

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ ” 2026 р.

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

Механізація вирощування цукрових буряків з
удосконаленням конструкції бурякозбирального комбайна

Виконав здобувач вищої освіти IV
курсу,

групи AI-23мб-1.2

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

Тищенко Віктор Васильович

« » 2026 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

Володимир АМОСОВ

« » 2026 р.

Рецензент

канд. техн. наук, доц.

Тимофій РУДЕНКО

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень

Галузь знань 20 «Аграрні науки та продовольство»

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Освітньо-професійна програма «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« » 2026 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Тищенко Віктор Васильович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Механізація вирощування цукрових буряків з удосконаленням конструкції бурякозбирального комбайна
2. Керівник роботи (проекту) Амосов Володимир Васильович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання роботи до захисту 12.06.2026 р.
4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) Підвищення ефективності технології вирощування цукрових буряків та вдосконалення конструкції доочисного механізму бурякозбирального комбайна «Збруч-6».
5. Перелік графічного матеріалу 1. Технологічна карта; 2. Операційно-технологічна карта; 3. Комбайн «Збруч-6» – комбінована схема; 4. Доочисний механізм – складальне креслення; 5. Деталювання. Всього 4,25 аркушів формату А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-6	Амосов В.В.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Виконання розділів 1, 2		
	Графічна частина арк. 1	27.05.2026 р.	
2	Виконання розділу 3		
	Графічна частина арк. 2	30.05.2026 р.	
3	Виконання розділу 4		
	Графічна частина арк. 3, 4, 5	05.06.2026 р.	
4	Виконання розділів 5, 6	08.06.2026 р.	
5	Оформлення пояснювальної записки,		
	графічної частини, підготовка до захисту.	10.06.2026 р.	

Дата видачі завдання
«13» квітня 2026 р.

Підпис керівника

_____ Амосов В.В.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
«___» _____ 2026 р.

Підпис здобувача

_____ Тищенко В.В.
(прізвище та ініціали)

Анотації

Тищенко Віктор Васильович
Tyshchenko Viktor

Механізація вирощування цукрових буряків з удосконаленням конструкції
бурякозбирального комбайна

Mechanization of sugar beet cultivation with improved design of beet harvester

У кваліфікаційній роботі вдосконалено технологію вирощування цукрових буряків та модернізовано доочисний механізм бурякозбирального комбайна «Збруч-6», що дозволило підвищити якість цукрових буряків. Проведені необхідні розрахунки доочищувача. У розділі охорони праці запропоновані заходи для зменшення дії шкідливих факторів на оператора бурякозбирального комбайна.

In the qualification work, the technology of growing sugar beets was improved and the pre-cleaning mechanism of the beet harvester "Zbruch-6" was modernized, which made it possible to improve the quality of sugar beets. Necessary calculations of the after-cleaner have been carried out. In the labor protection section, measures are proposed to reduce the effect of harmful factors on the operator of the beet harvester.

**технологічна карта, цукровий буряк, бурякозбиральний комбайн,
доочисний механізм**

technological map, sugar beet, beet harvester, post-cleaning mechanism

Тищенко В. В. Механізація вирощування цукрових буряків з удосконаленням конструкції бурякозбирального комбайна : кваліфікаційна бакалаврська робота : спец. 208 «Агроінженерія» / наук. кер. В. В. Амосов ; Центральноукраїн. нац. техн. ун-т. – Кропивницький : ЦНТУ, 2026. – 58 с.

[illegible]

ЗМІСТ

	стор.
ЗМІСТ	4
1 ВСТУП	5
2 АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЦУКРОВОГО БУРЯКА З ВИЗНАЧЕННЯМ ШЛЯХІВ ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ	7
3 ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВОГО БУРЯКА	23
4 ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА	39
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	54
6 ВИСНОВКИ	57
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	58
ДОДАТКИ	59

1 ВСТУП

Цукровий буряк є однією з ключових сільськогосподарських культур, що має велике значення у аграрному виробництві. Він виступає основною сировиною для цукрової промисловості, а також широко використовується як цінний корм для великої рогатої худоби, свиней та інших видів сільськогосподарських тварин.

Ця культура належить до високопоживних як харчових, так і кормових рослин. Коренеплоди цукрового буряка містять значну кількість поживних речовин, добре засвоюються організмом тварин і характеризуються високою поїдаємістю.

Окрім харчового та кормового значення, цукровий буряк має важливу агротехнічну роль у сівозміні. Під його вирощування зазвичай вносять підвищені норми органічних і мінеральних добрив, що сприяє підвищенню родючості ґрунту. Крім того, завдяки інтенсивному догляду за посівами поля суттєво очищуються від бур'янів, тому буряк є хорошим попередником для багатьох наступних культур у сівозміні.

Сучасне сільськогосподарське виробництво характеризується постійним розвитком і впровадженням нової техніки. Підприємства аграрного машинобудування випускають широкий спектр машин, які мають значний виробничий потенціал. Їх ефективне використання дозволяє забезпечити своєчасне виконання технологічних операцій, високу якість збирання врожаю, а також зниження витрат ручної праці та фінансових ресурсів.

Виробництво цукрових буряків передбачає використання комплексів сучасних машин і агрегатів, які відзначаються складною конструкцією та високим рівнем автоматизації. Для їх ефективної експлуатації необхідне якісне технічне обслуговування, високий рівень професійної підготовки механізаторів

					КБ6 00.000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.	Тищенко.				Механізація вирощування цукрових буряків з удосконаленням конструкції бурякозбирального комбайна	Літ.	Аркуш	Аркушів
Перевір.	Амосов В.В.							
						ЦНТУ, гр. АІ-23мб-1.2		
Н.контр.	Артеменко							
Затвер.	Васильковський							

і чітка організація виробничих процесів. Лише за таких умов можна забезпечити стабільне та якісне виконання всіх польових робіт.

Метою даної випускної кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності технологічного процесу вирощування цукрового буряка, а також удосконалення конструкції доочисного механізму бурякозбирального комбайна «Збруч-6».

					<i>КБ6 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

2 АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЦУКРОВОГО БУРЯКА З ВИЗНАЧЕННЯМ ШЛЯХІВ ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ

2.1 Біологічні особливості культури

Цукровий буряк є однією з найважливіших технічних культур в Україні та основною сировиною для виробництва цукру. Культура характеризується високою продуктивністю та здатністю формувати значну кількість сухої речовини. Коренеплоди цукрового буряка містять у середньому 16–20 % цукру, що визначає його важливе господарське значення[2].

Цукровий буряк належить до родини амарантових (Amaranthaceae) і є дворічною рослиною. У перший рік життя формуються коренеплід і розетка листків, а на другий рік після висаджування маточних коренеплодів розвиваються квітконосні пагони та насіння.

Насіння починає проростати за температури ґрунту 4–6 °С, проте дружні сходи з'являються за температури 10–12 °С. Оптимальною температурою для росту і розвитку рослин є 18–22 °С. Молоді сходи можуть витримувати короточасні приморозки до мінус 3–4 °С[2].

Цукровий буряк належить до вологолюбних культур. Для формування високого врожаю коренеплодів необхідно 450–550 мм опадів протягом вегетаційного періоду. Найбільша потреба у волозі спостерігається в період інтенсивного росту листового апарату та накопичення маси коренеплоду[2].

Культура добре росте на чорноземах типових, опідзолених чорноземах та сірих лісових ґрунтах із нейтральною або слабокислою реакцією ґрунтового розчину. Оптимальне значення рН становить 6,5–7,5[2].

Особливістю цукрового буряка є висока потреба в елементах живлення. Для формування 1 т коренеплодів із відповідною кількістю гички рослини виносять із ґрунту приблизно[2]:

- азоту – 4–6 кг;
- фосфору – 1,5–2,0 кг;
- калію – 5–7 кг.

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

У зв'язку з цим вирощування культури потребує ретельно розробленої системи удобрення.

Сучасна технологія вирощування цукрового буряка базується на використанні високопродуктивних гібридів, точному висіві насіння, інтегрованій системі захисту рослин та комплексній механізації виробничих процесів.

Основними напрямками удосконалення технології є:

- застосування високопродуктивних гібридів інтенсивного типу;
- використання GPS-навігації під час виконання польових робіт;
- диференційоване внесення добрив;
- використання систем точного землеробства;
- зменшення ущільнення ґрунту завдяки контрольованому руху техніки.

2.2 Місце в сівозміні

Правильне розміщення цукрового буряка в сівозміні є одним із головних факторів отримання високих урожаїв та якісної сировини.

Найкращими попередниками для культури є озима пшениця після багаторічних трав, гороху, ріпаку озимого або інших культур, що рано звільняють поле та створюють сприятливі умови для якісного основного обробітку ґрунту.

Не рекомендується висівати цукровий буряк після соняшнику, кукурудзи на зерно та багаторічного беззмінного вирощування буряка через накопичення шкідників, хвороб і погіршення фізичних властивостей ґрунту.

Повернення культури на попереднє поле допускається не раніше ніж через 3–4 роки. Найбільш ефективними є такі польові сівозміни[2]:

1. Багаторічні трави.
2. Озима пшениця.
3. Цукровий буряк.
4. Ячмінь ярий.

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

5. Кукурудза на зерно.

6. Соняшник.

Або:

1. Горох.

2. Озима пшениця.

3. Цукровий буряк.

4. Ячмінь ярий.

5. Кукурудза.

6. Соняшник.

Після збирання озимої пшениці проводять лушення стерні та основний обробіток ґрунту.

Метою лушення стерні є знищення падалиці та бур'янів, розпушування верхнього шару ґрунту й накопичення вологи.

Склад агрегату[3]:

- трактор МТЗ-1221;
- дискова борона БДТ-7 або аналогічна.

Технологічне налагодження[2]:

- глибина обробітку – 6–8 см;
- кут атаки дисків – 15–21°;
- робоча швидкість – 8–12 км/год.

Через 10–15 днів за наявності сходів бур'янів виконують повторне лушення на глибину 10–12 см[2].

У сучасних господарствах для підвищення продуктивності використовують широкозахватні дискові борони типу:

- HORSCH Joker;
- BEDNAR Atlas;
- KUHN Optimer.

Їх застосування дозволяє скоротити кількість проходів техніки та зменшити витрати пального.

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

2.3 Система удобрення

Цукровий буряк належить до культур із високим рівнем споживання поживних речовин. Тому система удобрення повинна забезпечувати рослини елементами живлення протягом усього періоду вегетації.

Типова система удобрення включає:

- внесення органічних добрив;
- основне внесення мінеральних добрив;
- рядкове внесення під час сівби;
- позакореневі підживлення.

Внесення органічних добрив

Під попередник або безпосередньо під цукровий буряк рекомендується вносити 30–40 т/га напівперепрілого гною[2].

Склад агрегату[3]:

- трактор ХТЗ-17221;
- розкидач органічних добрив ПРТ-10.

Технологічне налагодження[2]:

- норма внесення – 30–40 т/га;
- ширина захвату – 6–8 м;
- робоча швидкість – 6–10 км/год.

Регулювання норми внесення здійснюється зміною швидкості руху транспортера та швидкості агрегату.

Основне внесення мінеральних добрив

Залежно від родючості ґрунту рекомендується вносити[2]:

- N120–160;
- P90–120;
- K120–180.

