

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

Механізація вирощування цукрових буряків з
удосконаленням копача коренеплодів

Виконав здобувач вищої освіти III курсу,
групи AI-23мб-1.2

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Крижанюк Віталій Павлович

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

_____ Юрій МАЧОК

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент

доц., канд. техн. наук

_____ Іван ВАСИЛЕНКО

« ____ » _____ 2026 р.

Кропивницький

Формат	Зона	Позиція	Позначення	Найменування	Кількість	Примітки
				Документація загальна		
				Заново розроблена		
A4			МВЦБ 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка	45	
A1			МВЦБ 00.000 ТЧ1	Технологічна карта на вирощування цукрових буряків	1	
A1			МВЦБ 00.000 ТЧ2	Операційна карта на збирання коренеплодів цукрових буряків	1	
				Документація по інженерній частині		
				Заново розроблена		
A1			AЗК 00.000	Копач коренеплодів АЗК-6-01	1	
				Документація по складальних одиницях		
				Заново розроблена		
A1			AЗК 10.000	Диск викопувальний	1	
МВЦБ 00.000 ВР						
Зм.	Аркуш	№ докум.	Підпис	Дата		
Розробив	Крижанюк				Літера Аркуш Аркушів 3 2 ЦНТУ гр. AI-23мб-1.2	
Перевірив	Мачок					
Н. контр.	Артеменко					
Затвердив	Васильковський					

[illegible]

ЗМІСТ

	стор.
1. Вступ	7
2. Аналіз типової технології вирощування цукрових буряків з визначенням шляхів її удосконалення	9
3. Операційна технологія викопування коренеплодів	17
4. Інженерна частина	25
5. Охорона праці	35
6. Висновки	39
Список використаної літератури	41
Додатки	45

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арх.
Зм.	Арх.	№ розум.	Підпис	Дата		6

1. Вступ

Цукрові буряки є однією з найважливіших технічних культур агропромислового комплексу України, що забезпечує виробництво цукру та супутніх продуктів, в тому числі і переробки. Стабільне нарощування обсягів його вирощування безпосередньо залежить від рівня технічного оснащення галузі та якості виконання всього комплексу польових робіт. Серед технологічних операцій збирання врожаю займає особливе місце, оскільки саме на цьому етапі формуються кінцеві господарські результати – втрати, забрудненість і збереженість коренеплодів [7,11,16,28,32].

Механізоване збирання цукрових буряків залишається технологічно складним процесом, що зумовлено різноманітністю ґрунтово-кліматичних умов, варіативністю фізико – механічних властивостей коренеплодів, а також значними навантаженнями на робочі органи збиральних машин. Копач коренеплодів – один із вузлових агрегатів бурякозбиральної техніки – визначає повноту і чистоту вилучення врожаю з ґрунту. Недостатня досконалість конструкцій копачів зумовлює підвищені механічні пошкодження коренів, збільшення питомих енерговитрат та зниження загальної продуктивності агрегату.

Актуальність теми кваліфікаційної роботи визначається необхідністю вдосконалення технічних засобів для збирання цукрових буряків з метою зниження втрат урожаю, підвищення якості роботи копача та скорочення витрат паливно-енергетичних ресурсів. Незважаючи на наявні розробки вітчизняних і зарубіжних виробників, питання оптимізації параметрів копальних органів стосовно конкретних агрофонів і конструктивних умов потребують подальшого дослідження.

Мета роботи – удосконалити технологічний процес механізованого вирощування цукрових буряків та обґрунтувати конструктивне рішення по

					МВЦБ 00.000 ПЗ				
Зм.	Арк.	№докум.	Підпис	Дата					
Розроб.	Крижанюк				Пояснювальна записка		Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевірив	Мачок							7	
Н.контр	Артеменко						ЦНТУ гр. АІ-23мб-1.2		
Затвер.	Васильковський								

модернізації копача коренеплодів, спрямоване на підвищення надійності та ефективності збирання врожаю.

2. Аналіз типової технології вирощування цукрових буряків з визначенням шляхів її удосконалення.

2.1. Господарське значення цукрових буряків.

Цукрові буряки займають провідне місце серед технічних культур помірного клімату і є основним джерелом виробництва цукру в Україні та країнах Європи. Саме з ними підтримується третина світового обсягу харчового цукру, тоді як результат забезпечується цукрова тростина, що потребує тропічних умов вирощування [14].

Коренеплід культури містить 16–20% сахарози, що робить її промислово рентабельною для масштабної переробки [18,19,24]. На цукрових заводах із сировини отримують кристалічний цукор, мелясу та дефекаційний осад. Меляса є цінним субстратом для виробництва спирту, дріжджів, молочної та лимонної кислот, а також кормових добавок. Дефекат - вапняковмісний відхід – широко застосовується для хімічної меліорації кислих ґрунтів [24].

Особливою господарською ціною відрізняються відходи переробки. Жом – знецукрена м'якоть коренеплоду – є поживним кормом для великої рогатої худоби у свіжому, силосованому або висушеному вигляді. Гичка, зібрана під час прибирання врожаю, також використовують як зелений чи силосований корм, суттєво знижуючи витрати тваринницьких господарств [24].

Цукрові буряки відіграють важливу роль у сівозміні: розгалуджене коріння коренеплодів розпушує підорний шар ґрунту, а правильна агротехніка культури сприяє зниженню забур'яненості полів і фітосанітарному оздоровленню агроценозів [12]. Галузь буряківництва стимулює розвиток суміжних секторів – машинобудування, хімічної промисловості та логістики, – формуючи розгалужений агропромисловий кластер із вагомим економічним та соціальним значенням для сільських регіонів [18].

2.2. Біологічні особливості культури.

Цукрові буряки – важлива технічна культура родини амарантових, яка використовується для виробництва цукру. Рослина є дворічною: у перший рік формує розетку листків і коренеплід, а на другий – квітконосні пагони та насіння. Коренева система добре розвинена, стрижневого типу, здатна проникати в ґрунт на глибину до 2–3 м, що забезпечує високу посухостійкість культури [1].

Цукрові буряки належать до рослин помірного клімату й характеризуються високою вимогливістю до тепла, вологи та родючості ґрунту. Насіння починає проростати за температури $+2...+5^{\circ}\text{C}$, однак оптимальною для дружних сходів є температура $+12...+15^{\circ}\text{C}$. Найкращі умови росту та накопичення цукру формуються при температурі $+20...+22^{\circ}\text{C}$. Для повного проходження вегетаційного періоду рослинам необхідна сума активних температур $+2200...+2700^{\circ}\text{C}$ [14,19,24].

Особливістю культури є здатність накопичувати значну кількість сахарози у коренеплодах – у середньому 15–20%. Процес цукронакопичення залежить від інтенсивності фотосинтезу, забезпеченості вологою та елементами живлення. Найбільшу потребу в поживних речовинах буряки мають у період інтенсивного росту листової поверхні та формування коренеплоду.

Рослини є довгоденними та світлолюбними. За нестачі освітлення сповільнюється фотосинтез і зменшується вміст цукру в коренеплодах. Водночас цукрові буряки негативно реагують на ущільнення ґрунту та перезволоження, оскільки це погіршує аерацію кореневої системи. Найкращими для вирощування є чорноземи з нейтральною або слабколужною реакцією ґрунтового розчину.

Біологічною особливістю культури є схильність до явища «цвітущості», коли внаслідок дії низьких температур у перший рік життя формуються квітконосні стебла. Такі рослини утворюють дерев'яністі коренеплоди з низьким вмістом цукру, що значно знижує врожайність і технологічну якість продукції [24].

2.3. Місце в сівозміні.

Цукрові буряки займають важливе місце в польовій сівозміні, оскільки ця культура вимоглива до родючості ґрунту, вологи та попередників. Найкраще буряки висівати після озимих зернових культур, зернобобових або багаторічних трав, які залишають поле чистим від бур'янів і забезпечують добру структуру ґрунту. Не рекомендується повертати буряки на те саме поле раніше ніж через 3–4 роки, адже це спричиняє накопичення шкідників, хвороб і виснаження ґрунту. У сівозміні цукрові буряки виконують також агротехнічну роль: завдяки глибокому обробітку ґрунту після них покращуються умови для вирощування наступних культур. Крім того, буряки добре реагують на внесення органічних і мінеральних добрив, що позитивно впливає на врожайність усієї сівозміни. [7,19,24].

2.4. Система удобрення.

Цукрові буряки належать до культур із високою потребою в елементах живлення. Оптимізація мінерального живлення є головним шляхом реалізації продуктивного потенціалу культури – система покращення має забезпечити максимальний вихід цукру за мінімальних витрат [13,19,24,30].

Найбільші врожаї досягаються при органо-мінеральній системі, коли добрива вносяться переважно восени під глибоку оранку (30–35см). Для отримання понад 50т/га коренеплодів вносимо 30–40т/га гною в комбінації з мінеральними добривами в дозі 90–120кгд.р./га за кожним елементом NPK [24,30].

