

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 експлуатаційних характеристик бурякозбирального
комбайна з удосконаленням завантажувального транспортера**

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГс-41
спеціальності 208

Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Паламаренко А.Р.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Олексюк А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Сташків М.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
2025

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.
(підпис) (прізвище та ініціали)
« » 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня бакалавр
(назва освітнього ступеня)
за спеціальністю 208 Агроінженерія
(шифр і назва спеціальності)
студенту Паламаренку Андрію Романовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)
1. Тема роботи Підвищення експлуатаційних характеристик бурякозбирального комбайна з удосконаленням завантажувального транспортера

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

Затверджені наказом ректора від « 22 » січня 2025 року № 4/7-25

2. Термін подання студентом завершеної роботи 25 червня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи Бурякозбиральний комбайн КСБ-6;

Базова конструкція завантажувального транспортера; швидкість руху полотна транспортера - 0,5 м/с; продуктивність – 1,1 га/год; ширина захвату – 6 рядків; швидкість викопування – до 1,8 км/год

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Реферат. Вступ. 1. Оглядова частина. 2. Обґрунтування експлуатаційних характеристик бурякозбирального комбайну. 3. Проектна частина. 4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці. Загальні висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

1. Бурякозбиральний комбайн КСБ-6. Загальний вигляд - 2А4. 2. Кінематична схема комбайну КСБ-6 - 1А4. 3. Схема технологічного процесу бурякозбирального комбайну КСБ-6 - 1А4. 4. Полотно транспортера завантажування. Складальне креслення - 1А4. 5. Вал ведучий. Складальне креслення – 1 А4. 6. Деталювання – 1А4. 7. Дослідження НДС ведучого вала – 1 А4. 8. Агротехнічні вимоги до якості збирання цукрових буряків – 1А4. 9. Огляд сучасних зразків самохідної бурякозбиральної техніки – 1А4.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання

27.01.2025 p.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Паламаренко А.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Олексюк В.П.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Паламаренко Андрій Романович.

Тема роботи – «Підвищення експлуатаційних характеристик бурякозбирального комбайна з удосконаленням завантажувального транспортера».

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

Збирання коренеплодів цукрового буряку є однією з самих трудомістких та енергомістких операцій в сільськогосподарському виробництві. Процес підвищення якісних показників збирання коренеплодів являє собою комплексне науково-технічне завдання, вирішення якого повинно базуватись на пошуку нових конструктивних вирішень робочих органів та компоновочних схем коренезбиральної техніки.

Базова конструкція бурякозбирального комбайну КСБ-6 обладнана завантажувальними транспортерами виконаними на базі втулково-роликового ланцюга з кроком $t=38,1$ мм. Така конструкція даного вузла є металомісткою і має недостатній ресурс в роботі комбайну. Тому удосконалення завантажувального транспортера дасть можливість зменшити трудомісткість виготовлення, зменшити металоємність машини, що у свою чергу забезпечить підвищення експлуатаційних характеристик комбайну.

Тому тематика кваліфікаційної роботи є актуальною.

Мета роботи

Основна мета кваліфікаційної роботи бакалавра полягає в підвищенні експлуатаційних характеристик бурякозбирального комбайна КСБ-6, шляхом удосконалення завантажувального транспортера.

Об'єкт, методи та джерела дослідження

Об'єкт дослідження. Бурякозбиральний комбайн КСБ-6.

Предмет дослідження. Технологічні та конструктивні розрахунки завантажувального транспортера.

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

Отримані результати:

- проведено аналіз сучасних технологій збирання цукрових буряків;
- розглянуто агротехнічні вимоги до машин при збиранні цукрового буряка;
- зроблено детальний огляд сучасних зразків самохідної бурякозбиральної техніки;
- здійснено обґрунтування експлуатаційних характеристик бурякозбирального комбайну;
- розглянуто будову і технологічний процес збирання цукрового буряку комбайном КСБ-6;
- проведено розрахунки економічної ефективності застосування бурякозбирального комбайну КСБ-6 за експлуатаційними показниками;
- запропоновано удосконалення транспортера завантаження шляхом виконання його полотна на базі зубчатої гумової стрічки, до якої заклепками кріпляться прутки;
- проведено технологічні та конструктивні розрахунки завантажувального транспортера, наведено розрахунок валу приводу транспортеру завантаження, розрахунок шпонкового з'єднання валу приводу, розрахунки заклепкових з'єднань скребків транспортера;
- проведені енергетичні розрахунки з метою визначення необхідної потужності двигуна комбайну;
- розглянуто вимоги охорони праці та заходи безпеки при експлуатації машини КСБ-6.

