

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ ____ “ _____ 2025 р.

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

Модернізація картоплекопача КТН-1А з удосконаленням
копача

Виконав здобувач вищої освіти III
курсу, групи ГМ-21

ОПП «Галузеве машинобудування»

спеціальності 133 «Галузеве
машинобудування»

_____ Барабаш Владислав Павлович

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

_____ Сергій МОРОЗ

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

доц., канд. техн. наук

_____ Кирил ЩЕРБИНА

« ____ » _____ 2025 р.

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет Агротехнічний

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень

Галузь знань 13 «Механічна інженерія»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Галузеве машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

 Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« » 2025 року

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

 Барабаша Владислава Павловича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Модернізація картоплекопача КТН-1А з удосконаленням копача
2. Керівник роботи (проекту) Мороз Сергій Миколайович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання роботи до захисту 24.06.2025 р.
4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи (проекту) Удосконалення картоплезбиральних машин, які відповідатимуть агротехнічним вимогам, сприятимуть відновленню родючості ґрунтів, при цьому будуть конкурентоздатними з позиції енергозбереження.
5. Перелік графічного матеріалу 1. Картоплекопач КТН-1А – складальне креслення; 2. Зірочка – складальне креслення; 3. Деталювання.
Всього 3 аркуші формату А1.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1-4	Мороз С.М.		

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Дата видачі завдання
«03» лютого 2025 р.

Підпис керівника

_____ Мороз С.М.
(прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
« ____ » _____ 2025 р.

Підпис здобувача

_____ Барабаш В.П.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі представлено аналіз конструктивних рішень компактних картоплекопачів, представлених на українському ринку сільськогосподарської техніки. Виявлено недоліки базової моделі КТН-1А та запропоновано напрямки її технічного вдосконалення. В інженерній частині виконано розрахунки, спрямовані на оптимізацію форми леміша, впровадження пружних прогумованих пальців і зміну схеми приводу ротора. Встановлено, що оптимальні розміри леміша становлять: довжина – 280 мм, висота заднього обрізу – 55 мм, ширина – 540 мм. Кінематичні розрахунки дозволили визначити параметри оновленого приводу. Окремий розділ присвячено розробці інструкції з охорони праці при експлуатації копача в складі збирального агрегату.

Зміст

Вступ.....	6
2. Стан питання про машину, яка підлягає модернізації	7
3. Інженерна частина	17
4. Охорона праці.....	30
Висновки	33
Список використаної літератури.....	34

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КТН 00. 000 ПЗ

Арк.

5

ВСТУП

Україна входить до числа провідних аграрних країн світу, що мають вплив на світовий ринок сільськогосподарської продукції. Запровадження в сільському господарстві сучасної техніки, високоврожайних сортів та гібридів сільськогосподарських культур, а також технологій дозволили значно прискорити рівень розвитку аграрної галузі держави.

Реформування аграрного сектора економіки дозволило запровадити конкуренцію між виробниками сільськогосподарської продукції. Всі виробники від одноосібника й до великого агрохолдингу намагаються впроваджувати сучасні технології для отримання якомога більшого прибутку. Таке прагнення стимулює попит на сучасну техніку, яка відповідає цим вимогам та було пристосована під конкретного споживача.

Тому удосконалення існуючих конструкцій та розробка й виготовлення нових моделей актуальна задача для виробників агротехніки.

Під вирощування овочевих культур, в тому числі й картоплю виділяються значні площі. Вирощуванням цієї цінної культури займаються різні види господарств, починаючи від найменших індивідуальних до найбільших агрохолдингів. Всі вони мають потребу у зменшенні витрат на вирощування врожаю картоплі та отриманні максимального можливого прибутку.

Тому удосконалення конструкції картоплекопача КТН-1А є актуальним.

					<i>КТН 00. 000 ПЗ</i>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Барабаш</i>				<i>Пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Аркуш</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Мороз</i>						6	36
<i>Н.контр.</i>	<i>Мачок</i>					<i>ЦНТУ, гр. ГМ-21</i>		
<i>Затв.</i>	<i>Васильковський</i>							



Рис. 2.1. Картоплекопач ДТЗ–1Т–50

Ширина захвату становить 50 см.

Однорядна картоплекопалка Vomet використовується для збирання врожаю різних видів коренеплодів [2]. Робоча ширина захвату 60 см, але може працювати на міжряддях від 62 до 75 см.



Рис. 2.2. Картоплекопач Vomet

Агрегатується з тракторами з потужністю двигуна від 20 к.с.

Картоплекопач транспортерний для мінітрактора має подібну конструкцію до вже розглянутих копачів. Відмінність полягає у застосуванні

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КТН 00. 000 ПЗ

Арк.

8

в механізмі приводу ланцюгових передач. Таке технічне рішення ускладнює конструкцію картоплекопачів та знижує надійність роботи машини [3].



Рис. 2.3. Картоплекопач для мінітрактора

Ширина захвату 47 см.

На відміну від попередньої машини картоплекопач Vomet оснащено не одним суцільним лемішем, а трьома. На думку виробника це має зменшити травмування коренеплоді від пошкоджень та травмувань.

На нашому ринку представлено ще одну модель під маркою Vomet [3]. На відміну від попередніх моделей в його конструкції замість поздовжнього ланцюгово–планчатого транспортера використовуються два поперечних пруткових очисники коренеплодів від залишків ґрунту на коренеплодах. Вони також приводяться в дію від ВВП трактора. Підкопуючий леміш – суцільний, без приводу.

Попереду леміша з боків встановлені дискові ножі для перерізання стебел рослин. Вони регулюються по глибині входження у ґрунт.

В задній частині копача встановлені опорні колеса.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КТН 00. 000 ПЗ

Арк.