Щодо азотного режиму, забезпечують помірне надходження азоту на початкових фазах росту з поступовим підвищенням до завершення інтенсивного формування коренеплоду, а в другій половині вегетації – обмежують азотне живлення [24,30].

Фосфорне живлення сприяє врожайності і цукристості, проте за нестачі азоту його засвоєння пригнічується, тому ці елементи доцільно вносити в комплексі. Із фосфорних добрив застосовують суперфосфат, із калійних – калійну сіль або хлористий калій [13,30].

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Склад агрегатів для підготовки і внесення добрив наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Операції підготовки і внесення добрив

Операція	Трактор	Сільськогосподарська машина (агрегат)
Навантаження гною	ЮМЗ-6	ПФ-0,5
Переміщення і внесення гною	Т-150К	ПРТ-10
Навантаження мінеральних добрив	ЮМЗ-6	ПФ-0,5
Перевезення рідких мін. добрив	Т-150К	РЖТ-8
Культивація з внесенням добрив	МТЗ-82	УСМК-5,4; ПОУ
Перевезення гранульованих мін. добрив	МТЗ-82	2ПТС-4
Завантаження добрив у сівалку чи культиватор	Вручну	
Міжрядна культивація з підживленням	Т-70С	УСМК-5,4

2.5. Обробіток ґрунту.

У технології вирощування цукрових буряків система обробітку ґрунту передбачає послідовне виконання основного та передпосівного обробітку в оптимальні агротехнічні терміни. Метою цих операцій є створення сприятливого середовища для формування та розвитку коренеплодів. Після збирання попередньої культури проводять лушення стерні за допомогою лушильників у агрегаті з трактором Т-150. Після цього виконують основний обробіток ґрунту шляхом оранки плугом ПНЯ 4-42 із застосуванням трактора ХТЗ-16131. На завершальному етапі здійснюють комплекс заходів поверхневого обробітку, спрямованих на якісну підготовку ґрунту до сівби та забезпечення ефективного догляду за посівами (табл. 2.2).

Таблиця 2.2.

Операції обробітку ґрунту

Операція	Трактор	Сільськогосподарська машина (агрегат)
1	2	3
Лущення	T-150	ЛДГ-10А
Глибока оранка	ХТЗ-16131	ПНЯ 4-42

Продовження таблиці 2.2

1	2	3
Суцільна культивування	МТЗ-82	КПС-4
Культивування з внесенням добрив	МТЗ-82	УСМК-5,4; ПОУ
Ранньовесняне розпушування	T-150	СГ-21; БЗСС-1,0
Вирівнювання поверхні поля	T-150	СГ-16; ШБ-2,5
Передпосівне розпушення зі внесенням гербіцидів	ХТЗ-17021	СГ-21; БЗСС-1,0; ПОУ
Передпосівна культивування	МТЗ-82	УСМК-5,4
Передпосівне коткування	МТЗ-82	СП-11; 3КВГ-1,4
Суцільне досходове розпушення	T-70С	ЗОР-0,7; СП-11
Післясходове розпушення (боронування)	T-70С	ЗОР-0,7; СП-11
Дві міжрядні культивування	МТЗ-82	Культиватор УСМК-5,4
Механічне прорідження	T-70С	УСМП-5,4
Міжрядна культивування з підживленням	T-70С	УСМК-5,4
Передзбиральне розпушення	T-70С	УСМК-5,4

2.6. Сівба.

Перед сівбою відбувається кілька обов'язкових етапів. Спочатку калібрують насіння – відбирають фракцію його розміром 3,5–4,5 мм для якісного висіву. Потім відбувається протруєння: обробляють фунгіцидними та інсектицидними препаратами, що захищають від ґрунтових шкідників і хвороб.

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Завершальний етап – дражування: нанесення оболонки з мікродобривами та стимуляторами росту, що покращує схожість [714,19,25,26,27].

Сівбу починають, коли температура ґрунту на глибині загортання сягає +5°C, традиційно у квітні. Сівалка точного висіву УПС-12 розміщує посівний матеріал на глибині 2 – 4 см із міжряддям 45 см та нормою, встановленою агрономом. Сівалка працює в агрегаті з трактором МТЗ-80. Після сівби поле обов’язково прикочують для забезпечення щільного контакту насіння з ґрунтом і підтягування до нього вологи.

2.7. Догляд за посівами.

Догляд за посівами передбачає проведення трьох міжрядних розпушувань, які різняться між собою глибиною обробітку. Перший міжрядний обробіток виконують на мілку глибину (2,5–3см), щоб уникнути пошкодження молодих рослин і покращити доступ повітря до коренів. Другий проводять глибше (3–4см), адже рослини вже достатньо зміцніли та потребують кращої аерації ґрунту. Третій обробіток здійснюють найглибше (6–8см), що створює сприятливі умови для інтенсивного розвитку коренеплодів. Отже, у процесі росту рослин глибина міжрядного обробітку поступово збільшується. Ще одне міжрядне розпушування проводять безпосередньо перед початком збиральної кампанії для знищення бур’янів та створення сприятливих умов для роботи копача коренеплодів чи коренезбирального комбайна.

2.8. Збирання урожаю.

Збирання цукрових буряків є важливим етапом у технології їх вирощування. Роботи розпочинають восени, коли коренеплоди досягають технічної стиглості та накопичують максимальну кількість цукру. Перед початком збору поле оглядають, визначають вологість ґрунту та стан рослин. Для збирання використовують спеціальні бурякозбиральні комбайни, які одночасно зрізають гичку, викопують коренеплоди та очищають їх від землі. Використовують також більш прості і дешеві механізми – причіпні чи начіпні

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

копачі. Після цього буряки завантажують у транспортні засоби й перевозять до місць зберігання або безпосередньо на цукрові заводи [1,4,11,15,16,28,32].

Важливо проводити збір у суху погоду, адже надмірна вологість ускладнює роботу техніки та спричиняє втрати врожаю. Під час збирання особливу увагу приділяють мінімізації пошкоджень коренеплодів, оскільки травмовані буряки швидко втрачають якість. Після завершення польових робіт проводять очищення техніки та підготовку ґрунту до наступного аграрного сезону. Раціонально організований процес збирання забезпечує високу продуктивність і збереження якості сировини. Згідно базової технології система машин для збирання урожаю виглядає таким чином (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

Машини для збирання урожаю

Операція	Трактор	Сільськогосподарська машина (агрегат)
Зрізання і формування гички	МТЗ-82	БМ-6Б
Перевезення гички	МТЗ-82	2ПТС-4
Збирання коренеплодів	-	РКМ-6
Навантаження коренеплодів	МТЗ-80	СПС-4,2
Перевезення коренеплодів	МТЗ-82	2ПТС-4

2.9. Обґрунтування вибору коренезбиральної машини.

Як уже зазначалося, збирання коренеплодів буряків виконують за допомогою коренезбирального комбайна РКС-6 [1,25,26]. Він є технічно та морально застарілою самохідною сільськогосподарською машиною, створеною на базі шасі трактора МТЗ-80. Конструкція комбайна включає активні викопувальні робочі органи вильчатого типу, систему очищення коренеплодів і пруткові транспортери. Усі зазначені механізми приводяться в дію від двигуна. Окрім забезпечення роботи робочих органів, двигун також витрачає значну частину потужності на пересування комбайна під час виконання технологічного процесу.

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Одним із головних недоліків РКС-6 є нераціональне використання енергетичного потенціалу двигуна, оскільки машина експлуатується лише протягом приблизно одного місяця на рік, а решту часу перебуває у простої. Це свідчить про значну енергоемність та недостатню надійність процесу збирання.

З точки зору енергозбереження більш доцільним є застосування начіпних або причіпних бурякозбиральних машин, використання яких не обмежує подальшу експлуатацію енергетичного засобу. Після завершення збиральних робіт агрегат можна перевести на зберігання, тоді як трактор продовжує використовуватись для виконання інших сільськогосподарських операцій. До таких машин належить начіпний бурякозбиральний агрегат АЗК-6-01. Конструкція агрегату передбачає використання пасивних та активних викопувальних робочих органів без окремого приводу. У такому випадку потужність двигуна трактора витрачається переважно на переміщення агрегату та роботу очисних турбін.

З огляду на зазначене, для збирання коренеплодів цукрових буряків доцільно замість комбайна РКС-6 застосовувати бурякозбиральний комплекс, що складається з вітчизняного трактора Spaike TK 904 [] та начіпного агрегату АЗК-6-01.

Висновки по розділу. За результаті аналізу типової технології вирощування цукрових буряків встановлено, що ефективність виробництва значною мірою залежить від дотримання науково обґрунтованої системи обробітку ґрунту, удобрення, сівби, догляду за посівами та збирання урожаю.. Удосконалення технології доцільно здійснювати шляхом застосування сучасних енергозберігаючих машинно-тракторних агрегатів і раціональної організації збиральних робіт. Тому, запропоновано збирати урожай коренеплодів сучасним агрегатом Spaike TK 904 + АЗК-6-01.

3. Операційна технологія викопування коренеплодів.

3.1. Розрахунок агрегату.

