

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Підвищення ефективності збирання картоплі**
з удосконаленням лемешів картоплезбирального комбайну

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГ-41

спеціальності 208

Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Блажко В.І.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Олексюк А.В.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Сташків М.Я.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Бабій А.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2026

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет Інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)

Кафедра Технічної механіки та сільськогосподарських машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
Бабій А.В.
(прізвище та ініціали)
« » 20__ р.

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія
(шифр і назва спеціальності)

студенту Блажку Владиславу Ігоровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Підвищення ефективності збирання картоплі
з удосконаленням лемешів картоплезбирального комбайну

Керівник роботи Олексюк Василь Петрович, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від « 22 » січня 2026 року № 4/9-56

2. Термін подання студентом завершеної роботи 24 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи Картоплезбиральний комбайн,
Базова конструкція лемешів картоплезбирального комбайну, ширина захвату – 2,8 м,
ширина міжряддя – 0,7 м, робоча швидкість – 3,2 км/год

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)
Реферат. Вступ. 1. Оглядова частина. 2. Обґрунтування експлуатаційних характеристик
картоплезбирального комбайну. 3. Проектна частина. 4. Безпека життєдіяльності,
основи охорони праці. Загальні висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)
1. Аналіз технологій збирання картоплі. 2. Огляд техніки для збирання картоплі.
3. Технологічна схема картоплезбирального комбайну. 4. Основні робочі органи
картоплезбирального комбайну. Загальний вигляд. 5. Транспортери картоплезбирального
комбайну. Загальний вигляд. 6. Схема розміщення бункера в робочих положеннях.
7. Основні вузли картоплезбирального комбайну. Загальний вигляд. 8. Деталювання.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	Лазарюк В.В., доцент		

7. Дата видачі завдання

22.01.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Оглядова частина	02.02.2026 р.	
2	Обґрунтування експлуатаційних характеристик картоплезбирального комбайну	09.02.2026 р.	
3	Проектна частина.	15.05.2026 р.	
4	Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	25.05.2026 р.	
5	Реферат. Вступ. Висновки.	05.06.2026 р.	
6	Ілюстративна частина. Додатки	15.06.2026 р.	

Студент

_____ (підпис)

Блажко В.І.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Олексюк В.П.

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Блажко Владислав Ігорович

Тема роботи – «Підвищення ефективності збирання картоплі з удосконаленням лемешів картоплезбирального комбайну».

Робота виконана на кафедрі технічної механіки та сільськогосподарських машин Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Керівник роботи – Олексюк Василь Петрович, кандидат технічних наук, доцент кафедри технічної механіки та сільськогосподарських машин.

Актуальність теми роботи

Одним із ключових етапів у технології вирощування картоплі є її збирання, яке характеризується значними втратами бульб і їх механічними пошкодженнями. Значною мірою ці показники залежать від конструкції та робочих параметрів картоплезбиральних машин, зокрема лемешів, які здійснюють підкопування ґрунтового шару разом із бульбами. Недосконалість їх конструкції призводить до підвищення тягового опору, нерівномірного підкопування, пошкодження картоплі та збільшення енергоспоживання.

Удосконалення конструкції лемешів картоплезбирального комбайна є важливим напрямом підвищення ефективності збирання, оскільки дозволяє забезпечити більш якісне відокремлення бульб від ґрунту, зменшити їх травмування та втрати, а також оптимізувати роботу всієї машини. Це, у свою чергу, сприяє підвищенню продуктивності техніки та економічної ефективності виробництва картоплі.

Тому тематика кваліфікаційної роботи є актуальною.

Мета роботи

Основна мета кваліфікаційної роботи бакалавра полягає у підвищенні ефективності збирання картоплі шляхом удосконалення лемешів картоплезбирального комбайну.

Об'єкт, методи та джерела дослідження

Об'єкт дослідження. Картоплезбиральний комбайн.

Предмет дослідження. Леміш картоплезбирального комбайну.

Методи дослідження. Економіко-статистичний, порівняльний, математичного моделювання, теоретико-емпіричний.

Отримані результати:

- проведено аналіз технологій збирання картоплі;
- здійснено огляд сучасних машин для збирання картоплі;
- обґрунтовано експлуатаційні характеристики картоплезбирального комбайну розглянуто його конструкцію та хід технологічного процесу роботи;
- запропоновано вдосконалення конструкції лемешів комбайну та конструкцію механізму регулювання величини їх занурення у ґрунт;
- виконано розрахунки економічної ефективності застосування вузлів нової конструкції картоплезбирального комбайну;
- проведено обґрунтування підкопувальної частини комбайну;
- виконано розрахунок гідроприводу механізму регулювання глибини викопування;
- здійснено розрахунки валів повздовжнього пруткового транспортера на міцність;
- розглянуто питання з охорони праці та заходів безпеки при експлуатації картоплезбиральної техніки.

Практичне значення отриманих результатів.

Обладнання приймальної частини комбайну механізмом автоматичного регулювання величини заглиблення вібраційних лемешів поряд із удосконаленням їх конструкції дозволяють підвищити ефективність роботи картоплезбирального комбайну.

Структура роботи. Робота складається з розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Розрахунково-пояснювальна записка складається з вступу, 4 розділів, висновків, переліку посилань та додатків. Обсяг роботи: розрахунково-пояснювальна записка – 70, додатки – 4 арк. формату А4, ілюстративний матеріал – 11 арк. формату А4.

Ключові слова: картопля, комбайн, вібраційний леміш, механізм регулювання, гідропривід.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

Розділ 2:

B – ширина захвату машини, м;

V – швидкість руху машини, км/год;

τ - коефіцієнт використання робочого часу;

W – годинна продуктивність машини, га/год;

T – тривалість робочого дня, год.

t_p – річне завантаження машини, год.

T – тривалість робочого дня, год.;

D – максимальна допустима кількість днів збирання картоплі, днів;

L – кількість людей, що обслуговують машину, чол.;

$V_{зб}$ $V_{зн}$ – затрати праці на збирання картоплі відповідно базовій і новій машині, люд/год;

Q – річний обсяг збиральних робіт, га;

C_m – вартість матеріалів в собівартості вузла базової машини без покупних частин, кг;

C_b – собівартість вузла базової машини, грн.;

C_n – вартість матеріалів в собівартості вузла в базової машини, грн.;

C_{nv} – вартість покупних виробів, що використовуються в новому вузлі, в оптових цінах з затратами на доставку, грн.;

σ_r – маса вузла базової машини без покупних виробів, кг;

$\sigma_{чм}$ – чиста маса нового вузла, кг;

$\lambda=1,2$ – коефіцієнт конструктивної складності нового вузла в порівнянні з технологією виготовлення базового вузла;

H – затрати на виготовлення нового вузла без покупних виробів, що припадають на 1 кг її чистої маси, грн./кг;

$K_n=1,1$ – коефіцієнт зміни “Н” в залежності від обсягу випуску;

M – вартість 1 кг чистої маси матеріалів для нового вузла, грн.;

C_{nv} – вартість покупних виробів нового вузла, грн.;

$K_{мз}$ – коефіцієнт транспортно-заготівельних витрат;
 C_0 – галузева собівартість нового вузла, грн.;
 P_0 – норматив галузевої рентабельності, %;
 $C_б$ – балансова ціна вузла, грн.;
 t_p – річне завантаження вузла (приймаємо рівним завантаженню машини), год;
 $\sigma_з$ – маса зібраного вузла, кг;
 $ЗП$ – заробітна плата комбайнера і помічника, грн./га;
 A – амортизаційні затрати на реновацію, грн./га;
 R – затрати на ремонт, техобслуговування, грн./га;
 P – затрати на пальне, необхідне для роботи двигуна машини для приводу механізму регулювання, грн./га;
 Z – затрати на зберігання вузла, грн./га;
 $C_{ен}$ – затрати на експлуатаційні матеріали, грн./га;
 $f_{зк}, f_{zn}$ – тарифна ставка відповідно комбайнера і його помічника, грн./га;
 a – нормативний коефіцієнт відрахувань на реновацію, %;
 $C_б$ – балансова ціна вузла, грн.;
 r – норматив щорічних відрахувань на капітальний, поточний ремонт, техогляди, %;
 N_0 – потужність, яку витрачає двигун машини на привід механізму регулювання, кВт;
 q_n – питома витрата пального, г/є кВт-год;
 C_n – вартість дизпалива, грн./кг;
 T_n – норматив витрат праці на підготовку вузла на зберігання, люд-год;
 $f_{сc}$ – годинна тарифна ставка слюсаря при виконанні робіт пов'язаних з підготовкою вузла до зберігання, грн./год;
 R – витрати на капітальний, поточний ремонт і обслуговування, грн./га;
 $U_{ем}$ – витрати на експлуатаційні матеріали, грн./га;
 $U_б, U_n$ – прямі експлуатаційні витрати відповідно базового і нового вузла, грн./га.
 K_n – капіталовкладення на придбання нового вузла, грн.;

E_{po} - річна економія грошових засобів на експлуатаційних витратах при використанні одного нового вузла, грн.

Розділ 3:

φ – кут тертя усієї маси бульбоносних пластів по поверхнях лемешів;

ψ – величина кута тертя рослинних залишків по поверхнях лемешів;

B – величина ширини підкопаного пласту, мм;

b_1 – значення зазору між лемешами та боковинами, мм;

$h_{л}$ – значення висоти підйому пластів лемешами, м;

$l_{п}$ – значення довжини відкидних пальців, м;

d – діаметр зірочок елеваторів, мм;

s – величина найбільшого розміру твердих груд та каміння, мм;

N – величина потужності на привід механізмів регулювання, кВт;

n_{\min} – значення мінімальної частоти обертання ведучих валів, хв⁻¹;

P – значення перепаду тиску на гідромоторі, МПа;

η – величина загального ККД гідромотору;

$n_{м}$ – значення максимальної частоти обертання валу гідромотора, хв⁻¹;

$n_{н}$ – значення частоти обертів валу гідронасоса, хв⁻¹;

η – значення коефіцієнту корисної дії передачі;

V_p – величина швидкості рідини в каналах розподільника, м/с;

Q – витрати робочих рідин через рукава, л/хв;

$V_{пр}$ – значення швидкості потоку робочих рідин, м/с;

P_{\max} – величина максимального тиску робочих рідин, МПа;

m – допустиме значення відхилень діаметра трубопроводів, мм;

$[\sigma_p]$ – величина допустимого напруження для матеріалу труб, МПа;

σ_b – межа міцності матеріала труб, МПа;

n_b – значення коефіцієнту запаса міцності;

ξ – коефіцієнт місцевих втрат опору;

K_d – величина коефіцієнта, який враховує тривалість безперервної роботи

гідропривода;

z – число ланцюгів;

F_t – величина колового зусилля на зірочках, Н;

k_f – значення коефіцієнту, що враховує вплив величини провисання ланцюга;

q – вага 1-го погонного метра ланцюга, кг/м;

a – величина міжосьової відстані елеватора, м;

B – значення ширини прутків елеватора, м;

N – величина потужності, яка витрачається на приведення в дію елеватора, кВт;

$V_{ср}$ – величина середньої швидкості руху прутків елеватора, м/с;

V – об'єм вороха на елеваторі, м³;

h – значення товщини шару вороха на початку елеватора, м;

X – величина коефіцієнта, що враховує наявність радіальних навантажень;

V – величина коефіцієнту, що враховує вид навантажень на внутрішні кільця підшипників;

K_6 – коефіцієнт безпеки;

K_T – коефіцієнт, для врахування температурних режимів.