Фосфорні та калійні добрива зазвичай вносять під основний обробіток ґрунту, а азотні – частково восени і частково навесні.

Склад агрегату[3]:

- трактор МТЗ-1221;

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

- розкидач мінеральних добрив РУМ-5 або МВУ-8.

Технологічне налагодження[2]:

- норма внесення – згідно з розрахунком;
- ширина захвату – 12–24 м;
- швидкість руху – 8–15 км/год.

Необхідна норма внесення встановлюється шляхом регулювання положення дозувальних заслінок та швидкості руху транспортера.

Локальне внесення добрив під час сівби

Для покращення стартового росту рослин доцільно вносити комплексні добрива у рядки.

Норма внесення:

- N10–20P10–20.

Склад агрегату[3]:

- трактор МТЗ-82;
- бурякова сівалка точного висіву УПС-12Б або ССТ-12В з туковисівними апаратами.

Технологічне налагодження[2]:

- відстань між насінням і добривами – 3–5 см;
- глибина загортання добрив – 5–7 см;
- норма внесення перевіряється контрольним висівом.

Для удосконалення системи удобрення доцільно застосовувати агрохімічне обстеження полів і технології диференційованого внесення добрив, які дозволяють знизити витрати ресурсів та підвищити ефективність використання поживних речовин.

2.4 Обробіток ґрунту

Обробіток ґрунту під цукровий буряк має забезпечити створення оптимальних умов для накопичення вологи, знищення бур'янів, загортання рослинних решток і добрив, а також формування вирівняного посівного ложа.

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Оскільки коренева система культури проникає на значну глибину, особливе значення має якісний основний обробіток.

Традиційна система обробітку ґрунту включає лушення стерні, внесення добрив, оранку та передпосівний обробіток.

Після проведення лушення стерні та внесення основної дози добрив виконують зяблеву оранку.

Основним завданням оранки є створення глибокого розпушеного орного шару, який сприятиме розвитку коренеплодів та накопиченню запасів вологи.

Склад агрегату[3]:

- трактор ХТЗ-243К або John Deere 8335R;
- плуг ПЛН-5-35, ППО-8-40 або оборотний плуг.

Технологічне налагодження:

- глибина оранки – 28–32 см;
- ширина захвату корпусу – 35–40 см;
- швидкість руху – 6–8 км/год;
- відхилення фактичної глибини від заданої – не більше ± 2 см.

Перед початком роботи перевіряють горизонтальність рами плуга, правильність встановлення передплужників та польових дощок. Усі корпуси повинні працювати на однаковій глибині.

Весняний передпосівний обробіток

Навесні після досягнення фізичної стиглості ґрунту проводять закриття вологи та передпосівну культивуацію.

Перше боронування виконують для руйнування ґрунтової кірки та зменшення втрат вологи.

Склад агрегату[3]:

- трактор МТЗ-82;
- зубова борона БЗСС-1,0.

Технологічне налагодження:

- глибина обробітку – 3–5 см;
- швидкість руху – 8–10 км/год.

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Передпосівну культивуацію проводять безпосередньо перед сівбою.

Склад агрегату[3]:

- трактор МТЗ-1221;
- культиватор УСМК-5,4 або компактор.

Технологічне налагодження:

- глибина культивації – 3–4 см;
- вирівнювання поверхні поля – обов'язкове;
- грудочки розміром понад 25 мм не допускаються.

Важливо, щоб глибина культивації відповідала глибині загортання насіння. Це забезпечує дружні сходи та рівномірний розвиток рослин.

Шляхи удосконалення обробітку ґрунту

Сучасні технології передбачають використання комбінованих агрегатів, які за один прохід виконують декілька операцій. Це дозволяє зменшити ущільнення ґрунту, витрати пального та трудові витрати.

Перспективним напрямом є застосування систем мінімального обробітку на полях із достатнім рівнем окультуреності ґрунтів та незначною засміченістю.

2.5 Підготовка насіння до сівби, сівба

Високий урожай цукрового буряка неможливо отримати без використання якісного насіннєвого матеріалу. У сучасному виробництві застосовують переважно дражоване насіння високопродуктивних гібридів.

Підготовка насіння включає:

- калібрування;
- інкрустацію;
- дражування;
- обробку фунгіцидами та інсектицидами.

Більшість сучасного насіння надходить у господарства вже повністю підготовленим до висіву.

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Строки сівби

Сівбу проводять за температури ґрунту на глибині загортання насіння 6–8 °С.

Для більшості регіонів України оптимальні строки припадають на першу-другу декаду квітня.

Запізнення із сівбою навіть на 7–10 днів може призвести до зниження врожайності та цукристості коренеплодів.

Для висіву використовують сівалки точного висіву, які забезпечують рівномірне розміщення насіння в рядках.

Ширина міжрядь становить 45 см.

Оптимальна густота рослин перед збиранням[3]:

- 95–110 тис. рослин/га у зоні достатнього зволоження;
- 85–95 тис. рослин/га у посушливих умовах.

Склад агрегату[3]:

- трактор МТЗ-82 або John Deere 6120М;
- сівалка точного висіву ССТ-12В, УПС-12Б або сучасна пневматична бурякова сівалка.

Технологічне налагодження[3]:

- ширина міжрядь – 45 см;
- глибина загортання насіння – 2–4 см;
- норма висіву – 1,2–1,4 посівної одиниці на гектар;
- відстань між насінинами – 18–22 см;
- швидкість руху – 5–7 км/год.

Перед початком роботи перевіряють:

- роботу висівних апаратів;
- рівномірність подачі насіння;
- норму висіву;
- глибину загортання;
- притискне зусилля прикочувальних коліс.

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Контроль норми висіву виконують шляхом прокручування приводного колеса та підрахунку висіяного насіння.

Після сівби проводять оцінку якості роботи агрегату. Відхилення фактичної глибини загортання не повинно перевищувати ± 1 см.

2.6 Догляд за посівами

Догляд за посівами цукрового буряка спрямований на створення оптимальних умов для росту рослин та захист від бур'янів, шкідників і хвороб.

Основними операціями є:

- досходове боронування;
- післясходове боронування;
- міжрядний обробіток;
- внесення гербіцидів;
- внесення фунгіцидів та інсектицидів;
- позакореневе підживлення.

Досходове боронування проводять через 4–5 днів після сівби.

Мета заходу – руйнування ґрунтової кірки та знищення проростків бур'янів.

Склад агрегату:

- трактор МТЗ-82;
- легка зубова борона.

Технологічне налагодження:

- глибина обробітку – 2–3 см;
- швидкість руху – 4–5 км/год.

Післясходове боронування проводять у фазі першої пари справжніх листків.

Склад агрегату:

- трактор МТЗ-82;
- ротаційна мотика або легка борона.

Технологічне налагодження:

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

- швидкість руху – 3–4 км/год;
- пошкодження культурних рослин не повинно перевищувати 5 %.

Міжрядні культивації виконують 2–3 рази за вегетацію.

Основними завданнями є:

- знищення бур'янів;
- покращення аерації ґрунту;
- руйнування ґрунтової кірки.

Склад агрегату:

- трактор МТЗ-82;
- культиватор КРН-5,6.

Технологічне налагодження:

Перша культивація:

- глибина – 4–5 см;
- захисна зона – 8–10 см.

Друга культивація:

- глибина – 6–8 см;
- захисна зона – 10–12 см.

Третя культивація:

- глибина – 8–10 см;
- захисна зона – 12–14 см.

Швидкість руху агрегату становить 5–8 км/год.

Усі робочі органи повинні бути симетрично встановлені відносно рядків.

Хімічний захист посівів від бур'янів

Однією з найважливіших умов отримання високого врожаю цукрового буряка є ефективний контроль бур'янів. У перші 40–60 діб після появи сходів рослини розвиваються порівняно повільно та не можуть успішно конкурувати з бур'янами за вологу, поживні речовини і світло.

У сучасних технологіях застосовують систему послідовних обприскувань посівів гербіцидами малими дозами. Такий підхід дозволяє ефективно контролювати широкий спектр однорічних дводольних та злакових бур'янів.

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Склад агрегату:

- трактор МТЗ-82 або аналогічний;
- штанговий обприскувач ОПШ-2000, ОП-2000 або сучасний самохідний обприскувач.

Технологічне налагодження:

- норма витрати робочого розчину – 150–300 л/га;
- висота розташування штанги над поверхнею посіву – 50–70 см;
- робочий тиск у системі – 0,2–0,4 МПа;
- швидкість руху агрегату – 6–10 км/год.

Перед початком роботи обов'язково перевіряють рівномірність подачі робочої рідини всіма розпилювачами та фактичну норму внесення препарату.

Захист від шкідників і хвороб

Серед найбільш поширених шкідників цукрового буряка слід виділити бурякових довгоносиків, попелиць, щитоносок та дротяників.

Основними хворобами є[3]:

- церкоспороз;
- борошниста роса;
- фомоз;
- коренеїд сходів;
- різні види гнилей.

Для боротьби зі шкідниками та хворобами застосовують інтегровану систему захисту, яка передбачає поєднання агротехнічних, біологічних та хімічних заходів.

Обприскування посівів інсектицидами та фунгіцидами проводять за досягнення економічного порогу шкодочинності.

Склад агрегату[3]:

- трактор МТЗ-82;
- обприскувач ОПШ-2000 або аналогічний.

Технологічне налагодження:

- норма робочої рідини – 200–300 л/га;

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

- швидкість руху – 6–8 км/год;
- висота штанги – 50–70 см.

Важливим елементом сучасної технології є використання систем моніторингу стану посівів за допомогою безпілотних літальних апаратів та супутникових знімків.

Позакореневе підживлення

У період інтенсивного росту рослин доцільно проводити позакореневе підживлення мікроелементами.

Особливе значення для цукрового буряка мають:

- бор;
- магній;
- марганець;
- цинк.

Позакореневе підживлення сприяє покращенню фотосинтетичної діяльності рослин та підвищенню цукристості коренеплодів.

Склад агрегату:

- трактор МТЗ-82;
- обприскувач ОПШ-2000.

Технологічне налагодження:

- норма робочого розчину – 150–250 л/га;
- швидкість руху – 6–10 км/год;
- рівномірність покриття листової поверхні – не менше 80 %.

2.7 Збирання врожаю

Збирання цукрового буряка є завершальним і одним із найбільш відповідальних етапів технології вирощування. Від своєчасності та якості виконання збиральних робіт значною мірою залежать втрати врожаю, рівень забрудненості коренеплодів та економічна ефективність виробництва.

Оптимальний період збирання настає після завершення інтенсивного росту коренеплодів та накопичення максимальної кількості цукру. Залежно від

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

погодних умов і особливостей гібридів збиральна кампанія зазвичай розпочинається у вересні та триває до листопада.

Основними вимогами до збирання є[3]:

- мінімальні втрати коренеплодів;
- мінімальне механічне пошкодження продукції;
- якісне видалення гички;
- зменшення забрудненості коренеплодів ґрунтом;
- забезпечення безперебійного транспортування врожаю.

Збирання гички

У традиційних технологіях першим етапом є видалення листкової маси.

Склад агрегату[3]:

- трактор МТЗ-1221;
- гичкозбиральна машина БМ-6А.

