руху агрегату на поворотній смугі дорівнює робочій швидкості, тобто:

$$V_{x.x} = V_p \quad (5.6)$$

Коефіцієнт тривалості поворотів дорівнює:

$$\tau = \frac{1 - \varphi}{\varphi} \quad (5.7)$$

$$\tau = \frac{1 - 0,99}{0,99} = 0,01$$

При проведенні розрахунків приймаємо час зміни $T_{зм} = 7$ годин. Робочий час визначається з врахуванням наступних складових:

$$T_{роб} = \frac{T_{зм} - (T_{тех} + T_{то} + T_{\phi} + T_{ор})}{1 + \tau}, \quad (5.8)$$

де $T_{роб}$ – час чистої роботи, год.;

$T_{тех}$ – час, що затрачується на технологічне обслуговування, год.;

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

T_{ϕ} – час на фізіологічні потреби механізатора, год.;

$T_{ор}$ – час на організаційні питання, год.

$$T_{роб} = \frac{7 - (0,2 + 0,4 + 0,1 + 0,1)}{1 + 0,01} = 5,53 \text{ год.}$$

З врахуванням цих значень визначаємо коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau_{зм} = \frac{T_{роб}}{T_{зм}} \quad (5.9)$$

$$\tau_{зм} = \frac{5,53}{7} = 0,79$$

Тоді продуктивність за зміну удосконаленої коренезбиральної машини буде дорівнювати:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot T_{зм} \cdot V_p \cdot \tau_{зм} \quad (5.10)$$

де B_p – робоча ширина захвату коренезбиральної машини, м;

V_p – робоча швидкість руху машини, $V_p = 6,5$ км/год.

$$W_{зм} = 0,1 \cdot 2,7 \cdot 6,5 \cdot 0,79 \cdot 7 = 9,7 \text{ га/зм.}$$

Продуктивність агрегату за годину визначається рівнянням:

$$W_{\text{год}} = 0,1 B_p \cdot V_p \cdot \tau_{\text{зм}} \quad (5.11)$$

$$W_{\text{год}} = 0,1 \cdot 2,7 \cdot 6,5 \cdot 0,79 = 1,39 \text{ га/год.}$$

Визначаємо питомі витрати палива при збиранні коренеплодів цукрових буряків удосконаленою коренезбиральною машиною:

$$q = \frac{G_p T_p + G_{x.x} T_{x.x} + G_0 T_0}{W_{\text{зм}}} \quad (5.12)$$

де G_p , $G_{x.x}$, G_0 – витрати палива відповідно на робочому, холостому ході і на зупинках;

T_p , $T_{x.x}$, T_0 – час роботи, холостих ходів і зупинок на протязі зміни.

При збиранні коренеплодів цукрових буряків згідно норм витрат [9] палива і режиму роботи агрегату приймаємо: $G_p = 18$ кг, $G_{x.x} = 5,9$ кг, $G_0 = 3$ кг, $T_p = 5,53$ год., $T_{x.x} = 0,6$ год., $T_0 = 0,3$ год. Тоді питомі витрати палива будуть дорівнювати:

$$q = \frac{18 \cdot 5,53 + 5,9 \cdot 0,6 + 3 \cdot 0,3}{9,7} = 10,72 \text{ кг/га.}$$

Час циклу роботи визначається за рівнянням:

$$t_{\text{ц}} = \frac{2 \cdot L_p \cdot 60}{1000 \cdot V_p} + \frac{2 \cdot L_{x.x} \cdot 60}{1000 \cdot V_{x.x}} + t_{\text{т.о}} \quad (5.13)$$

де $t_{\text{т.о}}$ – час на технічне обслуговування машини за один цикл (час на технічне обслуговування за нормативами приймаємо $t_{\text{т.о}} = 6$ хв.).

$$t_{\text{ц}} = \frac{2 \cdot 1967,2 \cdot 60}{1000 \cdot 6,5} + \frac{2 \cdot 28,6 \cdot 60}{1000 \cdot 6,5} + 6 = 42,85 \text{ хв.}$$