Проектний агрегат відноситься до типу тягово – приводних. Тягово-приводний сільськогосподарський агрегат – це поєднання енергетичного засобу та робочої машини, у якому трактор не лише переміщує агрегат полем, а й передає частину потужності для приводу його робочих органів. В нашому випадку передача енергії здійснюється через вал відбору потужності механізму приводу машини. Такий агрегат потенційно забезпечує підвищення продуктивності праці, зменшення витрат пального та покращення якості виконання технологічних операцій.

Розрахунок роботоздатності агрегату Spaike ТК 904 + АЗК-6-01 здійснимо за прийнятою методикою [3,10,17].

Вихідні дані до розрахунку:

- маса трактора - $G_{тракт} = 35800H$ [29];
- маса агрегату - $G_{АЗК} = 12600H$;
- коефіцієнт опору кочення – $f = 1,35$
- робоча швидкість - $V_{ар} = 5...7 км / год$;
- ККД ВВП трактора Spaike ТК 904 - $f = 0,92$ [29]
- питома потужність необхідна на привод підбирально-очисних турбін АЗК-6-01 - $N_n = 2,75 кВт \cdot c / кг$;

- урожайність коренеплодів – $Q_k = 415 ц / га = 4,15 кг / м^2$

Бурякозбиральний агрегат буде дієздатним за умови [10,17]

$$N_{np}^m < N_{ВВП}^{mp} \quad (3.1)$$

де N_{np}^m - потужність, яка витрачається на привод підбирально-очисних турбін, кВт;

$N_{ВВП}^{mp}$ - потужність, яка може передаватися через ВВП під час руху агрегату, кВт;

$$N_{np}^{mp} = N_n \cdot q \quad (3.2)$$

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

q - секундна передача коренеплодів, $кг / с$;

$$q_k = B_{pk} \cdot V_{pa} \cdot Q_k \quad (3.3)$$

де $B_{pk} = 2,7 м$ - робоча ширина захвату копача, м;

V_{pa} - робоча швидкість агрегату;

Теоретична швидкість трактора за якої може працювати агрегат без порушення агротехнічних вимог на п'ятій передачі складає [10,17]

$$V_m^V = 7,6 км / год$$

Враховуючи величину буксування, маємо

$$V_p^V = V_m^V \left(1 - \frac{\delta}{100} \right) = 7,6 \left(1 - \frac{13,5}{100} \right) = 6,5 км / год \quad (3.4)$$

або

$$V_p^V = 1,8 м / с$$

Тоді

$$q_k = 2,7 \cdot 1,8 \cdot 3,85 = 18,7 кг / с$$

З урахуванням отриманого

$$N_{np}^{mp} = 2,25 \cdot 18,7 = 42,1 кВт$$

Потужність, яка може передаватись через ВВП від час руху агрегату визначимо з виразу [17]

$$N_{ВВП}^{mp} = N_e^{mp} \cdot \eta_{ВВП}^{mp} - \frac{(R_{коч.тр.} + R_{коч.м.}) V_p \eta_{ВВП}^{mp}}{3,6 \eta_{тр.} \cdot \eta_{б}} \quad (3.5)$$

де $N_e^{mp} = 66,2 кВт$ – ефективна потужність двигуна,

$\eta_{тр.}$ - ККД трансмісії трактора, $\eta_{тр.} = 0,92$

$\eta_{б}$ - коефіцієнт буксування, $\eta_{б} = 0,865$

$R_{коч.тр.}, R_{коч.м.}$ - відповідно опір перекочуванню трактора і копача, $кН$.

$$R_{коч.тр.} = G_{тракт} (f + i) = 35,8 \cdot (0,135 + 0,009) = 5,1 кН \quad (3.6)$$

$$R_{коч.м.} = G_{АЗК} (f + i) = 12,6 \cdot (0,135 + 0,009) = 1,8 кН \quad (3.7)$$

де $i = 0,009$ - крутизна схилу

Тоді

$$N_{BPI}^{mp} = 66,3 \cdot 0,92 - \frac{(5,1+1,8) \cdot 6,5 \cdot 0,92}{3,6 \cdot 0,92 \cdot 0,865} = 45,7 \text{ кВт}$$

Умова $N_{np}^{mp} < N_{BPI}^{mp}$ виконується, комплектування агрегату виявилось вірним.

Продуктивність агрегату, га/зм [10,17]

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_p \quad (3.8)$$

де T_p - тривалість робочого часу зміни

$$T_p = T_{зм} \cdot \tau \quad (3.9)$$

$T_{зм} = 7 \text{ год}$ - час зміни

$\tau = 0,71$ - коефіцієнт використання часу зміни під час збирання коренеплодів буряків;

Тоді

$$T_p = 7 \cdot 0,71 = 4,97 \text{ год}$$

Тоді, для проєктного варіанту

$$W_{зм}^{np} = 0,1 \cdot 2,7 \cdot 6,5 \cdot 4,97 = 8,72 \text{ га/зм}$$

Витрати палива на виконання операції кг/га [10,17]

$$Q_{га} = \frac{Q_{зм}}{W_{зм}^{np}} \quad (3.10)$$

де $Q_{зм}$ - витрата дизельного палива за зміну, кг

$$Q_{зм} = Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot t_x + Q_z \cdot t_z \quad (3.11)$$

де Q_p, Q_x, Q_z - відповідно годинна витрата палива за час робочих ходів, холостих і на зупинках з працюючим двигуном для трактора МТЗ - 80.

Тут

$$Q_p = 12,7 \text{ кг/год}, Q_x = 2,85 \text{ кг/год}, Q_z = 1,65 \text{ кг/год}$$

T_p, t_x, t_z - відповідно час задіяний на робочі, холості ходи і зупинки з двигуном що працює.

$$t_x = t_z = \frac{T_z - T_p}{2}, \text{ год} \quad (3.12)$$

$$t_x = t_z = \frac{7 - 4,97}{2} = 1,02 \text{ год}$$

Тоді

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

$$Q_{зм} = 12,7 \cdot 4,97 + 2,85 \cdot 1,02 + 1,65 \cdot 1,02 = 67,7 \text{ кг} / \text{зм}$$

Витрати дизелю на збирання коренеплодів з одного гектара

$$Q_{га} = \frac{67,7}{8,72} = 7,8 \text{ кг} / \text{га}$$

Проведемо аналогічні розрахунки для варіанту збирання коренеплодів базової технологічної карти, тобто для комбайна РКС-6. Метою цього розрахунку є визначення економічної доцільності впровадження удосконаленої технології у виробничий процес.

Спочатку визначимо змінну продуктивність базового бурякозбирального агрегату. Відомо, що викопувальний, очисний та навантажувальний вузли встановлюються на шасі трактора МТЗ-80. Отже, комбайн використовує той самий двигун, що й трактор МТЗ-80. Теоретична швидкість комбайна на третій передачі, яка відповідає агровимогам становить $V_m^{III} = 7,24 \text{ км} / \text{год}$, а робоча ширина захвату, як і проєктного агрегату – $B_{pk} = 2,7 \text{ м}$. Через ускладнену конструкцію, яка потребує більше часу на технічне обслуговування та підготовчі операції, коефіцієнт використання часу зміни приймаємо рівним $\tau = 0,66$. Всі інші умови приймаємо рівними з проєктним агрегатом.

Тоді, робоча швидкість

$$V_{рб}^{III} = V_m^{III} \left(1 - \frac{\delta}{100} \right) = 7,24 \left(1 - \frac{13,5}{100} \right) = 6,26 \text{ км} / \text{год}$$

Відповідно, продуктивність комбайна

$$W_{зм}^{\delta} = 0,1 \cdot 2,7 \cdot 5,72 \cdot 4,34 = 6,7 \text{ га} / \text{зм}$$

Розрахунок витрат палива враховує низку факторів, серед яких ключовими є енергонасиченість процесу та маса машини. Оскільки за цими показниками базовий варіант суттєво перевищує проєктний, приймаємо, що його годинні витрати палива будуть дещо вищими.

$$Q_{зм}^{\delta} = Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot t_x + Q_z \cdot t_z \quad (3.13)$$

$$Q_p = 15,3 \text{ кг} / \text{год}, Q_x = 8,1 \text{ кг} / \text{год}, Q_z = 2,0 \text{ кг} / \text{год}$$

Тоді

$$Q_{зм}^{\delta} = 15,3 \cdot 4,62 + 8,1 \cdot 1,19 + 2,0 \cdot 1,19 = 82,7 \text{ кг} / \text{зм}$$

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Витрати дизелю на збирання коренеплодів з одного гектара

$$Q_{\text{за}}^{\text{б}} = \frac{82,7}{6,26} = 13,21 \text{ кг / га}$$

Отже, продуктивність проєктного агрегату вища базового комбайна на

$$\Delta W = W_{\text{зм}}^{\text{np}} - W_{\text{зм}}^{\text{б}} = 8,72 - 6,26 = 2,46 \text{ га / зм}$$

Відповідно витрати пального

$$\Delta Q = Q_{\text{за}}^{\text{б}} - Q_{\text{за}}^{\text{np}} = 13,21 - 7,8 = 5,41 \text{ кг / га}$$

Очевидно, що техніко - економічні показники спроектованого коренезбирального агрегату вищі базового.