ЗМІСТ

Вступ	12
1. Оглядова частина	13
1.1. Аналіз технологій збирання картоплі	13
1.2. Огляд техніки для збирання картоплі	16
2. Обґрунтування експлуатаційних характеристик картопле- збирального комбайну	21
2.1. Будова і технологічний процес картоплезбирального комбайну	21
2.2. Розрахунок економічної ефективності застосування картоплезбирального комбайну	28
3. Проектна частина	38
3.1. Обґрунтування підкопуючої частини	38
3.2. Розрахунок гідроприводу механізму регулювання лемешів	40
3.3. Розрахунок валів повздовжнього пруткового транспортера	54
3.3.1. Навантаження на вали транспортера	54
3.3.2. Розрахунок на міцність ведучого валу	57
3.3.3. Розрахунок підшипників	61
4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	63
4.1. Вимоги техніки безпеки при роботі картоплезбиральними комбайнами	63
4.2. Заходи пожежної безпеки при збиранні врожаю картоплі	65
Загальні висновки	67
Перелік посилань	68
Додатки	70

ВСТУП

Картопля є однією з найважливіших продовольчих культур, яка відіграє значну роль у забезпеченні продовольчої безпеки та розвитку аграрного сектору. В Україні картопля традиційно займає значні посівні площі, а її виробництво є важливою складовою як промислового, так і індивідуального господарювання. Водночас ефективність вирощування картоплі значною мірою визначається рівнем механізації технологічних процесів, серед яких особливе місце займає збирання врожаю.

Збирання картоплі є одним із найбільш складних і відповідальних етапів технологічного процесу, що супроводжується значними енергетичними витратами, втратами продукції та механічними пошкодженнями бульб. Згідно статистичних даних, втрати при збиранні можуть досягати 10-15 %, а рівень пошкодження бульб – 15-25 %, що суттєво знижує їх товарні та посівні якості. Основними причинами таких втрат є недосконалість робочих органів машин, невідповідність їх конструкції ґрунтово-кліматичним умовам, а також порушення оптимальних режимів роботи.

Одним із ключових робочих органів картоплезбиральних комбайнів є леміш, який забезпечує підкопування ґрунтового шару разом із бульбами та подачу вороху на сепарувальні органи. Від конструкції, геометричних параметрів та технічного стану лемеша значною мірою залежать повнота викопування бульб, енергетичні витрати процесу та рівень їх пошкодження. Недосконалість існуючих конструкцій лемешів призводить до нерівномірного підкопування, підвищеного опору ґрунту, травмування бульб і збільшення втрат.

У зв'язку з цим актуальним є завдання підвищення ефективності збирання картоплі шляхом удосконалення конструкції лемешів картоплезбиральних комбайнів, що дозволить знизити енергетичні витрати, зменшити втрати врожаю та покращити якість продукції.

1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз технологій збирання картоплі

Збирання картоплі є одним із найбільш трудомістких і відповідальних етапів технологічного процесу вирощування даної культури. Основна мета - мінімізувати втрати врожаю та механічні пошкодження бульб при забезпеченні високої продуктивності.

Процес збирання включає такі основні операції:

- підкопування ґрунтового шару з бульбами;
- відокремлення бульб від ґрунту;
- сепарація рослинних решток;
- очищення бульб;
- транспортування або накопичення.

Якість виконання цих операцій визначає товарність продукції та її придатність до зберігання.



Рисунок 1.1 – Технологія збирання картоплі

Технології збирання класифікуються за ступенем механізації та організацією процесу:

Ручне збирання

Передбачає викопування бульб вручну (лопатами або вилами). Перевагами є мінімальні пошкодження бульб, можливість роботи на малих ділянках. Недоліки: надзвичайно висока трудомісткість, низька продуктивність, залежність від людського фактору.

Ручне збирання практично не використовується у промисловому виробництві, але актуальне для дрібних господарств.

Напівмеханізоване збирання

Застосовуються картоплекопачі, після яких бульби збираються вручну.

Основними машинами, задіяними в процесі є вібраційні копачі та транспортерні копачі.

Переваги: зниження трудомісткості, відносно проста техніка. Недоліки: значні втрати при несприятливих умовах, потреба у ручному доочищенні.

Ця технологія є компромісною та широко використовується у середніх за розмірами господарствах.

Механізоване збирання

Однофазна технологія (пряме комбайнування)

Передбачає одночасне викопування, очищення та завантаження бульб у транспорт. Використовуються картоплезбиральні комбайни (причіпні та самохідні).

Переваги: висока продуктивність, мінімальні витрати праці, безперервність процесу.

Недоліки: висока вартість техніки, вимоги до умов ґрунту, ризик пошкодження бульб.

Вважається найефективнішою технологією для великих господарств.

Двофазна технологія

Складається з двох етапів:

- Викопування і укладання у валки.

- Підбирання і доочищення.

Перевагами є краща адаптація до складних ґрунтів та зниження навантаження на комбайн.

Недоліки: залежність від погодних умов та додаткові витрати часу.

Доцільна до застосування при підвищеній вологості ґрунту або великій засміченості.

Фактори, що впливають на ефективність збирання:

- Ґрунтові умови (вологість, щільність, механічний склад). Вологий ґрунт погіршує сепарацію і збільшує втрати.

- Стан рослин (ступінь дозрівання, наявність бадилля). Незрілі бульби більш схильні до пошкодження.

- Технічні параметри машин (швидкість руху, частота коливань, налаштування транспортерів).

Таблиця 1.1 - Порівняльний аналіз технологій збирання картоплі

Показник	Ручне	Напівмеханізоване	Механізоване
Продуктивність	дуже низька	середня	висока
Витрати праці	дуже високі	високі	низькі
Пошкодження бульб	мінімальні	середні	можливі
Вартість	низька	середня	висока

Механізовані технології є найбільш ефективними, однак потребують значних інвестицій і забезпечення належних умов.

Сучасними тенденціями розвитку технологій збирання картоплі є:

- використання автоматичних систем контролю;
- застосування сенсорів для сортування;
- впровадження точного землеробства;
- зменшення травмування бульб за рахунок нових матеріалів робочих органів.

Вибір технології збирання залежить від розміру господарства, типу ґрунту та технічного забезпечення.

Найбільш перспективною є однофазна механізована технологія.

Основним напрямком удосконалення слід вважати зменшення пошкодження бульб і підвищення якості сепарації.

Для умов збирання картоплі в Україні доцільним є комбінування різних технологій залежно від погодних чинників.

1.2. Огляд техніки для збирання картоплі

Техніка для збирання картоплі призначена для механізації процесів викопування, сепарації, очищення та транспортування бульб. Сучасні машини забезпечують комплексне виконання цих операцій із мінімальними втратами та пошкодженнями.

Відповідно до сучасних підходів, картоплезбиральна техніка класифікується за:

- типом робочого процесу;
- рівнем механізації;
- способом агрегування;
- конструкцією робочих органів.

Загалом виділяють три основні групи машин: картоплекопачі, картоплезбиральні машини елеваторного типу, картоплезбиральні комбайни.

Картоплекопачі

Картоплекопачі є найпростішими засобами механізації. Вони виконують: підкопування ґрунтового шару, часткове відокремлення бульб, укладання їх на поверхню поля. Після проходження копача бульби підбираються вручну.

Типи картоплекопачів:

1. Лемішні (плужні) (рис.1.2 а) мають леміш, що підрізає пласт, є прості у

конструкції та використовуються на малих площах.

2. Вібраційні (грохотні) (рис.1.2 б, в) оснащені коливальним решетом, забезпечують кращу сепарацію ґрунту.

3. Транспортні (рис.1.2 г) мають рухомий транспортер, підвищують ефективність очищення.



а



б



в



г

Рисунок 1.2 – Конструкції картоплекопачів

Картоплезбиральні машини елеваторного типу

Ці машини є проміжною ланкою між копачами і комбайнами. Оснащені елеватором для підйому вороху; здійснюють часткову сепарацію; не мають

повноцінної системи очищення. Переваги: менші втрати порівняно з копачами, відносно проста конструкція.

Недоліками є недостатня якість очищення та потреба у додаткових операціях.



а



б



в

Рисунок 1.3 – Зразки картоплезбиральних машин елеваторного типу

Картоплезбиральні комбайни

Картоплезбиральні комбайни є найбільш досконалим типом техніки, що забезпечує повністю механізований процес збирання.

Вони виконують: підкопування; сепарацію; очищення; сортування; накопичення або завантаження.

У агропідприємствах України використовується широкий спектр картоплезбиральних комбайнів, переважно закордонного виробництва. Найбільш відомими є компанії «Grimme (SE 75/85-55, [Ropa Keiler](#)), Netagco (Wühlmaus), AVR (Spirit 4100), Imac, Underhaug (UN 5300), АКПІЛ (Z-608), Agromet-pioneer (Z-643/1), Unia (Z 644 ANNA), Sampo (Sampo Master), Dewulf Enduro» та інші.



Рисунок 1.4 – Картоплезбиральний комбайн [Ropa Keiler 2 Classic](#)



Рисунок 1.5 – 4-рядний самохідний картоплезбиральний комбайн
Dewulf Enduro



Рисунок 1.6 – Причіпний картоплезбиральний комбайн *Itac*

2. ОБГРУНТУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНУ

2.1. Будова і технологічний процес картоплезбирального комбайну

Картоплезбиральний комбайн (рис. 2.1) включає такі основні конструктивні елементи: самохідне шасі 1, приймальну частину 2, поздовжній прутковий елеватор 3, шнек 4, призначений для руйнування та рівномірного розподілення пластів ґрунту по поверхні елеватора, звужувальний шнек 5, механізм струшування 6, поперечний транспортер для видалення бадилля 7, сепаратор-сортувальник 8, дисковий транспортер 9, вивантажувальний пасовий транспортер 10, проміжні стрічкові транспортери 11 і 12, вертикальні вивантажувальні транспортери 13 і 14, бункери 15 і 16, а також компресор 17 та вентилятор 18.

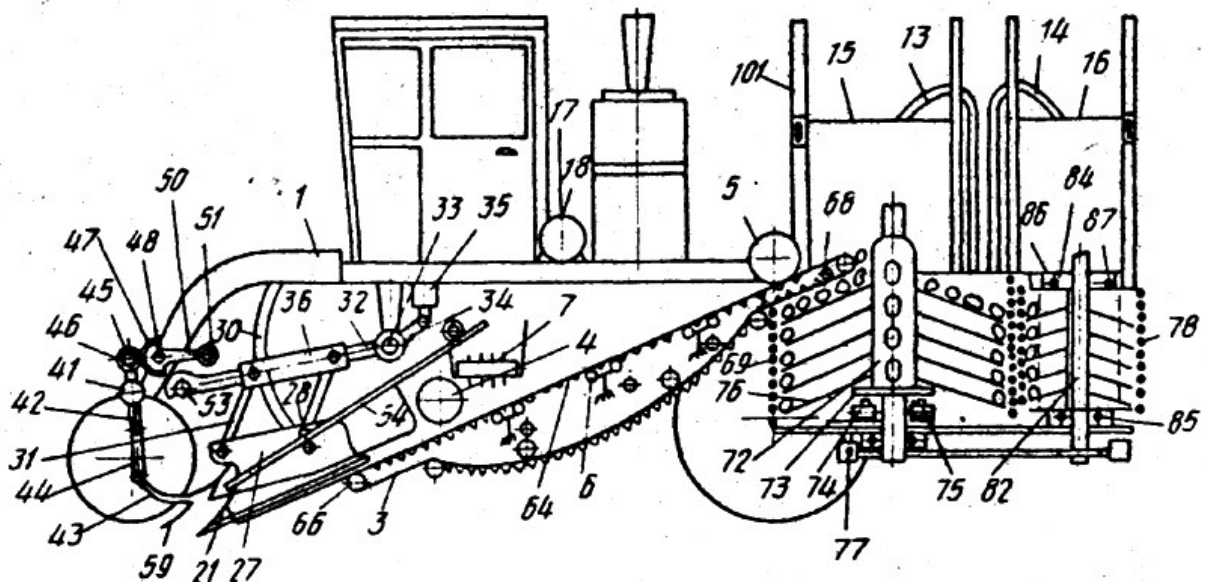


Рисунок 2.1 – Технологічна схема картоплезбирального комбайну

Приймальна частина містить вібраційні лемеші 19, оснащені клиноподібними різальними кромками 20. Кожен вібраційний леміш має

внутрішні поверхні 21 із спрямованими догори отворами 22 для подачі повітря, а також поздовжні зуби 23, обладнані внутрішніми каналами 24 та отворами 25 для виходу повітря. У поздовжніх пазах зубів встановлено гумові вставки 26. Боковини 27 жорстко закріплені до вібраційних лемешів і у верхній частині з'єднані перемичками 28, на зовнішніх ділянках яких змонтовано ролики 29, що забезпечують переміщення по дугоподібних напрямних 30, закріплених на рамі машини.