9

При ширині захвату 60 см копач може працювати на міжряддях 62–70 см. Агрегатується копач з тракторами з потужністю двигуна від 24 к.с.



Рис. 2.4. Картоплекопач Vomet

Вібраційна картоплекопалка однорядна КТН–1ВП використовується для продуктивного механізованого збирання врожаю картоплі та аналогічних коренеплодів на невеликих або середніх земельних ділянках у агрегаті з мінітрактором потужністю не менше 10 к.с. [4].

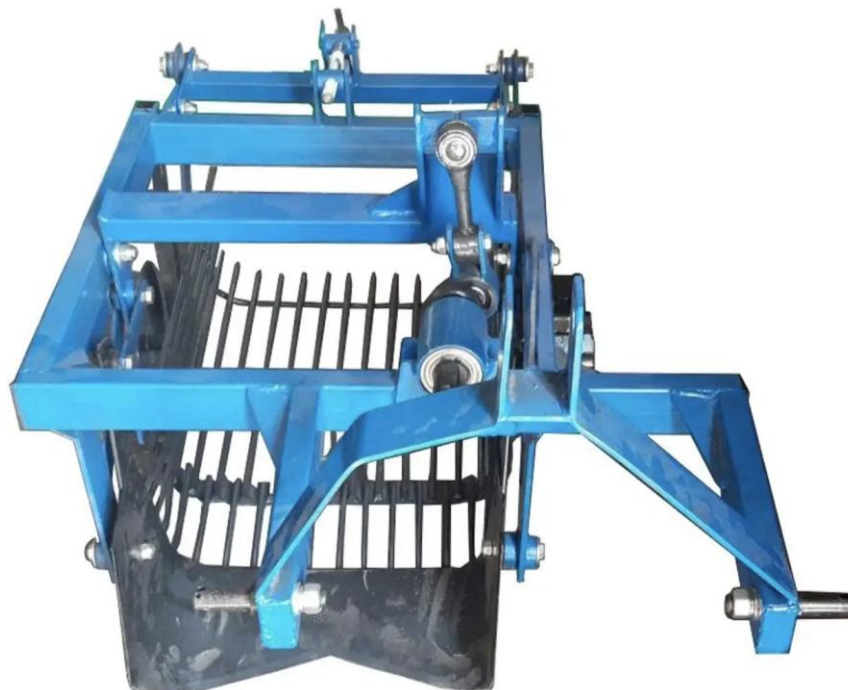


Рис. 2.5. Картоплекопач КТН–1ВП

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КТН 00. 000 ПЗ

Арк.

10

Віброніж і очисний грохот приводяться у дію від ВВП за допомогою карданного вала. Викопані коренеплоди разом із залишками ґрунту потрапляють на вібраційні ґрати. Під дією активної вібрації здійснюється очищення від налиплого ґрунту. Коренеплоди скидаються на землю по ходу транспорту.

Глибина викопування – до 18 см, встановлюється за рахунок зміни висоти опорних металевих коліс. Ширина захвату – 45 см.

Причіпний картоплекопач Кентавр на відміну від попередніх моделей приводиться в дію від ВВП мотоблоків з потужністю двигуна від 6 к.с. [5].

Використовується на ділянках площею 0,2–2,0 га.

Ширина захвату 37 см, глибина занурення суцільного лемішного копача – 15 см. Регулювання глибини занурення лемішного ножа здійснюється зміною розташування опорних коліс у вертикальній площині.

Вібраційний очисник коренеплодів від налиплого ґрунту являє собою пруткову решітку.

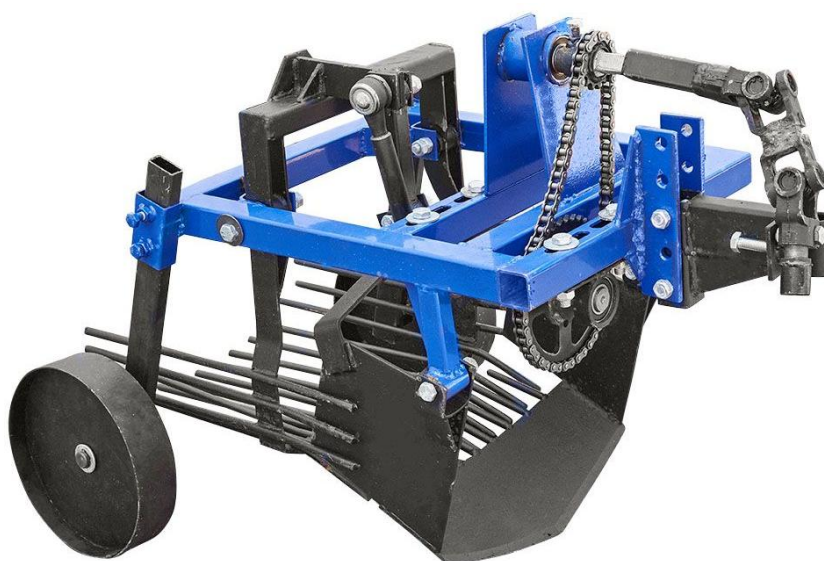


Рис. 2.6. Картоплекопач Кентавр

Картоплекопалка вібраційна КП–01Л (МКЗ) належить до однорядних машин грохотного типу з вібраційним принципом дії [7]. Робочий механізм агрегата здійснює підрізання кореневої системи нижче поверхні землі, після

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КТН 00. 000 ПЗ

Арк.

11

чого клубні очищаються від ґрунту за допомогою решітки. Глибина проникнення у ґрунт сягає 20 см, а робоча ширина захвату становить 30 см.