Кількість циклів за зміну визначається рівнянням:

$$n_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{зм}} - t_1}{t_{\text{ц}}} \quad (5.14)$$

де $t_1 = 35$ хв. – час технічного обслуговування кожної зміни;

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

$$n_{\text{ц}} = \frac{420 - 35}{42,85} = 8,98$$

Продуктивність агрегату за цикл буде дорівнювати:

$$W_{\text{ц}} = \frac{B_p \cdot 2L_p}{10000} \quad (5.15)$$

$$W_{\text{ц}} = \frac{2,7 \cdot 2 \cdot 1967,2}{10000} = 1,06 \text{ га/цикл.}$$

Витрати палива за цикл визначаються за рівнянням:

$$q_{\text{ц}} = q \cdot W_{\text{ц}} \quad (5.16)$$

$$q_{\text{ц}} = 10,72 \cdot 1,06 = 11,36 \text{ кг/цикл}$$

При середній урожайності коренеплодів цукрових буряків $Q_{\text{к}} = 350$ ц/га за годину змінного часу збирається:

$$Q_{\text{год}} = Q_{\text{к}} \cdot W_{\text{год}} \quad (5.17)$$

$$Q_{\text{год}} = 35,0 \cdot 1,39 = 48,65 \text{ т/год.}$$

Для транспортування коренеплодів на приймальний пункт цукрового заводу, який знаходиться на відстані 13 км від господарства при поточній технології збирання приймаємо автомобілі КаМАЗ вантажопідйомністю 8 т. Час завантаження такого автомобіля збиральною машиною буде дорівнювати:

$$t_3 = \frac{Q_a}{Q_{\text{год}}} \quad (5.18)$$

де Q_a – вантажопідйомність автомобіля.

$$t_3 = \frac{8}{48,65} = 0,16 \text{ год.}$$

Час транспортування коренеплодів до місця призначення і в зворотному напрямку буде дорівнювати:

$$t_{TP} = \frac{l_{TP}}{V_{TP}} + \frac{l_{TP}}{V_x} \quad (5.19)$$

де V_{TP} , V_x – швидкість руху автомобіля при завантаженому кузові і на холостому ходу в зворотному напрямку, км/год. [9].

$$t_{TP} = \frac{13}{30} + \frac{13}{40} = 0,76 \text{ год.}$$

Час розвантаження автомобіля за нормативними даними становить $t_{роз} = 0,08$ год. Всього затрати часу на цикл транспортування дорівнюють:

$$t'_{TP} = t_3 + t_{TP} + t_{роз} \quad (5.20)$$

$$t'_{TP} = 0,16 + 0,76 + 0,08 = 1,0 \text{ год.}$$

Необхідна кількість транспорту для безперервного транспортування коренеплодів на приймальний пункт цукрового заводу дорівнює:

$$n_{TP} = \frac{t'_{TP}}{t_3} \quad (5.21)$$

$$n_{TP} = \frac{1,0}{0,16} = 6,25$$

Приймаємо 6 автомобілів КаМАЗ для транспортування коренеплодів за потоковою технологією збирання. За результатами розрахунків складаємо операційно-технологічну карту на збирання цукрових коренеплодів удосконаленою машиною.

6 ОХОРОНА ПРАЦІ

При організації охорони праці в господарстві слід керуватися «Правилами охорони праці у сільськогосподарському виробництві», затвердженими наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240 (Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542).

6.1 Правила техніки безпеки при роботі на удосконаленій машині

При експлуатації удосконаленої коренезбиральної машини КС-6Б необхідно дотримуватися вимог безпеки, які викладені в „Правилах техніки безпеки при роботі на тракторах, сільськогосподарських і спеціалізованих машинах”. Основні правила безпечної роботи на машині заключаються в наступному:

6.1. Не допускати до роботи осіб без посвідчень тракториста-машиніста на керування машиною і які не пройшли інструктаж з техніки безпеки, про що повинен бути зроблений відповідний запис в журналі реєстрації інструктажів.