Підвіска паралелограмного типу 31 шарнірно з'єднана з поздовжніми поводками 32, один кінець яких спирається на ексцентрики, а інший шарнірно закріплений на поперечному валу 33, встановленому на рамі. Поперечний вал оснащений плечовим важелем 34, який шарнірно взаємодіє з гідроциліндром 35, забезпечуючи можливість повертання валу.

Напрявні 36 жорстко з'єднані між собою поперечиною 37, що шарнірно приєднана до гідроциліндра 38. Шток гідроциліндра за допомогою шарнірного з'єднання кріпиться до поперечного валу 39 і обладнаний гайкою 40 для регулювання глибини заглиблення вібраційного лемеша. Конструкція також містить золотники 41, функціонально пов'язані з вертикальними важелями 42.

Копіри 43 шарнірно встановлені на вертикальних жолобчастих стійках 44, жорстко закріплених на порожнистих валах 45, які шарнірно змонтовані на кронштейнах рами. На валах нерухомо закріплені циліндричні шестерні 46, що перебувають у зачепленні із зубчастими секторами 47, встановленими на нерухомих осях 48 кронштейнів 49. На хвостовиках 50 секторів змонтовані ролики 51, які періодично взаємодіють із поздовжніми поводками та ексцентриками 52 валів 53 транспортерів видалення бадилля 54.

Транспортери для видалення бадилля оснащені прогумованими тросовими ременями 55, підпружиненими котками 57, каркасами 58, шарнірно з'єднаними з рамою, прутковими бадилепідйомниками 59, зубами 60 для відокремлення бульб картоплі від бадилля, а також каркасами 61 бадилевидальючих транспортерів 7. Бадилевидальючі транспортери обладнані прогумованими стрічками 62 зі встановленими на них шпильками 63.

Поздовжні пруткові елеватори 3 містять полотна 64, сформовані з прогумованих прутків, закріплених на прогумованих пасах 65, зірочки 66, а також бокові обмежувальні паси 67, призначені для запобігання втратам бульб картоплі. Для видалення рослинних залишків передбачені щілинні сопла 68.

Сепаратори-сортувальники 8 оснащені нерухомими прогумованими прутковими кожухами 69 з вивідними вікнами 70 та нерухомими прогумованими лопатками 71, що забезпечують подачу відсортованих фракцій на дискові транспортери. До їх конструкції входять осі 72 з фланцями 73 і роликами 74, фланці 75 з плавними заглибленнями для створення струшувальних рухів, конічні пруткові диски 76 та редуктори 77 для регулювання частоти обертання сепараторів-сортувальників.

Дискові транспортери 9 обладнані прогумованими прутковими кожухами 78 з отворами 79 для виведення бульб і вікнами 80 для видалення домішок. Конструкція включає нерухомо закріплені лопатки 81, вертикальні труби 82, встановлені по центру кожухів 69, відвідні канали 83, жорстко закріплені фланці 84 і 85, оснащені гніздами для шарнірів 87 та каркасів 88. По зовнішньому колу транспортери обладнані ярусами із суцільними площинами 90.

Вивантажувальні пасові транспортери 10 містять каркаси 91, прогумовані тросові паси 92, блоки 93, обертові еластичні щітки 94 та гідроциліндри 95 для переведення транспортерів у транспортне положення. З боків встановлені обмежувальні паси 96. Крім того, система обладнана гідроциліндрами 97 для автоматизованого вивантаження бункерів. Конструкція також включає борти 98, тканинні перемички 99, ролики 100 для переміщення бункерів по жолобах П-подібних стійок 101 із дугоподібними верхніми частинами 102, обладнаними підпружиненими полотнами 103 для зниження пошкодження бульб картоплі під час завантаження бункерів.

Картоплезбиральні комбайни функціонують за таким принципом.

Перед початком роботи за допомогою гідроциліндрів 94 вивантажувальні транспортери 10 переводять у робоче положення. Шляхом обертання гайок 40,

грунту, повітряні потоки інтенсифікують руйнування пластів і полегшують відокремлення бульб картоплі від ґрунтової маси. У результаті зменшується накопичення матеріалу на поверхні лемешів та запобігається налипанню ґрунту. Поєднання вібраційного впливу лемешів і боковин з дією повітряних потоків підвищує ефективність роботи лемешів 19 та забезпечує стабільне подавання бульбоносної маси на поздовжні пруткові елеватори.

Інтенсивно розпушені пласти ґрунту подаються елеваторами до шнеків 4, які забезпечують їх подальше руйнування та рівномірний розподіл по всій ширині полотен 64, одночасно здійснюючи активне сепарування ґрунтових шарів. Маса, що залишається після первинного відокремлення домішок, транспортується до звужувальних шнеків. Полотна 64 за допомогою механізмів струшування 6 здійснюють плавні коливальні рухи із заданими параметрами амплітуди, що сприяє підвищенню ефективності сепарації.

Звужені потоки маси елеваторами подаються до сепараторів-сортувальників 8. У місцях перепаду матеріалу потужні повітряні потоки, створювані щілинними соплами 68, видаляють дрібні рослинні залишки на зібрану поверхню поля позаду комбайна. Картопля разом із супутніми домішками надходить на конічні пруткові диски, де відбувається подальше сепарування та одночасне сортування матеріалу за фракціями.

У верхній зоні трьохпругових конічних дисків формується продуктова фракція. На перших дисках відокремлюються бульби картоплі масою понад 200 г та домішки аналогічних розмірів. Другі диски забезпечують виділення бульб масою 180–120 г із супутніми домішками відповідних розмірів. На третіх дисках концентруються бульби масою 110–80 г, на четвертих - насіннева фракція картоплі масою 70–50 г, а на п'ятих - фуражна фракція масою 40–15 г разом із відповідними домішками.

Під дією струшувальних рухів і повітряних потоків, які вентиляторами 18 нагнітаються у внутрішні порожнини осей 72, забезпечується інтенсивне сепарування та сортування залишкової маси за відповідними фракціями. Картопля разом із домішками під час обертання та коливальних рухів дисків

переміщується до їх зовнішніх зон і за допомогою прогумованих лопаток 71 подається на робочі поверхні дискових транспортерів 9 відповідних фракцій.

Продуктові фракції, що формуються на верхніх трьох дисках, надходять на поверхню підпружинених клавiш 89 дискових транспортерів 9. Завдяки меншій масі бульби картоплі розміщуються на поверхні клавiш без їх суттєвого прогинання, тоді як каміння та ґрунтові грудки під власною вагою спричиняють заглиблення клавiш.

Під час обертання дискових транспортерів бульби картоплі, суміщаючись з отворами 79 для їх виведення, потрапляють під дію повітряних потоків, які надходять через відповідні канали 83 труб 82. Унаслідок цього бульби відокремлюються від поверхні клавiш, переміщуються похилими жолобами на вивантажувальні транспортери 10 та надалі подаються у транспортні засоби, що рухаються поряд із комбайном. Для зниження механічних пошкоджень картоплі транспортні системи обладнані підпружиненими полотнами.

Каміння та грудки ґрунту, навіть при суміщенні з отворами для виведення бульб 79, не виводяться повітряними потоками через недостатню силу їх дії для переміщення важчих домішок. Додатково утримання сторонніх включень забезпечується прутковими елементами стінок кожухів. У випадку, коли маса домішок недостатня для заглиблення клавiш, їх відокремлення також ускладнюється через невідповідність геометричної форми домішок формі бульб картоплі, що перешкоджає їх переміщенню та скочуванню з робочої поверхні клавiш.

У разі суміщення домішок із вікнами 80 здійснюється їх захоплення лопатками 81 з подальшим викиданням позаду комбайна на зібрану ділянку поля. Під час суміщення бульб картоплі насінневої та фуражної фракцій із бульбовивідними отворами на них діють повітряні потоки меншої інтенсивності, що подаються через вивідні канали труб 82, забезпечуючи їх видалення з несучих площин 90 транспортерів. Домішки при цьому залишаються на робочій поверхні, оскільки потужність повітряного потоку є недостатньою для їх видалення. Після суміщення із вікнами для відведення

домішок вони захоплюються лопатками та викидаються з дисків на зібрану частину поля позаду комбайна.

Бульби картоплі насіннєвої та фуражної фракцій після проходження через бульбовивідні отвори надходять на проміжні поперечні транспортери 11 і 12, після чого переміщуються до вертикальних стрічкових транспортерів 13 і 14. Останні подають картоплю на підпружинені полотна 103 бункерів 15 і 16.

Після заповнення бункерів формується відповідний сигнал для проведення вивантаження. Для цього активується гідроциліндр 97, унаслідок чого бункери переміщуються вгору вздовж вертикальних П-подібних стійок 101, ковзаючи по напрямних за допомогою роликів 100. Під час переміщення бункери рухаються по дугоподібних ділянках 102, нахиляються, а їх борти автоматично відкриваються. У результаті бульби картоплі вивантажуються на підпружинені поверхні транспортних засобів, що сприяє зменшенню механічних пошкоджень продукції.

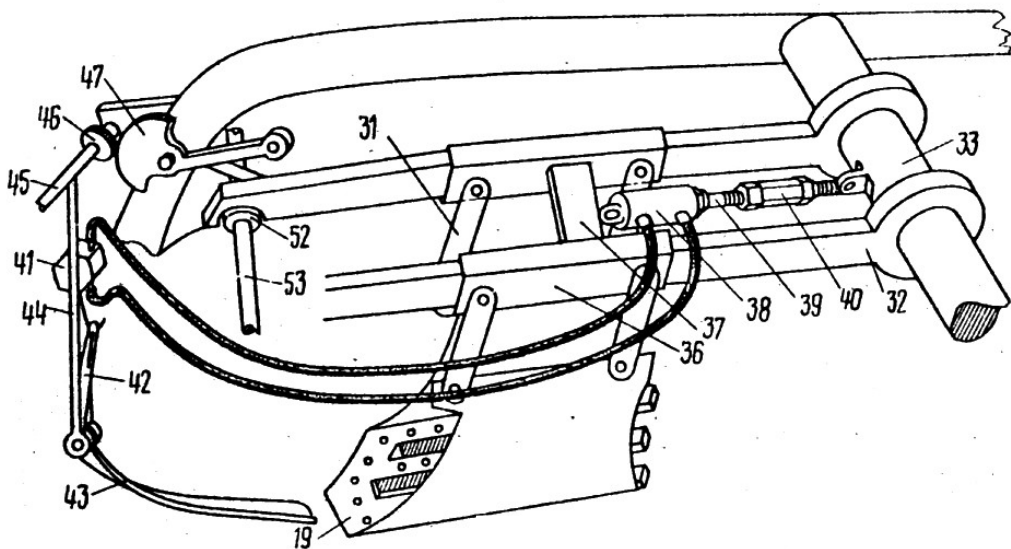


Рисунок 2.3. – Механізм для регулювання величини заглиблювання вібраційних лемешів комбайну

Базова конструкція картоплезбирального комбайна оснащена

вібраційними лемешами та кількома сепарувальними елеваторами.

З метою підвищення продуктивності та покращення якості збирання картоплі пропонується вдосконалити конструкцію вібраційних лемешів шляхом виконання їх внутрішніх поверхонь із повітровипускними отворами, спрямованими догори, а також обладнання поздовжніми зубами з внутрішніми каналами та отворами для виходу повітря, з'єднаними з джерелом стисненого повітря. Запропоноване конструктивне рішення сприятиме інтенсифікації процесу сепарації підкопаного ґрунтового пласта. Крім того, приймальну частину комбайна доцільно оснастити механізмом автоматичного регулювання глибини заглиблення вібраційних лемешів.