Практичне значення отриманих результатів.

Запропоновані у роботі технічні рішення дозволяють зменшити трудомісткість виготовлення та металоємність вузла, знизити загальну вартість

комбайна, підвищити ресурс і надійність роботи транспортера та комбайну в цілому.

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 – 7 арк. формату А4, ілюстративний матеріал – 12 арк. формату А4.

Ключові слова: бурякозбиральний комбайн, завантажувальний транспортер, цукровий буряк.

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

Розділ 2:

B_3 – річне напруцювання комбайну, га;

Π_0, Π_6 – приведені витрати на одиницю напруцювання для базової і нової машин, грн./га.;

E' – економічний ефект від зміни витрат основних матеріалів, кількості та якості продукції, що отримується під час експлуатації нової машини, грн.;

I – прямі експлуатаційні витрати на одиницю напруцювання, грн./га;

K – капітальні вкладення на одиницю напруцювання, грн./га;

E_n – коефіцієнт ефективності капіталовкладень;

$З$ – затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн./га;

Γ – затрати на паливно-мастильні матеріали і електроенергію, грн./га;

P – затрати на технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт, грн./га;

A – затрати на реновацію, грн./га;

Φ – інші прямі затрати на допоміжні матеріали, грн./га;

$\Pi_{зм}$ – продуктивність за годину часу зміни, га/год;

r – норми відрахувань на поточний ремонт, %;

t_p – нормативне річне завантаження, год;

a – норма відрахувань на амортизацію;

C – вартість основних матеріалів, грн.

Розділ 3:

B і h – ширина і висота шару маси, м;

v – швидкість, м/с;

γ – густина маси, кг/м³;

k_0 – коефіцієнт, який характеризує степінь відставання маси від рухомої стрічки;

W_1 – опір маси, який виникає під час завантаження транспортера, Н;

W_2 – опір робочої вітки полотна, Н;

C – коефіцієнт, що враховує тертя в підшипниках і опір жорсткості полотна в направляючих роликах;

g – прискорення вільного падіння, м/с^2 ;

ψ – коефіцієнт заповнення між скребкового простору;

C_0 – коефіцієнт, що враховує вплив швидкості на заповнення між скребкового простору;

W_S – коефіцієнт опору;

L – відстань між шківами, м ;

β – кут нахилу транспортера до горизонту, град;

g_B – маса одного погонного метру вантажу, кг ;

g_T – маса одного погонного метру транспортера, кг ;

$t_{\text{ск}}$ – крок скребків на полотні, м ;

$U_{\text{ск}}$ – вагова кількість коренів, що може перенести один скребок, Н ;

D – діаметр привідного барабана, м ;

M – маса полотна транспортера, Н ;

α – кут нахилу робочої гілки транспортера до горизонту, град;

m – кількість скребків, що одночасно приймають участь у транспортуванні коренеплодів;

k – коефіцієнт, що враховує нерівномірність роботи транспортера;

d_d – ділильний діаметр привідної зірочки, м ;

t – крок привідного ланцюга, м ;

M – обертовий момент, що передається шпонкою, Нм ;

d – діаметр вала, м ;

t – глибина шпонкового паза на валу, м ;

l_p – робоча довжина шпонки, м ;

C – динамічна вантажопідйомність підшипника, Н ;

n – частота обертання вала, хв^{-1} ;

P – еквівалентне навантаження підшипника, Н;

x – коефіцієнт радіального навантаження;

V – коефіцієнт обертання;