6.2. Під час руху машини водій повинен знаходитися на сидінні. Стороннім особам категорично забороняється знаходитися на збиральній машині, що працює, а також в безпосередній близькості від неї.

6.3. Забороняється виконувати ремонт або регулювання вузлів під час руху машини. Всі види регулювань і технічного обслуговування виконувати тільки після повної зупинки машини і при заглушеному двигуні.

6.4. Забороняється виконувати будь-які роботи під машиною, якщо під її колеса не поставлені гальмівні башмаки. Забороняється проводити будь-які роботи під викопувальним пристроєм, що знаходиться в транспортному положенні. Для цього необхідно зафіксувати викопувальний пристрій

механічним фіксатором, а в місцях піддомкращування поставити спеціальні підставки і під колеса встановити гальмівні башмаки.

6.5. Перед запуском двигуна важіль переключання діапазонів повинен бути в нейтральному положенні.

6.6. Перед запуском двигуна, включенням приводу робочих органів або діапазонів коробки передач для пересування машини обов'язково необхідно дати тривалий звуковий сигнал.

6.7. Після подачі сигналу необхідно перевірити можливість руху машини і роботи її механізмів і, впевнившись, що це нікому не загрожує, провести запуск двигуна або включити привід робочих органів машини.

6.8. Не чіпати руками робочі органи машини під час роботи.

6.9. Дотримуватися особливої обережності і не знаходитися поблизу незагороджених деталей, що обертаються. Не починати роботу при знятих огороженнях.

6.10. Забороняється робота машини при ослабленому кріпленні вузлів і агрегатів.

6.11. Систематично перевіряти надійність роботи гальма і рульового керування.

6.12. Не виконувати роботи несправним інструментом.

6.13. В кабіні мати аптечку і слідкувати за поповненням її всіма необхідними медикаментами.

6.14. Не працювати в незручній, вільній одежі.

6.15. Не допускається перевезення вантажів в бункері-накопичувачі.

6.16. Максимально допустимий схил під час руху машини не повинен перевищувати 15° .

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

6.18. Для передбачення випадкового зрушення машини з місця водій повинен перед виходом з кабіни при працюючому двигуні заблокувати важелі управління гідронасосом заціпкою і загальмувати машину стояночними гальмами.

6.19. Основний спосіб гальмування машини – зменшення подачі масла до гідромотора основного гідронасоса. Колісні гальма повинні використовуватися для гальмування машини в випадку поломки приводу ходової частини.

6.20. Для забезпечення буксирування машини необхідно встановити важіль переключення діапазонів в нейтральне положення, а педалі управління гідронасосом необхідно заблокувати заціпкою. Буксирувати машину слід на жорсткому буксирі, при необхідності пригальмовуючи її колісними гальмами або стояночним гальмом. Швидкість буксирування на прямолінійних ділянках дороги не повинна перевищувати 7 км/год.

6.21. При роботі машини металеві труби гідроприводу ходової частини можуть нагріватися більше 80⁰С. Для запобігання опіків необхідно бути обережним при обслуговуванні машини в перші 20-30 хв. Після зупинки двигуна.

6.22. Забороняється робота збиральної машини в нічний час без електричного освітлення.

6.23. Транспорт, швидкість руху якого дорівнює або перевищує швидкість руху машини, обганяти забороняється, а з настанням темноти обгін транспорту, що рухається, забороняється.

6.24. Перегін машин по дорогах загального користування виконувати в відповідності з Правилами дорожнього руху.

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

Серед правил пожежної безпеки необхідно виділити наступні:

- забороняється підносити до паливного бака полум'я, а також курити при заправці паливом, після заправки бак необхідно насухо протерти;
- не допускати протікання з системи живлення, змащування і гідросистеми;
- в випадку займання палива користуватися вогнегасником або засипати полум'я землею, піском або прикривати брезентом, категорично забороняється заливати паливо, що горить, водою;
- в нічний час в випадку виходу із строю електрообладнання необхідно користуватися вогнебезпечними ліхтарями;
- щоденно необхідно перевіряти справність електропроводки і не допускати забруднення її маслом і пилом, так як несправність може привести до замикання проводів і займанню;
- місця стоянки і зберігання машин забезпечити протипожежними засобами, узгодженими з пожежною інспекцією.