Під час розроблення механізму автоматизованого регулювання заглиблення вібраційних лемешів передбачається заміна механічного приводу роторів на гідравлічний привід, що дозволить підвищити точність регулювання та ефективність роботи системи.

2.2. Розрахунок економічної ефективності застосування картоплезбирального комбайну

Вихідні дані, необхідні для оцінювання ефективності використання картоплезбирального комбайна, оснащеного модернізованими робочими органами та механізмом автоматичного регулювання глибини їх заглиблення, наведено в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності

Показники	Одиниці виміру	Позначення	Розробка	
			Базова	Нова
Ширина захвату машини	м	B	2,8	2,8
Швидкість руху машини	км/год	V	2,8	3,2
Коефіцієнт використання часу зміни		τ	0,85	0,85
Тривалість робочого дня	год.	T	12	12
Максимально допустима кількість днів збирання картоплі	днів	D	40	40
Кількість обслуговуючого персоналу на збирання картоплі	чол.	$Ч$	2	2
Маса вузла в зборі	кг	σ_z	530	680
Чиста маса без покупних частин	кг	σ_r	380	490
Балансова ціна вузла	грн.	C_b	16900	-
Собівартість вузла	грн.	C_s	12000	-
Вартість матеріалів у вузлі	грн.	C_m	6400	-
Вартість покупних виробів, що використовуються у вузлі враховуючи доставку	грн.	$C_{пв}$	-	2100
Нормативний коефіцієнт відрахувань на реновацію	%	a	16,6	16,6
Щорічні відрахування на капітальний поточний ремонт і техогляди	%	r	12	12
Ефективна потужність двигуна машини	кВт	N_e	49	49
Потужність необхідна для приводу вузла	кВт	N_0	12,8	9,6
Вартість дизпалива	грн.	$C_{дз}$	85	85

Знайдемо продуктивність машини за годину:

$$W = 0,36 \cdot B \cdot V \cdot \tau. \quad (2.1)$$

Нова конструкція машини:

$$W_n = 0,36 \cdot 2,8 \cdot 3,2 \cdot 0,9 = 2,9 \text{ га/год.}$$

Базова конструкція машини:

$$W_{\bar{o}} = 0,36 \cdot 2,8 \cdot 2,8 \cdot 0,9 = 2,54 \text{ га/год.}$$

Визначимо продуктивність машини за зміну:

$$W_{зм} = W \cdot T, \text{ га/зміну.} \quad (2.2)$$

Нова конструкція машини:

$$W_{змн} = 2,9 \cdot 12 = 34,8 \text{ га/зміну.}$$

Базова конструкція машини:

$$W_{змб} = 2,54 \cdot 12 = 30,48 \text{ га/зміну.}$$

Знайдемо величину річного обсягу збиральних робіт:

$$Q = W \cdot t_p, \text{ га/рік ;} \quad (2.3)$$

$$t_p = T \cdot D, \text{ год;} \quad (2.4)$$

$$t_{pn} = t_{pb} = 12 \cdot 40 = 480 \text{ год.}$$

Нова конструкція машини:

$$Q_n = 2,9 \cdot 480 = 1392 \text{ га.}$$

Базова конструкція машини:

$$Q_{\bar{o}} = 2,54 \cdot 480 = 1219,2 \text{ га.}$$

Приймаємо значення річного обсягу збиральних робіт $Q_n = Q_b = 1392$ га.

Знайдемо величину затрат праці на виконання операції збирання картоплі:

$$V_z = \frac{L}{W}, \text{ люд-год/га.} \quad (2.5)$$

Нова конструкція машини:

$$W_{zn} = 2/2,9 = 0,69 \text{ люд-год/га.}$$

Базова конструкція машини:

$$W_{zb} = 2/2,54 = 0,79 \text{ люд-год/га.}$$

Знайдемо річну економію затрат праці при використанні нової конструкції машини

$$V_{зел} = (V_{zb} - V_{zn}) \cdot Q; \quad (2.6)$$

$$V_{зел} = (0,79 - 0,69) \cdot 1392 = 139,2 \text{ люд-год.}$$

Ціна 1 кг чистої маси матеріалів, використаних для виготовлення вузла:

$$M = \frac{C_m}{\sigma_r}; \quad (2.7)$$

$$M = \frac{6400}{380} = 13,3, \text{ грн/кг.}$$

Витрати на виготовлення вузла нової конструкції без урахування вартості матеріалів і комплектувальних елементів у розрахунку на 1 кг його чистої маси:

$$H = \frac{C_{\bar{o}} - (C_n + C_{ng})}{\sigma_r}; \quad (2.8)$$

$$H = \frac{12000 - (6400 + 2100)}{380} = 9,21 \text{ грн/кг.}$$

Знайдемо галузеву собівартість вузла нової конструкції:

$$C_0 = \sigma_{чм} \cdot (\lambda \cdot H \cdot K_n + M) + C_{ng} \cdot K_{mз}, \text{ грн} \quad (2.9)$$

де $\lambda=1,2$; $K_n=1,1$; $K_{mз}=1,1$.

Отже

$$C_0 = 490 \cdot (1,2 \cdot 9,21 \cdot 1,1 + 13,3) + 2100 \cdot 1,1 = 14784 \text{ грн.}$$

Значення нормативного прибутку:

$$П_n = \frac{C_0 \cdot P_0}{100}. \quad (2.10)$$

де $P_0 = 15\%$.

Тоді

$$П_n = \frac{14784 \cdot 15}{100} = 2217,6 \text{ грн.}$$

Оптова ціна вузла нової конструкції, грн:

$$\begin{aligned} Ц_{он} &= C_0 + П_n; \\ Ц_{он} &= 14784 + 2217,6 = 17001,6 \text{ грн.} \end{aligned} \quad (2.11)$$

Прийmemo $Ц_{он} = 17002$ грн.

Балансова ціна вузла нової конструкції:

$$Ц_{\text{бн}} = 1,2 \cdot Ц_0 = 1,2 \cdot 17002 = 20402,4 \text{ грн.}$$

Знайдемо величину питомих капіталовкладень в сфері експлуатації вузла, грн/га:

$$K_{\text{num}} = \frac{Ц_{\text{б}}}{W \cdot t_p} \quad (2.12)$$

Нова конструкція машини:

$$K_{\text{num}} = \frac{20402,4}{2,9 \cdot 480} = 14,7 \text{ грн/га.}$$

Базова конструкція машини:

$$K_{\text{num}} = \frac{16900}{2,54 \cdot 480} = 13,9 \text{ грн/га.}$$

Знайдемо величину питомої металоємності вузла:

$$M_{\text{num}} = \frac{\sigma_3}{Q}, \text{ кг/га} \quad (2.13)$$

Нова конструкція машини:

$$M_{\text{num}} = \frac{680}{1392} = 0,49 \text{ кг/га.}$$

Базова конструкція машини:

$$M_{\text{num}} = \frac{530}{1219,2} = 1,43 \text{ кг/га.}$$

Знайдемо величину повної собівартості збиральних робіт:

$$C_3 = 3\Pi + A + R + P + Z + C_{em}, \text{ грн/га.} \quad (2.14)$$

а) заробітна плата комбайнера і його помічника:

$$3\Pi = \frac{f_{зк} + f_{зн}}{W}, \text{ грн/га.} \quad (2.15)$$

Нова машина:

$$3\Pi = \frac{160,84 + 120,2}{2,9} = 96,9 \text{ грн/га.}$$

Базова машина:

$$3\Pi = \frac{160,84 + 120,2}{2,54} = 110,6 \text{ грн/га.}$$

б) величина амортизаційних витрат на реновацію вузла:

$$A = \frac{C_6 \cdot a}{100 \cdot W \cdot t_p}, \text{ грн/га.} \quad (2.16)$$

Нова машина:

$$A_n = \frac{20402,4 \cdot 16,6}{100 \cdot 2,9 \cdot 480} = 2,43 \text{ грн/га.}$$

Базова машина:

$$A_6 = \frac{1690 \cdot 16,6}{100 \cdot 2,54 \cdot 480} = 0,23 \text{ грн/га.}$$

в) витрати на проведення капітальних, поточних ремонтів і техоглядів

вузла:

$$R = \frac{C_6 \cdot r}{100 \cdot W \cdot t_p}, \text{ грн/га.} \quad (2.17)$$

Нова машина:

$$R = \frac{20402,4 \cdot 12}{100 \cdot 2,9 \cdot 480} = 1,76 \text{ грн/га.}$$

Базова машина:

$$R = \frac{16900 \cdot 12}{100 \cdot 2,54 \cdot 480} = 1,66 \text{ грн/га.}$$

г) витрати на дизпаливо, грн/га:

$$P = \frac{N_0 \cdot q_n \cdot C_n}{W}, \quad (2.18)$$

де

$$q_n = 0,139 \text{ кг/е кВт-год.}$$

Нова машина:

$$P = \frac{9,6 \cdot 0,139 \cdot 85}{2,9} = 39,1 \text{ грн/га;}$$

Базова машина:

$$P = \frac{12,8 \cdot 0,139 \cdot 85}{2,54} = 59,5 \text{ грн/га.}$$

д) величина затрат на зберігання вузла, грн/га:

$$z = \frac{T_u \cdot f_{ec}}{Q}; \quad (2.19)$$

$$z = \frac{12 \cdot 71.37}{1392} = 0,62 \text{ грн/га.}$$

Тоді, значення повної собівартості проведення збиральних робіт:

Нова машина:

$$C_{zn} = 96,9 + 2,43 + 1,76 + 39,1 + 0,62 = 140,81 \text{ грн/га.}$$

Базова машина:

$$C_{zб} = 110,6 + 0,23 + 1,66 + 59,5 + 0,62 = 172,61 \text{ грн/га.}$$

Величина експлуатаційних витрат, грн/га:

$$U = 3\Pi + R + P + Z + U_{em}. \quad (2.22)$$

Нова машина:

$$U_n = 96,9 + 1,76 + 39,1 + 0,62 = 138,38 \text{ грн/га;}$$

Базова машина:

$$U_{б} = 110,6 + 1,66 + 59,5 + 0,62 = 172,38 \text{ грн/га.}$$

Річна економія коштів за рахунок зниження експлуатаційних витрат при використанні одного вузла, грн:

$$E_{po} = Q \cdot (U_{б} - U_n); \quad (2.23)$$

$$E_{po} = 1392 \cdot (172,38 - 138,38) = 47328 \text{ грн.}$$

Період окупності капітальних вкладень на придбання нового вузла:

$$T_{ок} = \frac{K_n}{E_{po}}; \quad (2.24)$$

$$T_{ок} = \frac{20402,4}{47328} = 0.43 \text{ роки.}$$

Отже, проведені розрахунки засвідчили перевагу нового вузла порівняно з базовим варіантом, оскільки його використання забезпечує річну економію експлуатаційних витрат у розмірі 47328 грн.

3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

3.1. Обґрунтування підкопуючої частини

Підкопуюча частина картоплезбирального комбайна призначена для підрізування бульбоносних пластів на встановленій глибині та їх подальшого транспортування на сепарувальні елеватори. У конструкції даного комбайна підкопувальний пристрій представлений вібраційними лемешами з боковинами, які забезпечують утримання пластів ґрунту з бульбами та запобігають їх розсипанню, що сприяє зменшенню втрат картоплі.

Кут нахилу лемешів α визначають із умови забезпечення ковзання бульбоносного шару по робочих поверхнях лемешів, при цьому повинна виконуватися така умова:

$$\alpha \leq \varphi, \quad (3.1)$$

де $\varphi = 30 \dots 40^\circ$ [8].

Відповідно до результатів експериментальних досліджень у цій галузі встановлено, що оптимальне значення кута α становить 25° [8].

Кути сходження лемешів γ визначають із умови забезпечення ковзного переміщення рослинних залишків по різальних кромках лемешів, що сприяє їх перерізанню або відведенню за межі підкопувальної частини. Для виконання цієї умови необхідно забезпечити дотримання такої нерівності:

$$\gamma \leq 2\psi, \quad (3.2)$$

де $\varphi = 45 \dots 50^\circ$ [8].