3.2. Розрахунок операційно – технологічної карти

3.2.1. Підготовка поля до збирання

Підготовка поля до збирання коренеплодів цукрових буряків є важливим етапом, що впливає на втрати врожаю та якість продукції. Роботи починають із перевірки стану посівів і визначення оптимальних строків збирання, коли вміст цукру максимальний, а коренеплоди досягли технічної стиглості [10,17].

Перед збиранням проводять вирівнювання поля та усунення надмірної вологи, якщо це можливо, щоб техніка могла працювати без затримок. Особливу увагу приділяють очищенню міжрядь від бур'янів, оскільки вони ускладнюють роботу бурякозбиральних машин і підвищують втрати коренеплодів.

Далі здійснюють налагодження та перевірку бурякозбиральної техніки: регулюють глибину викопування, стан копачів і очисних механізмів. Важливо забезпечити правильну роботу, щоб мінімізувати пошкодження буряків.

Також організовують транспорт для оперативного вивезення врожаю, адже тривале зберігання коренеплодів у полі призводить до втрати цукристості. Поле розбивають на загони для зручності руху техніки та зменшення втрат під час маневрування.

У результаті якісна підготовка забезпечує ефективне збирання, зменшує механічні пошкодження та дозволяє зберегти максимальну кількість урожаю.

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

3.2.2. Розрахунок параметрів організації процесу

Для ведення розрахунку скористаємось такими даними.

- площа посівів $S = 82га$
- довжина гону $L = 785м$
- нахил схилу поля $\alpha = 0,9^0$
- склад агрегату – трактор Spaike ТК 904 + АЗК-6-01

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot L_p}{10^2 \cdot V_p^V} + 2t_n, \text{хв} \quad (3.14)$$

де L_p - довжина робочого ходу, м ;

$t_n = 1,5...2,0 \text{хв}$ - час повороту на кінці загінки;

$$L_{\text{px}} = L - 2E \quad (3.15)$$

де $E = 21,6м$ - ширина поворотної смуги (має дорівнювати 4 проходам 12-ти рядкової бурякової сівалки) [10,17].

Тоді

$$L_{\text{px}} = 785 - 2 \cdot 21,6 = 698,6м$$

Тоді, тривалість циклу визначиться

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot 698,6}{10^2 \cdot 6,5} + 2 \cdot 1,65 = 16,2 \text{хв} = 0,27 \text{год}$$

Технічну продуктивність коренезбирального агрегату за 1 цикл

$$W_{\text{зм}}^{\text{ц}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_{\text{ц}} \cdot \tau, \text{га} / \text{ц} \quad (3.16)$$

$$W_{\text{зм}}^{\text{ц}} = 0,1 \cdot 2,7 \cdot 6,5 \cdot 0,27 \cdot 0,66 = 0,31 \text{га} / \text{ц}$$

Кількість циклів за 1 зміну

$$n_{\text{ц}} = \frac{W_{\text{зм}}^{\text{np}}}{W_{\text{зм}}^{\text{ц}}} = \frac{8,72}{0,31} = 28,1 \text{ц} / \text{зм}$$

Обчислимо оптимальне число рядків у загоні

$$n = \frac{C_{\text{онм}}}{b} = \frac{10^4 \cdot W_{\text{зм}}^{\text{np}}}{L \cdot b} = \frac{10^4 \cdot 8,72}{785 \cdot 0,45} = 246 \text{рядків} \quad (3.17)$$

де n - число рядків;

$b = 0,45м$ - ширина міжряддя;

Враховуючи попередні рекомендації призначаємо $n = 240$ рядків.

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Обчислимо число робочих ходів проєктного агрегату в загоні врахувавши роботу шестирядного агрегату.

$$n_{px}^{np} = \frac{n}{n_a} \quad (3.18)$$

де n_{px}^{np} - число робочих ходів;

$n_a = 6$ - які рядків, які одночасно викопуються агрегатом.

Тоді

$$n_{px}^{np} = \frac{240}{6} = 40 \text{ робочих ходів.}$$

3.2.3. Підготовка агрегату до роботи.

Підготовка бурякозбирального агрегату є важливим етапом перед початком польових робіт. Насамперед трактор проходить технічний огляд: перевіряють справність двигуна, рульового керування, гальмівної системи, освітлення та рівень мастильних матеріалів. Особливу увагу приділяють тиску в шинах і надійності кріплення коліс, оскільки робота відбувається в умовах підвищеного навантаження.

Після цього до трактора приєднують начіпний копач. Під час агрегування контролюють правильність з'єднання навісної системи, фіксацію пальців та запобіжних елементів. Далі виконують регулювання робочих органів копача відповідно до ширини міжрядь і глибини залягання коренеплодів. Неправильне налаштування може призвести до пошкодження буряків або втрат урожаю.

Перед виїздом у поле перевіряють роботу механізмів на холостому ходу, змащують рухомі вузли та усувають можливі несправності. Завершальним етапом є пробний прохід на невеликій ділянці поля для оцінки якості викопування та остаточного регулювання агрегату.

3.2.4. Робота агрегату в загінці.

Під час роботи бурякозбирального агрегату в загінці трактор із начіпним копачем рухається вздовж рядків буряків із встановленою робочою швидкістю. Перед початком роботи механізатор визначає напрям руху та межі загінки, щоб

забезпечити рівномірне викопування коренеплодів без пропусків. Робочі органи копача заглиблюються в ґрунт нижче рівня розташування буряків, підрізають пласт землі та виводять коренеплоди на поверхню.

Під час руху агрегату очищення буряків від ґрунту відбувається завдяки коливанню та роботі сепарувальних елементів. Механізатор постійно контролює глибину ходу копача, прямолінійність руху та якість викопування. На поворотних смугах агрегат переводять у транспортне положення, після чого виконують розворот і продовжують роботу на наступному проході. Такий процес забезпечує ефективне збирання врожаю з мінімальними втратами [10,17].

3.2.5. Контроль за якістю виконання роботи.

Контроль якості викопування коренеплодів бурякозбиральним агрегатом проводять безпосередньо під час роботи в полі. Основну увагу приділяють повноті підбирання буряків, ступеню пошкодження коренеплодів і кількості втрат у ґрунті. Для перевірки після проходу агрегату оглядають певну ділянку рядка та визначають наявність невикопаних або пошкоджених буряків. Якщо виявляють значні втрати, регулюють глибину ходу копача та швидкість руху трактора.

Також оцінюють якість очищення коренеплодів від землі й рослинних решток. Під час контролю враховують рівномірність роботи агрегату та стан робочих органів. Регулярна перевірка дає можливість своєчасно усунути недоліки та забезпечити ефективне збирання врожаю з мінімальними втратами [10,17].

Висновки по розділу. В результаті проведених розрахунків та аналізу операційної технології встановлено, що проєктний бурякозбиральний агрегат Spaike ТК 904 + АЗК-6-01 є працездатним і ефективним у виробничих умовах. Його використання забезпечує підвищення продуктивності праці, зменшення витрат пального та покращення якості викопування коренеплодів порівняно з базовим варіантом.

4. Інженерна частина.

4.1. Стан питання про копач.

4.1.1. Призначення машини.

Копач АЗК-6-01, призначений для збирання коренеплодів цукрових буряків, є ефективною вітчизняною альтернативою імпортній техніці та активно застосовується у фермерських господарствах і приватних агропідприємствах. Машина використовується для викопування буряків, вирощених із міжряддям 45см. До складу комплексу входить навісний валкоутворювач, що забезпечує укладання коренеплодів у валки. Агрегат сумісний із тракторами тягового класу 1,4–2 1,4–2. Експлуатація машини допускається в усіх бурякосійних регіонах за температури повітря від 0 до +40°С, вологості ґрунту в межах 15–25% і твердості ґрунту не більше 4,0МПа.

4.1.2. Агротехнічні вимоги до копачів коренеплодів.

Копачі бурякозбиральних машин повинні забезпечувати повне підкопування коренеплодів із мінімальними втратами та пошкодженнями. Допустимі втрати буряків у ґрунті не мають перевищувати 1,5–2%, а механічно пошкоджених коренеплодів – не більше 8–10%. Відхилення глибини ходу робочих органів допускається в межах $\pm 2\text{см}$ від заданого значення. Засміченість вороху ґрунтом і рослинними рештками не повинна перевищувати 10–12%. Копачі мають стабільно працювати на різних типах ґрунтів, забезпечуючи рівномірність руху та надійність технологічного процесу за вологості ґрунту 18–27% [1,2,3,10,17,25,26].

4.1.3. Будова і робота машини.

Копач АЗК-6-01 має передню та задню рами, на яких закріплені робочі й допоміжні вузли. На передній рамі встановлений копач комбінованого типу, до складу якого входять сферичні диски та лижі. Залежно від стану ґрунту положення дисків і лиж змінюють, що дає змогу покращити якість викопування та зменшити пошкодження коренеплодів. Передня частина машини спирається на опорні колеса.