F_r – радіальне навантаження, Н;

K_6 – коефіцієнт безпеки;

K_T – температурний коефіцієнт;

$[\tau_{зр}]$ – допустиме напруження зрізу матеріалу заклепки, Н/м^2 ;

d – діаметр заклепки, м;

$[\sigma_{зр}]$ – допустиме напруження зминання матеріалу заклепки, Н/м^2 ;

n – кількість заклепок;

s – найменша товщина частини, що з'єднується, м;

$[\sigma_p]$ – допустиме напруження розтягу матеріалу заклепки, Н/м^2 ;

R_T – тяговий опір робочих органів;

f_m – коефіцієнт опору перекошування трактора і машини який, залежить від виду ходової частини машини;

G_m – вага машини, кН;

V – робоча швидкість машини, м/с;

$\eta_{\text{мех}}$ – механічний ККД силової передачі від двигунів до ведучих коліс;

η_v – коефіцієнт, що враховує втрати на буксування, залежить від виду рушія;

$\eta_{\text{УМ}}$ – коефіцієнт використання потужності двигуна;

$N_{\text{кр}}$ – потужність, потрібна на привід робочих органів, кВт;

$\eta_{\text{пр}}$ – ККД передач від двигуна до робочих органів;

$\eta_{\text{об}}$ – об'ємний ККД агрегату, для гідронасосів та гідромоторів як силових агрегатів гідростатичного приводу;

α – кут підйому, який долає машина, град;

λ – коефіцієнт навантаження ведучих коліс;

φ_c – коефіцієнт зчеплення рушія з ґрунтом;

ξ – коефіцієнт, що враховує внутрішні втрати в рушії;

$P_{\partial\partial}$ – тягове зусилля, що відповідає потужності, яку потенційно може розвинути двигун з врахуванням ККД трансмісії;

V_K – лінійна швидкість поверхні колеса машини, м/с.

ЗМІСТ

Вступ	12
1. Оглядова частина	13
1.1. Аналіз сучасних технологій збирання цукрових буряків	13
1.2. Огляд сучасних зразків самохідної бурякозбиральної техніки	19
1.3. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра	27
2. Обґрунтування експлуатаційних характеристик бурякозбирального комбайну	29
2.1. Будова і технологічний процес комбайну КСБ-6 «Збруч»	29
2.2. Розрахунок економічної ефективності бурякозбирального комбайну КСБ-6 за експлуатаційними показниками	34
3. Проектна частина	39
3.1. Технологічні та конструктивні розрахунки	39
3.2. Міцнісні розрахунки	42
3.2.1. Розрахунок валу приводу транспортеру завантаження	42
3.2.2. Розрахунок шпонкового з'єднання валу приводу	51
3.2.3. Розрахунок довговічності підшипників	52
3.2.4. Розрахунок заклепкових з'єднань	54
3.3. Енергетичні розрахунки	56
4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці	60
4.1. Організація робіт по техніці безпеки та охороні праці	60
4.2. Вимоги техніки безпеки при експлуатації машини КСБ-6	61
Загальні висновки	66
Перелік посилань	67
Додатки	70

ВСТУП

Цукровий буряк належить до високоінтенсивних та високорентабельних культур, демонструючи один із найвищих рівнів прибутковості з одиниці площі серед традиційних сільськогосподарських культур, вирощуваних в Україні.

Зростання інтересу до вирощування цієї культури в умовах воєнного стану зумовлено обмеженням експорту зернових і олійних культур, а також наявністю розвиненої вітчизняної інфраструктури для переробки сировини та глобальним підвищенням цін на цукор.

Попри це, ринок цукру залишається одним із найбільш нестабільних серед агропродовольчих ринків, для нього характерні короткострокові періоди різкого зростання цін, що змінюються довготривалими фазами цінового спаду, які тривають близько семи років.

У провідних бурякосійних країнах світу вирощування цукрового буряку вважається пріоритетною та економічно вигідною галуззю, що забезпечує високу рентабельність виробництва.