Рис. 2.7. Картоплекопач КП–01Л

Відмінність з попередньою моделлю полягає у різних механізмах приводу вібраційного очисника. Так замість карданної передачі від ВВП та ланцюгової використовується клинопасова передача від мотоблоку.

У дворядному вібраційному грохотному картоплекопачі КВТ–2, призначеному для агрегування з мінітракторами, леміш і грохіт виконують функції єдиного робочого елемента [8]. Це конструктивне рішення забезпечує надходження викопаних коренеплодів безпосередньо на решітку, що значно покращує процес очищення бульб від ґрунту та знижує ймовірність їх втрат у процесі збирання.

Модель КВТ–2 сумісна з мінітракторами, оснащеними двигунами потужністю не менше 24 кінських сил. Привід машини здійснюється від вала відбору потужності через шліцьове з'єднання. Робоча глибина копання складає 18 см і може змінюватися шляхом регулювання висоти опорних коліс. Ширина захвату – від 100 до 120 см, що дозволяє обробляти одночасно два рядки посадки.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата



Рис. 2.8. Картоплекопач КВТ–2

Дворядний картоплекопач КК20 призначений для використання з мінітракторами типу Т–25 [9].



Рис. 2.9. Картоплекопач КК20

Дворядна картоплекопачка КК20 приводиться в дію від ВВП трактора через карданний вал. На рамі картоплекопач встановлений редуктор оригінальної конструкції, який приводить в дію механізми активних ножів і грохотів.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

Модель ДТЗ-1В – це однорядний вібраційний картоплекопач, призначений для механізованого збирання картоплі з ґрунту [10]. Його дія базується на підрізання коренів у ґрунтовому шарі з подальшим очищенням бульб на грохоті з прутами. Агрегат може працювати в парі з тракторами, оснащеними двигунами потужністю від 12 до 25 кінських сил. Максимальна глибина обробітку становить 15 см, а робоча ширина захвату – до 34 см.



Рис. 2.10. Картоплекопач вібраційний ДТЗ-1В

Однорядні роторні копачі призначені для викопування картоплі з одного рядка з подальшим розкиданням бульб по поверхні поля на смугу шириною до 1,5 метра. Основними перевагами цього типу машин є їхня висока маневровість, здатність працювати на складних ділянках із засміченим або кам'янистим ґрунтом, а також можливість агрегування з компактними малогабаритними енергетичними засобами. Застосування роторних копачів особливо виправдане в господарствах з посівними площами картоплі до 20 гектарів, де важливим фактором є економія матеріальних і фінансових ресурсів.

Водночас одним із недоліків таких машин є недостатній рівень очищення картоплі від ґрунту й рослинних залишків. До того ж бульби після

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

Ротор обладнаний пальцями, які здійснюють розпушування ґрунту та можуть випадково травмувати картоплю. Щоб зменшити пошкодження бульб, передбачено конструктивне вдосконалення – встановлення восьми гребінок на роторі, кожна з яких містить по чотири зігнуті пальці. Пальці мають пружну конфігурацію з витками навколо труби, що дозволяє їм відхилятися під час контакту з перешкодами або бульбами. До того ж усі пальці мають гумове покриття, що додатково знижує ризик механічних ушкоджень урожаю.

Проведений аналіз роботи та конструктивних особливостей копача КТН–1А дозволяє виявити низку недоліків, які впливають на ефективність його використання. На основі цього можна сформулювати напрямки удосконалення конструкції з метою зменшення негативних факторів або їх повного усунення.

Зокрема, для зниження вартості виготовлення та спрощення конструкції доцільно замінити редукторний механізм приводу ротора на більш просту і доступну ланцюгову передачу. Такий підхід дозволяє збільшити переданий крутний момент на вихідний вал копача, зменшити розміри агрегату, а також знизити енерговитрати під час експлуатації.

3. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

3.1. Технологічні розрахунки

3.1.1. Обґрунтування параметрів леміша

Тип деформації ґрунту при взаємодії з клиноподібним робочим органом визначається значенням кута підкопування α . Для зменшення опору при підрізанні ґрунтового шару доцільно використовувати леміш із варіативною геометрією поверхні. Це означає, що величина кута α повинна змінюватись уздовж довжини ріжучої кромки, що дозволить оптимізувати процес проникнення в ґрунт і знизити енерговитрати агрегату (рис. 3.1).

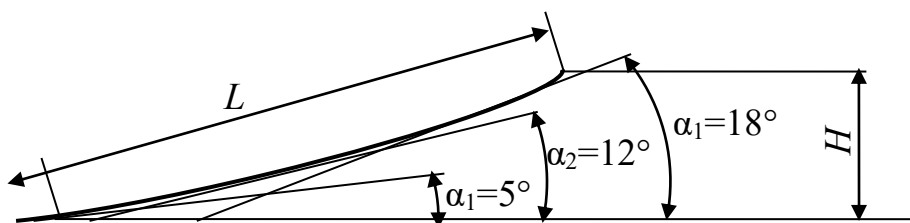


Рис. 3.1. Схема для визначення параметрів леміша

У процесі підкопування ґрунт не лише піднімається на задану висоту H , але також зазнає додаткового руйнування безпосередньо при контакті з поверхнею леміша. Такий ефект сприяє кращому розпушуванню та зменшенню злипання землі.

Геометричні параметри леміша приймаємо такими: довжина – $L=280$ мм, а висота розташування його задньої частини – $H=55$ мм. Ширина леміша з коритоподібною формою визначається на основі розрахункової залежності, що враховує просторову геометрію та параметри підкопування.

$$B = b + 2\delta, \quad (3.1)$$

де b – ширина залягання бульб в куці, мм;

δ – зміщення осі рядка відносно осі леза леміша

$$B = 320 + 2 \cdot 110 = 540 \text{ мм.}$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

Переміщенню шару ґрунту по лезу сильно перешкоджає рослинність (коріння). Для попередження забивання кут сходу γ повинен бути:

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - \varphi, \quad (3.2)$$

де φ – сумарний кут тертя рослинних решток та ґрунту по лезу, град.