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

На задній рамі розташовані дві пруткові турбіни, які підбирають викопані буряки, очищають їх від ґрунту та подають до валкоутворювача. Привод турбін здійснюється від ВВП трактора через редуктори. Для стабільної роботи агрегату необхідно дотримуватись вимог технічного обслуговування та правил регулювання, визначених виробником.

Положення лиж відносно поверхні поля змінюють регулюванням опорних коліс і верхньої тяги навісної системи трактора. На щільних і сухих ґрунтах нижня частина лижі повинна бути паралельною поверхні поля, що дозволяє уникнути пошкодження буряків. На вологих або пухких ґрунтах передню частину лижі піднімають приблизно на 20 мм. Глибина заглиблення робочих органів залежить від вологості ґрунту та може змінюватися перестановкою тяг навіски трактора.

Глибину роботи дисків регулюють переміщенням їх стояків. Для сухого ґрунту диски розташовують нижче рівня лиж, а для вологого – дещо вище. Кут атаки дисків підтримують у межах 28–30°. Після налаштування всі елементи надійно фіксують болтами та контргайками. Чистики встановлюють із невеликим зазором до поверхні диска, а після кількох годин роботи перевіряють їх стан і за потреби коригують положення.

Регулювання задньої рами впливає на положення турбінних коліс. У сухих умовах передня частина турбін повинна розміщуватись на рівні поверхні ґрунту, а задня – дещо вище. На перезволожених ґрунтах турбіни піднімають вище та віддаляють від дисків для кращого очищення коренеплодів. Бокові решітки спрямовують буряки до валкоутворювача, який укладає їх у валок.

Під час роботи агрегат рухається вздовж рядків після проходу гичкозбиральної машини. Лижі створюють тиск на ґрунт, диски підкопують коренеплоди, а турбіни очищають їх від землі та рослинних домішок. Після цього буряки подаються до валкоутворювача для формування рівномірного валка.

4.1.4. Аналіз недоліків та заходи спрямовані на удосконалення конструкції машини.

Основним активним елементом копача є викопувальний диск, напіввісь якого закріплюється на рамі за допомогою спеціального стояка. Обертання диска в процесі роботи забезпечується маточиною з підшипниковим вузлом. Оскільки диск установлений під певним кутом атаки, під час експлуатації на нього діють не лише радіальні, а й осьові навантаження. Для сприйняття таких навантажень у конструкції застосовано вузол із конічними роликowymi підшипниками, що гарантує надійну роботу робочого органу.

Разом із тим використання роликowych підшипників має певні недоліки: необхідність періодичного регулювання, більшу матеріаломісткість та вищу собівартість виготовлення. Відомо, що кулькові підшипники характеризуються меншими втратами енергії та простішою конструкцією порівняно з роликowymi аналогами. З огляду на це пропонується у підшипниковому вузлі викопувальних дисків замінити радіально-упорні роликкові підшипники на радіально-упорні кулькові. Таке технічне рішення дасть можливість зменшити вартість вузла, спростити його обслуговування та підвищити ефективність роботи механізму.

4.2. Технологічні розрахунки.

4.2.1. Визначення діаметра викопуючого диска.

Як зазначалося раніше, викопувальний робочий орган включає пасивний леміш у формі лижі та сферичний диск, який зміщений назад відносно лижі й установлений під певним кутом до напрямку руху агрегату. Під час роботи лижа ущільнює та підпирає шар ґрунту з одного боку коренеплоду, а диск одночасно підрізає його з протилежного боку. У результаті сумісної дії підпору, підрізання та вертикального переміщення коренеплоди піднімаються по внутрішній поверхні диска, зміщуються вбік і частково осипаються вниз. Такий процес забезпечує інтенсивне кришення ґрунту та краще очищення буряків від налиплої землі [1,2,16,25,26]. Зі збільшенням кута атаки підвищується активність взаємодії диска з ґрунтом і коренеплодами.

Розрахуємо основні параметри викопувального диска, скориставшись деякими рекомендаціями [2,25,26].

Для визначення його діаметра скористаємось виразом

Діаметр диска визначиться з виразу

$$D_o = 2(a + \Delta k) + d_{\phi л} \quad (4.1)$$

де $a = 75 \text{ мм}$ – глибина заглиблення диска копача згідно з технічними характеристиками;

$\Delta k = 95 \text{ мм}$ - резерв діаметра диска для компенсації нерівностей поверхні поля [25,26];

$$d_{\phi л} = 0,3 \cdot D_o - \text{діаметр фланця маточини};$$

Тоді

$$D_o = 2(75 + 90) + 115 = 445 \text{ мм}$$

Призначаємо $D_o = 450 \text{ мм}$.

Обчислимо товщину диска

$$t_o = 0,01 \cdot D_o = 0,01 \cdot 450 = 4,5 \text{ мм} \quad (4.2)$$

Призначаємо $t_o = 5,0 \text{ мм}$

4.2.2. Кінематичний розрахунок.

Частота обертання ВВП трактора Spraike ТК 904 дорівнює $n_{ВВП} = 540 \text{ об / хв}$ [29].

Згідно кінематичної схеми (рис. 4.1) [6,21]

$$n_I = n_{ВВП} = 540 \text{ об / хв};$$

$$n_{II} = 540 \frac{17}{34} = 270 \text{ об / хв};$$

$$n_{III} = n_{II} = 270 \text{ об}^{-1};$$

$$n_{IV} = n_{III} = 270 \text{ об / хв};$$

$$n_V = n_{IV} \frac{z_3}{z_4} = 270 \frac{14}{56} = 67,5 \text{ об / хв}.$$

$$N_{III} = N_{II} \cdot \eta_{шм}^2 = 38,8 \cdot 0,98^2 = 37,3 \text{ кВт}$$

де $\eta_{шм} = 0,98$ - ККД шарнірної муфти;

$$N_{IV} = N_{III} \cdot \eta_{шк}^2 = 37,3 \cdot 0,98^2 = 35,8 \text{ кВт};$$

$$N_V = N_{IV} \cdot \eta_{зп} \cdot \eta_{нк}^2 = 35,8 \cdot 0,98 \cdot 0,98^2 = 33,7 \text{ кВт}$$

де $\eta_{зп} = 0,98$ - ККД зубчатої передачі приводу.

Крутні моменти на валах

$$T_I = T_{ввп} = \frac{N_I}{\omega_I} = \frac{45,7 \cdot 10^3}{56,52} = 808,6 \text{ Нм} \quad (4.18)$$

$$T_{II} = \frac{N_{II}}{\omega_{II}} = \frac{38,8 \cdot 10^3}{28,3} = 1353,4 \text{ Нм}$$

$$T_{III} = \frac{N_{III}}{\omega_{III}} = \frac{37,3 \cdot 10^3}{28,3} = 1318,0 \text{ Нм}$$

$$T_{IV} = \frac{N_{IV}}{\omega_{IV}} = \frac{35,8 \cdot 10^3}{28,3} = 1265,0 \text{ Нм}$$

$$T_V = \frac{N_V}{\omega_V} = \frac{33,7 \cdot 10^3}{7,1} = 4746,5 \text{ Нм}$$

4.3. Розрахунки на міцність.

4.3.1. Розрахунок на міцність напіввісі викопувального диска

За рекомендаціями [2,25,26] при взаємодії з ґрунтом на викопувальний диск діє сила, значення якої коливається в межах $R_x^r = 800 \dots 1100 \text{ Н}$. Обираємо величину $R_x^r = 845 \text{ Н}$ горизонтальної складової сили R_x . Вертикальна складова вказаної сили визначиться

$$R_y^B = 1,2 \cdot R_x^r = 1,2 \cdot 845 = 1014,0 \text{ Н} \quad (4.19)$$

В горизонтальній площині (рис. 4.2) реакції опор визначаються

$$\sum M_A = 0 \quad R_x^r (l_1 + l_2) - R_B^r \cdot l_2 = 0$$

$$R_B^r = \frac{R_x^r (l_1 + l_2)}{l_2} = \frac{845(0,068 + 0,045)}{0,045} = 2121,9 \text{ Н}$$

$$\sum M_B = 0 \quad -R_A^r \cdot l_2 + R_x^r \cdot l_1 = 0$$

$$R_A^r = \frac{R_x^r \cdot l_1}{l_2} = \frac{845 \cdot 0,068}{0,045} = 1276,9 \text{ Н}$$

Перевірка

$$\sum F = 0 \quad -R_x^F + R_B^F - R_A^F = -845 + 2121,9 - 1276,9 = 0$$

У вертикальній площині реакції опор визначаються

$$\sum M_A = 0 \quad -R_y^B (l_1 + l_2) - R_B^B \cdot l_2 = 0$$

$$R_B^B = \frac{R_y^B (l_1 + l_2)}{l_2} = \frac{1014(0,068 + 0,045)}{0,045} = 2546,3H$$

$$\sum M_B = 0 \quad -R_y^B \cdot l_1 + R_A^B \cdot l_2 = 0$$

$$R_A^B = \frac{R_y^B \cdot l_1}{l_2} = \frac{1014 \cdot 0,068}{0,045} = 1532,3H$$

Перевірка

$$\sum F = 0$$

$$R_y^B - R_B^B + R_A^B = 1014 - 2546,3 + 1532,3 = 0$$

Значення згинаючого моменту в небезпечному перерізі (точка *B*).