Сучасні високопродуктивні гібриди цукрового буряку, як вітчизняної, так і зарубіжної селекції, дають змогу досягати рівня врожайності, максимально наближеного до розрахункових показників. Однак, попри наявність значного біологічного потенціалу, вітчизняне буряківництво використовує його лише на 25–35%.

На сьогодні у більшості господарств України технології вирощування цукрового буряку впроваджуються частково, часто у спрощеному та примітивізованому вигляді. Основною причиною цього є нестача матеріально-технічного забезпечення, зокрема якісного насіння, добрив, засобів захисту рослин і спеціалізованої техніки.

Важливою складовою ефективного вирощування цієї культури є раціональне використання сучасної високопродуктивної бурякозбиральної техніки, що забезпечує підвищення ефективності всього виробничого процесу.

1. ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА

1.1. Аналіз сучасних технологій збирання цукрових буряків

Збирання коренеплодів цукрового буряка є однією з найбільш трудо- та енергоємних операцій у аграрному виробництві. Особливі складнощі виникають при зміщенні термінів збирання, що часто супроводжується підвищеною вологістю ґрунту (26–30%) або його надмірною твердістю (3,5–4,5 МПа). За таких умов значно знижується технічна та технологічна надійність коренезбиральної техніки, що призводить до зменшення її продуктивності.

У зазначених умовах експлуатації серійні моделі коренезбиральних машин демонструють високий рівень пошкодження зібраних коренеплодів – до 60%, а також значну їх забрудненість ґрунтом, яка може перевищувати 40%.

Підвищення якісних показників процесу збирання цукрових буряків є складним науково-технічним завданням, вирішення якого повинно ґрунтуватися на:

- розробці нових конструктивних рішень робочих органів і компоновочних схем коренезбиральної техніки;
- теоретичному обґрунтуванні їх конструктивно-технологічних параметрів;
- експериментальній перевірці ефективності запропонованих рішень з метою подальшого аналізу та синтезу оптимальних параметрів бурякозбиральних агрегатів.

Технології збирання цукрових буряків

Збирання цукрових буряків є завершальним, надзвичайно відповідальним та трудоємким етапом механізованої технології вирощування цієї культури, що безпосередньо впливає на ефективність виробництва цукру. Частка затрат праці на цьому етапі становить близько 20–25% від загальних виробничих витрат.

Якість, своєчасність і економічність виконання збиральних робіт значною

мірою залежать від рівня організації процесу, оптимального використання бурякозбиральної техніки та транспортних засобів. Раціональне планування і координація цих дій дозволяють мінімізувати втрати врожаю, трудові та фінансові затрати.

Досвід вирощування цукрового буряку засвідчує, що для максимального використання осіннього приросту маси коренеплодів і підвищення вмісту цукру доцільним є проведення збирання у період з 20 вересня по 25 жовтня. Саме в цей час у зоні бурякосіяння України (Лісостеп) спостерігаються найоптимальніші умови для виконання робіт.

Згідно з аналітичними даними ННЦ «Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України», при визначенні потреби в бурякозбиральній техніці необхідно враховувати, що середня кількість робочих днів у зазначений період становить від 18 до 20 [19].

Перед початком збирання цукрових буряків необхідно провести агротехнічну оцінку стану рослин, яка включає визначення ширини основних і стикових міжрядь, відстаней між рослинами в рядку, рівня урожайності гички й коренеплодів, а також особливостей розміщення коренеплодів відносно поверхні поля та осрової лінії рядка. Отримані дані є критично важливими для точного технологічного налаштування збиральних машин та забезпечення якості виконання робіт.

У сільськогосподарській практиці збирання цукрових буряків здійснюється трьома основними способами: потоковим, потоково-перевалковим та перевалковим.

Потоковий спосіб передбачає безпосереднє навантаження коренеплодів у транспортні засоби збиральними машинами з подальшим транспортуванням на цукровий завод. Гичка окремо збирається і перевозиться на місце її згодовування або силосування.

В останні роки поширення набувають технології, що передбачають розкидання подрібненої гички по полю з метою збагачення ґрунту органічною масою.