Прийmemo $\psi = 45^\circ$.

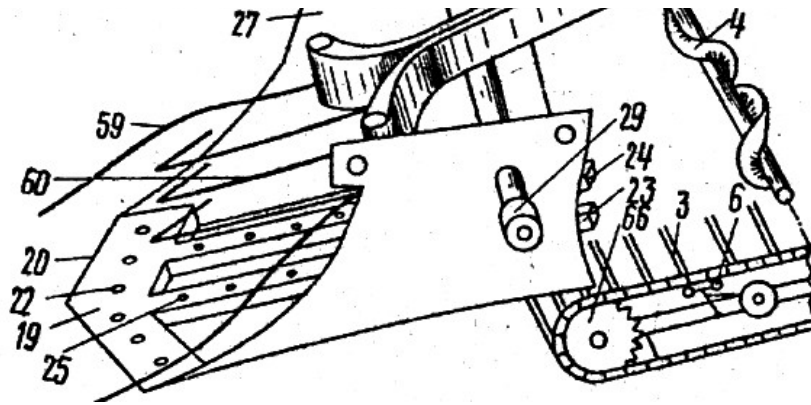


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд підкопувальної частини

Ширину лемешів b визначають із умови мінімізації навантаження бульбоносною масою на сепарувальні органи, а також забезпечення зниження втрат картоплі під час роботи комбайна:

$$b = B - 2b_1, \quad (3.3)$$

де $B = 400$ мм; $b_1 = 0$ мм.

$$b = 400 - 2 \cdot 0 = 400 \text{ мм}$$

Знайдемо довжину лемешів L з формули [8]:

$$L = \frac{h_n}{\sin \alpha} - l_n, \quad (3.4)$$

$$h_n = d + s + b \cdot \operatorname{tg} \theta / 2, \quad (3.5)$$

де $d = 0,13$ м;

$s = 0,06 \dots 0,08$ м.

$$h_n = 0,13 + 0,05 + 0,4 \cdot \operatorname{tg} 30^\circ / 2 = 0,29 \text{ м.}$$

Конструктивно відкидних пальців в даній конструкції лемеша не

передбачено, тому приймаємо $l_{\pi} = 0$ м.

Отже:

$$L = \frac{0,27}{\sin 30^{\circ}} = 0,58 \text{ м.}$$

3.2. Розрахунок гідروприводу механізму регулювання лемешів

Під час розроблення механізму автоматичного регулювання глибини заглиблення вібраційних лемешів передбачається заміна механічного приводу роторів на гідравлічний привід.

Гідравлічна система картоплезбирального комбайна включає три основні функціональні частини:

- силову або насосну частину, у якій відбувається перетворення механічної енергії привідного двигуна в енергію потоку робочої рідини;

– розподільчо-регульовальну частину, що забезпечує спрямування робочої рідини від насосного обладнання до гідродвигунів із подальшим її поверненням до гідробака, а також створює умови для регулювання витрати рідини та зміни швидкості роботи виконавчих механізмів;

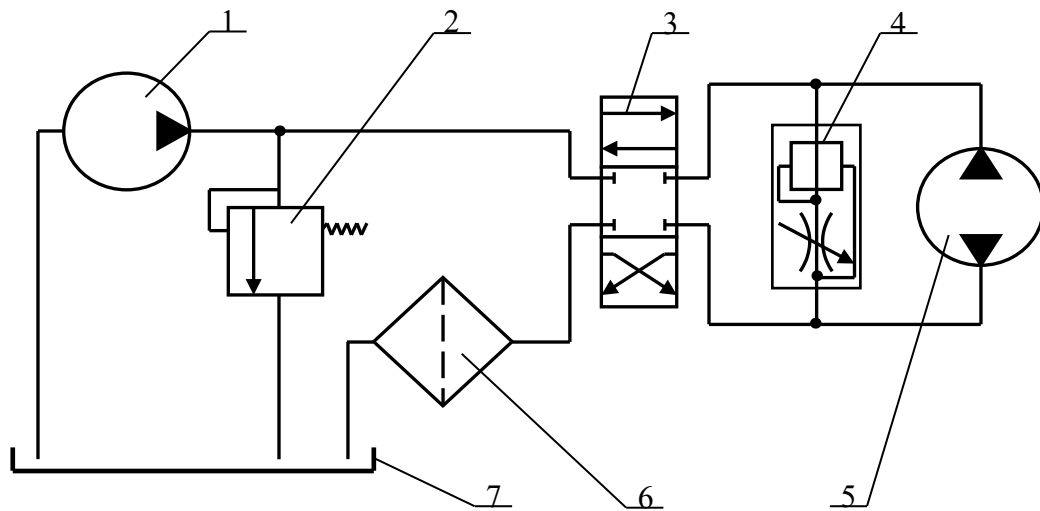
– виконавчу або робочу частину, до складу якої входять гідродвигуни, призначені для забезпечення руху робочих органів машини.

Окрім основних складових, до гідравлічної системи входять гідробаки, фільтрувальні елементи, трубопроводи, запобіжна арматура та інші допоміжні пристрої.

Для забезпечення автоматизованого регулювання глибини заглиблення лемешів у приводі механізму керування прийнято регульовану гідравлічну систему з дросельним способом зміни параметрів потоку робочої рідини.

На основі проведеного аналізу кінематичної схеми картоплезбирального

комбайна сформовано принципову гідравлічну схему розроблюваного агрегату (рис. 3.2).



1 – гідронасос; 2 – запобіжний клапан; 3 – розподільник; 4 – дросельно-регулюючий пристрій; 5 – гідромотор; 6 – фільтр; 7 – гідробак.

Рисунок 3.2 – Принципова гідравлічна схема приводу механізму регулювання заглиблення лемешів

Марку робочої рідини обирають з урахуванням умов експлуатації, типу насосного обладнання та рівня відповідальності гідросистеми. На основі розглянутих рекомендацій, а також з метою уніфікації з гідросистемами картоплезбиральних комбайнів, як робочу рідину приймаємо масло М10Г [10].

Розрахунок основних параметрів гідромоторів виконуємо за умови їх повного навантаження, тобто при максимальній потужності та мінімальній частоті обертання ведучих валів.

Знайдемо крутні моменти, які потрібно прикласти до ведучих валів:

$$M_{кр} = \frac{30 \cdot N}{1000 \cdot \pi \cdot n_{min}}, \quad (3.6)$$

де $N = 3,34$ кВт;

$$n_{\min} = 236 \text{ хв}^{-1}.$$

$$M_{\text{кр}} = \frac{30 \cdot 3,34}{1000 \cdot 3,14 \cdot 236} = 135,2 \text{ Н.м.}$$

Знайдемо значення витрат робочої рідини за одне обертання вала гідромотора [10]:

$$q_M = \frac{M_{\text{кр}} \cdot 2\pi}{P \cdot \eta_{\text{заг}}}, \quad (3.7)$$

де $P = 9 \text{ МПа}$;

$\eta = 0,78$ [10].

$$q_M = \frac{135,2 \cdot 2 \cdot 3,14}{13 \cdot 0,78} = 83,7 \text{ см}^3/\text{об.}$$

З урахуванням технічних характеристик планетарних гідромоторів для подальшого використання обираємо гідромотор МГП-100, основні параметри якого наведено в [10].

Вихідними параметрами для вибору гідронасоса є пропускна здатність гідромотора, а також частота обертання ведучих валів механізму регулювання.

$$q_M = 80,5 \text{ см}^3/\text{об.};$$

$$n_{\max} = 250 \text{ хв}^{-1}.$$

Знайдемо величину витрат робочої рідини гідронасосами для приведення в роботу гідромоторів [10]:

$$Q_n = \frac{q_M \cdot n_{\max}}{10^3}, \quad (3.8)$$

$$Q_n = \frac{80,5 \cdot 250}{10^3} = 20,125 \text{ л/хв.}$$

Таблиця 3.1 - Технічна характеристика гідромотора МГП-100

Показники	Значення
Робочий об'єм, см ³ /об	100
Тиск, МПа:	
Номінальний	16
максимальний	21
Частота обертання, с ⁻¹	
мінімальна	0,17
максимальна	10,8
Крутний момент, Н · м	158
Повний коефіцієнт корисної дії	0,78
Корисна потужність, кВт	6,0
Маса, кг	10

Знайдемо значення потрібного робочого об'єму гідронасоса:

$$q_n = \frac{n_m \cdot q_n}{n_n \cdot \eta}, \quad (3.9)$$

$$\text{де, } n_m = 250 \text{ хв}^{-1};$$

$$n_n = 1920 \text{ хв}^{-1};$$

$$\eta = 0,8.$$

$$q_n = \frac{250 \cdot 80,5}{1920 \cdot 0,8} = 13,1 \text{ см}^3/\text{об.}$$

У гідравлічних системах енергетичних засобів та більшості с/г машин гідравлічні насоси виконують функцію основних елементів, що забезпечують

перетворення механічної енергії двигуна енергетичного засобу в енергію потоку робочої рідини, необхідну для приведення в дію всіх складових гідроприводу.

З урахуванням досвіду використання в сільськогосподарській техніці та високих показників експлуатаційної надійності для проєктованої системи обрано гідронасос шестеренного типу НШ. Для насосів цього типу допустимий діапазон частоти обертання становить $n_n = 800 \dots 2400$ хв-1, а робочий тиск знаходиться в межах $P_n = 14 \dots 16$ МПа.

Відповідно до проведених розрахунків прийнято гідронасос марки НШ-32-2, технічні характеристики якого наведено в таблиці 3.2.

Значення умовного проходу розподільника визначають за залежністю [10]:

$$D_y = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{Q}{V_p}}, \quad (3.10)$$

де $V_p = 5 \dots 10$ м/с.

$$D_y = 1,13 \cdot \sqrt{\frac{2,79 \cdot 10^{-5}}{12}} = 0,006 \text{ м.}$$

Таблиця 3.2 - Технічна характеристика гідронасоса НШ-32-2

Показники	Значення
Робочий об'єм, см ³ /об	31,5
Тиск, МПа:	
номінальний	14
максимальний	16
Частота обертання, с ⁻¹	
мінімальна	32
максимальна	40
мінімальна	15
Споживана потужність, кВт	15,4
Коефіцієнт корисної дії:	
об'ємний	0,92
повний	0,8
Маса, кг	6,8

Для гідравлічної системи обрано розподільник Р75-В3, максимальна витрата робочої рідини через який становить 75 л/хв, робочий тиск - 14 МПа, а кількість золотників дорівнює трьом.

Регульовальна гідроапаратура призначена для захисту гідроприводів від можливих перевантажень, а також для зміни тиску та витрати робочої рідини шляхом часткового відкриття або перекривання прохідних каналів клапанів.

Під час проектування гідроприводів регульовальну гідроапаратуру, як правило, не піддають окремим розрахункам, а підбирають відповідно до номінальних значень тиску, витрати робочої рідини та умовного проходу. Відповідно до зазначених параметрів обрано клапани Г-52-1-1,5, для яких номінальна витрата робочої рідини становить 0,4 л/с, а діапазон налаштування робочого тиску знаходиться в межах 1,5...15 МПа.

Налаштування запобіжних клапанів виконують на значення тиску, яке визначають за залежністю [10]:

$$P_{\text{нк}} = 1,05 \cdot P_{\text{н}},$$

$$P_{\text{нк}} = 1,05 \cdot 14 = 14,7 \text{ МПа.}$$

Регулятори потоку, призначені для підтримання стабільної витрати робочої рідини незалежно від зміни тиску на вході та виході системи, повинні включати дроселі та послідовно встановлені редукційні клапани. У такій схемі дроселі забезпечують регулювання витрати робочої рідини, тоді як редукційні клапани підтримують сталий перепад тиску на гідромоторах.

Для проєктованої гідросистеми обрано регулятори потоку Г-55-3, номінальна витрата робочої рідини яких становить 0,6 л/с, мінімальна витрата - 0,004 л/с, а діапазон регулювання вихідного тиску знаходиться в межах 0,5... 14,5 МПа.