Технологічне налагодження[3]:

- висота зрізу – на рівні головки коренеплоду;
- допустиме відхилення висоти зрізу – не більше ± 2 см;
- швидкість руху – 5–8 км/год.

Якісне видалення гички сприяє зменшенню втрат під час викопування коренеплодів та покращує роботу збиральної техніки.

Викопування коренеплодів

Після видалення гички виконують підкопування та вилучення коренеплодів із ґрунту.

Склад агрегату:

- трактор тягового класу 3–5;
- бурякозбиральна машина КС-6Б або аналогічна.

Технологічне налагодження:

- глибина підкопування – 25–30 см;
- втрати коренеплодів у ґрунті – не більше 1,5 %;
- пошкодження коренеплодів – не більше 5 %;
- швидкість руху – 4–7 км/год.

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Підкопувальні робочі органи повинні працювати нижче рівня залягання коренеплодів, забезпечуючи їх повне вилучення без надмірного травмування.

Комбайнове збирання

У сучасному виробництві широко застосовуються самохідні бурякозбиральні комбайни, які за один прохід виконують зрізування гички, очищення та збирання коренеплодів.

Типова технологічна схема передбачає використання високопродуктивних шестирядних або дев'ятирядних комбайнів.

Склад агрегату:

- самохідний бурякозбиральний комбайн.

Технологічне налагодження[3]:

- ширина міжрядь – 45 см;
- точне копіювання рядків системою автоматичного водіння;
- висота обрізування головок коренеплодів – на рівні точки росту;
- швидкість руху – 5–10 км/год.

Сучасні машини обладнані автоматичними системами контролю глибини викопування та очищення коренеплодів від ґрунту.

Транспортування та зберігання

Після збирання коренеплоди транспортують до цукрових заводів або кагатних майданчиків.

Для перевезення використовують:

- тракторні причеми;
- автомобілі-самоскиди;
- перевантажувальні бункери.

Основними вимогами є:

- мінімізація механічних пошкоджень;
- недопущення забруднення коренеплодів;
- скорочення термінів доставки до місця переробки.

При тимчасовому зберіганні формують кагати висотою до 3–4 м.

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

2.8 Шляхи удосконалення типової технології вирощування цукрового буряка

Проведений аналіз типової технології вирощування цукрового буряка свідчить про наявність значних резервів підвищення ефективності виробництва.

Основними напрямками удосконалення є[3]:

1. Використання високопродуктивних гібридів із підвищеною цукристістю та стійкістю до хвороб.
2. Впровадження технологій точного землеробства на основі GPS-навігації та геоінформаційних систем.
3. Диференційоване внесення мінеральних добрив відповідно до агрохімічних карт полів.
4. Застосування комбінованих ґрунтообробних агрегатів для скорочення кількості проходів техніки.
5. Використання сучасних пневматичних сівалок із системами електронного контролю висіву.
6. Автоматизація процесів обприскування шляхом використання секційного відключення форсунок.
7. Застосування безпілотних літальних апаратів для оперативного моніторингу стану посівів.
8. Використання сучасних самохідних бурякозбиральних комбайнів із автоматичними системами копіювання рядків.
9. Запровадження технологій контрольованого руху техніки по полю для зменшення ущільнення ґрунту.
10. Використання інформаційних систем управління виробництвом для оперативного контролю виконання технологічних операцій.

Таким чином, сучасна технологія вирощування цукрового буряка базується на комплексному застосуванні високопродуктивної техніки, якісного насіннєвого матеріалу, збалансованого живлення рослин та інтегрованого захисту посівів. Реалізація запропонованих напрямів удосконалення дозволяє

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

підвищити врожайність культури до 55–70 т/га і більше, зменшити виробничі витрати та покращити економічні показники виробництва цукрового буряка.

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

3 ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ЗБИРАННЯ ЦУКРОВОГО БУРЯКА

Найбільш повне уявлення про організацію та зміст виконання сільськогосподарських робіт забезпечує операційно-технологічна карта. Саме цей документ є основою для планування технологічних процесів, а також використовується як базовий при розробці технологічних карт вирощування та збирання сільськогосподарських культур. Показники, наведені в операційно-технологічній карті, виступають вихідними даними для подальших розрахунків і планування виробничих операцій.

Структурно операційно-технологічна карта включає кілька основних розділів:

- а) вихідні дані, які характеризують умови виконання робіт;
- б) агротехнічні вимоги, що визначають необхідні параметри технологічного процесу та допустимі відхилення від заданих норм;
- в) обґрунтування складу машинно-тракторного агрегату та режимів його роботи;
- г) дані щодо підготовчих заходів на полі перед початком виконання операцій;
- д) показники, які характеризують якість і ефективність виконання робіт;
- е) організація руху агрегату в загоні, а також методи контролю якості технологічного процесу.

Кожен із зазначених розділів містить перелік необхідних параметрів, нормативних показників і технічних характеристик. Крім того, у карті можуть наводитися схеми та графічні матеріали, які сприяють кращому розумінню організації виробничого процесу та правильному виконанню сільськогосподарських операцій.

3.1 Розрахунок збирання гички цукрового буряка

Вихідні дані для розрахунку операції збирання гички цукрових буряків:

- площа поля $F = 27 \text{ га}$;
- довжина гонів $L = 1000 \text{ м}$;

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

- ширина поля b_n - 270 м;
- нахил поля $i = 2\%$;

агрегат: трактор МТЗ-82 і комбайн ЗБРУЧ-6;

- врожайність 800 ц/га.
- норма внесення органічних добрив 30 т/га.
- норма внесення мінеральних добрив (NPK) 500 кг/га.

3.1.1 Розрахунок складу агрегату

Визначаємо допустиму швидкість руху агрегату за швидкістю зрізання гички за формулою[5]

$$v_p = \frac{3,6q}{R_c \cdot B_p}, \quad (3.5)$$

де q – секундна продуктивність різального апарата, згідно даних $q = 500...800$ стебел/с, а приймаємо $q = 600$ стебел/с;

A – кількість цукрових буряків на 1 м². Показник A може коливатися в межах від 18...25 штук, приймаємо $A = 22$ шт.;

n – кількість пагонів коренеплоду $n = 10...15$, приймаємо $n = 12$;

B_p – робоча ширина захвату апарата 2,7 м.

$$A_c = A n = 22 \cdot 12 = 264 \text{ шт/м}^2.$$

Підставляємо числові значення в (3.5), отримаємо:

$$v_p = \frac{3,6}{264 \cdot 2,7} = 10,9 \text{ км/год.}$$

Приймаємо 10,9 км/год, оскільки розрахункова швидкість входить у проміжок допустимих швидкостей роботи агрегату згідно [5] $v_p = 6...12$ км/год.

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Враховуючи технічні можливості комбайна, вибираємо другу передачу трактора, швидкість на якій становить 9,6 км/год.

Перевіряємо можливість роботи агрегату з швидкістю 9,6 км/год за допустимим навантаженням двигуна трактора. Необхідну ефективну потужність двигуна трактора розраховуємо за формулою[5]:

$$N_e = \frac{(R_m + R_{mp}) \cdot v_p}{3,6}, \quad (3.6)$$

де R_m – тяговий опір комбайна, H ;

R_{mp} – опір на перекочування трактора, H ;

v_p – робоча швидкість агрегату $v_p = 9,6$ км/год.

Визначаємо тяговий опір при роботі комбайна[5]

$$R_m = R\lambda x + \frac{N}{v_p \cdot \eta_n}, \quad (3.7)$$

де N – потужність, яка затрачається на привід різального апарата комбайна[5]

$$N = (N_1 + N_2) \cdot C_p, \quad (3.8)$$

де N_1 – потужність, яка затрачається на зрізування гички цукрових буряків;

N_2 – потужність, яка затрачається на транспортування гички цукрових буряків;

C_p – поправочний коефіцієнт $C_p = 2,75$.

$$N_1 = \pi D^\alpha q i B v_m, \quad (3.9)$$

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

де D – середній діаметр кореня цукрового буряка $D=0,14$ м[5];

q – питомий опір різання гички $q=1,5...4,5$ кН/м[5];

i – густота насаджень цукрового буряка $i=18-25$ шт/м²[5];

B – ширина захвату комбайна дорівнює $B=0,9$ м[5].

v_m – швидкість руху комбайна $v_m = 2,7$ м/с.

Отже,

$$N_1 = 3,14 \cdot 0,14^2 \cdot 3 \cdot 22 \cdot 2,7 \cdot 0,9 : 4 = 2,5 \text{ кВт}.$$

$$N_2 = B v_m \cdot v_n^2 A : 2, \quad (3.10)$$

де v_n – швидкість шнека $v_n = 10,2$ м/с;

A – врожайність гички $A = 5$ кг/м².

$$N_2 = 0,9 \cdot 2,7^2 \cdot 5 / 2 = 0,49 \text{ кВт},$$

$$N = (2,5 + 0,49) \cdot 2,75 = 3,8 \text{ кВт},$$

η_n – ккд передачі потужності згідно [5] $\eta_n=0,85 \dots 0,92$, приймаємо $\eta_n=0,90$;

R_{xx} – опір коченню машини при холостому ході[5]

$$R_{xx} = kB + G_T \frac{i}{100}; \quad (3.11)$$

де k – питомий тяговий опір машини, $k=1,56$ кН/м;

i – нахил поля, $i=2\%$;

G_T – вага трактора, $G_T=17,7$ кН;

G_m – вага машини, $G_m=12$ кН.

$$G = G_T + G_m, \quad (3.12)$$

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$R_{xx} = 1,56 \cdot 2,7 + 29,7 \frac{2}{100} = 4,2 + 0,96 = 4,79 \text{ кН.}$$

Підставивши числові значення у (3.7), отримаємо

$$R_m = 4,8 + \frac{3,38}{9,6 \cdot 0,9} = 5,19 \text{ кН.}$$

Визначаємо опір кочення агрегату[5]

$$R_m = G_m \left(f + \frac{i}{100} \right), \quad (3.13)$$

де G – вага агрегату, $G=29,7\text{кН}$;

f – питомий опір кочення агрегату, згідно [6] $f=0,08\dots0,12$ приймаємо $f=0,1$.

Підставивши числові значення в (3.13), отримаємо,

$$R_m = 29,7 \left(0,1 + \frac{2}{100} \right) = 3,56 \text{ кН.}$$

Згідно (3.6) необхідна ефективна потужність двигуна трактора становитиме

$$N_e \frac{(5,2 + 3,56) \cdot 9,6}{3,6} = 23,3 \text{ кВт.}$$

Визначаємо коефіцієнт використання потужності двигуна трактора

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$\eta = \frac{N_e}{N_{en}}, \quad (3.14)$$

де N_{en} – номінальна потужність двигуна трактора, згідно табл. 1.4 [6]
 $N_{en}=58,9$ кВт, отже

$$P = \frac{23,3}{58,9} = 0,39.$$

Як бачимо з даних розрахунків, трактор на другій передачі навантажений недостатньо, проте збільшити робочу швидкість є недоцільним, так як почне погіршуватись якість збирання гички. Тому всі наступні розрахунки проводимо на цій передачі при швидкості $V=9,6$ км/год.

3.1.2 Підготовка поля до роботи

Визначаємо кінематичні параметри агрегату і показники використання робочих і холостих ходів.