Потоково-перевалковий спосіб полягає у тому, що частина зібраної продукції одразу транспортується на завод, а інша частина – на перевалковий майданчик для тимчасового зберігання.

Перевалковий спосіб передбачає, що всі коренеплоди з машин скидаються на перевалковий майданчик, а вже звідти завантажуються у транспортні засоби і доставляються на переробне підприємство.

Серед існуючих способів збирання врожаю цукрових буряків найбільш економічно доцільним є потоковий метод. Його ефективність обумовлена відсутністю додаткових операцій перевалки, які вимагають залучення додаткових трудових і фінансових ресурсів, а також призводять до збільшення втрат урожаю.

Втім, потоковий спосіб потребує значної кількості транспортних засобів та високого рівня координації між транспортом і збиральними машинами. Навіть за умов належної організації можливі збої в безперервності технологічного процесу, зумовлені поломками транспорту, затримками на приймальних пунктах цукрових заводів тощо.

У зв'язку з цим, згідно з рекомендаціями ННЦ «Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків НААН України», раціональним є комбіноване використання потокового та перевалкового способів залежно від відстані транспортування коренеплодів:

- при відстані до 15 км – частка перевалки може становити до 30%,
- при відстані 16–20 км – до 50%,
- при відстані понад 20 км – до 70% загального обсягу зібраної продукції.

Зменшити залежність бурякозбиральних машин від ритмічної роботи транспортних засобів дозволяє застосування причіпних бункерів-накопичувачів, зокрема типу *Franz Kleine LS 1811*, які агрегатуються з тракторами і забезпечують проміжне зберігання та перевантаження коренеплодів у транспортні засоби [19].

Перевалковий спосіб збирання цукрових буряків застосовується, як винятковий захід, у разі несприятливих погодних умов, зокрема за високої

вологості ґрунту, коли безпосереднє транспортування врожаю на завод є ускладненим. У таких умовах коренеплоди мають високий рівень забрудненості ґрунтом. Після підсушування на перевалковому майданчику у кагатах і додаткового очищення під час навантаження у транспортні засоби, буряки можуть бути доставлені на цукрові заводи.

Бурякозбиральна техніка повинна відповідати агротехнічним вимогам щодо якості виконання робіт, які наведено у табл. 1.1.

Сучасні машини для збирання коренеплодів цукрового буряку, що застосовуються в аграрному виробництві, забезпечують належну якість виконання технологічних операцій відповідно до встановлених нормативів.

Залежно від особливостей технологічного процесу та конструкції, сучасні бурякозбиральні агрегати можуть здійснювати збирання коренів за одно-, дво- або трьохфазною схемою.

Найбільш поширеним в умовах Західної Європи та України є однофазний (комбайновий) спосіб збирання, який передбачає виконання всіх операцій одним агрегатом за один прохід.

Таблиця 1.1 – Агротехнічні вимоги до якості збирання цукрових буряків

Показник	Вимоги і допуски
Збирання гички	
Зрізування головок коренеплодів	Прямий – 90% (косий – до 10%) Гладенький – 98% (+2%) Без сколювання – 100% (-2%)
Знаходження площини зрізування	Не нижче рівня основи зелених нижніх черенків гички (не вище 2 см від вершинки головки коренеплоду)
Кількість коренеплодів із зрізом вище 2 см від вершинки головки	До 5%
Відходи маси головок в гичку при обрізуванні	До 5% (-2%)
Загальні втрати зеленої маси гички при збиранні на корм	До 10% (-5%)
Кількість землі від маси вороху гички	До 0,5% (-0,3%)
Кількість коренеплодів, вибитих з ґрунту робочими органами	0(+0,1%)
Спосіб збирання	Потоковий або з розкиданням по полю