Величину внутрішнього діаметра рукавів високого тиску визначимо за такою залежністю:

$$d_{\text{в}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q}{60 \cdot 10^3 \cdot \pi \cdot V_{\text{пр}}}}, \quad (3.11)$$

де $Q = 20,125$ л/хв;

швидкості потоків робочої рідини складають наступні значення:

для напірних трубопроводів $V_{\text{пр}} = 3 \dots 6$ м/с;

для зливних трубопроводів $V_{\text{пр}} = 1,4 \dots 2,25$ м/с;

для всмоктувальних трубопроводів $V_{\text{пр}} = 0,5 \dots 1,5$ м/с.

Значення діаметра для напірного трубопроводу:

$$d_{\text{н}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 20,125}{60 \cdot 10^3 \cdot 3,14 \cdot 5}} = 9,2 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Значення діаметра для зливного трубопроводу:

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot 20,125}{60 \cdot 10^3 \cdot 3,14 \cdot 1,8}} = 15,4 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Значення діаметра для всмоктувального трубопроводу:

$$d_b = \sqrt{\frac{4 \cdot 20,125}{60 \cdot 10^3 \cdot 3,14 \cdot 1}} = 20,6 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

У дренажних трубопроводах необхідно забезпечити безперешкодне відведення накопиченої робочої рідини, тому незалежно від величини гідравлічних втрат мінімальне значення діаметра дренажної магістралі повинно знаходитися в межах 8...10 мм.

У відповідності до ГОСТ 8734-75:

$$d_d = 8 \text{ мм}$$

$$d_n = 10 \text{ мм;}$$

$$d_b = 20 \text{ мм;}$$

$$d_3 = 16 \text{ мм;}$$

Значення товщини стінок трубопроводів [10]:

$$\delta = \frac{P_{\max} \cdot d}{2 \cdot [\sigma_p]}, \quad (3.12)$$

де $P_{\max} = 14,7 \text{ МПа.}$

$$[\sigma_p] = \frac{\sigma_b}{n_b}, \quad (3.13)$$

де

$$n_b = 3 \dots 5.$$

Матеріал для труб - Сталь 10, ($\sigma_b = 320$ МПа).

$$[\sigma_p] = \frac{320}{4} = 80 \text{ МПа.}$$

Тоді товщина стінки напірних трубопроводів:

$$\delta_n = \frac{14,7 \cdot 0,01}{2 \cdot 80} = 0,9 \cdot 10^{-3} \text{ м,}$$

Прийmemo $\delta_n = 1$ мм.

Величина товщин стінок зливних і всмоктувальних трубопроводів з урахуванням забезпечення міцності під час монтажу приймаємо рівним 0,5 мм. Для дренажних трубопроводів товщину стінки приймаємо на рівні 0,3 мм.

З урахуванням конструктивного компоунування гідроприводу на машині визначимо значення довжин трубопроводів:

- насос – розподільники $l_{н-р} = 1,5$ м;
- розподільники - гідромотор $l_{р-г} = 3,5 + 3,5 = 7$ м;
- розподільники - гідробак $l_{р-б} = 1,5$ м.

Значення втрат тиску в трубопроводах на ділянці від насоса до розподільників визначаємо за такою залежністю:

Знайдемо величину числа Рейнольдса:

$$R_e = \frac{5 \cdot 0,01}{10 \cdot 10^{-6}} = 5 \cdot 10^3$$

Визначимо величину коефіцієнту тертя [10]:

$$\lambda = 0,3164 \cdot R_e^{-0,25}, \quad (3.14)$$

$$\lambda = 0,3164 \cdot 5000^{-0,25} = 0,037$$

Величина втрат тиску:

$$\Delta P = \lambda \cdot \frac{1}{d} \cdot \frac{V_p^2}{2} \cdot \rho, \quad (3.15)$$

де $\rho = 865 \text{ кг/м}^3$.

$$\Delta P_{\text{н-р}} = 0,037 \cdot \frac{1,5}{0,01} \cdot \frac{5^2}{2} \cdot 865 = 0,060 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Аналогічним способом визначаємо значення втрат тиску в трубопроводах на ділянці від розподільників до гідромотора:

Величина числа Рейнольдса:

$$R_e = \frac{5 \cdot 0,01}{10 \cdot 10^{-6}} = 5 \cdot 10^3$$

Проведемо порівняння отриманого значення із критичним числом Рейнольдса:

$R_e = 5 \cdot 10^3 > R_{e \text{ кр}} = 2300$ – що є характерним для турбулентних режимів.

Значення коефіцієнту тертя:

$$\lambda = 0,3164 \cdot 5000^{-0,25} = 0,037$$

Величина втрат тиску:

$$\Delta P_{\text{р-г}} = 0,037 \cdot \frac{7}{0,01} \cdot \frac{5^2}{2} \cdot 865 = 0,28 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Величину втрат тиску в трубопроводах на ділянці від розподільників до гідробака визначаємо за такою залежністю:

Величина числа Рейнольдса:

$$R_e = \frac{1,8 \cdot 0,016}{10 \cdot 10^{-6}} = 2,9 \cdot 10^3$$

Проведемо порівняння отриманого значення із критичним числом Рейнольдса:

$R_e = 2,9 \cdot 10^3 > R_{e \text{ кр}} = 2300$ – що є характерним для турбулентних режимів.

Значення коефіцієнту тертя:

$$\lambda = 0,3164 \cdot 2900^{-0,25} = 0,043$$

Величина втрат тиску:

$$\Delta P_{p-b} = 0,043 \cdot \frac{1,5}{0,016} \cdot \frac{1,8^2}{2} \cdot 865 = 0,005 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Визначимо величину втрат тиску в трубопроводах на ділянці від гідробака до гідронасоса:

Величина числа Рейнольдса:

$$R_e = \frac{1,0 \cdot 0,02}{10 \cdot 10^{-6}} = 2000$$

Проведемо порівняння отриманого значення із критичним числом Рейнольдса:

$R_e = 2000 < R_{e_{кр}} = 2300$ – що є характерним для ламінарних режимів.

Значення коефіцієнту тертя:

$$\lambda = \frac{75}{R_e}, \quad (3.16)$$

$$\lambda = \frac{75}{2000} = 0,038$$

Величина втрат тиску:

$$\Delta P_{\text{б-н}} = 0,038 \cdot \frac{1,5}{0,02} \cdot \frac{1,0^2}{2} \cdot 865 = 0,001 \cdot 10^6 \text{ Па.}$$

Розрахуємо значення сумарних лінійних втрат тиску в трубопроводах гідравлічної системи:

$$\Delta P_{\text{л}} = 0,06 + 0,28 + 0,005 + 0,001 = 0,346 \text{ МПа.}$$

Значення втрат тиску, зумовлених місцевими опорами, визначимо за формулою [10]:

$$\Delta P_{\text{м}} = \xi \cdot \frac{V^2}{2} \cdot \rho. \quad (3.17)$$

Коефіцієнти місцевих втрат опору складають.

- вхід і вихід під кутом 90° $\xi = 1,4$;
- плавні повороти під кутом 90° $\xi = 0,15$;
- плавні повороти під кутом 30° $\xi = 0,12$;
- вхід і вихід з гідробаку $\xi = 0,7$;
- фільтр $\xi = 2,5$;

- розподільник

$$\xi = 4.$$

Тоді:

$$\Delta P_{\text{МН-Р-Г}} = (6 \cdot 1,4 + 9 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,12 + 4) \cdot \frac{5^2}{2} \cdot 865 = 0,154 \cdot 10^6 \text{ Па},$$

$$\Delta P_{\text{Р-Б}} = (2 \cdot 1,4 + 2 \cdot 0,15 + 2 \cdot 0,12 + 0,7 + 2,5) \cdot \frac{1,8^2}{2} \cdot 865 = 0,009 \cdot 10^6 \text{ Па},$$

$$\Delta P_{\text{Б-Н}} = (1,4 + 2 \cdot 0,15 + 0,7) \cdot \frac{1^2}{2} \cdot 865 = 0,001 \cdot 10^6 \text{ Па}.$$

Знайдемо значення сумарних втрат тиску, зумовлених місцевими опорами:

$$\Delta P_{\text{М}} = 0,154 + 0,009 + 0,001 = 0,164 \text{ МПа}.$$

Знайдемо значення сумарних втрат тиску

$$\Sigma \Delta P = 0,346 + 0,164 = 0,51 \text{ МПа}.$$

Величину потужності, необхідної для приводу гідронасоса, визначимо за такою залежністю:

$$N_{\text{Н}} = \frac{N_{\text{М}}}{\eta_{\text{Н}} \cdot \eta_{\text{М}}} + \Sigma \Delta P \cdot Q, \quad (3.18)$$

$$N_{\text{Н}} = \frac{3,34}{0,98 \cdot 0,9} + 0,51 \cdot 10^6 \cdot 0,335 \cdot 10^{-3} = 3,96 \text{ кВт}.$$

Коефіцієнт корисної дії гідропривода:

$$\eta_{\text{Г}} = \frac{N_{\text{Н}}}{N_{\text{М}}}, \quad (3.19)$$

$$\eta_r = \frac{3,34}{3,96} = 0,84$$

Втрати потужності в гідроприводі визначимо за такою залежністю:

$$\Delta N = N_H - N_M, \quad (3.20)$$

$$\Delta N = 3,96 - 3,34 = 0,62 \text{ кВт.}$$

Визначимо кількість теплоти, що виділиться протягом однієї години роботи гідроприводу:

$$\Theta = \frac{\Delta N}{1,16} \cdot K_d, \quad (3.21)$$

де $K_d = 0,9$.

$$\Theta = \frac{620}{1,16} \cdot 0,9 = 481,7 \text{ ккал/год.}$$

З урахуванням умов нагрівання робочої рідини місткість гідробаків складатиме:

$$V_b = \frac{1}{1000} \cdot \sqrt{\left(\frac{\Theta}{\Delta T}\right)^3}, \quad (3.22)$$

Допустиме значення температури нагрівання робочої рідини складає $\Delta T = 70 \text{ }^\circ\text{C}$.

$$V_b = \frac{1}{1000} \cdot \sqrt{\left(\frac{481,7}{70}\right)^3} = 0,018 \text{ м}^3.$$

Таким чином, обраний гідропривід відповідає встановленим технічним вимогам, що забезпечує надійне та безпечне виконання процесу викопування картоплі.

3.3. Розрахунок валів повздовжнього пруткового транспортера

3.3.1. Навантаження на вали транспортера

Оскільки ланцюги елеватора мають незначні відхилення за довжиною, а потужність, необхідна для приведення їх у дію, розподіляється практично рівномірно між обома ланцюгами, навантаження на вали від дії зусиль, що виникають у ланцюгах, приймаємо рівномірно розподіленим по довжині валу. Аналогічно, враховуючи однакову товщину шару ґрунту по всій ширині елеватора, навантаження на вали, зумовлене масою ґрунту, також вважаємо рівномірно розподіленим.

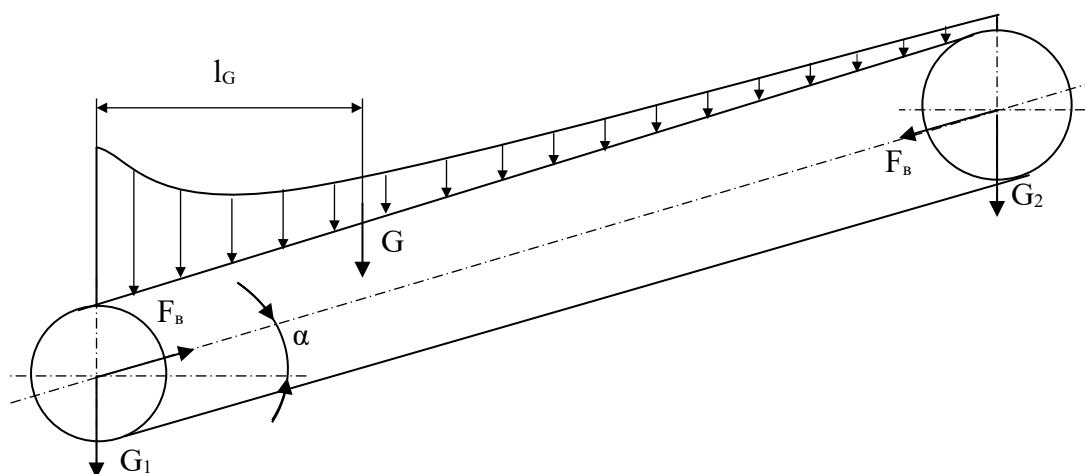


Рисунок 3.3 – Візуалізація навантажень на вали повздовжнього транспортера

Значення навантажень на вали:

$$F_b = \frac{z \cdot (F_t + 2 \cdot 9,81 \cdot k_f \cdot q \cdot a)}{B}, \quad (3.23)$$

де $z = 7$;

$k_f = 3,5$ [14];

$q = 2,1$ кг/м [14];

$a = 1,5$ м;

$B = 0,455$ м.