По [5] вибираємо гоновий спосіб руху з петлевими і безпетлевими поворотами в кінці загінки та холостими переїздами на них.

Коефіцієнт робочих ходів при збиранні гички згідно рекомендацій [6] визначаємо за формулою

$$\varphi = \frac{S_p}{S_p + S_x}, \quad (3.15)$$

де S_p – загальна довжина робочих ходів у загінці;

S_x – загальна довжина холостих переїздів на поворотах.

Визначаємо загальну довжину робочих ходів [6]

$$S_p = L_p \frac{b_n}{B_m}, \quad (3.16)$$

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

де L_p – довжина робочого ходу агрегату;

b_n – ширина поля, $b_n=270\text{м}$;

B_m – робоча ширина захвату машини, $B_m=0,9$.

Визначаємо довжину робочого ходу агрегату

$$L_p = L - 2E, \quad (3.17)$$

де L – робоча довжина поля, $L = 1000\text{м}$;

E – ширина поворотної смуги [6]

$$E = 2,8R_0 + l + d_k, \quad (3.18)$$

де R_0 – мінімальний радіус повороту агрегату згідно [6, табл. 140] $R_0=4$ м;

l – відстань на яку необхідно перемістити агрегат до контрольної лінії поворотної смуги перед початком і в кінці гону.

$$l = 0,5(l_T + l_M), \quad (3.19)$$

де l_T і l_M – кінематична довжина відповідно трактора і комбайна;

d_k – відстань від повздовжньої осі агрегату, яка проходить через кінематичний центр до найбільш віддаленої від неї точки агрегату, $d_k=3$ м.

Тоді згідно (3.8) отримаємо

$$E = 2,8 \cdot 4 + 2,6 + 1,35 = 15,1 \text{ м.}$$

Відповідно з (3.17) отримаємо:

$$L_p = 1000 - 2 \cdot 15,1 = 970 \text{ м.}$$

Підставивши числові значення в рівняння (3.16), отримаємо:

$$S_p = 970 \frac{270}{0,9} = 291000 \text{ м.}$$

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Визначаємо загальну довжину петлевих і безпетлевих холостих переїздів на поворотах у загінці:

$$S_x = L_{xn} \cdot n_{xn} + L_{x\bar{o}} \cdot n_{x\bar{o}}, \quad (3.20)$$

де l_{xn} – довжина петлевих холостих поворотів;

$l_{x\bar{o}}$ – довжина безпетлевих холостих поворотів;

n_{xn} – кількість холостих петлевих поворотів;

$n_{x\bar{o}}$ – кількість холостих безпетлевих поворотів.

$$l_{xn} = (4,6 \dots 4,8)R_0 + 2l;$$

$$l_{x\bar{o}} = (1,5 \dots 2,0)R_0 + 2l + x_n; \quad (3.21)$$

приймаємо

$$l_{xn} = 4,6 \cdot 4 + 2 \cdot 0,9 = 20,2 \text{ м};$$

$$l_{x\bar{o}} = 1,5 \cdot 4 + 2 \cdot 0,9 + 10 = 17,8 \text{ м}.$$

де x_n – довжина прямолінійної ділянки безпетлевого повороту $x_n = 10 \text{ м}$ [6].

Згідно таблиці 1.42 [6] визначаємо кількість петлевих і безпетлевих поворотів

$$n_{xn} = \frac{2R_0}{B_p} - 1; \quad n_{x\bar{o}} = \frac{L - 2R_0}{B_p}. \quad (3.22)$$

Підставивши числові значення отримаємо

$$n_{xn} = \frac{2 \cdot 4}{0,9} - 1 = 7,9; \quad n_{x\bar{o}} = \frac{270 - 2 \cdot 4}{0,9} = 261.$$

Згідно (3.20) отримаємо:

$$S_x = 20,2 \cdot 7,9 + 17,8 \cdot 261 = 4805 \text{ м}.$$

У відповідності з формулою (3.15) обчислюємо коефіцієнт робочих ходів

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$\varphi = \frac{291000}{291000 + 4805} = 0,98.$$

3.1.3 Організація роботи агрегату в загоні

Визначаємо змінну продуктивність агрегату за формулою[6]

$$W_{зм} = 0,1B_p \cdot \nu_p \cdot T_{зм} \cdot \tau_{зм}, \quad (3.23)$$

де $T_{зм}$ – приймаємо тривалість зміни, $T_{зм}=7$ год;

$\tau_{зм}$ – коефіцієнт використання часу зміни.

Визначаємо коефіцієнт використання часу зміни[6]

$$\tau_{зм} = \frac{T_p}{T_{зм}}, \quad (3.24)$$

де T_p – основний робочий час.

Основний робочий час визначаємо із рівняння балансу часу зміни[6]

$$T_p = T_{зм} - (T_{nc} + T_{во} + T_{обс} + T_{омп}), \quad (3.25)$$

де T_{nc} – час виконання постійних підготовчих і заключних робіт;

$T_{во}$ – допоміжний час;

$T_{обс}$ – час організаційно-технологічного обслуговування агрегату в загінці;

$T_{омп}$ – час регламентованих перерв на відпочинок і особисті потреби обслуговуючого персоналу.

Визначаємо час виконання постійних підготовчих і заключних робіт:

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$T_{nz} = T_{emo} + T_{nn} + T_{лн} + T_{ннк}, \quad (3.26)$$

де T_{emo} – затрати часу на щоденне технічне обслуговування трактора і машини згідно [6],

$$T_{emo} = 18 + 10 = 28 \text{ хв} = 0,46 \text{ год};$$

T_{nn} – затрати часу на підготовку агрегату до переїзду згідно [6],

$$T_{nn} = 3 \text{ хв} = 0,05 \text{ год};$$

$T_{лн}$ – затрати часу на одержання наряду здачі роботи $T_{лн} = 0,1 \text{ год}$ [6];

$T_{ннк}$ – затрати часу на переїзди на початку і в кінці загінки,

$$T_{ннк} = 18 \text{ хв} = 0,3 \text{ год}.$$

Тоді згідно з формулою (3.26) отримаємо

$$T_{nz} = 0,46 + 0,5 + 0,1 + 0,3 = 0,91 \text{ год}.$$

Визначаємо допоміжний час [6]

$$T_{вс} = T_{нов} + T_{мс} + T_{пер}, \quad (3.27)$$

де $T_{нов}$ – затрати часу на холості переїзди на поворотах, $T_{нов} = 0,45 \text{ год}$. [6];

$T_{мс}$ – затрати часу на заправку, $T_{мс} = 0 \text{ год}$;

$T_{пер}$ – затрати часу на переїзди, $T_{пер} = 0 \text{ год}$ [6].

Відповідно формули (3.27) отримаємо $T_{вс} = 0,45 \text{ год}$.

Визначаємо час організаційно-технічного обслуговування в загоні [6]

$$T_{обс} = T_{оч} + T_{як} + T_{рег} + T_{тех}, \quad (3.28)$$

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

де $T_{оч}$ – затрати часу на очистку робочих органів машини, $T_{оч}=0,18 год$;

$T_{як}$ – затрати часу на перевірку якості роботи машини, $T_{як}=0,16 год$;

$T_{рег}$ – затрати часу на технічне регулювання машини, $T_{рег}=0,45 год$;

$T_{тех}$ – затрати часу на регулювання, $T_{тех}=0 год$.

Згідно (3.24) отримаємо:

$$T_{обс}=0,18+0,16=0,34 год.$$

Визначаємо затрати часу на регламентовані перерви, на відпочинок і власні потреби обслуговуючого персоналу

$$T_{отл} = T_{рег} + T_{л} = 0,45 + 0,20 = 0,65 год,$$

де $T_{рег}$ і $T_{л}$ – відповідно регламентований час перерв на відпочинок і власні потреби обслуговуючого персоналу.

Підставляючи числові значення в формулу (3.25) отримаємо:

$$T_p = 7 - (0,91 + 0,45 + 0,34 + 0,65) = 4,65 год.$$

Тоді коефіцієнт використання часу зміни становить:

$$\tau_{зм} = \frac{4,65}{7} = 0,66.$$

Відповідно (3.23) змінна продуктивність становитиме:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot 0,9 \cdot 9,6 \cdot 7 \cdot 0,66 = 4,03 га/зм.$$

Визначаємо затрати праці на одиницю роботи згідно [6] за формулою

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

$$H = \frac{m \cdot T_{3M}}{W_{3M}}, \quad (3.29)$$

де m – кількість працівників, що обслуговують агрегат, $m=1$.

Тоді згідно (3.29) отримаємо

$$H = \frac{1 \cdot 7}{4,03} = 1,74 \text{ люд.год./га.}$$

3.1.4 Експлуатаційні затрати при роботі гичкозбирального агрегату

Визначаємо експлуатаційні затрати на одиницю виконаної роботи

$$S_0 = \Sigma S_a + \Sigma S_p + S_n + S_3, \quad (3.30)$$

де ΣS_a – сума амортизаційних відрахувань на всі машини в агрегаті;

ΣS_p – сума відрахувань на ремонт машин і трактора;

S_n – відрахування на паливо і мастильні матеріали;

S_3 – відрахування на заробітну плату.

Амортизаційні відрахування визначаємо за формулою

$$\Sigma S_a = S_{am} + S_{am}, \quad (3.31)$$

де S_{am} – амортизаційні відрахування на трактор;

S_{am} – амортизаційні відрахування на машину.

$$S_a = \frac{(a' + a'') \cdot B}{T_p \cdot W_{год} \cdot 100}, \quad (3.32)$$

де B – балансова вартість трактора і машини відповідно $B_m=19570$ грн і $B_{\text{м}}=18000$ грн.;

a' і a'' – амортизаційні відрахування на реновацію і капремонт для трактора і машини відповідно $a'=16,6\%$ і $a''=2,7\%$;

T_p – річний виробіток для трактора і машини відповідно $T_{pm}=1800$ год і $T_{pm}=800$ год;

$W_{\text{год}}$ – годинна продуктивність агрегату згідно [6]:

$$W_{\text{год}} = \frac{W_{\text{зм}}}{T_{\text{зм}}} = \frac{4,03}{7} = 0,58 \text{га / год.}$$

Тоді згідно (3.28) отримаємо для трактора:

$$S_{\text{ам}} = \frac{(16,6 + 2,7) \cdot 19570}{1800 \cdot 0,58 \cdot 100} = 3,6 \text{грн / га.}$$

Для машини:

$$S_{\text{ам}} = \frac{16,6 \cdot 18000}{800 \cdot 0,58 \cdot 100} = 0,64 \text{грн / га.}$$

Відповідно з (3.31) отримаємо

$$\Sigma S_a = 3,6 + 0,64 = 4,24 \text{грн / га.}$$

Витрати на ремонт

$$\Sigma S_p = S_{pt} + S_{pm}, \quad (3.33)$$

де S_{pt} і S_{pm} – витрати відповідно на ремонт трактора і машини.

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Витрати на ремонт визначаємо за формулою

$$S_a = \frac{(a_p + a_m) \cdot B}{T_p \cdot W_{\text{год}} \cdot 100}, \quad (3.34)$$

де a_p і a_m – відрахування на ремонт для трактора ($a_p + a_m = 13\%$) і машини ($a_p + a_m = 12\%$).