6.2 Захист від вібрацій

Коливання твердих тіл, які сприймає людина через шкірний покрив, кістки та м'яку тканину, оцінюють як струс або вібрації. Вібрація генерується ручним електрифікованим інструментом, різними машинами, обладнанням транспортом.

Крім цього, вібрація в багатьох випадках використовується для інтенсифікації виробничих процесів, наприклад, зменшення опору

грунтообробних машин, збільшення продуктивності і покращення якості роботи зерноочисних машин і т.д.

В зв'язку з цим вібрацію поділяють на транспортну, транспортно-технологічну і технологічну. Транспортна вібрація виникає в результаті руху машини по місцевості, агрофонах та дорогах. Якщо одночасно з рухом машина виконує технологічний процес, наприклад комбайновий збір урожаю, то на ній генерується транспортно-технологічна вібрація. Технологічна вібрація генерується при роботі стаціонарних машин, при цьому вона може передаватись на робочі місця, які не мають джерела вібрації.

До людини вібрація передається в момент контакту з вібруючим об'єктом. Якщо дії вібрації піддаються руки, то її називають локальною, якщо весь організм – загальною. Тривала дія загальної вібрації на організм людини приводить до спазму периферичних судин.

Збільшення інтенсивності і тривалості вібрацій в ряді випадків призводить до розвитку професійної патології – вібраційної хвороби. Частіше усього до цієї хвороби призводить локальна вібрація.

В умовах сучасного сільського господарства джерелом вібрації являються перш за все мобільні сільськогосподарські агрегати, різноманітне стаціонарне обладнання ферм і ремонтних майстерень, а також ручні механізовані електрифіковані інструменти.

Таким чином, вібрація, діюча на організм людини, являється одним із неприємних факторів.

Для систематичного і планомірного виконання робіт по захисту працюючих від шкідливої дії вібрації розроблені і затверджені стандарти як на допустимі параметри вібрації, так і на методи розрахунку віброізоляції робочого місця операторів.

Основними характеристиками вібрації являються: переміщення $y = \varphi(t)$,

швидкість $V = \psi(t)$ і прискорення $\omega = j(t)$. Між вказаними функціями є відома взаємозалежність:

$$j(t) = \frac{d\psi}{dt} = \frac{d^2\varphi}{dt^2} \quad (6.1)$$

Вирази $\varphi(t)$, $\psi(t)$ і $j(t)$ повністю описують коливний процес. Однак фактична закономірність процесу коливань об'єктів, передаючих вібрацію до тіла людини, настільки складна, що вказані функції можна використовувати лише для загального опису вібрації. Вихід із вказаного становища підказує практика. За звичай, переміщення швидкість і прискорення постійно змінюються в граничному інтервалі. Наприклад, двигун трактора генерує частоту коливань, яка відповідає його обертам, а остов трактора передає коливання трактористу, відповідаючи частоті розміщення гребенем орання при поперечному боронуванні або борід, які залишає культиватор перед поперечною культивацією. В силу цього вібрацію в більшості випадків можна характеризувати усередненою величиною одного з параметрів за визначений проміжок часу. В якості усередненої величини частіше беруть її середньоквадратичне значення, тобто усереднене значення визначають по формулі:

$$V_{ск} = \psi(t) = \sqrt{\frac{1}{T} \int_t^{t+T} \psi^2(t) dt} \quad (6.2)$$

де T – період коливань, зв'язаний з частотою коливань залежністю:

$$\omega = \frac{1}{T} \quad (6.3)$$

Середнє значення швидкості $V_{ск}$, прискорення $\omega_{ск}$ і переміщення $\varphi_{ск}$ дають лише загальну характеристику вібрації. Для детального описання коливного процесу весь спектр його частот розділяють на смуги і в границях кожної смуги нормують середньоквадратичні величини параметрів вібрації.