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - 45^\circ = 45^\circ.$$

Отримане значення γ відповідає рекомендованому (40–50°) для такого типу лемешів, тому параметри вибраного лемеша вважаємо правильними.

3.1.2. Визначення потужності на привод ротора

Потужність ротора витрачається на деформацію ґрунту пальцями N_δ та відкидання ними бульб і ґрунту N_ϵ , тобто

$$N = N_\delta + N_\epsilon \quad (3.3)$$

Потужність на деформацію визначається [20]:

$$N_\delta = \frac{10^{-4} \cdot k \cdot c \cdot h \cdot z \cdot n \cdot \alpha_c}{6}, \quad (3.4)$$

де k – питомий опір деформації ґрунту, кН/м;

c – площа перерізу ґрунту, що розбивається одним пальцем, мм²;

h – висота шару ґрунту, що розбивається пальцями, м;

z – загальна кількість пальців, шт.;

n – частота обертання пальців ротора, об/хв;

α_c – коефіцієнт, що враховує стан ґрунту.

Частота обертання пальців ротора визначається з умови якісної сепарації ґрунту, виходячи зі швидкості руху агрегату, тобто:

$$n = \frac{\lambda V_p \cdot 30}{\pi R}, \quad (3.5)$$

де λ – показник кінематичної роботи ротора картоплекопача;

V_p – робоча швидкість, м/с;

R – радіус ротора, м.

$$n=(1,4 \cdot 1,39 \cdot 30) / 3,14 \cdot 0,48=75,0 \text{ об/хв.}$$

Для забезпечення бездоганності протікання технологічного процесу частоту обертання ротора необхідно збільшити в 1,2 рази, тобто $n=75,0 \cdot 1,2=90$ об/хв.

Підставивши отримані значення у формулу (3.4) будемо мати:

$$N_{\delta}=(10^{-4} \cdot 7,84 \cdot 10^{-2} \cdot 55 \cdot 25 \cdot 32 \cdot 90 \cdot 0,7) / 6=3,62 \text{ кВт.}$$

Потужність на відкидання бульб та ґрунту:

$$N_{\delta} = 5 \cdot 10^{-4} \delta Q_n \omega_p^2, \quad (3.6)$$

де δ – коефіцієнт відкидання, що залежить від форми робочого органу;

Q_n – маса бульб та ґрунту, що відкидається за одну секунду, кг/с;

ω – кутова швидкість ротора, с^{-1} .

$$N_{\delta}=5 \cdot 10^{-4} \cdot 0,5 \cdot 61,82 \cdot 4,23^2=0,274 \text{ кВт.}$$

Підставивши отримані значення у формулу (3.3) будемо мати:

$$N = 3,62+0,274=3,896 \text{ кВт.}$$

Потужність на валу ВВП визначається за формулою:

$$N_{\text{ввп}} = \frac{N}{\eta_l^2 \eta_m}, \quad (3.7)$$

де η_l , η_m – відповідно коефіцієнт корисної дії ланцюгової передачі (0,96) та запобіжної муфти (0,98).

$$N_{\text{ввп}}=3,896 / 0,96^2 \cdot 0,98=4,30 \text{ кВт.}$$

Таким чином, максимальна потужність приводу ротора картоплекопача від ВВП трактора становить 4,30 кВт.

3.2. Кінематичні розрахунки

3.2.1. Розрахунок параметрів ланцюгової передачі

Крок ланцюга визначається за формулою:

$$a = a_t \cdot t \quad (3.11)$$

де a_t – міжосьова відстань в кроках, $a_t = 21,35$.

t – крок ланцюга, мм.

$$a = 21,35 \cdot 19,05 = 406,71 \text{ мм.}$$

Необхідна довжина ланцюга в кроках:

$$L_t = 2a_1 + a_1 + (\epsilon/a_1) \quad (3.12)$$

де

$$a_1 = (z_1 + z_2)/2 = (15 + 45)/2 = 30;$$

$$\epsilon = \left(\frac{z_1 - z_2}{2\pi} \right)^2 = \left(\frac{45 - 15}{2 \cdot 3,14} \right)^2 = 22,82.$$

Таким чином

$$L_t = 2 \cdot 21,35 + 30 + (22,82/21,35) = 73,77;$$

приймаємо $L_t = 74$ кроки.

Уточнюємо величину міжосьової відстані за формулою:

$$a = \frac{t}{4} \left(L_t - a_1 + \sqrt{(L_t - a_1)^2 - 8 \cdot \epsilon} \right); \quad (3.13)$$

$$a = \frac{19,05}{4} \left(74,0 - 30 + \sqrt{(74,0 - 30)^2 - 8 \cdot 22,82} \right) = 408,97 \text{ мм.}$$

Для забезпечення провисання ланцюга міжосьову відстань зменшимо на величину $(0,002 - 0,004)a$, тобто $\Delta = 0,003 \cdot 408,97 = 1,22$ мм.

Після уточнення отримаємо: $a = 408,97 - 1,22 = 407,75$ мм.

Визначаємо число ударів ланки об зуб зірочки за секунду:

$$v = \frac{2 \cdot z_1 \omega_1}{\pi L_t} \leq [v], \quad (3.14)$$

$$v = \frac{2 \cdot 15 \cdot 56,52}{3,14 \cdot 74} \leq [35].$$

Визначаємо сили, що діють у вітках ланцюга і сили тиску на вали.