Тоді згідно формули (3.34) обчислимо відрахування на ремонт

$$\text{для трактора } S_{pm} = \frac{13 \cdot 19570}{1800 \cdot 0,58 \cdot 100} = 2,4 \text{ грн/га},$$

$$\text{для машини } S_{pm} = \frac{12 \cdot 18000}{800 \cdot 0,58 \cdot 100} = 4,6 \text{ грн/га}.$$

Обчислимо загальні затрати на ремонт

$$\Sigma S_p = 2,4 + 4,6 = 7 \text{ грн/га}.$$

Витрати на паливо і мастильні матеріали

$$S_n = e \Theta, \quad (3.35)$$

де e – комплексна ціна палива $e = 2,0$ грн.

Θ – норма витрат палива на одиницю роботи [6]

$$\Theta = \frac{G_n \cdot k}{W_{\text{год}}}, \quad (3.36)$$

де G_n – годинна витрата палива становить 5,2 кг/год;

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

k – коефіцієнт, який враховує неповне завантаження двигуна трактора, а також роботу агрегату на поворотах і зупинках (згідно [6] $k=0,85$).

Тоді згідно формули (3.36) отримаємо

$$\Theta = \frac{5,2 \cdot 0,85}{0,58} = 5,2 \text{ кг / га.}$$

Обчислимо витрати палива

$$S_0 = 3,5 \cdot 5,2 = 18,2 \text{ грн/га.}$$

Визначаємо основну заробітну плату механізатора за зміну виробітку

$$S_0 = m \cdot f,$$

де m – кількість механізаторів, що обслуговують агрегат;

f – денний тарифний оклад тракториста, $f = 300 \text{ грн.}$

$$S_0 = 1 \cdot 30 = 300 \text{ грн.}$$

Загальні затрати заробітної плати на одиницю роботи [6]:

$$S_z = \frac{(S_0 + S_{\text{надб}}) \cdot f_o}{W_{\text{зм}}}, \quad (3.37)$$

де f_o – коефіцієнт, який враховує нарахування на заробітну плату, $f_o = 1,094$ [6];

$S_{\text{надб}}$ – надбавка за класність, якість виконання роботи, стаж і т.д.

$$S_{\text{надб}} = 0,15 \cdot S_0 = 0,15 \cdot 30 = 4,5 \text{ грн.}$$

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Згідно (3.37) отримаємо:

$$S_3 = \frac{(4,5 + 0,903) \cdot 1,094}{4,03} = 4,7 \text{ грн/га.}$$

Обчислимо загальні експлуатаційні затрати на одиницю роботи

$$S_0 = 4,24 + 7 + 18,2 + 4,7 = 34,1 \text{ грн/га.}$$

Визначаємо питомі приведені затрати:

$$S_{np} = S_0 + \frac{E_k}{W_{год}} \left(\frac{B_m}{T_{pm}} + \frac{B_{\text{м}}}{T_{pm}} \right), \quad (3.38)$$

де E_k – коефіцієнт ефективності капіталовкладень, $E_k = 0,15$.

$$S_{np} = 8,27 + \frac{0,15}{0,58} \left(\frac{19570}{1800} + \frac{18000}{800} \right) = 9,32 \text{ грн/га.}$$

Аналогічним методом проводимо розрахунки всіх операцій. Дані розрахунків операційної карти заносимо в технологічну карту.

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

4 ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

4.1 Обґрунтування запропонованого вдосконалення

Удосконалення технології вирощування та збирання цукрових буряків передбачає використання комплексу модернізованих бурякозбиральних машин. Застосування такої техніки сприятиме покращенню якості зібраної продукції, скороченню витрат на додаткове очищення коренеплодів, а також зменшенню втрат родючого шару ґрунту, який часто потрапляє до транспортних засобів разом із врожаєм.

За складних погодних умов, пов'язаних із надмірним зволоженням або пересиханням ґрунту, забрудненість коренеплодів ґрунтовими домішками може становити 25–30 %. За врожайності культури на рівні 250–300 ц/га це призводить до вивезення з поля від 60 до 90 ц/га родючого ґрунту разом із зібраними буряками. Тому підвищення ефективності процесів викопування та очищення коренеплодів є важливим завданням, вирішення якого потребує вдосконалення конструкції збиральної техніки.

Для підвищення якості викопування та попереднього очищення коренеплодів запропоновано модернізувати бурякозбиральний комбайн «Збруч-6». Суть удосконалення полягає у заміні наявного доочисного пристрою на механізм із пасивними лезами. Використання такої конструкції забезпечує ефективніше очищення головок коренеплодів від залишків гички та покращує якість їх підготовки до подальшого транспортування і переробки.

Важливою перевагою запропонованої модернізації є відносно невеликі витрати на переобладнання базової машини. При цьому досягається відчутний економічний ефект, який проявляється у зниженні забрудненості коренеплодів, покращенні якості їх очищення та скороченні витрат на післязбиральну доробку врожаю.

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

4.2 Розрахунок параметрів доочисного механізма

4.2.1 Односторонні лапи (бритви) широко застосовують на доочисних механізмах, іноді і на гичкозбиральних машинах

При проектуванні доочисних лап задаються наступними параметрами (рис. 4.1): кутами нахилу леза щитка до горизонту ψ , скосу леза крила γ , кришення β , а також зовнішнім радіусом сполучення крила з щитком r , шириною захвату лапи b , висотою леза щитка лапи H , шириною крила лапи і товщиною матеріалу δ .

При проектуванні може бути поставлена умова, щоб лезо щитка і лезо крила лапи в розгортці складали пряму лінію (рис. 4.2).

Величину кута Ω , що утворюється в розгортці перетином лез крила і щитка лапи, визначають за формулою

$$\Omega = 180 + \gamma_0 - (\psi + \alpha), \quad (4.1)$$

де γ_0 – кут скосу леза крила;

ψ – кут нахилу леза щитка до горизонту;

α – кут, що характеризує нахил до горизонту осі циліндричної поверхні, що сполучає щиток і крило лапи.

Для того, щоб кут Ω був рівний 180° , повинна дотримуватися наступна рівність

$$\gamma_0 = \psi + \alpha. \quad (4.2)$$

Проте безпосередньо використовувати це рівняння неможливо, оскільки кути γ_0 і α не є вихідними при проектуванні.

Для вирішення цього завдання необхідно вивести зв'язок між кутами ψ , γ і β , що забезпечує визначення одного з цих кутів при довільному виборі значень двох інших кутів і одночасному виконанні умови $\Omega = 180^\circ$.

За рис.4.3 знаходимо $l \cos \gamma_0 = k$ і $l' \cos \gamma = k$, але $l \cos \alpha = l'$, тому:

$$\cos \gamma_0 = \cos \alpha \cdot \cos \gamma. \quad (4.3)$$

Використовуючи рівність (4.2), можна отримати

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

КБ6 00.000 ПЗ

Арк.

$$\cos \gamma_0 = \cos(\psi + \alpha) \quad (4.4)$$

Враховуючи формулу (4.10), отримаємо:

$$\cos \alpha \cdot \cos \gamma = \cos \psi \cdot \cos \alpha - \sin \psi \cdot \sin \alpha \quad (4.5)$$

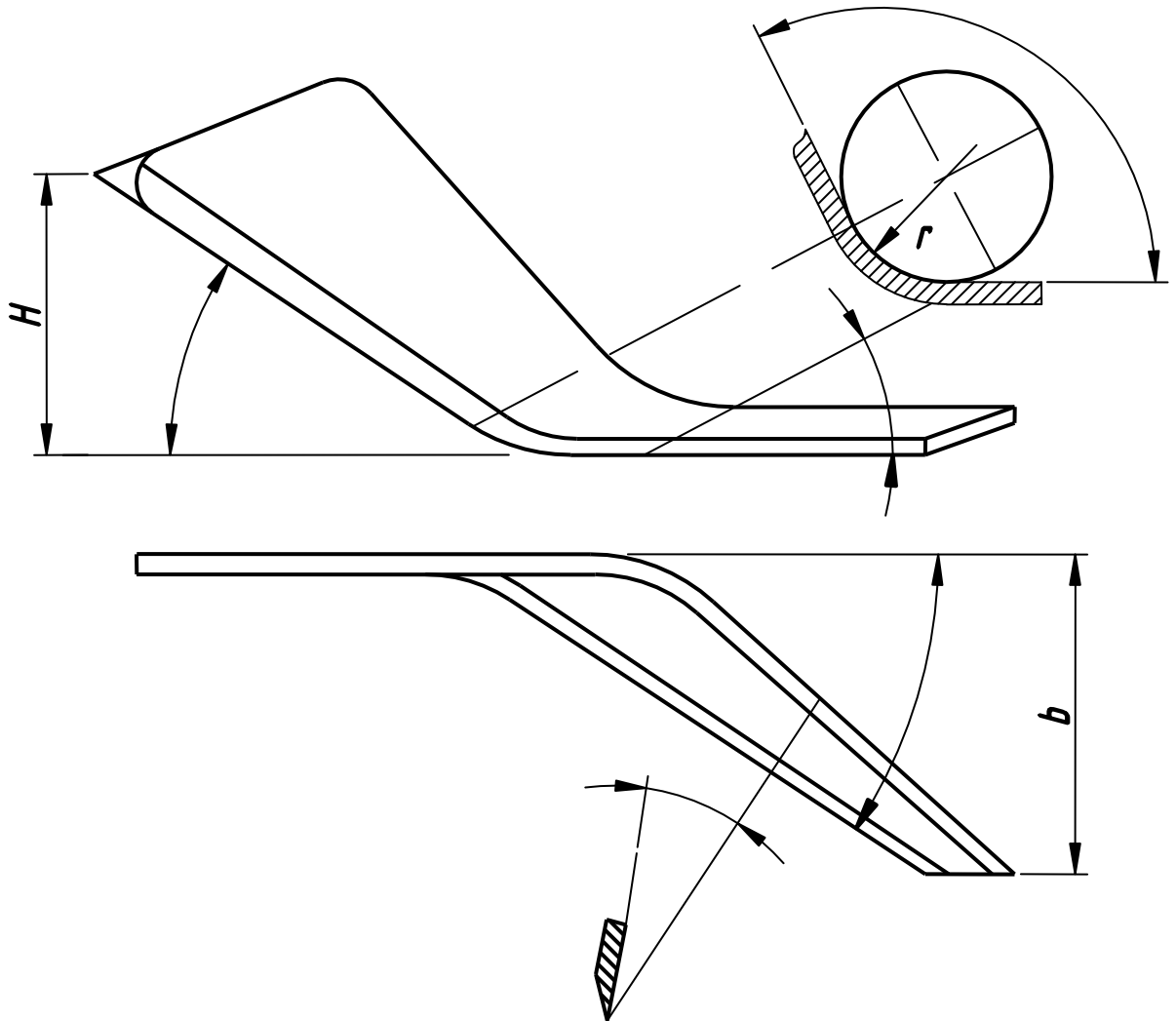


Рис.4.1. Вихідні параметри для проектування доочисної лапи.