Оскільки діапазон зміни параметрів вібрації від порогових значень, при

яких вона не небезпечна, до дійсних – великий, то краще вимірювати не дійсні значення цих параметрів, а логарифм відношень дійсних значень до порогових. Таку величину називають логарифмічним рівнем, параметра, а одиницю її виміру – децибелом (дБ).

Так логарифмічний рівень віброшвидкості L_V (дБ) визначають по формулі:

$$L_V = 20 \cdot \lg \frac{V_{ск}}{5 \cdot 10^{-8}} \quad (6.4)$$

де $V_{ск}$ – дійсна величина віброшвидкості, м/с;

$5 \cdot 10^{-8}$ – порогова величина віброшвидкості, м/с.

Різні частоти вібрації по різному по різному діють на організм людини. Для людини, яка стоїть на віброуючій поверхні, мають два резонансних піки і на частотах 5...12 Гц і 17...25 Гц, а для сидячого – на частотах 4...6 Гц. Для голови резонансні частоти лежать в області 20...30 Гц. З врахуванням цих особливостей і розроблені норми допустимих параметрів вібрації, при чому допустимі параметри транспортної вібрації в горизонтальній та вертикальній площинах різні.

Найбільше допустиме середньоквадратичне значення віброшвидкості – 0,2 м/с і її логарифмічного рівня – 132 дБ встановлено ГОСТ 12.1.012-78 для загальної вертикальної транспортної вібрації при середньгеометричній точності 1 Гц.

Більш жорсткі вимоги до зменшення загальної вібрації встановлені для конторських приміщень, конструкторських бюро, медичних закладів і робочих кімнат. Тут на середньгеометричній частоті 63 Гц середньоквадратичне значення віброшвидкості не повинно перевищувати $28 \cdot 10^{-5}$ м/с, а її логарифмічний рівень – 75 дБ.

Локальна вібрація найбільші обмеження має на середньо геометричній

частоті 1000 Гц, де середньоквадратичне значення її швидкості рівне 0,65 м/с, а логарифмічного рівня віброшвидкості – 102 дБ.

Джерелами виникнення вібрації являються пристрої в яких появляються сили R_k , вимушуючи коливання. Це як правило сили, діючі в зазорах спряжених деталей. Закономірність їх зміни та величина залежать від характеру навантаження, прикладеного до робочих органів, від виду руху елементів системи (обертний чи зворотно-поступальний), від ретельності балансування деталей, які обертаються, і від величини зазорів в спряженні.

Із цього витікають і методи боротьби з вібрацією в джерелі її виникнення. Потрібно добиватися рівномірності навантаження, діючого на робочі органи, замінити, де можливо кривошипні механізми на рівномірно обертаючі ся. Найбільше ефективні у цьому випадку механізми з гідроприводом.

Ефективними методами боротьби з вібрацією в джерелі її утворення являється підвищення класу точності обробки і чистоти поверхні спряжених деталей.

Вібрація насосів, вентиляторів, компресорів, двигунів виникає частіше за все із-за недостатньої зрівноваженості елементів, які обертаються. Погане кріплення деталей у таких машин, а також їх зношення у процесі експлуатації різко збільшує вібрацію.

Редуктори з глобоїдним, шевронним, двохшеврономним і конхoidalним зачепленням шестерень вібрують значно менше, ніж редуктори з прямозубими шестернями.

Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані в господарстві при проведенні інструктажів і підвищенні рівня безпеки і охорони здоров'я працівників при вирощуванні цукрових буряків.

7 РОЗРАХУНКИ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ПРОЄКТУ

При визначенні ефективності розробок за базовий агрегат приймаємо коренезбиральну машину КС-6Б, яка є в господарстві.