Значення колового зусилля на зірочках:

$$F_t = \frac{N}{V_{ec}}, \quad (3.24)$$

де

$N = 3340$ Вт;

$V_{ec} = 2,68$ м/с.

$$F_t = \frac{3340}{2,68} = 1246 \text{ Н.}$$

$$F_b = \frac{7 \cdot (1246 + 2 \cdot 9,81 \cdot 3,5 \cdot 2,1 \cdot 1,5)}{0,455} = 22497 \text{ Н/м.}$$

Для визначення впливу вороху, що перебуває на елеваторах, на вали елеватора насамперед визначимо вагу вороху:

$$G_b = \gamma \cdot V, \quad (3.25)$$

де $\gamma = 14000$ Н/м³;

Об'єм вороху, що знаходиться на елеваторі:

$$V = \int_0^{1,5} h \cdot \left(1 - \frac{a \cdot l^b}{1 + a \cdot l^b} \right) dl \cdot B, \quad (3.26)$$

де $h = 0,1$ м;

коефіцієнти $a = 4,5$; $b = 0,66$.

$$V = \int_0^{1,5} 0,1 \cdot \left(1 - \frac{4,5 \cdot 1^{0,66}}{1 + 4,5 \cdot 1^{0,66}} \right) dl \cdot 0,35 = 0,017 \text{ м}^3.$$

Тоді $G_B = 14000 \cdot 0,017 = 238 \text{ Н}.$

Визначимо значення питомої ваги ґрунту, що припадає на 1 м ширини елеватора, за такою залежністю:

$$G = \frac{G_B}{B} = \frac{238}{0,455} = 523 \text{ Н/м}. \quad (3.27)$$

Координати центру ваги вороху:

$$l_G = \frac{\int_0^l \left(\int_0^{1 - \frac{a \cdot l^b}{1 + a \cdot l^b}} 1 \, dh \right) dl}{\int_0^l \left(\int_0^{1 - \frac{a \cdot l^b}{1 + a \cdot l^b}} 1 \, dh \right) dl \cdot \cos \alpha} = 0,488 \text{ м}.$$

Тоді: $G_2 = G \frac{l_G \cdot \cos \alpha}{1} = 532 \cdot \frac{0,488}{1,5 \cdot \cos 30^\circ} = 200 \text{ Н/м},$

$$G_1 = G - G_2 = 523 - 200 = 323 \text{ Н/м}.$$

3.3.2. Розрахунок на міцність ведучого валу

Для виконання розрахунків на міцність ведучого вала поздовжнього елеватора будемо його розрахункову схему (рис. 3.4).

Визначимо реакції в опорах вала, враховуючи, що навантаження на вал має симетричний характер, тому значення реакцій у лівій та правій опорах будуть однаковими:

$$R_{21}^B = R_{22}^B = \frac{(Q_2 + F_B \cdot \sin \alpha) \cdot b \cdot (0,5 \cdot b + c)}{a + b + c}, \quad (3.28)$$

$$R_{21}^B = R_{22}^B = \frac{(200 + 22497 \cdot \sin 30^\circ) \cdot 0,445 \cdot (0,5 \cdot 0,445 + 0,0725)}{0,0725 + 0,455 + 0,0725} = 2547,3 \text{ Н.}$$

Горизонтальна площина:

$$R_{21}^\Gamma = R_{22}^\Gamma = \frac{F_B \cdot \cos \alpha \cdot b \cdot (0,5 \cdot b + c)}{a + b + c}, \quad (3.29)$$

$$R_{21}^\Gamma = R_{22}^\Gamma = \frac{22497 \cdot \cos 30^\circ \cdot 0,445 \cdot (0,5 \cdot 0,445 + 0,0725)}{0,0725 + 0,455 + 0,0725} = 4335 \text{ Н.}$$

Для побудови епюр поперечних сил Q:

$$\begin{aligned} Q_A^B = R_{21}^B = 2547,3 \text{ НЗ} & & Q_C^B = Q_A^B = 2547,3 \text{ Н;} \\ Q_B^B = -R_{22}^B = -2547,3 \text{ Н;} & & Q_D^B = Q_B^B = -2547,3 \text{ Н.} \\ Q_A^\Gamma = R_{21}^\Gamma = 4335 \text{ Н;} & & Q_C^\Gamma = Q_A^\Gamma = 4335 \text{ Н;} \\ Q_B^\Gamma = -R_{22}^\Gamma = -4335 \text{ Н;} & & Q_D^\Gamma = Q_B^\Gamma = -4335 \text{ Н.} \end{aligned}$$

Для побудови епюр згинних моментів:

$$M_A^B = M_B^B = 0;$$

$$M_C^B = M_D^B = R_{21}^B \cdot a = 2547,3 \cdot 0,0725 = 184,7 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_E^B = R_{21}^B \cdot (a + 0,5 \cdot b) = 2547,3 \cdot (0,0725 + 0,5 \cdot 0,445) = 764,2 \text{ Н}\cdot\text{м.}$$

$$M_A^\Gamma = M_B^\Gamma = 0;$$

$$M_C^\Gamma = M_D^\Gamma = R_{21}^\Gamma \cdot a = 4335 \cdot 0,0725 = 314,3 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$M_E^{\Gamma} = R_{21}^{\Gamma} \cdot (a + 0,5 \cdot b) = 4335 \cdot (0,0725 + 0,5 \cdot 0,445) = 1300,5 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Величина сумарного згинного моменту:

$$M_{AC}^B = M_{BC}^B = 0;$$

$$M_C^C = M_D^C = \sqrt{(M_C^B)^2 + (M_C^r)^2} = \sqrt{184,7^2 + 314,3^2} = 364,6 \text{ H}\cdot\text{m};$$

$$M_E^C = \sqrt{(M_E^B)^2 + (M_E^r)^2} = \sqrt{764,2^2 + 1300,5^2} = 1508,4 \text{ H}\cdot\text{m};$$

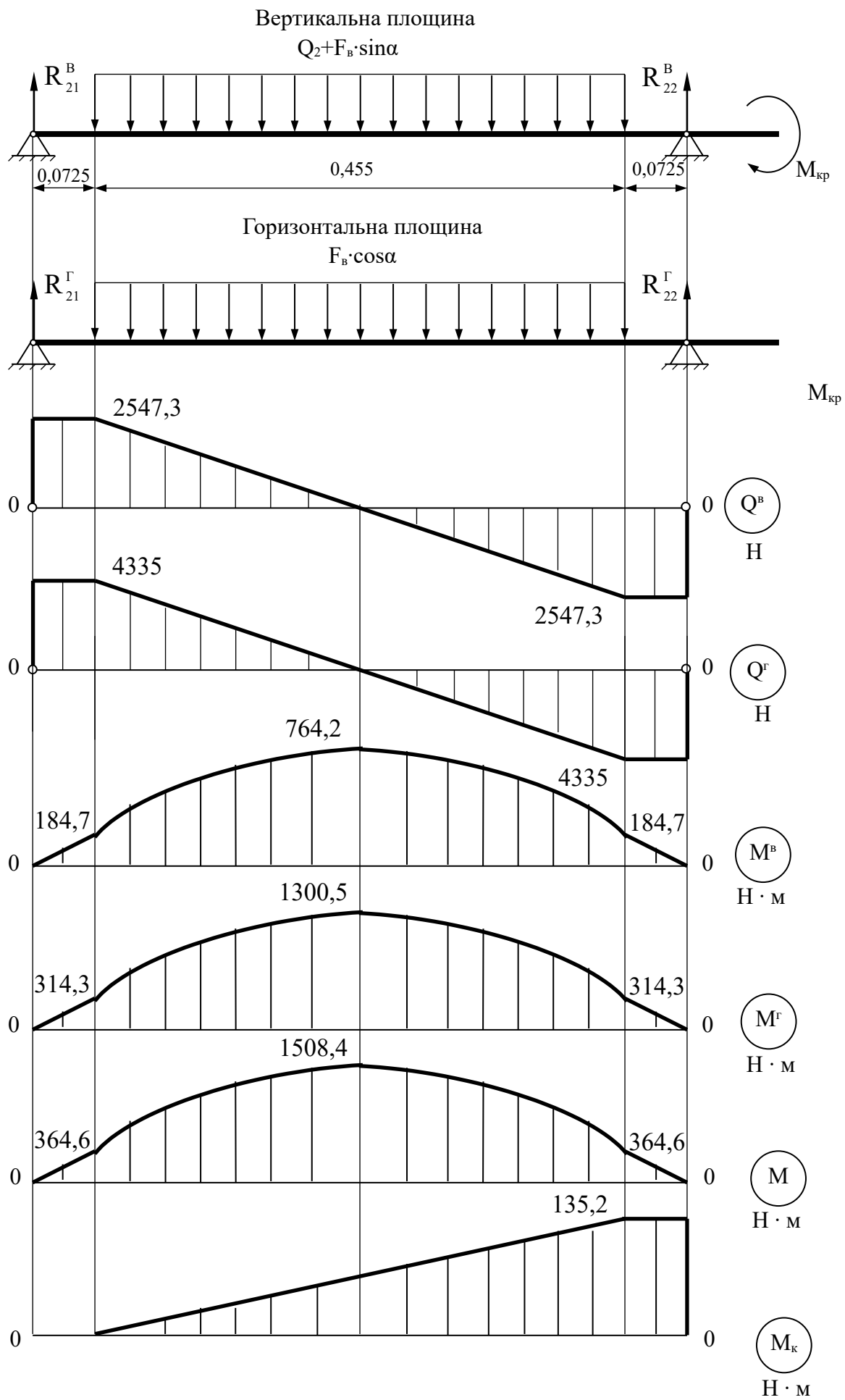


Рисунок 3.4 – Розрахункова схема ведучого валу

Значення крутного моменту:

$$M_{кр} = \frac{30 \cdot N}{\pi \cdot n}, \quad (3.30)$$

$$M_{кр} = \frac{30 \cdot 3340}{3,14 \cdot 236} = 135,2 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

У відповідності з IV теорією міцності, значення розрахункового моменту в небезпечному перетині E визначається за такою залежністю:

$$M_p = \sqrt{(M_E^c)^2 + 0,75 \cdot M_{кр}^2},$$

$$M_p = \sqrt{1508,4^2 + 0,75 \cdot 135,2^2} = 1513 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Тоді необхідний діаметр валу в небезпечному перетині визначається за такою залежністю:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_p}{\pi \cdot [\sigma]}}, \quad (3.31)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 1513}{3,14 \cdot 260 \cdot 10^6}} = 0,039 \text{ м}.$$

Отже:

- діаметр валу в небезпечному перетині - 40 мм;
- діаметр валу під підшипники - 35 мм.
- діаметр валу під муфту – 32 мм.

3.3.3. Розрахунок підшипників

Розрахуємо опорні підшипники для валів поздовжніх елеваторів.

Для уніфікації конструкції картоплезбиральної машини для ведучих і ведених валів приймаємо підшипники однакового типорозміру. Оскільки ведучі вали сприймають більші навантаження, розрахунок підшипників виконуємо за значеннями їх опорних реакцій.