- горизонтальна площина

$$M_{32}^F = R_x^F \cdot l_1 = 845 \cdot 0,068 = 57,5Hm$$

- вертикальна площина

$$M_{32}^B = R_y^B \cdot l_1 = 1014 \cdot 0,068 = 68,9Hm$$

Сумарний згинаючий момент

$$\sum M_{32} = \sqrt{(M_{32}^F)^2 + (M_{32}^B)^2} = \sqrt{57,5^2 + 68,9^2} = 89,7Hm$$

Попереднє значення діаметру напіввісі.

$$d = \sqrt[3]{\frac{\sum M_{32}}{0,1 \cdot [\sigma_{-1}]}} = \sqrt[3]{\frac{89,7}{0,1 \cdot 55 \cdot 10^6}} = 0,025m = 25mm \quad (4.20)$$

де $[\sigma_{-1}] = 55MPa$ - допустиме значення напружень.

З конструктивних міркувань призначаємо $d = 40mm$.

Матеріал напіввісі – сталь 45ГОСТ1050–88

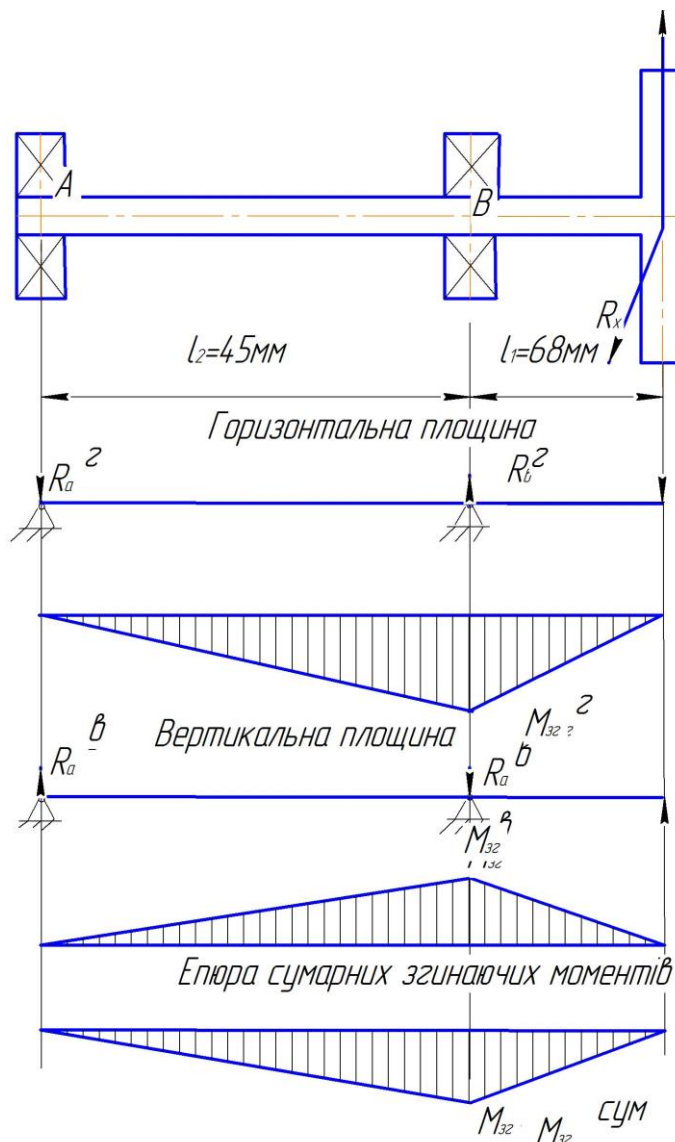


Рис. 4.2. Розрахункова схема.

4.3.2. Розрахунок кулькового підшипника.

Визначаємо ресурс роботи підшипника у підшипниковому вузлі дискового копача [25,26].

$$t = 24 \cdot K_{\text{доб}} \cdot 365 \cdot K_{\text{річ}} \cdot L, \text{ год} \quad (4.21)$$

де $K_{\text{доб}} = 0,33$ – коефіцієнт, що враховує вплив часу доби;

$K_{\text{річ}} = 0,3$ - коефіцієнт використання часу року;

$L = 8 \text{ років}$

Тоді

$$t = 24 \cdot 0,33 \cdot 365 \cdot 0,3 \cdot 8 = 6937,2 \text{ год}$$

Радіальне навантаження на підшипник

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

$$F_r = \sqrt{(R_B^F)^2 + (R_B^B)^2} = \sqrt{2121,9^2 + 2546,3^2} = 3314,5H$$

Осьове навантаження

$$F_a = F_r \cdot \sin \alpha = 3314,5 \cdot \sin 28^\circ = 1556,2H$$

Посадочний діаметр під підшипник $d = 40mm$

Значення коефіцієнту обертання кільця $V = 1$

Обчислимо частоту обертання викопувального диска

$$n = \frac{V_p \cdot 60 \cdot 1000}{\pi \cdot D_\phi} = \frac{1,81 \cdot 60 \cdot 1000}{3,14 \cdot 450} = 76,7x6^{-1} \quad (4.22)$$

де $V_p = 1,81m/c$ – робоча швидкість копача;

$K_\sigma = 1,35$ - коефіцієнт безпеки підшипника при можливих короткочасних його перевантаженнях.

$K_T = 1$ - значення температурного коефіцієнта при температурному режимі до $100^\circ C$.

Попередньо обираємо кульковий радіально-упорний підшипник легкої серії 46208ГОСТ831–75. Для нього динамічна вантажність $C_0 = 21300H$, контактний кут $\alpha = 12^\circ$, $\varepsilon = 0,28$.

Обираємо коефіцієнти осьового та радіального навантаження - $X = 1; Y = 0$.

Еквівалентне динамічне навантаження на кульковий радіально-упорний підшипник

$$P = (X \cdot V \cdot F_r + Y \cdot F_a) K_\sigma \cdot K_T = 1 \cdot 1,81 \cdot 3314,5 \cdot 1,35 \cdot 1 = 8099,0H \quad (4.24)$$

Враховуючи характер навантаження підшипникового вузла, прийнято коефіцієнт інтенсивності навантаження $K_e = 0,7$ і визначено еквівалентне навантаження підшипника.

$$P_e = K_e \cdot P = 0,7 \cdot 8099,0 = 5669,3H \quad (4.25)$$

Для 90%-ої надійності вузла коефіцієнт $a_1 = 1$. Для умов експлуатації кулькових радіально-упорних підшипників $a_{23} = 0,7$.

В зв'язку з цим, розрахункова довговічність підшипника

$$L_d = a_1 \cdot a_{23} \left(\frac{C_0}{P_e} \right)^p = 1 \cdot 0,7 \left(\frac{21300}{5669,3} \right)^3 = 53,0 млн.об \quad (4.26)$$

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Показник $p = 3$ для кулькових підшипників.

Обчислимо розрахункову довговічність підшипника

$$L_h = \frac{1745 \cdot L_D}{\omega_0} = \frac{1745 \cdot 53,0}{8,04} = 11510,4 \text{ год} \quad (4.27)$$

де $\omega_0 = 8,04 \text{ c}^{-1}$ - кутова швидкість диска.

Довговічність підшипника забезпечується.

Висновки по розділу. У результаті виконання інженерної частини було проаналізовано конструкцію копача АЗК-6-01 та визначено основні напрями її удосконалення. Проведені технологічні, кінематичні й силові розрахунки дозволили обґрунтувати параметри викопувального диска та елементів приводу. Запропонована заміна роликів підшипників на радіально-упорні кулькові сприяє зменшенню матеріаломісткості, спрощенню технічного обслуговування і підвищенню ефективності роботи вузла. Розрахунки на міцність підтвердили достатню надійність напіввісі та підшипникового вузла за заданих умов експлуатації.

5. Охорона праці.

5.1. Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів при експлуатації бурякозбирального агрегату.

Процес механізованого збирання цукрових буряків із застосуванням трактора Spaike ТК 904 та начіпного копача коренеплодів АЗК-6-01 супроводжується впливом комплексу небезпечних і шкідливих виробничих факторів на тракториста машинно-тракторного агрегату [9].

Фізичні небезпечні фактори включають рухомі частини машин та механізмів. Копач коренеплодів АЗК-6-01 оснащений активними викопувальними робочими органами, турбінними очисниками, які створюють зони підвищеної небезпеки. Обертові карданні вали трансмісії передають крутний момент від валу відбору потужності трактора до робочих органів машини з частотою – 540 об/хв, що становить серйозну загрозу травмування .