Вихідні дані для визначення економічних показників проекту представлені в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 - Вихідні дані для розрахунку економічних показників

Назва показників	Базова машина КС-6Б	Модернізована
1. Продуктивність, га/год.	1,0	1,39
2. Питомі витрати палива, кг/га	14,85	10,72
3. Вартість машини, грн..	497000	500000
4. Ширина захвату, м	2,7	2,7
5. Кількість збираємих рядків, шт.	6	6
6. Кількість обслуговуючого персоналу	1	1

Затрати праці на збиранні цукрових коренеплодів визначаються за формулою:

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

де: m – кількість обслуговуючого персоналу;

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

При збиранні цукрових буряків базовою машиною затрати праці становлять:

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

При збиранні коренеплодів модернізованою машиною затрати праці будуть становити:

$$H_M = \frac{1}{1,39} = 0,72 \text{ люд.год/га.}$$

Зниження затрат праці при використанні модернізованої машини будуть становити:

$$H_3 = H_6 - H_M = 1,0 - 0,72 = 0,28 \text{ люд.год./га.}$$

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

$$C = C_o + C_a + C_p + C_{\text{пмм}}, \quad (7.2)$$

де C_o – оплата праці з нарахуваннями, грн./га;

C_a – амортизаційні відрахування, грн./га;

C_p – витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн./га;

$C_{\text{пмм}}$ – витрати на паливо і мастильні матеріали, грн./га.

Оплата праці механізатору, який працює на збиральному агрегаті, нараховується за тарифною сіткою за норму виконаної роботи. Оплату праці механізаторам здійснюють по 6-му розряду тарифної сітки. З врахуванням підвищення мінімальної зарплати до 5000 грн., вона становить 208,33 грн. за виконану норму виробітку. За 1 га зібраної площі оплата праці становить:

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

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

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

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

$$C_{ом}^1 = \frac{208,33}{7,0} = 29,76 \text{ грн./га}$$

Крім того в господарстві проводяться доплати: 50 % - за продукцію і 50 % за складність збиральних робіт, що становить 10,74 грн./га; 12 % - за інтенсивність робіт, що становить 2,58 грн./га. І оплата праці з нарахуваннями становить:

$$C_{ом}^H = 29,76 + 14,88 + 14,88 + 3,57 = 63,09 \text{ грн./га.}$$

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

$$C_{об}^1 = \frac{208,33}{9,7} = 21,48 \text{ грн./га.}$$

Аналогічно крім цього проводяться доплати: 50 % - за продукцію і 50 % за складність збиральних робіт (становить 14,88 грн./га), 12 % за інтенсивність робіт (становить 3,57 грн./га). І оплата праці з нарахуваннями становить:

$$C_{об}^H = 21,48 + 10,74 + 10,74 + 2,58 = 45,54 \text{ грн./га}$$

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

$$C_a = \frac{Ц \cdot \alpha}{100 \cdot Д \cdot К \cdot W_{3М}}, \quad (7.4)$$

де Ц – ціна машини, грн.;

Д – кількість днів роботи в рік;

К – коефіцієнт змінності.

За нормативами річна норма відрахувань на амортизацію для коренезбиральної машини становить 15 % [16]. Тоді відрахування для базової машини будуть становити:

$$C_{аб} = \frac{497000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 7,0} = 197,22 \text{ грн./га}$$

Амортизаційні відрахування на вдосконалену коренезбиральну машину будуть становити:

$$C_{ам} = \frac{500000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 9,7} = 143,18 \text{ грн./га.}$$

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

$$C_p = \frac{Ц \cdot \beta}{100 \cdot Д \cdot К \cdot W_{3м}}, \quad (7.5)$$

де β - норма річних відрахувань на ремонт і технічне обслуговування, %.

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

$$C_{р.б} = \frac{497000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 7,0} = 197,22 \text{ грн./га.}$$

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

$$C_{р.м} = \frac{500000 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 9,7} = 143,18 \text{ грн./га.}$$

Витрати на паливо і мастильні матеріали визначаються по формулі:

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

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

$g_{га}$ – витрати палива на 1 га.

Комплексна ціна включає витрати на основне і пускове паливо, а також на мастильні матеріали і диференціюється в залежності від марки двигуна і машини, а також зони застосування. Приймаємо слідуєчі норми витрат мастильних матеріалів і пускового бензину в % до основного палива [15]:

- моторне масло – 11,7 %;
- трансмісійне масло – 3,43 %;
- індустриальне масло – 0,64 %;
- консерваційні мастила – 0,47 %;
- пусковий бензин – 0,96 %.