Колова сила:

$$F_t = \frac{1000 N_1}{V_n}, \quad (3.15)$$

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

де V_n – швидкість ланцюга, м/с.

$$V_n = \frac{z_1 \cdot t \cdot \omega_1}{2000 \cdot \pi} \quad (3.16)$$

$$V_n = \frac{15 \cdot 19,05 \cdot 56,52}{2000 \cdot 3,14} = 2,57 \text{ м/с.}$$

Тоді

$$F_t = \frac{1000 \cdot 4,22}{2,57} = 1642,02 \text{ Н.}$$

Сила натягу ланцюга від провисання:

$$F_q = k_f \cdot q \cdot a \cdot g, \quad (3.17)$$

де k_f – коефіцієнт провисання, $k_f=6,0$.

$$F_q = 6,0 \cdot 1,9 \cdot 0,407 \cdot 9,8 = 45,47 \text{ Н.}$$

Сила натягу ланцюга від відцентрових сил

$$F_y = q \cdot V_n^2, \quad (3.18)$$

$$F_y = 1,9 \cdot 2,57^2 = 12,54 \text{ Н.}$$

Загальне зусилля у ведучій вітці ланцюга:

$$F_{заг1} = F_t \cdot k_d + F_q + F_y \quad (3.19)$$

$$F_{заг1} = 1642,02 \cdot 1,25 + 45,47 + 12,54 = 2110,53 \text{ Н.}$$

Загальне зусилля у веденій вітці ланцюга:

$$F_{заг2} = F_q + F_y \quad (3.20)$$

$$F_{заг2} = 45,47 + 12,54 = 58,01 \text{ Н.}$$

Зусилля, що діє на вали ведучої та веденої зірочки:

$$F_e = F_t \cdot k_d + 2F_q; \quad (3.21)$$

$$F_e = 1642,02 \cdot 1,25 + 245,47 = 2143,46 \text{ Н.}$$

Перевіряємо ланцюг на питомий тиск в шарнірах за формулою

$$p = \frac{F_t \cdot k_e}{S \cdot m_p \cdot 10^2} \leq [p], \quad (3.22)$$

де S – проекція опорної поверхні шарніра;

$[p]$ – допустимий питомий тиск, $[p]=24$ МПа.

$$p = \frac{1642,02 \cdot 1,15}{1,05 \cdot 1 \cdot 10^2} = 19,54 \leq [24] \text{ МПа.}$$

Запас міцності вибраного ланцюга:

$$n = \frac{Q}{F_{заг1}} \geq [n]; \quad (3.23)$$

$$n = \frac{31800}{2110,53} = 15,06 \geq [9,3].$$

Отже, ланцюг вибрано правильно.

Визначаємо основні геометричні і конструктивні розміри ведучої та веденої зірочок.

Діаметр ділительного кола:

$$d_0 = \frac{t}{\sin \frac{180}{z}} \quad (3.24)$$

Ведуча зірочка:

$$d_0 = \frac{19,05}{\sin \frac{180}{15}} = 91,62 \text{ мм.}$$

Ведена зірочка:

$$d_0 = \frac{19,05}{\sin \frac{180}{45}} = 273,09 \text{ мм.}$$

Діаметр зовнішніх кіл:

$$d_{a \min} = d + 0,5d_1 \quad (3.25)$$

$$d_{a \max} = d + 1,25t - d_1 \quad (3.26)$$

Ведуча зірочка:

$$d_{a \min} = 91,62 + 0,5 \cdot 11,91 = 97,5 \text{ мм,}$$

$$d_{a \max} = 91,62 + 1,25 \cdot 19,05 - 11,91 = 103,52 \text{ мм.}$$

Ведена зірочка:

$$d_{a\min} = 273,09 + 0,5 \cdot 11,91 = 279,04 \text{ мм},$$

$$d_{a\max} = 273,09 + 1,25 \cdot 19,05 - 11,91 = 296,9 \text{ мм}.$$

Радіус впадин:

$$r_{i\min} = 0,505 \cdot d_1; \quad (3.27)$$

$$r_{i\max} = 0,505 \cdot d_1 + 0,069 \cdot \sqrt[3]{d_1}. \quad (3.28)$$

Ведуча зірочка:

$$r_{i\min} = 0,505 \cdot 11,91 = 6,01, \text{ мм},$$

$$r_{i\max} = 0,505 \cdot 11,91 + 0,069 \cdot \sqrt[3]{11,91} = 6,17, \text{ мм}.$$

Радіус впадин веденої зірочки вибираємо аналогічний.

Діаметр кола впадин:

$$d_f = d - 2 \cdot r_1 \quad (3.29)$$

Ведуча зірочка:

$$d_f = 91,62 - 2 \cdot 6,01 = 79,6 \text{ мм},$$

Ведена зірочка:

$$d_f = 273,09 - 2 \cdot 6,01 = 261,07 \text{ мм}.$$

Радіус спряжень:

$$r_{l\min} = 0,12 \cdot d_1 (z + \alpha) \quad (3.30)$$

$$r_{l\min} = 0,008 \cdot d_1 (z^2 + 180) \quad (3.31)$$

Ведуча зірочка:

$$r_{l\min} = 0,12 \cdot 11,91 \cdot (15 + 2) = 24,29 \text{ мм},$$

$$r_{l\min} = 0,008 \cdot 11,91 \cdot (15^2 + 180) = 38,58 \text{ мм}.$$

Ведена зірочка:

$$r_{l\min} = 0,12 \cdot 11,91 \cdot (45 + 2) = 67,17 \text{ мм},$$

$$r_{l\min} = 0,008 \cdot 11,91 \cdot (45^2 + 180) = 210,09 \text{ мм}.$$

Кут спряження:

$$\alpha_{\min} = 120^\circ - \frac{90^\circ}{z}; \quad (3.32)$$

$$\alpha_{\max} = 140^\circ - \frac{90^\circ}{z}. \quad (3.33)$$

Ведуча зірочка:

$$\alpha_{\min} = 120^\circ - \frac{90^\circ}{15} = 114^\circ;$$

$$\alpha_{\max} = 140^\circ - \frac{90^\circ}{15} = 134^\circ.$$

Ведена зірочка:

$$\alpha_{\min} = 120^\circ - \frac{90^\circ}{45} = 118^\circ.$$

$$\alpha_{\max} = 140^\circ - \frac{90^\circ}{45} = 138^\circ.$$

Радіус заокруглень ведучої та веденої зірочок:

$$r_x = 1,5 \cdot d_1 = 1,5 \cdot 11,91 = 17,86 \text{ мм.}$$

Ширина зуба:

$$b_{f1} = 0,93 \cdot b_1 = 0,93 \cdot 12,7 = 11,81 \text{ мм.}$$

Визначаємо орієнтовний діаметр отворів під вали за формулою:

$$d_e = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{T}{0,2 \cdot \tau_{кр}}}, \quad (3.34)$$

де T – крутний момент на валу зірочок, Н·м;

$\tau_{кр}$ – допустиме напруження при крученні.

Ведуча зірочка

$$d_e = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{76,66}{0,2 \cdot 20}} = 26,52 \text{ мм.}$$

приймаємо $d_e = 25$ мм.

Ведена зірочка

$$d_e = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{214,96}{0,2 \cdot 20}} = 37,73 \text{ мм;}$$

приймаємо $d_e = 40$ мм.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КТН 00. 000 ПЗ

Арк.

25

Визначаємо діаметр ступиці:

$$d_{cm} = (1,8 - 2,0)d_g. \quad (3.35)$$

Ведуча зірочка

$$d_{cm} = 1,8 \cdot 25 = 45 \text{ мм.}$$

Ведена зірочка:

$$d_{cm} = 1,8 \cdot 40 = 72 \text{ мм.}$$

Довжину ступиць l_{cm} ведучої і веденої зірочки приймаємо рівною 50 мм.

3.3. Розрахунки на міцність

3.3.1. Розрахунок вхідного вала

Визначаємо допустимі напруження при крученні:

$$\sigma_{up} = \frac{\sigma_{-iu}}{n_{-i}} \quad (3.36)$$

де σ_{-iu} – допустиме напруження (межа міцності), для сталі $\sigma_{-iu} = 280$ МПа;
 n_{-i} – коефіцієнт запасу міцності, $n_{-i} = 3,2$.

Тоді

$$\sigma_{up} = \frac{280}{3,2} = 87,5 \text{ МПа.}$$

Визначаємо сумарний згинальний момент і реакції в опорах (рис. 3.2).

$$\sum M_A = -F_B \cdot a_1 + R_C \cdot (a_1 + a_2) = 0;$$

$$\sum M_C = R_A \cdot (a_1 + a_2) + F_B \cdot a_2 = 0.$$

Тоді

$$R_A = \frac{F_B \cdot a_2}{a_1 + a_2} = \frac{2143,46 \cdot 40}{60 + 40} = 857,38 \text{ Н;}$$

$$R_B = \frac{F_B \cdot a_1}{a_1 + a_2} = \frac{2143,46 \cdot 60}{60 + 40} = 1286,07 \text{ Н.}$$

Будуємо епюри згинальних моментів (див. рис. 3.2).