Збирання коренеплодів	
Повнота викопування коренеплодів робочими органами	98,5% (+1,5%)
Втрати коренеплодів і їх частин в ґрунті і на поверхні поля	До 1,5% (-0,5%)
Пошкодження коренеплодів:	
- всього,	До 20% ($\pm 5\%$)
- у тому числі значні	До 5% ($\pm 2\%$)
Забрудненість вороху коренеплодів:	
- загальна,	До 10% ($\pm 2\%$)
- у тому числі зеленою масою	3,0% (-1,5%)
Спосіб збирання	Потоковий (потоково-перевалочний)
Навантаження коренеплодів	
Повнота підбирання вороху коренеплодів навантажувачем-очищувачем з кагату	До 99,5% (-0,5%)
Засміченість землею	До 1,0%
Кількість сильно пошкоджених коренеплодів	До 3,0% ($\pm 1,0\%$)

Агротехнічні вимоги до машин при збиранні цукрового буряка

Збирання цукрових буряків за допомогою комбайнів або комплексів шестирядної техніки повинно відповідати встановленим агротехнічним вимогам.

У процесі збирання коренеплоди повинні бути повністю підкопані та вилучені з ґрунту. Допускається не більше 1% залишених у ґрунті коренеплодів і не більше 5% втрат на поверхні поля.

Гичкозрізувальний механізм бурякозбирального комбайна має зрізати гичку таким чином, щоб зібрані коренеплоди могли бути прийняті на переробку без потреби в ручному доочищенні. Допустимий рівень засміченості куп буряків зеленою масою (гичкою) не повинен перевищувати 3%.

Зрізані частини головок коренеплодів мають бути рівними, гладкими, без сколів. Втрати цукроносної маси в головках не повинні перевищувати 5%. Для

цього площина зрізу має проходити не нижче рівня основи зелених стебел гички, і не вище 2 см від вершини головки коренеплоду.

Крім того, кількість коренеплодів, на яких після зрізання залишилися стебла гички довжиною понад 2 см, не повинна перевищувати 5%.

Зрізування гички на рівні сплячих бруньок призводить до значного зростання втрат цукроносної маси, які, залежно від діаметра коренеплодів, можуть сягати 12,9–20,7%.

Допустимий рівень забруднення зібраної гички ґрунтом не повинен перевищувати 1%, а втрати гички – не більше 5% від її загального врожаю.

Кількість пошкоджених коренеплодів буряка не має перевищувати 20%, з яких сильно пошкоджених – не більше 5%.

Під час збирання гички необхідно забезпечити:

- якісне доочищення головок коренеплодів від залишків незрізаної гички,
- видалення рослинних домішок із міжрядь по всій ширині захвату робочих органів,
- допускається вкладання залишків гички та домішок у середину міжрядь.

У разі застосування перевалкового способу збирання коренеплоди буряка слід укладати у кагати встановлених розмірів. При цьому: ширина основи кагату повинна становити 1,9–2,1 м, висота – у межах 0,8–1,0 м, буряконавантажувачі повинні забезпечувати підбір не менше 99% кондиційних коренеплодів з таких кагатів.

Загальна засміченість вороху після завантаження не повинна перевищувати 5%, при цьому вміст гички та інших рослинних решток – не більше 1%, навіть якщо початкова забрудненість становить до 20% ґрунтом і 5% рослинними домішками.

Кількість сильно пошкоджених буряків у процесі роботи навантажувачів не повинна перевищувати 3%.

1.2. Огляд сучасних зразків самохідної бурякозбиральної техніки

Самохідний бурякозбиральний комбайн являє собою спеціалізований або універсальний енергетичний засіб, обладнаний робочими органами, які здійснюють повний цикл технологічних операцій з прибирання гички та коренеплодів цукрових буряків за один прохід машини по полю. Ці робочі механізми можуть бути змонтовані, навішені, напівнавішені або причеплені до базового енергомодуля.

Конструктивно-компонувальні схеми самохідних бурякозбиральних комбайнів реалізовані у двох основних типах:

- з переднім розміщенням двигуна, характерним для універсальних модульних машин шарнірно-блочного типу, які дозволяють ефективно використовувати енергомодуль у різних виробничих умовах;

- із заднім розміщенням двигуна, яке застосовується переважно в суто збиральних, неуніверсальних комбайнах, орієнтованих на виконання вузького спектру операцій.