Механічні небезпечні фактори проявляються через можливість падіння з висоти під час технічного обслуговування, заземлення кінцівок між рухомими частинами машини, удари елементами конструкції при несподіваному спрацюванні механізмів. Маса начіпного копача АЗК-6-01 становить близько 1300 кг, що вимагає особливої уваги при агрегуванні та від'єднанні машини від трактора [9,31].

Шкідливі фізичні фактори представлені підвищеним рівнем шуму, який під час роботи агрегату може досягати 85-92 дБА у зоні розташування оператора. Загальна та локальна вібрація передається на робоче місце механізатора через органи керування та підлогу кабіни. Запиленість повітря робочої зони значно зростає в суху погоду, особливо на легких ґрунтах, що негативно впливає на органи дихання та зору [8,9,31].

Хімічні шкідливі фактори зумовлені контактом з паливно-мастильними матеріалами, гідравлічними рідинами та охолоджувальними засобами. Випари дизельного палива та відпрацьовані гази двигуна трактора Spaike ТК 904 містять токсичні компоненти, зокрема оксиди вуглецю, азоту та сірки.

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

Психофізіологічні фактори включають нервово-психічні перевантаження внаслідок тривалої концентрації уваги, монотонності праці та необхідності постійного контролю технологічного процесу. Фізичні перевантаження виникають через статичну робочу позу оператора протягом тривалого часу [9,31].

5.2. Вимоги безпеки до конструкції бурякозбирального агрегату.

Конструктивні елементи трактора Spaike ТК 904 та копача АЗК-6-01 повинні відповідати вимогам державних стандартів з безпеки сільськогосподарської техніки та забезпечувати захист оператора від дії небезпечних факторів [9,31].

Захисні огороження є обов'язковими елементами безпеки агрегату. Карданні вали трансмісії оснащуються захисними кожухами з телескопічною конструкцією, які повністю закривають обертові частини та унеможливають контакт з ними.

Кабіна трактора Spaike ТК 904 виготовляється за вимогами стандартів щодо захисту при перекиданні та від падаючих предметів. Конструкція кабіни забезпечує збереження життєвого простору оператора при аварійних ситуаціях. Органи керування розташовуються в зоні досяжності оператора з урахуванням ергономічних вимог.

Інформаційне забезпечення безпеки реалізується через систему попереджувальних написів та знаків безпеки. На всіх небезпечних зонах машини розміщуються піктограми червоного кольору із зображенням виду безпеки. Таблички з інструкціями щодо безпечної експлуатації закріплюються у видимих місцях агрегату [5].

5.3. Заходи безпеки при підготовці агрегату до роботи

Підготовка бурякозбирального агрегату до роботи є відповідальним етапом, який вимагає суворого дотримання встановленого порядку дій та виконання обов'язкових перевірок технічного стану [9,31].

Перед початком агрегування копача АЗК-6-01 з трактором Spaike ТК 904 механізатор зобов'язаний пройти інструктаж з охорони праці та мати при собі

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

посвідчення на право керування даним типом техніки. Роботи з під'єднання начіпної машини виконуються на рівному майданчику з твердим покриттям за участю не менше двох працівників.

Перевірки перед виїздом на поле включають контроль рівня експлуатаційних рідин, стану шин та тиску в них, працездатності гальмівної системи та рульового керування. Освітлювальні прилади та світлоповертачі перевіряються на справність і чистоту. Гідравлічна система оглядається на відсутність витоків робочої рідини.

Технічний стан копача АЗК-6-01 контролюється за наступними параметрами: цілісність захисних огорожень, надійність кріплення робочих органів, стан очисних турбін, працездатність механізмів регулювання глибини ходу викопувальних лиж та дисків.

5.4. Вимоги безпеки під час виконання технологічного процесу.

Експлуатація бурякозбирального агрегату безпосередньо на полі потребує постійної уваги оператора та дотримання встановлених правил безпечного ведення робіт.

Перед початком руху агрегату механізатор зобов'язаний переконатися у відсутності людей та сторонніх предметів у зоні роботи машини. Звуковим сигналом подається попередження про початок руху. Увімкнення валу відбору потужності та робочих органів копача здійснюється плавно, без ривків, при мінімальних обертах двигуна.

Під час роботи агрегату забороняється виконувати регулювання робочих органів, усувати забивання очисних турбін, проводити технічне обслуговування. Розвороти на поворотних смугах виконуються на зниженій швидкості з попереднім підніманням робочих органів у транспортне положення. При русі заднім ходом обов'язковим є контроль простору позаду агрегату.

Транспортування агрегату по дорогах загального користування здійснюється з дотриманням правил дорожнього руху. Копач переводиться в транспортне положення з фіксацією робочих органів. Габаритні вогні та

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

світлоповертачі вмикаються незалежно від часу доби. Швидкість руху не повинна перевищувати 20 км/год [9,31].

При роботі в умовах підвищеної запиленості рекомендується використовувати фільтрувальну півмаску для захисту органів дихання. Кабіна трактора повинна бути герметично закрита, система вентиляції переводиться в режим рециркуляції.

5.5. Заходи пожежної безпеки

Бурякозбиральний агрегат належить до потенційно пожежонебезпечних об'єктів внаслідок наявності значних об'ємів пального та нагрітих поверхонь двигуна [9,31].

Первинні засоби пожежогасіння обов'язково комплектуються на тракторі та включають порошковий вогнегасник місткістю не менше 5 кг, який розміщується у кабіні в легкодоступному місці. Термін придатності вогнегасника контролюється щорічно.

Профілактичні заходи включають регулярне очищення двигуна та агрегатів від рослинних залишків, які накопичуються на гарячих поверхнях і можуть самозайматися. Паливна система перевіряється на герметичність, витоки палива негайно усуваються. Електропроводка оглядається на відсутність пошкоджень ізоляції та окислення контактів [9,31].

При виникненні пожежі механізатор зобов'язаний негайно зупинити агрегат, заглушити двигун та залишити кабіну. Гасіння здійснюється вогнегасником із навітряного боку короткими порціями, спрямованими на основу полум'я. При неможливості ліквідації пожежі власними силами викликається пожежна охорона [9,31].

Висновки по розділу. У результаті аналізу умов експлуатації бурякозбирального агрегату встановлено основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що впливають на механізатора. Запропоновані заходи охорони праці, технічної та пожежної безпеки забезпечують зниження ризику травматизму, підвищення надійності роботи агрегату та створення безпечних умов праці під час збирання цукрових буряків.

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

6. Висновки.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання удосконалення технологічного процесу механізованого вирощування та збирання цукрових буряків шляхом модернізації копача коренеплодів. Актуальність роботи обумовлена необхідністю підвищення ефективності буряківництва, зниження втрат урожаю, скорочення витрат паливно-енергетичних ресурсів і підвищення надійності роботи збиральної техніки в сучасних умовах аграрного виробництва.

У першому розділі проведено аналіз типової технології вирощування цукрових буряків, розглянуто господарське значення культури, її біологічні особливості, місце в сівозміні, систему удобрення, обробіток ґрунту, сівбу, догляд за посівами та технологію збирання врожаю. Встановлено, що ефективність виробництва значною мірою залежить від рівня механізації та правильного підбору машинно-тракторних агрегатів. На основі проведеного аналізу обґрунтовано доцільність використання агрегату Spaike ТК 904 у комплекті з копачем АЗК-6-01 як енергоощадної альтернативи застарілому комбайну РКС-6.

У другому розділі виконано розрахунок параметрів операційної технології викопування коренеплодів. Визначено роботоздатність та продуктивність бурякозбирального агрегату, встановлено раціональні режими його роботи, проведено оцінку витрат пального та організації технологічного процесу. Результати розрахунків показали, що запропонований агрегат забезпечує підвищення продуктивності праці та зменшення витрат дизельного палива порівняно з базовим варіантом, що підтверджує економічну доцільність його впровадження у виробництво.

В інженерній частині проаналізовано конструкцію копача АЗК-6-01 та визначено напрями її удосконалення. Основну увагу приділено модернізації підшипникового вузла викопувального диска. Запропоновано заміну конічних роликів підшипників на радіально-упорні кулькові, що дозволяє зменшити матеріаломісткість конструкції, спростити технічне обслуговування та

підвищити ефективність роботи механізму. Проведені технологічні, кінематичні, силові та міцнісні розрахунки підтвердили працездатність і надійність запропонованого конструктивного рішення. Розрахунок довговічності підшипникового вузла показав відповідність його параметрів умовам експлуатації.

У розділі охорони праці виконано аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, які виникають під час експлуатації бурякозбирального агрегату. Розроблено комплекс заходів із забезпечення безпечних умов праці, пожежної безпеки та безпечної експлуатації техніки. Запропоновані заходи сприяють зниженню ризику травматизму та підвищенню надійності роботи агрегату.

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

Список використаної літератури.

1. Волоха М.Н. Технологічний комплекс машин для виробництва буряків цукрових: ширина міжрядь. Теорія, моделювання, результати випробувань [монографія] / М.П. Волоха.- Київ: Центр учбової літератури, 2015. – 220 с.