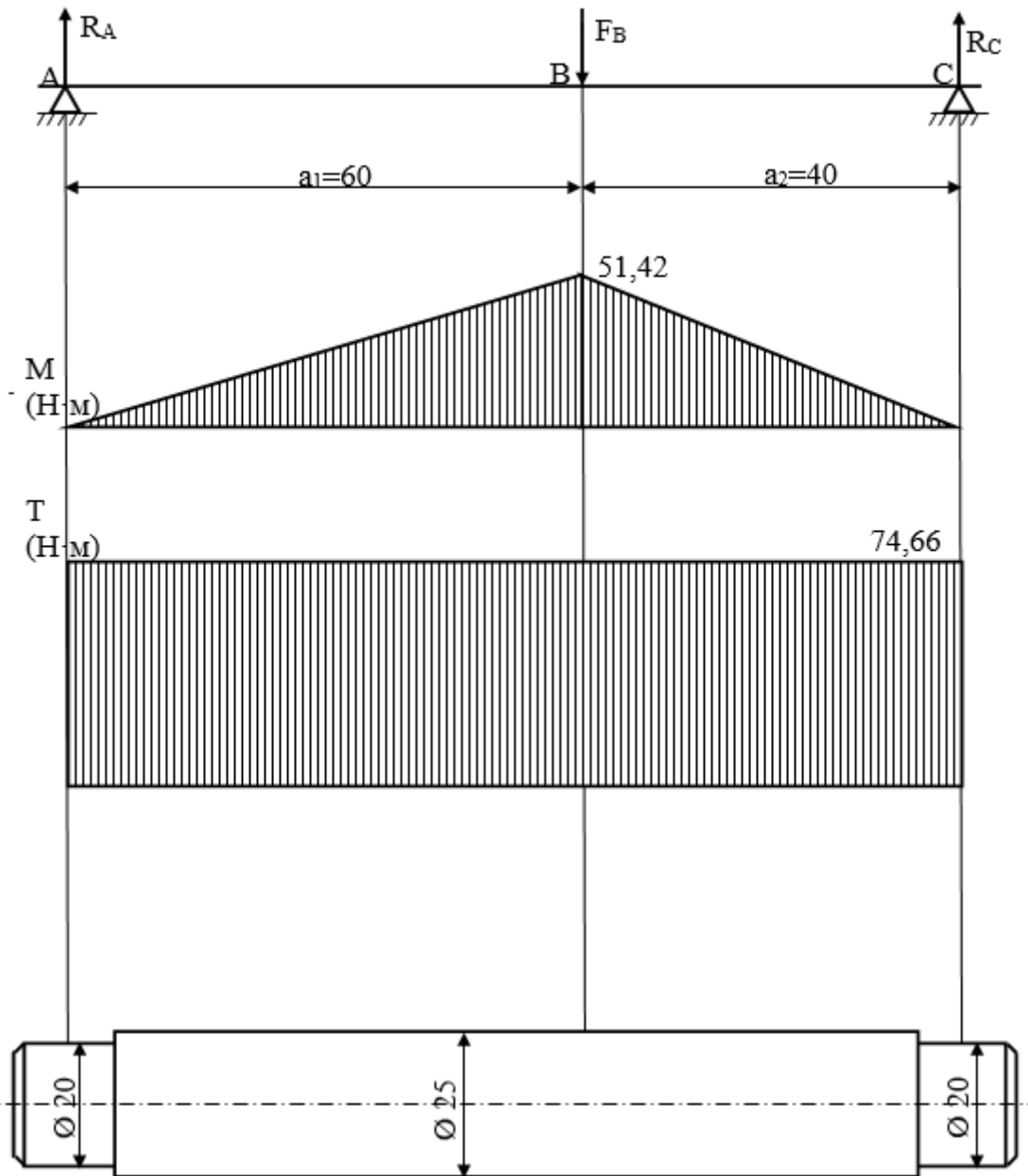


Рис. 3.2. Схема для розрахунку геометричних розмірів вала

$$M_A = 0;$$

$$M_B = R_A \cdot a_1 = 857,07 \cdot 0,06 = 51,42 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_C = R_A \cdot (a_1 + a_2) - F_B \cdot a_2 = 857,07 \cdot (0,06 + 0,04) - 2143,46 \cdot 0,04 = 0.$$

Визначаємо діаметр вала в найбільш небезпечному перерізі (точка С).

Еквівалентний момент визначається з умови:

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КТН 00. 000 ПЗ

Арк.

27

$$M_{ek} = \sqrt{M^2 + 0,75 \cdot T^2} = \sqrt{51,42^2 + 0,75 \cdot 74,66^2} = 82,61 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

Таким чином, діаметр вала буде становити:

$$d = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{ek}}{\pi \cdot \sigma_{-up}}}, \quad (3.37)$$

$$d = 10 \cdot \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 82,61}{3,14 \cdot 87,5}} = 21,26 \text{ мм.}$$

Приймаємо остаточний діаметр вала $d=25$ мм. Під підшипникові опори діаметр вала зменшуємо до 20 мм.

3.3.2. Розрахунок шпонкового з'єднання

Для забезпечення надійного з'єднання між валом і зіркою застосовується призматична шпонка. З метою визначення її геометричних параметрів та перевірки працездатності шпонкового з'єднання необхідно виконати розрахунок на зминання та зсув відповідно до припустимих механічних напружень.

Виходячи з розрахованого діаметра вала, згідно з рекомендаціями джерела [12], обираємо стандартну призматичну шпонку з наступними характеристиками: ширина $b=8$ мм, висота $h=...$ мм, висота вала під шпонку $t = ...$ мм, висота пазу під шпонку у зірочці $t_1=...$ мм. Довжину шпонки приймаємо рівною $l=37$ мм.

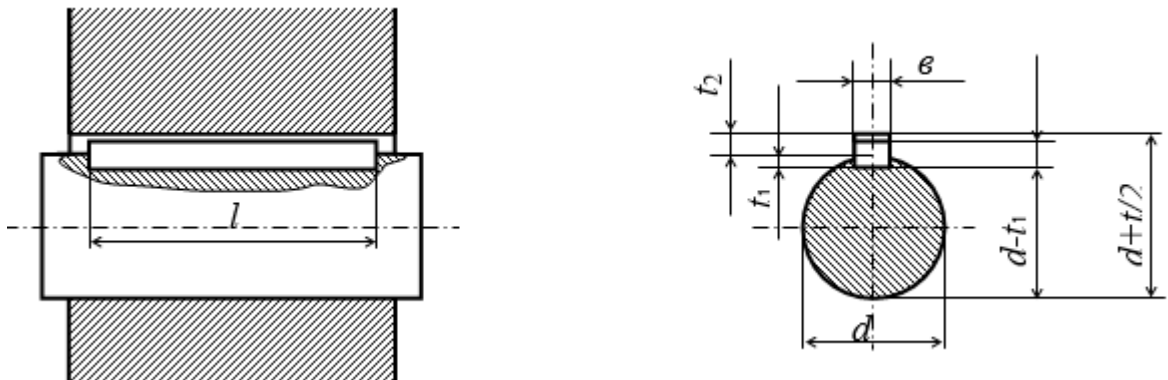


Рис. 3.3. Схема для розрахунку шпонкового з'єднання

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

Розрахунок шпонкового з'єднання на зминання проводимо за формулою

$$\sigma_{зм} = \frac{2T}{dl(h-t_1)} \leq [\sigma_{зм}] \quad (3.38)$$

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 74,66 \cdot 10^3}{25 \cdot 37 \cdot (7 - 3,3)} = 43,63 \text{ МПа.}$$

Умова міцності забезпечена, оскільки $[\sigma_{зм}] = 150$ МПа.