На сьогодні вартість на паливо і мастильні матеріали залежить від цінової політики ринку, величини оптових закупок, постачальника і т. ін. Для розрахунків приймаємо комплексну ціну 1 кг палива в розмірі 25,1 грн./кг. Тоді затрати на паливо і мастильні матеріали для базової машини становлять:

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{б}} = 25,1 \cdot 14,85 = 327,74 \text{ грн./га.}$$

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

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{м}} = 25,1 \cdot 10,72 = 269,07 \text{ грн./га.}$$

Загальні прямі експлуатаційні затрати при роботі базового агрегату будуть дорівнювати:

$$C_{\text{б}} = 63,09 + 197,22 + 197,22 + 327,74 = 785,27 \text{ грн./га.}$$

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

$$C_{\text{м}} = 45,54 + 143,18 + 143,18 + 249,7 = 581,6 \text{ грн./га.}$$

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

$$E = C_6 - C_m = 785,27 - 581,6 = 203,67 \text{ грн./га.} \quad (7.7)$$

Таблиця 7.2 - Основні техніко-економічні показники проекту

Показники	Базова машина КС-6Б	Модернізована
1. Продуктивність, га/год.	1,0	1,39
2. Питомі витрати палива, кг/га	14,85	10,72
3. Затрати праці, люд.год./га	1,0	0,72
4. Прямі експлуатаційні затрати, грн./га	785,27	581,6
в т.ч. – оплата праці з нарахуваннями	63,09	45,54
- амортизаційні відрахування	197,22	143,18
- затрати на ремонт і ТО	197,22	143,18
- затрати на ПММ	327,74	249,7
5. Зниження прямих затрат, грн./га	-	203,67
6. Річний економічний ефект, грн.	-	19348,65
7. Строк окупності затрат, років	-	0,16

В відсотках економічний ефект буде становити:

$$E_v = \frac{203,67 \cdot 100}{785,27} = 25,94 \%$$

Річний економічний ефект при впровадженні розробок на площі 95 га буде становити:

$$E_p = 203,67 \cdot 95 = 19348,65 \text{ грн.}$$

Окупність затрат на удосконалення збиральної машини визначаються за формулою:

$$E_o = \frac{Ц_M}{E_p} \quad (7.8)$$

$$E_o = \frac{3000}{1934865} = 0,16 \text{ років.}$$

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

Проведені розрахунки показали економічну доцільність розробок і впровадження їх у виробництво.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Агрофірма «Перше травня», як і більшість малих та середніх сільськогосподарських підприємств, потребують впровадження нових технологій вирощування сільськогосподарських культур. Ці технології, перш за все, передбачають впровадження сучасної, удосконаленої техніки, яка дає можливість підвищити продуктивність, якість і зменшити собівартість продукції.

2. Процес збирання цукрових буряків найбільш затратний в технології вирощування. Удосконалена технологія, запропонована в даній роботі, дає можливість зменшити ці затрати, підвищити якість збиральних робіт, зменшити втрати врожаю.

3. Модернізовано дисковий викопуючий пристрій, який є альтернативний до існуючого викопуючого пристрою серійної коренезбиральної машини. Привід робочих органів у серійної машини є занадто складним, тому у проекті спрощено кінематику приводу робочих органів. Взамін складних редукторів і карданних передач використовуються ланцюгові передачі, що є спрощенням конструкції, а тому і металомісткості. Ще одним конструктивним рішенням є використання суцільного валу для викопуючих органів, взамін складного вильчастого валу для кожного робочого органу.

4. Проведено кінематичні розрахунки та розрахунки на міцність основних елементів викопуючого пристрою. Зроблено технологічні розрахунки збирання цукрових коренеплодів з використанням дискових копачів у відповідності з агротехнічними вимогами.