Після перетворення отримаємо

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\cos \psi - \cos \gamma}{\sin \psi} . \quad (4.6)$$

Прирівнявши праві частини рівності (4.6) і виразу (4.7)

$$\operatorname{tg} \alpha = \operatorname{tg} \beta \cdot \sin \gamma , \quad (4.7)$$

отримаємо

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\cos \psi - \cos \gamma}{\sin \psi \cdot \sin \gamma} . \quad (4.8)$$

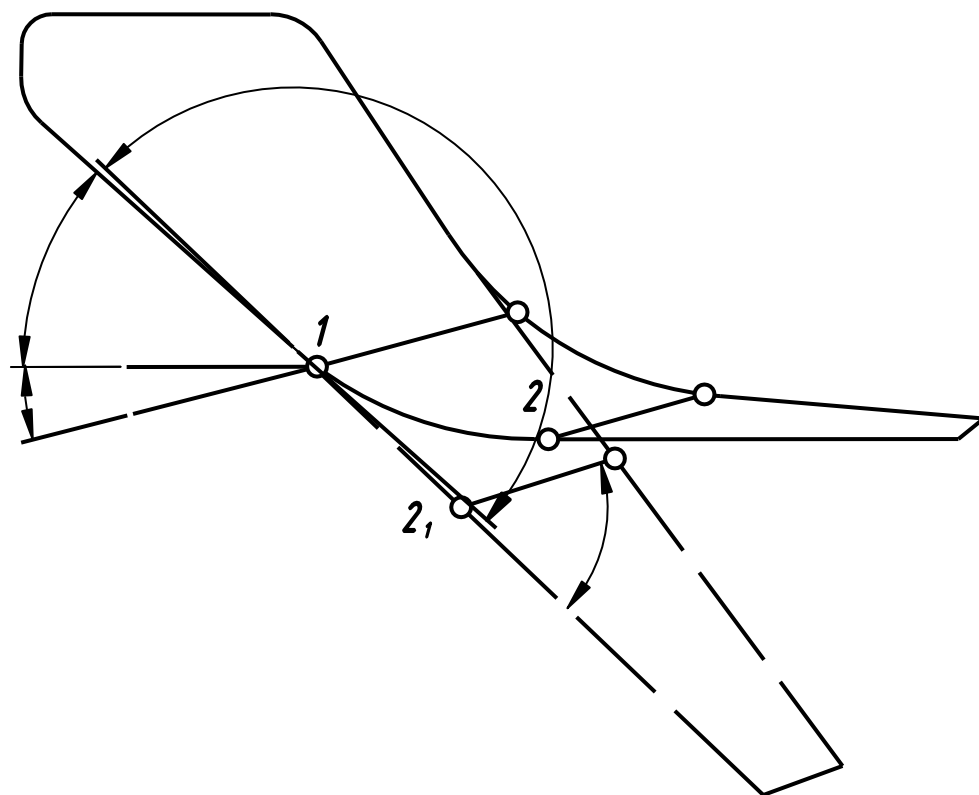


Рис.4.2. Схема для визначення конфігурації леза.

Рівняння (4.8) буде використано в подальшому для проектування вихідних параметрів, що впливають на процес роботи односторонньої доочисної лапи.

Хай на початку проектування поставлені наступні умови: $\Omega = 180^\circ$, $\psi = 23-25^\circ$, $\gamma = 30-32^\circ$ і $\beta = 13-15^\circ$.

Приймаючи $\psi = 25^\circ$ і $\gamma = 32^\circ$, підставимо значення цих кутів у формулу (4.8)

$$\operatorname{tg} \beta = \frac{\cos 25^\circ - \cos 32^\circ}{\sin 25^\circ \cdot \sin 32^\circ} = 0,260 .$$

Тоді $\beta = 14^\circ 40'$.

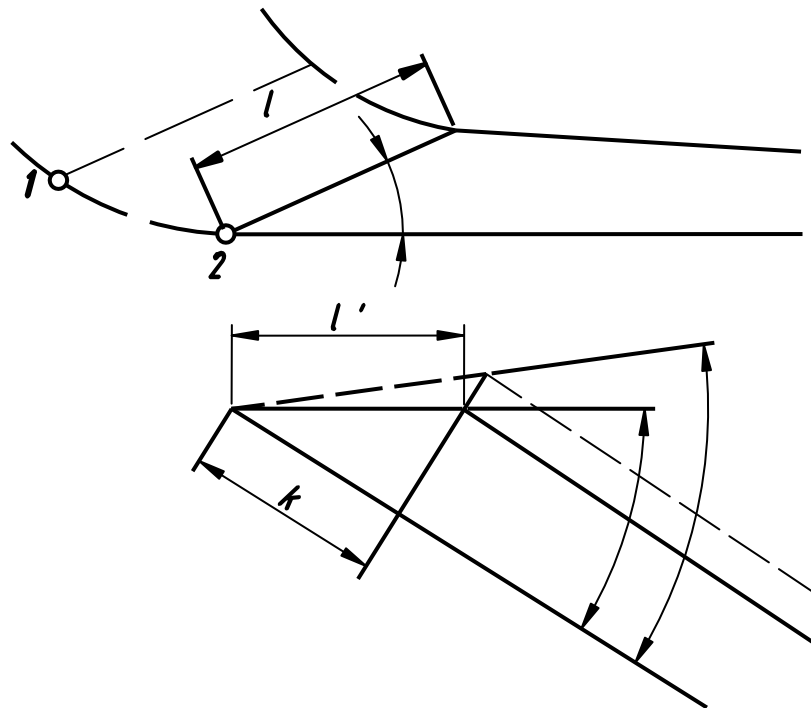


Рис 4.3. Схема для визначення залежності між кутами β , γ і ψ .

Отримане значення кута β відповідає вихідним вимогам на розробку. На цьому в даному випадку закінчується визначення кутів β , γ і ψ , що забезпечують виконання умови $\Omega = 180^\circ$.

Проте задане значення кутів β , γ і ψ не завжди забезпечує рівність $\Omega = 180^\circ$. Якщо $\Omega < 180^\circ$, то розгортка матиме форму, представлену на рис.4.2.

Щоб незрізані бур'яни не затримувалися на лезі лапи, вершину кута Ω слід суміщати з точкою 1. Кут Ω визначають за формулою (4.1).

Для побудови проекцій лапи необхідно визначити кути α та ϑ і координати h, l, i е точок 1 і 2 (рис.4.4).

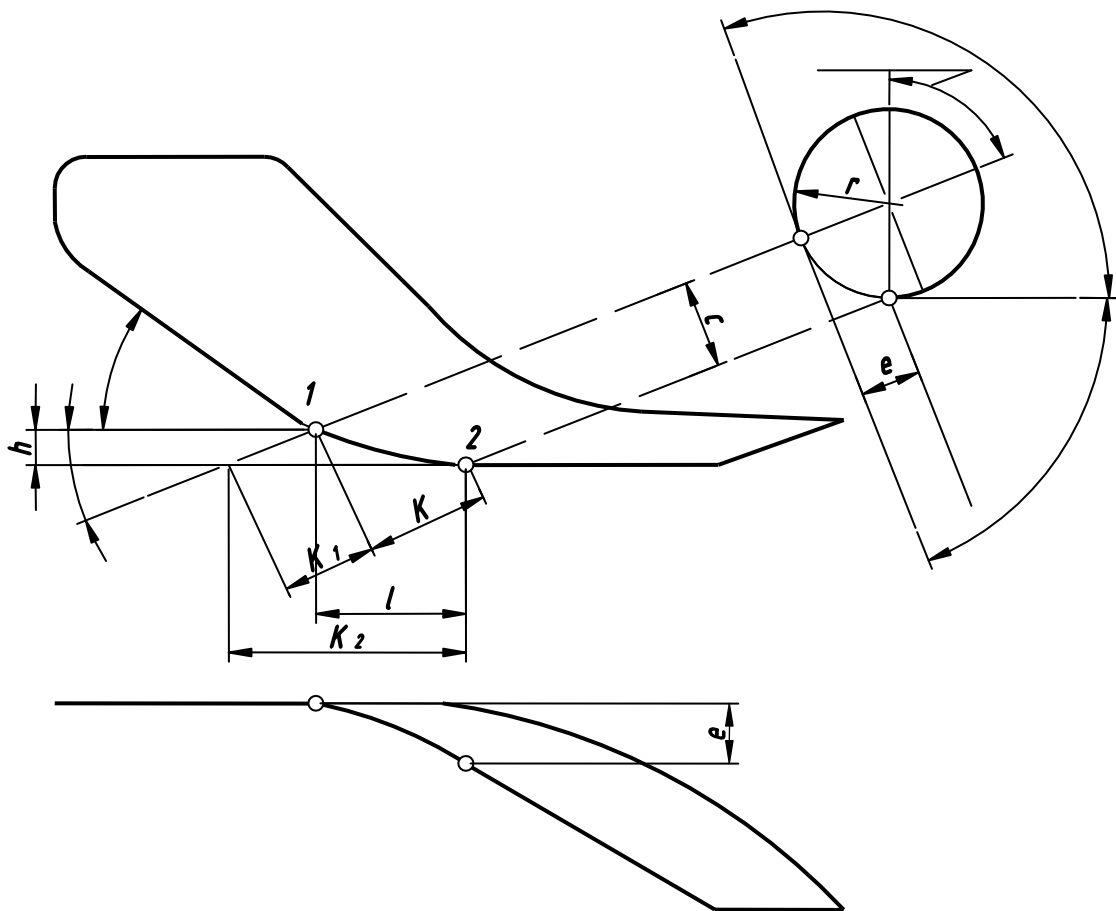


Рис.4.4. Побудова проєкцій односторонньої доочисної лапи.

Величину кута α , який характеризує нахил до горизонту осі циліндричної поверхні, що сполучає щиток і крило, знаходять за формулою (4.7).

$$\alpha = \arctg(\operatorname{tg} \beta \cdot \sin \gamma) = \arctg(0.262 \cdot 0.529) = 8^\circ$$

Кут $\vartheta = 180^\circ - \theta$, а кут θ знаходять з рівності (4.1) або з рис.4.11

$$\theta = 90^\circ - \alpha = 90^\circ - 8^\circ = 82^\circ.$$

Звідки

$$\vartheta = 180^\circ - 82^\circ = 98^\circ.$$

По рис.4.4 визначаємо e

$$e = r(1 - \cos \theta) \quad (4.9)$$

де e – відстань дотичної до кола згину лапи;

r – радіус циліндра, по якому відбувається спряження частин лапи.

$$e = 20 \cdot (1 - \cos 82^\circ) = 20 \cdot (1 - 0,139) = 17,22 \text{ мм}.$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

КБ6 00.000 ПЗ

Арк.