Усі сучасні бурякозбиральні комбайни оснащені бункерами для тимчасового накопичення зібраної продукції. Об'єм бункера може варіюватися від 4 до 40 м³ залежно від моделі машини:

Бункери малої місткості (4–4,5 м³) зазвичай розміщують у задній частині комбайна;

Бункери середньої місткості (12,5–25 м³) та великі (до 40 м³) встановлюються між передньою і задньою осями, що забезпечує кращий баланс і стійкість агрегату під час роботи.

Машини з великими бункерами, як правило, мають три мости, що дозволяє ефективно розподіляти навантаження та зберігати прохідність у складних польових умовах. Вивантаження коренеплодів із бункера здійснюється за допомогою високопродуктивних вивантажувальних транспортерів, що дозволяє завершити цикл вивантаження за час не більше 1 хвилини, навіть при значному об'ємі накопиченої маси.

Переважна більшість сучасних самохідних бурякозбиральних комбайнів є шестирядними, хоча також зустрічаються трьохрядні модифікації, які можуть використовуватись у господарствах із меншими посівними площами або специфічними умовами збирання.

Поширення самохідних високопродуктивних шестирядних бункерних бурякозбиральних комбайнів зумовлене їх високим рівнем технологічної та технічної готовності до експлуатації навіть у складних агрокліматичних умовах пізньої осені, зокрема за надмірного зволоження ґрунту.

Крім того, однією з ключових переваг таких машин є можливість зменшення потреби в залученні дорогих транспортних засобів і скорочення чисельності обслуговуючого персоналу – у багатьох випадках достатньо одного машиніста для повного забезпечення процесу збирання врожаю.

Виробництвом самохідних бурякозбиральних комбайнів займаються провідні європейські компанії, зокрема:

- Franz Kleine, Holmer, Stoll, ROPA (Німеччина),
- Matrot, Moreau (Франція),
- TIM (Данія),
- AGRIFAC, RIECAM, VREDO (Нідерланди),
- P. Barigelli & C., Italo Svizzera (Італія) та інші.

На ринку України найбільш відомими є такі моделі:

- *SF-10* фірми Franz Kleine (Німеччина),
- *M-41MH* фірми Matrot (Франція),
- *GR-4000* і *LECTRA-4005* фірми Moreau (Франція),
- *R26.45K* і *R26.50K* фірми ROPA (Німеччина),
- *KRBC* фірми Holmer (Німеччина),
- *SR-1800* і *SR-2500* фірми TIM (Данія).

Оскільки вартість імпортової бурякозбиральної техніки є досить високою, її використання економічно доцільне у великих господарствах, де врожайність перевищує 50 т/га, а площа посівів цукрових буряків забезпечує сезонне навантаження на одну машину в межах 600–800 гектарів.

Самохідний комбайн “Холмер” фірми “*HOLMER SCHINEBAUGMBH*”

Комбайн оснащено дизельним двигуном MAN D2876LF03 потужністю 338 кВт.

Привід ходової частини – механічного типу, з передачею крутного моменту на передню та задню осі через двошвидкісну роздільну коробку передач з гідравлічним керуванням.

Передній міст являє собою порталну планетарну вісь, оснащену керованими колесами та гальмівною системою. Задній міст – також планетарного типу, з аналогічним оснащенням – керованими колесами і гальмами.

Обидві осі обладнані механізмами поперечного блокування диференціалу, що покращує прохідність і стійкість машини під час роботи в складних польових умовах.

На машині встановлено гичкоріз роторного типу із системою автоматичного регулювання висоти зрізу гички на всіх ножах. Налаштування висоти здійснюється централізовано з кабіни оператора, що забезпечує зручність управління та відповідність агротехнічним вимогам.



Рисунок 1.2 – Бурякозбиральний комбайн фірми «HOLMER» (Німеччина)

Остаточне дообрізання головок коренеплодів буряка здійснюється за допомогою спеціальних ножів-дообріжчиків, висота роботи яких регулюється безпосередньо з кабіни оператора.

Зрізана гичка може або розкидатися по поверхні поля як органічне добриво, або збиратись у причепи для подальшого транспортування.