5. Розроблено заходи з питань охорони праці, які можуть бути використані перед початком збиральних робіт при проведенні інструктажів на робочому місці. Визначено економічний ефект на рік від модернізованого пристрою, який складає 19348,65 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Приходьмо П.М., Шевченко О.О., Любович О.А. Технологія вирощування цукрових буряків/ Дніпропетровський державний аграрний університет. – Дніпропетровськ, 2002. – 24 с.
2. Українська інтенсивна технологія виробництва цукрових буряків // За ред.. О.М.Ткаченка, М.В.Роїка. – Київ: «Академпрес», 1998. – 240 с.
3. Бондар В. Про прибутковість вирощування цукрових буряків// Агробізнес сьогодні. - № 4 (203), лютий 2011. – с. 9-13.
4. Пиркін В.І. Перспективи ефективного розвитку галузі буряківництва на Україні// Цукрові буряки. - №3-4, 2008. с. 9 – 11.
5. Українська інтенсивна технологія виробництва цукрових буряків// За ред.. О.М.Ткаченка, М.В.Роїка – Київ: «Академпрес», 1998. – 240 с.
6. Чубко О. Цукрові буряки по осені рахують// Агросектор. - №7-8 (21-22), 2007. – с. 26-28.
7. Карабиньош С., Новицький А., Сиволапов А. Бурякозбиральні машини та їх характеристики// Пропозиція. – № 11, 2011. с. 135-141.
8. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г.Войтюк, Л.В.Аніскевич, В.В.Іщенко та ін.; за ред.. Д.Г.Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.
9. Кобець А.С., Іщенко Т.Д, Волик Б.А., Демидов О.А. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.
10. Українська інтенсивна технологія виробництва цукрових буряків// За ред.. О.М.Ткаченка, М.В.Роїка – Київ: «Академпрес», 1998. – 240 с.
11. Погорелый Л.В., Татьяна Н.В., Брей В.В. и др. Свеклоуборочные

машины: Конструирование и расчет. – К.: Техніка, 1983. – 168 с.

12. Киркач Н.Ф., Баласанян Р.А. Расчет и проектирование деталей машин: Учебное пособие для технических вузов. – 3-е издание, перераб. и доп. Харьков, «Основа», 1991. – 276 с.

13. Иосилевич Г.Б. и др. Прикладная механика. М.- Машиностроение, 1985. – 576 с.

14. Кобець А.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин: Навчальний посібник/ Дніпропетровський державний аграрний університет. – Дніпропетровськ, 1999. – 204 с.

15. Довідник з опору матеріалів / Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвієв В.В. Відп. Ред. Писаренко Г.С. – 2-е вид., перероб. і доп. К: Наукова думка, 1988 – 736 с.

16. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні/ А.С.Кобець, О.Д.Деркач, М.І.Ролдугін, В.М.Яцук, П.М.Кухаренко, А.М.Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. – Дніпропетровськ, 2014. – 285 с.

17. Машиновикористання в землеробстві/ В.Ю.Ільченко, Ю.П.Нагірний, П.А.Джолос та ін.; За ред. В.Ю.Ільченка і Ю.П.Нагірного. – К.: Урожай, 1996. – 384 с.

18. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві, В.Ю.Ільченко, П.І.Карасьов, А.С.Лімонт та ін.; За ред. В.Ю.Ільченка. К.: Урожай, 1993. – 288 с.

19. Бондаренко М.Г., Демещук В.А. Комплектування і використання машинно-тракторного парку в рослинництві. – К.: „Вища школа”, 1995, с 236.

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

21. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві// Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542.

22. Отченаш В.А. Ефективність вирощування цукрових буряків та цукру в Україні// Ефективна економіка. - №11, 2012.

23. Бондар В. Про прибутковість вирощування цукрових буряків// Агробізнес сьогодні. - №4 (203), лютий 2011.

24. Роик Н.В., Курило В.Л., Синченко В.Н., Пыркин В.И., Гореленко В.И., Гизбуллина Л.Н., Москаленко В.П. Основные факторы, влияющие на качество уборки сахарной свеклы// Сахарная свекла. - №8, 2012.- с. 29-32.

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