Значення сумарної реакції в опорах визначимо за такою залежністю:

$$R = \sqrt{R_A^2 + R_B^2} = \sqrt{2547,3^2 + 4335,0^2} = 5028 \text{ Н.} \quad (3.32)$$

Попередньо приймемо підшипники 107 згідно ГОСТ 8338-75.

Конструктивні параметри: $d = 35$ мм; $D = 80$ мм; $B = 21$ мм; $C = 33,2$ кН.

Проведемо розрахунок підшипників на довговічність:

Значення еквівалентного навантаження складає:

$$P_E = X \cdot V \cdot R \cdot K_B \cdot K_T, \quad (3.33)$$

де

$$X = 1;$$

$$V = 1;$$

$$K_B = 1,8 \dots 2,5;$$

$$K_T = 1.$$

$$P_E = 1 \cdot 1 \cdot 5028 \cdot 2,2 \cdot 1 = 11062 \text{ Н.}$$

Значення розрахункової довговічності:

$$L = \left(\frac{C}{P_E} \right)^3 = \left(\frac{33,2 \cdot 10^3}{11062} \right)^3 = 27,0 \text{ млн. об.} \quad (3.34)$$

або

$$L_h = \frac{L \cdot 10^6}{60 \cdot n} = \frac{27 \cdot 10^6}{60 \cdot 250} = 1800 \text{ год.} \quad (3.35)$$

Ресурс роботи картоплезбиральних комбайнів становить 1600 год, тому розрахункова довговічність підшипників є достатньою для забезпечення надійної експлуатації машини.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Вимоги техніки безпеки при роботі картоплезбиральними комбайнами

При експлуатації картоплезбиральних комбайнів необхідно дотримуватися вимог безпеки передбачених вимогами діючих стандартів. Для безпечної роботи з цією машиною слід керуватися наступними правилами:

- не допускати до роботи осіб без прав тракториста-машиніста, осіб, які не пройшли інструктаж з техніки безпеки, про що повинен бути зроблений відповідний запис у журналі;

- стороннім особам категорично забороняється знаходитися поблизу працюючої машини; - забороняється проводити ремонт або регулювання вузлів машини під час роботи;

- всі види регулювань і технічного огляду виконувати тільки після зупинки машини і при виключеному двигуні трактора;

- забороняється проводити будь-які роботи при відчепленій машині, якщо під її колеса не поставлено противідкатні башмаки;

- забороняється робота на агрегаті у незаправленому одязі; - перед початком роботи слід переконатися у повній справності всього агрегату, перевірити наявність і міцність кріплень всіх захисних щитків і кожухів; не розпочинати роботу при знятих кожухах;

- про початок руху агрегату необхідно попередити сигналом людей, які стоять поблизу; - не можна торкатися руками робочих органів машини під час її роботи;

- забороняється знаходитися попереду, позаду і зліва агрегату під час його роботи;

- слід остерігатися рухомих частин механізму;

- після зупинки машини обов'язково перевести важіль коробки зміни швидкостей у нейтральне положення і виключити вал відбору потужностей;

- обганяти транспорт, який рухається, швидкість руху якого перевищує вказану транспортну швидкість машини забороняється;
- перевезення агрегатованої машини у нічний час, під час сильного туману забороняється;
- перегін машини дорогами загального користування необхідно проводити відповідно до “Правил дорожнього руху”;
- періодично оновлювати знаки безпеки, які є на машині.

До роботи з технічного обслуговування, транспортування, обкатки і використання машини допускаються особи, які досягли 18 років, пройшли медичний огляд, спеціальну підготовку, інструктаж з техніки безпеки і протипожежної безпеки при наявності відповідного посвідчення.

Працювати необхідно у зручному одязі, щоб не допустити його попадання у рухомі частини машини. При одночасному обслуговуванні, ремонту машини кількома виконавцями необхідно призначити старшого групи, доручивши йому контроль за дотриманням правил техніки безпеки (черговості робіт). У машині повинна бути аптечка з необхідними медикаментами.

Наявність на машинах робочих та стояночних гальм повинна бути встановлена у технічних вимогах. Стоянкові гальма повинні утримувати машину на схилі не менше 18%. Устаткування робочими та стоянковими гальмами і страховими ланцюгами (тросами) типу тракторних причіпів або напівпричіпів є обов’язковим.

Машини, ширина яких перевищує габарит енергозасобу, повинні бути устатковані світлоповертачами; задні світлоповертачі повинні бути червоного, передні — білого кольорів. Допускається замість світлоповертачів нанесення на елементи продукції машини кругів, трикутників або прямокутників червоного або білого кольорів, вписаних в окружність діаметром 100 мм.

Машини, які при агрегуванні з енергозасобами закривають прилади світлової сигналізації енергозасобу, повинні бути устатковані власними приладами світлової сигналізації. Машини та робочі органи повинні бути вкомплектовані механічними фіксаторами, які утримують їх у транспортному

положенні. Місця встановлення засобів пожежогасіння повинні бути легкодоступними та забезпечувати їх знімання без застосування інструменту. Елементи конструкції машин повинні забезпечувати безпечний та зручний підхід до них при монтажі, технічному обслуговуванні та ремонті.

Машини, які мають робочі місця оператора, повинні мати систему звукової сигналізації для зв'язку з оператором ЕЗ. Рівень звуку звукового сигналу повинен бути на 8 дБ вище рівня звуку зовнішнього шуму від роботи самого агрегату.

4.2. Заходи пожежної безпеки при збиранні врожаю картоплі

При підготовці до збирання врожаю картоплі слід звертати особливу увагу на забезпечення засобів пожежної безпеки [13]. З цією метою необхідно перевіряти наявність та справність вогнегасника, наявність лопати та інших засобів. Постійно слідкувати за технічним станом трактора та картоплекопача. Не допускається підтікання палива з системи живлення двигуна та мастила з гідросистеми, попадання мастила на збиральні одиниці та деталі збирального агрегату, перегрів підшипників/

Щоденно перед початком роботи необхідно продивитися двигун та вузли машинно-тракторного агрегату та при необхідності очистити їх від рослинних решток.

В суху вітряну погоду, коли на радіатор двигуна попадають пересохлі рослинні рештки, необхідно проводити додаткову перевірку дизеля в середині робочої зміни.

Категорично заборонено працювати без акумуляторної батареї, так як коротке замикання приєднувальних проводів може бути причиною пожежі.

При запуску дизеля користуватися тільки замком – вмикачем. Забороняється проводити пуск двигуна перемиканням клем стартера.

Не допускати в процесі роботи скупчення листостеблової маси між кабіною трактора та двигуном на майданчику обслуговування силової установки.

Не допускати намотування бур'янів та листя на деталі збирального агрегату котрі обертаються, так як від тертя може відбутися samozаймання.

Очистку засмічених паливопроводів проводять тільки при холодному двигуні та після перекриття подачі палива.

Заправку паливних баків проводять тільки на дорозі чи зовні поля при непрацюючому двигуні за допомогою заправочного агрегату.

У випадку займання двигуна його необхідно заглушити рукояткою керування паливного насосу. Вимкнути електричний ланцюг, перекривши подачу палива.

Для усунення займання слід скористатися вогнегасником та засипати вогонь піском. Категорично заборонено заливати пожежу чи полум'я нафтопродуктів водою.

Слід пам'ятати, що при роботі картоплезбирального агрегату в зоні високовольтних ліній електропередач заборонено виконувати заправку паливом. Необхідно від'їхати від лінії електропередач та перед заправкою перевірити надійність кріплення заземлюючого ланцюга, який повинен постійно доторкуватися до землі.

Слід тимчасово призупинити роботу збирального агрегату при сильному вітрі, коли виникає небезпека розповсюдження пожежі на все поле.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є підвищення ефективності процесу збирання картоплі шляхом удосконалення конструкції лемешів картоплезбирального комбайна.

У кваліфікаційній роботі:

- проведено аналіз технологій збирання картоплі;
- виконано огляд сучасних технічних засобів для збирання картоплі;
- обґрунтовано експлуатаційні показники картоплезбирального комбайна, розглянуто його конструктивні особливості та технологічний процес роботи;
- запропоновано удосконалення конструкції лемешів комбайна та розроблено механізм регулювання глибини їх заглиблення в ґрунт;
- проведено розрахунки економічної ефективності використання вузлів модернізованої конструкції картоплезбирального комбайна.

У проєктній частині роботи:

- проведено обґрунтування конструктивних параметрів підкопувальної частини комбайна;
- виконано розрахунок гідроприводу механізму регулювання глибини викопування;
- здійснено розрахунки валів поздовжнього пруткового транспортера на міцність.

У кваліфікаційній роботі також розглянуто питання охорони праці та заходи безпечної експлуатації картоплезбиральної техніки.

Оснащення приймальної частини комбайна механізмом автоматичного регулювання глибини заглиблення вібраційних лемешів у поєднанні з удосконаленням їх конструкції сприяє підвищенню ефективності функціонування картоплезбирального комбайна. Проведені розрахунки підтвердили економічну доцільність запропонованих технічних рішень, при цьому річний економічний ефект від зниження експлуатаційних витрат становить 47328 грн.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Березівський П.С., Більський Б.В., Дудаш Я.Я., Андрушко М.І. Організація і планування виробництва в аграрних формуваннях Львівщини. Львів: Укр. технології, 2000. 218 с.
2. Бондаренко М.Г., Демещук В.А. Комплектування машинно-тракторного парку в рослинництві. К.: Вища школа, 1995. 237 с.
3. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: Навчальний посібник / За ред. Д.Г. Войтюк, С.С. Яцун, Довжик М.Я. Суми: Університетська книга, 2008. 450 с.
4. Гречкосій В.Д. Довідник сільського інженера. Київ, «Урожай», 1988. 354 с.
5. Довідник з експлуатації МТП/ Ільченко В.Ю., Карасьов П.І., Пітонт А.С., та ін. К.: Урожай, 1987. 368с.
6. Енергетичні засоби сільськогосподарського виробництва. Методичні вказівки до виконання розрахункових робіт для студентів денної та заочної форм здобуття освіти за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2023. 31 с.
7. Інтенсивна технологія вирощування картоплі / В.Д.Волков, Г.М.Колонтай, М.П.Мукосій, П.К.Сердюк. К.: Урожай, 1989. 40 с.
8. Гевко Р. Б., Ткаченко І. Г., Павх І. І. Машини сільськогосподарського виробництва. Тернопіль, 2005. 228 с.
9. Лапін В.М. Безпека життєдіяльності людини. / В.М. Лапін. – Львів: ЛБК НБУ. Київ: Знання, 2000. 188 с.
10. Ловкис З.В. Гіроприводи сільськогосподарської техніки: конструкція та розрахунок. К.: Вища школа, 1986. 207 с.
11. Машиновикористання в землеробстві/ В.Ю. Ільченко, Ю.П. Нагірний, П.А. Джолос та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка та Ю.П. Нагірного. К.: Урожай, 1996. 384с.

12. Олексюк В.П. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. Тернопіль: ТНТУ ім. І Пулюя, 2022. 47 с.
13. Охорона праці в сільському господарстві [Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: http://ipal.at.ua/publ/okhorona_praci/mozhlivi
14. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. /В.Т. Павлище. К.: Вища школа, 1993. 556 с.
15. Хомик Н.І. Основи агрономії: навчальний посібник (курс лекцій) / Н. І. Хомик, Г. Б. Цьонь, Т. А. Довбуш, В. П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2021. 232 с.
16. Hevko R., Stashkiv M., Lyashuk O., Vovk Y., Oleksyuk V., Tson O., Bortnyk I. Investigation of internal efforts in the components of the crop sprayer boom section. Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering. Volume 105, Issue 1 (2021), 33 – 41.
17. Roman Hevko; Yurii Nykerui; Taras Dovbush; Vasyl Oleksyuk. Substantiation of constructive parameters of a frame structure elements of the rope mechanism transport system for storing piece loadings into small warehouses. Scientific Journal of TNTU. Tern.: TNTU, 2020. Vol 100. No 4. P. 62–74.

ДОДАТКИ