2. Бендера І.М., Рудь А.В., Козій Я.В. та ін.. Проектування сільськогосподарських машин. Навчальний посібник для виконання курсових проектів з розробки сільськогосподарської техніки при підготовці фахівців напряму 6.100202 “Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва”. – Кам’янець-Подільський: ФОП Сисин О.В., 2011.- 640 с.

3. Боженко В.О. Сільськогосподарські машини та їх використання: Навчальний посібник. Київ: Аграрна освіта, 2009. 420 с.

4. Впровадження нової бурякозбиральної техніки – шлях підвищення рентабельності виробництва / [Я.Ю. Вовк, Я.М. Сало, М.П. Волоха та ін.] // Цукрові буряки. - 2005. - №6(48). – С.17–19

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

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

7. Досвід отримання високих врожаїв цукрових буряків. URL: <https://www.agronom.com.ua/dosvid-otrymannya-vysokyh-vrozhayiv-tsukrovyyh-buryakiv>.

8. ДСТУ ISO 4872:2015. Акустика. Вимірювання шуму, що випромінюється будівельним обладнанням, призначеним для зовнішнього використання. – Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015. – 28 с.

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

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

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

11. Збирання врожаю цукрових буряків. URL: <https://www.kws.com/ua/uk/agroservis/zbyrannya-urozhayu/tsukrovyy-buryak>.

12. Зінченко О. І., Салатенко В. Н., Білоножко М. А. Рослинництво. – К.: Аграрна освіта, 2001. – 591 с.

13. Корисні поради щодо внесення добрив при вирощуванні цукрових буряків. URL: <https://www.kws.com/ua/uk/agroservis/vyroshchuvannya-roslyn/vnesennya-dobryv/udobrennya-tsukrovyyh-buryakiv>.

14. Лихочвор В. В., Петричук Р. Ф. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. – Львів: НВФ «Українські технології», 2006. – 730 с.

15. Машини бурякозбиральні. Загальні технічні умови: ДСТУ 2285 – 93 (ГОСТ 7496 - 93). - [Чинний від 1995. 01. 01]. – К.: Держспоживстандарт України, 1995. – 28 с. - (Національний стандарт України)

16. Машини для збирання цукрових буряків: конструкції та сучасні вимоги. URL: <https://propozitsiya.com/ua/mashini-dlya-zbirannya-cukrovih-buryakiv-konstrukciyi-ta-suchasni-vimogi>.

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

18. Народногосподарське значення цукрових буряків. URL: <https://studfile.net/preview/14357274/page:154>.

19. Основи агрономії: Навчальний посібник / Левицька Ю.М., Шевніков М.Я., Бакума А.В. – К.: Аграрна освіта, 2008.

20. Основи механізації сільськогосподарського виробництва: Навч. посібник. / І.І. Ріпка, Я.В. Семен, О.М. Крупич, І.М. Бендера, А.В. Рудь – Львів: ЛНАУ, 2013. – 224 с.

21. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунків деталей машин: Підручник.-К.: Вища шк., 1993.-556 с.

22. НАПБ А.01.001-2014. Правила пожежної безпеки в Україні. – Київ: МВС України, 2014. – 98 с.

23. Правила охорони праці під час виробництва і зберігання продукції рослинництва: НПАОП 01.1-1.07-14. – Київ: Держгірпромнагляд, 2014. – 62 с.

24. Роїк М. В., Гізбулін М. Г., Франко В. Б. Цукровий буряк. – К.: ФОП Корзун Д. Ю., 2009. – 327 с.

25. Сільськогосподарські машини : підручник / Войтюк Д.Г. та ін. К.: "Агроосвіта", 2015. 679 с.

26. Сисолін П.В., Рибак Т.І., Сало В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студент. вищ. навч. закл. із спец. "Машини та обладн. с.-г. вир-ва" / За ред. М.І. Черновола. Кн. 2: Машини для рільництва. – К.: Урожай, 2002.-364 с.

27. Способи підготовки до сівби насіння цукрових буряків. URL: <https://agrotimes.ua/agronomiya/sposobi-pidgotovki-do-sivbi-nasinnya-cukrovih-buryakiv>.

28. Сучасні технології збирання цукрових буряків. URL: https://ropa.in.ua/news/suchasni-tehnologii-zbirannja-cukrovih-burjakiv/?srsId=AfmBOooFmaghXAkId7GqwfjxOe8naLy0pqnNQIfP_LCbJwPyoJmYhHUQ.

29. Tractors SPIKE. URL: https://tractorspike.com/?utm_source.

30. Урожайність та цукристість коренеплодів цукрового буряка залежно від норм мінеральних добрив. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia->

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

sohodni/item/18262-urozhainist-ta-tsukrystist-koreneplodiv-tsukrovoho-buriaka-zalezno-vid-norm-mineralnykh-dobryv.html.

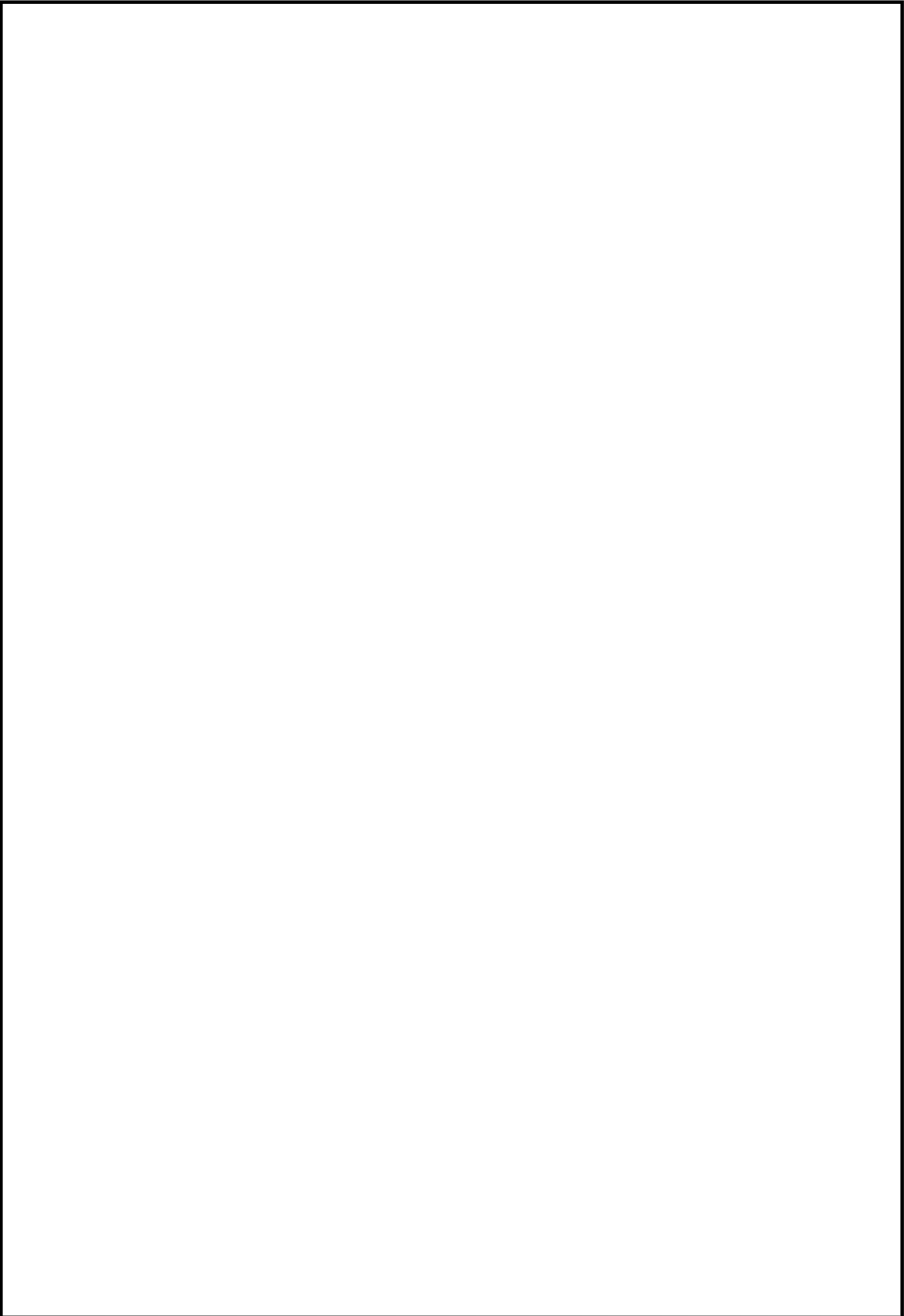
31. Цілинський В.П. Охорона праці в рослинництві / В.П. Цілинський. – К.: «Урожай», 1991. – 136 с.

32. Як знизити втрати та підвищити якість збирання цукрових буряків.
URL: <https://www.agronom.com.ua/yak-znyzyty-vtraty-i-pidvyshhyty-yakist-zbyrannya-tsukrovyyh-buryakiv>.

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

ДОДАТКИ

					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45



					МВЦБ 00.000 ПЗ	Арк.
Вм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46