Також знаходимо відрізок h і l :

$$h = k_1 \sin \alpha = \left(\frac{c}{\operatorname{tg} \alpha} - k \right) \sin \alpha = \left(\frac{r \sin \theta}{\operatorname{tg} \alpha} - k \right) \sin \alpha \quad (4.10)$$

$$l = k_2 - k_1 \cos \alpha = k_2 - \left(\frac{r \sin \theta}{\operatorname{tg} \alpha} - k \right) \cos \alpha = \frac{c}{\sin \alpha} - \left(\frac{r \sin \theta}{\operatorname{tg} \alpha} - k \right) \cos \alpha = \quad (4.11)$$

$$= \frac{r \sin \theta}{\sin \alpha} - \left(\frac{r \sin \theta}{\operatorname{tg} \alpha} - k \right) \cos \alpha.$$

У відповідності до рис.4.6 відрізок k рівний:

$$k = s \operatorname{ctg} \gamma_0 \quad (4.12)$$

Але враховуючи наступну формулу

$$\operatorname{ctg} \gamma_0 = \cos \beta / \operatorname{tg} \gamma \quad (4.13)$$

отримаємо наступний вираз для визначення відрізка k :

$$k = \frac{\pi r \theta \cos \beta}{180 \operatorname{tg} \gamma} \quad (4.14)$$

Товщину лапи δ приймаємо рівною 4 мм. Ширину лапи приймаємо 125 мм.

Підставляючи перетворені і обраховані значення k в рівняння (4.10) і (4.11), визначаємо величини h і l .

$$h = r \sin \alpha \left(\frac{\sin \theta}{\operatorname{tg} \alpha} - \frac{\pi \theta \cos \beta}{180 \operatorname{tg} \gamma} \right) \quad (4.15)$$

$$l = r \left[\frac{\sin \theta}{\sin \alpha} - \cos \alpha \left(\frac{\sin \theta}{\operatorname{tg} \alpha} - \frac{\pi \theta \cos \beta}{180 \operatorname{tg} \gamma} \right) \right] \quad (4.16)$$

Отже:

$$k = \frac{3,14 \cdot 20 \cdot 82 \cdot 0,967}{180 \cdot 0,624} = 44,33 \text{ мм};$$

$$h = 20 \cdot 0,139 \cdot \left(\frac{0,99}{0,14} - \frac{3,14 \cdot 82 \cdot 0,967}{180 \cdot 0,624} \right) = 13,49 \text{ мм};$$

					КБ6 00.000 ПЗ		Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата			

$$l = 20 \cdot \left[\frac{0,99}{0,14} - 0,99 \left(\frac{0,99}{0,14} - \frac{3,14 \cdot 82 \cdot 0,967}{180 \cdot 0,624} \right) \right] = 45,31 \text{ мм}.$$

Для побудови розгортки лапи (рис.4.12) визначаємо розміри l_1, l_2 і l_0 .

Задній контур наносимо відповідно до прийнятої ширини крила лапи і конфігурації щитка.

4.2.2 Розрахунок гвинта притискного механізму

Гвинт притискного механізму повинен створити силу попереднього притискання секцій доочисника. Згідно формули (4.16). $F_{0 \text{ max.}} = 604 \text{ Н}$.

Розміри болта знайдемо умови міцності болта на зріз за [10]

$$T_{\text{зр.}} = F / 0,8 \pi d_1 h \leq [\tau]_{\text{зр.}} \quad (4.17)$$

де d_1 – внутрішній діаметр болта, мм;

h – висота вкручування болта в корпус, мм ($h = 50 \text{ мм}$);

Для $[\tau] = 166 \text{ МПа}$

Виходячи з формули (4.17), обчислимо внутрішній діаметр болта

$$d_1 = 6217,2 / 0,8 \times 3,14 \times 166 \times 50 = 8 \text{ мм}.$$

Приймаємо болт М 10. Умова міцності виконана.

4.3 Розрахунок циліндричної гвинтової пружини дообріжчика

У запропонованій конструкції пасивного дообріжчика ніж підпружинюється гвинтовою циліндричною пружиною. Для забезпечення найкращої роботи цієї конструкції потрібно розрахувати параметри пружини (рис. 4.5).

Податливість циліндричних пружин пропорційна їхньому індексу C . Практичне застосування мають пружини з індексом $C=4...12$. Для збільшення податливості індекс C беруть якомога більшим. Збільшуючи індекс пружини певної жорсткості, можна зменшити довжину пружини збільшенням її діаметра,

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

КБ6 00.000 ПЗ

Арк.

а зменшуючи індекс, можна зменшити діаметр збільшенням довжини пружини. Для нашої конструкції вибираємо пружину з індексом 5.

Для розрахунку на міцність розглянемо силові фактори, що діють у перерізі витка, навантаженого силою P пружини (рис. 4.2). За умовою рівноваги нижньої частини пружини визначаємо, що у довільному перерізі витка діють крутний момент $T = 0,5PD$ та поперечна сила P , які спричиняють відповідно кручення та зріз витка. Нехтуючи кутом підйому витків α (рис. 4.6), який для більшості пружин розтягу та стиску менший ніж $10\text{--}12^\circ$, а також напруженнями зрізу від поперечної сили, напруження кручення витків визначають за виразом, відомим з курсу опору матеріалів[11]

$$\tau = \frac{T \cdot K}{W_p} = \frac{8 \cdot P \cdot D \cdot K}{(\pi \cdot d^3)}, \quad (4.21)$$

де K – коефіцієнт, що враховує кривизну витків;

W_p – полярний момент опору перерізу витка, $W_p = \pi d^3/16$;

d – діаметр витків (дроту) пружини;

D – середній діаметр пружини.

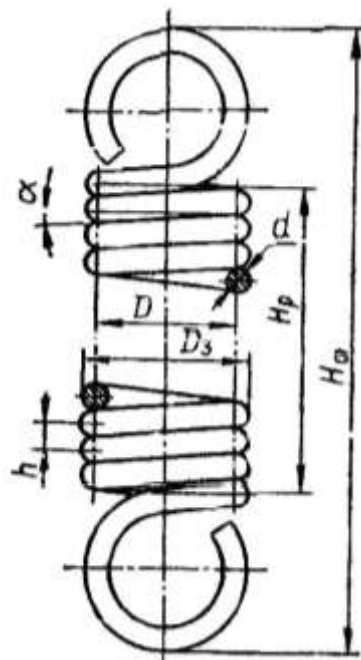


Рис. 4.5 Гвинтова циліндрична пружина розтягу.

Коефіцієнт K беруть залежно від індексу C пружини із співвідношення [11]

$$K = 1 + 1,4/C \quad (4.22)$$

Умову міцності витків пружини запишемо у вигляді [11]

$$\tau = \frac{8 \cdot P \cdot D \cdot K}{(\pi \cdot d^3)} \leq [\tau], \quad (4.23)$$

де $[\tau]$ – допустиме напруження кручення для матеріалу пружини.

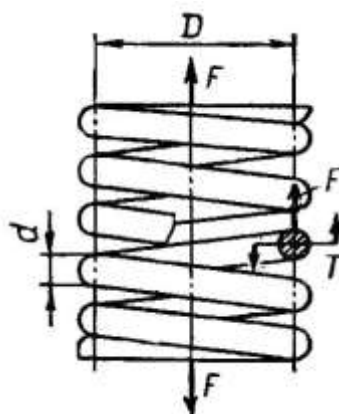


Рис. 4.6 Навантаження витків пружини розтягу.

Потрібний діаметр дроту пружини із умови (4.23) визначимо за формулою

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{8 \cdot P \cdot D \cdot K}{(\pi [\tau])}}. \quad (4.24)$$

Якщо в умові (4.24) врахувати, що $D/d=C$, то формулу для визначення діаметра дроту пружини можна записати у вигляді

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{8 \cdot P \cdot K \cdot C}{(\pi [\tau])}}. \quad (4.25)$$

Допустимі напруження для пружин залежать від матеріалу пружини, характеру зміни навантаження та ступеня відповідальності пружини. Циліндричні гвинтові пружини відповідального призначення виготовляють здебільшого з дроту підвищеної та високої міцності. Для таких навантажених

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

КБ6 00.000 ПЗ

Арк.

статично пружин допустимі напруження беруть: при розрахунку витків на кручення $[\tau]_c = 0,5\sigma_b$; при розрахунку на згин $[\sigma]_c = 0,5\sigma_b$.

Під час роботи на пружину дообрізчика діють змінні навантаження, тому допустимі напруження вибираємо з умови запобігання втомному руйнуванню. У такому разі рекомендують брати [11]

$$[\tau] = [\tau]_c \cdot K_L, \quad [\sigma] = [\sigma]_c K_L, \quad (4.26)$$

де $[\tau]_c, [\sigma]_c$ – допустимі напруження при статичному навантаженні пружин;

K_L – коефіцієнт довговічності, залежить від числа циклів N_σ навантаження пружини за строк її служби та коефіцієнтів асиметрії циклів R .

Із [11] вибираємо границю міцності дроту $\sigma_b = 1100 \text{ МПа}$, коефіцієнт $K_L = 0,4$, орієнтуючись на виготовлення пружини із пружинного дроту III класу міцності діаметром 3–4 мм. Тоді допустиме напруження витків

$$[\tau] = 0,5 \sigma_b K_L = 0,5 \cdot 1100 \cdot 0,4 = 220 \text{ МПа}.$$

Якщо попередньо взяти індекс пружини $C' = 5$, то матимемо коефіцієнт, що враховує кривизну витків (4.22)

$$K' = 1 + 1,4/5 = 1,3.$$

Тоді з (4.25) визначаємо діаметр дроту

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{8 \cdot 65,3 \cdot 1,3 \cdot 5}{(3,14[220])}} = 2,2 \text{ мм}.$$

Знайдене значення d округлюємо до значення у стандартному ряду діаметрів дроту для виготовлення пружин, $d = 3 \text{ мм}$.

Діаметр дроту пружини дає змогу визначити середній та зовнішній діаметри пружини:

$$D = C d = 5 \cdot 3 = 15 \text{ мм};$$

$$D_3 = D + d = 15 + 3 = 18 \text{ мм}.$$

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Осьову пружну деформацію пружини (розтяг або стиск) під дією навантаження P можна знайти як добуток кута закручування витків пружини та середнього радіуса пружини $0,5D$ [11]

$$\lambda = 0,5D \cdot \theta = \frac{0,5 \cdot D \cdot M \cdot \pi \cdot D \cdot i}{(G \cdot I_p)}, \quad (4.27)$$

де i – кількість робочих витків пружини;

G – модуль пружності при зсуві матеріалу пружини (для сталі $G = 8 \cdot 10^4$ МПа);

I_p – полярний момент інерції перерізу витка пружини, $I_p = \pi d^4/32$.

Виражаючи I_p через d та враховуючи, що $D/d=C$, вираз для осьової пружної деформації пружини (4.27) можна записати у вигляді[11]

$$\lambda = \frac{8 \cdot P \cdot D^3 \cdot i}{(G \cdot d^4)} = \frac{8 \cdot F \cdot C^3 \cdot i}{(G \cdot d)}. \quad (4.28)$$

Відношення навантаження P до осьової пружної деформації λ пружини – це жорсткість k пружини. Із виразу (4.28)

$$k = \frac{G \cdot d^4}{(8 \cdot D^3 \cdot i)} = \frac{G \cdot d}{(8 \cdot C^3 \cdot i)}. \quad (4.29)$$

З виразу (4.28) можна визначити потрібну кількість робочих витків пружини, якщо відоме значення λ

$$i = \frac{G \cdot d^4 \cdot \lambda}{(8 \cdot P \cdot D^3)} = \frac{G \cdot d \cdot \lambda}{(8 \cdot P \cdot C^3)} \quad (4.30)$$

Для того, щоб правильно розрахувати та підібрати пружину, необхідно визначити її робочу характеристику (рис. 4.3), на якій повинні бути зазначені: $\lambda_{\min}$, $\lambda_{\max}$ – відповідно мінімальна та максимальна розрахункові деформації пружини; $P_{\min}$, $P_{\max}$, P_{zp} – відповідно мінімальне, максимальне і розрахункове навантаження та граничне навантаження на пружину (за міцністю витків у пружинах розтягу).