Напруження у шпонковому з'єднанні на зріз

$$\tau_{зр} = \frac{2T}{d \cdot l \cdot e} \leq [\tau_{зр}] \quad (3.39)$$

$$\tau_{зр} = \frac{2 \cdot 74,66 \cdot 10^3}{25 \cdot 37 \cdot 8} = 20,17.$$

Умова міцності забезпечена, оскільки $[\tau_{зр}] = 90$ МПа.

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КТН 00. 000 ПЗ

Арк.

29

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Інструкція з охорони праці при роботі на агрегаті з картоплекопачем

Ця інструкція містить основні вимоги безпеки під час роботи з картоплекопачем КТН–1А. До експлуатації агрегату допускаються лише повнолітні працівники, які пройшли обов'язковий медичний огляд, мають відповідну професійну підготовку, посвідчення тракториста–машиніста, а також пройшли первинний і повторний інструктажі з охорони праці.

Працівник зобов'язаний досконало знати конструктивні особливості агрегату, правила його використання, технічного обслуговування, а також потенційні небезпеки, що можуть виникати в процесі експлуатації.

Перед запуском картоплекопача необхідно:

- переконатися у відсутності ушкоджень на засобах індивідуального захисту та вдягнути їх (спецодяг, чоботи, рукавиці, захисні окуляри);
- здійснити зовнішній огляд трактора та картоплекопача: перевірити стан з'єднань, кріплень, приводів, механізмів та елементів гідросистеми;
- усунути сторонні предмети із зони руху робочих органів та траєкторії агрегату;
- впевнитися у справності засобів пожежогасіння, аптечки, сигнального обладнання;
- визначити маршрут і зону проведення робіт, враховуючи рельєф та особливості поля.

Під час виконання технологічного процесу забороняється:

- залишати агрегат без нагляду на схилах чи нерівних ділянках поля;
- проводити налаштування та очищення робочих вузлів за працюючого двигуна;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КТН 00. 000 ПЗ

Арк.

30

- перебувати працівникам або тваринам у радіусі небезпечної зони роботи копача;
- здійснювати транспортування при несправній гідросистемі або порушенні кріплень.

Необхідно:

- дотримуватись оптимального режиму швидкості та навантаження відповідно до типу ґрунту та погодних умов;
- контролювати стан робочих органів (ножів, гичкопідйомників, транспортерів);
- негайно зупинити машину у разі виникнення підозрілих звуків, вібрацій, витоку мастила або інших ознак несправності.

Після виконання робіт:

- зупинити агрегат на рівній поверхні, вимкнути двигун, перекрити гідросистему;
- очистити механізми від залишків ґрунту, бадилля та забруднень;
- виконати технічний огляд із фіксацією результатів у журналі обліку;
- провести мастило згідно з графіком технічного обслуговування;
- звільнити місце з'єднання трактора з картоплекопачем та відбуксирувати техніку на місце зберігання;
- повідомити керівника про виявлені несправності або завершення змінного завдання.

Забороняється

- використання несправної техніки або без захисного кожуха робочих органів;
- запуск трактора без перевірки правильності приєднання агрегата;
- присутність сторонніх осіб біля машини під час її роботи;
- проведення зварювальних чи слюсарних робіт без відповідної підготовки та дозволу;

Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата

КТН 00. 000 ПЗ

Арк.

31

- виконання технічного обслуговування без попередньої зупинки двигуна.

У разі травмування працівника необхідно:

- терміново зупинити роботу агрегату, вимкнути двигун;
- надати першу допомогу (зупинка кровотечі, іммобілізація, серцево–легенева реанімація тощо);
- викликати медичних працівників, повідомити керівництво;
- забезпечити безпеку для інших працівників на місці події до прибуття екстреної допомоги;
- за можливості зафіксувати обставини випадку для подальшого аналізу.

Ця інструкція є обов’язковою для виконання всіма працівниками, залученими до експлуатації картоплекопача КТН–1А. Її положення спрямовані на запобігання виробничому травматизму, забезпечення технічної справності агрегата та збереження життя і здоров’я персоналу. Інструкція має бути переглянута у разі змін конструкції обладнання, оновлення нормативно–правової бази або щонайменше раз на три роки.

					<i>КТН 00. 000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		32

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі проведений аналіз існуючих конструкцій компактних картоплекопачів різних виробників, що присутні на українському ринку сільськогосподарської техніки. Було встановлено недоліки існуючої конструкції картоплекопача КТН-1А та намічені напрямки її удосконалення.

В інженерній частині проведені технологічні розрахунки, що дозволяють оптимізувати конструктивно-технологічні параметри робочих органів машини, які підлягають модернізації, а саме оптимізації форми леміша, встановлення пружинних прогумованих пальців та зміни приводу вала ротора. Розрахунками визначено, що довжина леміша та висота розташування заднього його обрізу мають становити, відповідно, $L=280$ мм; $H=55$ мм. Ширина коритоподібного леміша становить 540 мм.

Кінематичні розрахунки дозволили встановити параметри модернізованого приводу ротора.

У розділі з охорони праці розроблено коротку інструкцію з охорони праці при роботі на збиральному агрегаті.

					<i>КТН 00. 000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		33

11. Сисолін П.В., Т.І. Рибак, Сало В.М. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 2: Машини для рільництва// За ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2002. – 364 с.

12. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно–технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2–е вид., переробл. – Кривий Ріг: ФОП Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.

13. Деталі машин. Основи теорії та розрахунків: навчальний посібник для студентів машинобудівних спеціальностей усіх форм навчання / А.В. Гайдамака. – Харків: НТУ «ХП», 2020. – 275 с.

14. Войналович О. Охорона праці у сільському господарстві. Навчальний посібник / Войналович О., Білько Т., Марчиниша Є. – К.: Центр навчальної літератури, 2019. – 691 с.

					<i>КТН 00. 000 ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата		36