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Для пружин розтягу (рис. 4.7), виготовлених із щільним (закритим) навиванням витків, початковий натяг (притискання сусідніх витків) визначається із рівності $P_0 = (0,2 \dots 0,3) P_{\text{сп}}$. Граничне навантаження для пружин розтягу та стиску приймають $P_{\text{сп}} = (1,1 \dots 1,2) P_{\text{мах}}$.

Граничне навантаження $P_{\text{гр}} = 1,2 \cdot P = 1,2 \cdot 65,3 = 78,36 \text{ Н}$.

За формулою (4.10) потрібна кількість витків пружини при деформації $\lambda = 20 \text{ мм}$

$$i = 8 \cdot 10^4 \cdot 3^4 \cdot 20 / (8 \cdot 65,3 \cdot 15^3) \approx 73.$$

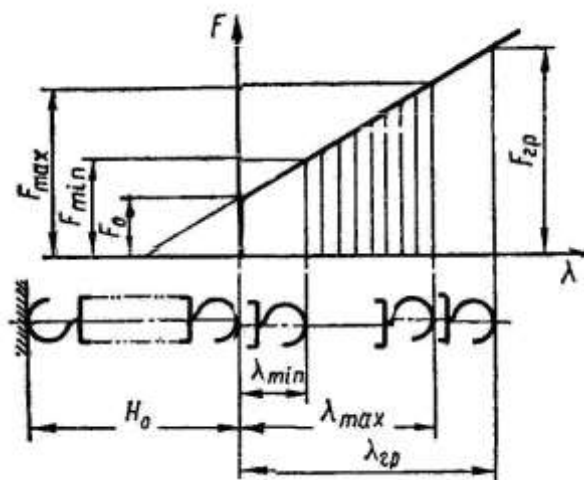


Рис. 4.7 Робоча характеристика пружини розтягу.

При такому навантаженні розрахункове напруження у витках пружини з вибраними параметрами

$$\tau = \frac{8 \cdot 78,36 \cdot 15 \cdot 1,3}{3,14 \cdot 3^3} = 144,2 \leq [\tau] = 220 \text{ МПа}.$$

Решту розмірів пружин обчислюємо та такими формулами:

- довжина робочої частини ненавантаженої пружини

$$H_p = i \cdot d, \quad (4.11)$$

$$H_p = 73 \cdot 3 = 219 \text{ мм};$$

- повна кількість витків

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата

КБ6 00.000 ПЗ

Арк.

$$i_0 = i + (1...2), \quad (4.12)$$

$$i_0 = 73+2=75;$$

- довжина ненавантаженої пружини

$$H_0 = i_0 \cdot d + 2 \cdot h_B, \quad (4.13)$$

де $h_B = (0,5...1) \cdot D$ – висота одного вушка,

$$H_0 = 75 \cdot 3 + 2 \cdot 15 = 255 \text{ мм};$$

- довжина пружини при максимальному розрахунковому навантаженні[11]

$$H = H_0 + \lambda_{\max} = H_0 + (P_{\max} - P_0)/k = H_0 + 8 C^3 i (P_{\max} - P_0)/(G d), \quad (4.14)$$

$$H = 255 + 8 \cdot 5^3 \cdot 73 (78,36 - 65,3)/(8 \cdot 10^4 \cdot 3) = 258,97 \text{ мм}.$$

При максимальному осьовому навантаженні $P = 78,36$ Н мінімальний зазор між витками[11]

$$\Delta = 0,2\lambda / i, \quad (4.15)$$

$$\Delta = 0,2 \cdot 20 / 73 = 0,05 \text{ мм}.$$

Крок витків ненавантаженої пружини

$$h = \lambda / i + d + \Delta, \quad (4.16)$$

$$h = 20 / 73 + 3 + 0,05 = 3,32 \text{ мм}.$$

Довжина дроту для виготовлення пружини

$$L = \pi \cdot D \cdot i_0 / \cos \alpha + 2l_B, \quad (4.17)$$

де l_B – довжина дроту для одного вушка.

Кут підйому витків[11]

$$\alpha = \frac{\arctg[h / (\pi \cdot D)]}{(8 \cdot F \cdot D^3)}, \quad (4.18)$$

$$\alpha = \arctg[3,32 / (3,14 \cdot 15)] = \arctg[0,0705] = 4,03^\circ.$$

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Довжина дроту для виготовлення пружини[11]

$$L = \pi \cdot D \cdot i_0 / \cos \alpha + 2l_B, \quad (4.19)$$

$$L = 3,14 \cdot 15 \cdot 75 / \cos(4,03) + 2 \cdot 45 = 3631,3 \text{ мм.}$$

Для гвинтових циліндричних пружин розтягу або стиску з дроту круглого перерізу можна використовувати також табличний метод визначення розмірів за відомими навантаженнями (ГОСТ 13765–86).

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз небезпечних та шкідливих факторів, які можуть виникнути при експлуатації модернізованого комбайна «Збруч-6»

Під час експлуатації бурякозбирального комбайна можуть виникати різноманітні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які впливають на безпеку та умови праці механізатора[12].

До основних небезпек належать рухомі елементи машини, зокрема переміщення самого агрегату під час роботи, розворотів, переїздів між полями, а також переведення його з робочого положення в транспортне. Особливу небезпеку становлять обертові механізми, такі як викопувальний апарат, приводи робочих органів та інші рухомі вузли.

У процесі роботи також спостерігається підвищений рівень шуму, що утворюється внаслідок функціонування двигуна та робочих органів, а також значна вібрація, яка передається від двигуна та різальних механізмів на конструкцію машини.

Додатковим негативним фактором є підвищена запиленість повітря в робочій зоні механізатора, що характерно для умов збирання коренеплодів. Небезпеку також становлять шкідливі речовини, зокрема паливно-мастильні матеріали (наприклад, масло М-10Г2К та інші), які використовуються під час обслуговування та експлуатації техніки[12].

Існує ризик виникнення пожежонебезпечних ситуацій, які можуть бути спричинені витіканням паливно-мастильних матеріалів на нагріті вузли та деталі машини або коротким замиканням в електричній системі.

Також слід враховувати електробезпеку, особливо під час роботи агрегату поблизу ліній електропередач або у випадку накопичення статичної електрики.

До додаткових факторів належать розташування робочого місця оператора на значній висоті, що підвищує ризик травмування, а також широкий

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

діапазон мікрокліматичних умов, які залежать від погодних факторів і можуть суттєво змінюватися протягом робочої зміни[12].

Небезпеку становлять і нагріті поверхні двигуна та системи охолодження, що можуть спричинити опіки при необережному контакті. Окремо слід відзначити виконання робіт в умовах недостатнього природного освітлення, що знижує видимість і підвищує ризик помилок та травматизму.

5.2 Заходи по створенню нормальних і нешкідливих санітарно-гігієнічних умов праці на модернізованому комбайні

Для зменшення рівня шуму та вібрацій під час роботи машинно-тракторного агрегату передбачено комплекс технічних і організаційних заходів.

Зокрема, на вихлопній системі трактора встановлено глушники шуму, що дозволяє знизити інтенсивність звукового навантаження на оператора. Сидіння механізатора обладнане амортизаційним пристроєм, який зменшує вплив вібрацій, що передаються від ходової частини та робочих органів.

Внутрішні поверхні кабіни оброблені спеціальними звукопоглинальними матеріалами пористої структури, які сприяють зниженню рівня шуму всередині робочого місця. Для покриття підлоги кабіни використовуються килимки з вібропоглинальних матеріалів. Вони одночасно виконують функцію ізоляції у випадку ураження електричним струмом, наприклад при обриві або падінні електропроводів на машину[12].

Додатково для зменшення шумового навантаження, що виникає під час роботи приводних механізмів комбайна, рекомендується застосування в'язких мастильних матеріалів, які знижують тертя та рівень вібрацій у вузлах агрегату.

Мікроклімат у кабіні оператора підтримується на рівні, що відповідає нормативним вимогам. Температура повітря повинна становити 13–22 °С, відносна вологість – 40–60 %, швидкість руху повітря – 0,2–0,5 м/с, а інтенсивність теплового випромінювання не повинна перевищувати 174 Вт/м²[12].

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

Дотримання зазначених параметрів забезпечується завдяки використанню систем кондиціонування повітря, вентиляційних пристроїв та інших засобів регулювання мікроклімату в кабіні.

Освітлення робочого місця здійснюється за рахунок загального плафона, встановленого у верхній частині кабіни, який використовується при недостатньому природному освітленні. Додатково передбачене підсвічування контрольно-вимірювальних приладів окремими лампами, що забезпечує зручність і безпеку роботи оператора в темний час доби або в умовах обмеженої видимості.

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

6 ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз технологічної карти по вирощуванню цукрових буряків і розроблені пропозиції по вдосконаленню механізації технологічних процесів.
2. Розроблена операційно-технологічна карта збирання цукрових буряків.
3. Модернізовано доочисний механізм комбайна «Збруч-6», проведені необхідні розрахунки.
4. Запропоновані заходи для зменшення впливу шкідливих факторів на оператора комбайна.

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Присяжнюк О. І., Шульга С. С., Кононюк Н. О. та ін. Ефективність вирощування буряків цукрових в умовах Степу України. . *Наукові праці Інституту біоенергетичних культур і цукрових буряків*. 2023. № 31. С. 47–58.
2. Рослинництво : підручник / за ред. В. В. Калитки. Київ : Аграрна освіта, 2023.
3. Сучасні технології вирощування цукрових буряків : науково-практичні рекомендації НААН України. Київ, 2024.
4. Землеробство : підручник / за ред. В. П. Гудзя. Київ : Центр учбової літератури, 2022
5. Машиновикористання в землеробстві : навчальний посібник. Київ : НУБіП України, 2023.
6. Експлуатація машино-тракторного парку в аграрному виробництві / В.Ю.Ільченко, П.І Карасьов, А.С. Лімонт та інш.; за ред. В.Ю. Ільченка. Київ : Урожай, 1993. 288 с.
7. Погорілий М.Л. Технологічні і технічні аспекти вдосконалення бурякозбиральної техніки. *Техніка АПК*. 2000. №9. С.14–18.
8. Сільськогосподарські машини. Машини для рослинництва : підручник. Київ : Аграрна освіта, 2022.
9. Мартиненко В.Я. Гичкозбиральні машини. Тернопіль : ТОВ “Поліграфіст”, 1997. 108 с.
10. Гайдамака А. В. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків : навч. посібник для студ. машинобуд. спец. усіх форм навчання / А. В. Гайдамака. Харків : НТУ «ХПІ», 2020. 275 с.
11. Устюгов І.І. Деталі машин. Київ : Вища школа, 1988. 400с.
12. Зеркалов Д.В. Охорона праці в галузі: Загальні вимоги : навч. посібник. Київ : «Основа», 2011. 551 с.

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		

ДОДАТКИ

					КБ6 00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпи.	Дата		