Гичкоріз і копач встановлені на рамі комбайна шарнірно, що дає змогу робочим органам копіювати мікрорельєф поля, забезпечуючи якісне зрізування гички, точне дообрізання головок і ефективне викопування коренеплодів.

Викопування коренів здійснюється вібраційними підкопуючими сошниками з автоматичним регулюванням глибини обробки. Передбачено регулювання ширини міжрядь у межах 45, 48, 50 та 60 см, що підвищує універсальність машини для різних агротехнологічних схем.

Система очищення коренеплодів включає:

- шість довгих шнекових валів,
- два коротких шнекових вали,
- один реверсивний сепаруючий елеватор,
- три сепаруючі турбіни зірчастого типу з автоматичним регулюванням частоти обертання.

Транспортування буряка до бункера здійснюється за допомогою шнека, встановленого безпосередньо в бункері.

Для швидкого вивантаження передбачено:

- вивантажувальний транспортер,
- поздовжні приводні транспортери,
- поперечне скребкове дно бункера.

Комбайн обладнано централізованою системою змащення, що підвищує надійність роботи та зменшує потребу в ручному обслуговуванні.

Кабіна оператора – комфортна, із вбудованою комп'ютерною системою контролю, яка забезпечує моніторинг потоку коренеплодів, функціонування гідросистеми, а також стану двигуна.

Місткість бункера становить 24 м³.

Продуктивність комбайна – до 1,5 га/год.

Самохідний комбайн Кляйне СФ-10 фірми “Кляйне”

Бурякозбиральні комбайни виробництва фірми *Franz Kleine*, зокрема модель SF 20, оснащуються інтегральними подрібнювачами гички, які дозволяють розподіляти подрібнену масу між міжряддями шести попередньо оброблених рядків буряків.

Налаштування подрібнювача здійснюється безпосередньо з кабіни механізатора, що підвищує оперативність регулювання в умовах польових робіт. Гичкоподрібнювачі обладнані поперечними шнековими транспортерами з гідроприводом, системою плавного регулювання частоти обертання та пристроєм реверсування для очищення від забруднень чи блокування.

Машина дозволяє оперативно змінювати ширину міжрядь копачів (від 45 до 50 см) та висоту зрізу головок коренеплодів, що також виконується із кабіни оператора.

Комбайн SF 20 вирізняється високою якістю очищення зібраного врожаю, що здійснюється в три етапи. Після викопування коренеплоди проходять попереднє очищення на семи обертових вальцях, після чого транспортуються на правий бік машини. Наступним етапом є відділення залишків гички та ґрунту, а далі – подача на секцію з 14 зірчастих очисних валів. Завершальне очищення здійснюється на елеваторній стрічці під час завантаження врожаю в бункер.

Бункер комбайна має об'єм 30 м³, що дозволяє нагромаджувати значний обсяг коренеплодів до моменту вивантаження. Вивантаження може здійснюватися як у стаціонарні кагати, так і у транспортні засоби.

Вивантажувальний транспортер шириною 1,4 м має плавне регулювання висоти, яка змінюється в діапазоні від 2,0 до 4,1 м, що дозволяє адаптувати процес до різних типів приймальних об'єктів.



Рисунок 1.3 – Бурякозбиральний комбайн „Franz Kleine” SF 20 (Німеччина)

Самохідні бурякозбиральні комбайни М 41 фірми «Matrot»

Шестирядні самохідні бурякозбиральні комбайни серії *М 41* французької компанії *Matrot* оснащуються двома роторними гичкорізами діаметром 600 мм та 700 мм відповідно. Обидва гичкорізи мають гідравлічний привід, що забезпечує плавність роботи та надійну експлуатацію в польових умовах. Для розподілу подрібненої гички по полю застосовуються два роторні розкидачі.

Очищення головок коренеплодів виконується в рядках за допомогою гумових бичів, які дбайливо видаляють залишки гички без пошкодження кореневої частини.

Викопування буряків може здійснюватися одним із двох варіантів комплектів робочих органів:

- *VAL-DISC* – дисково-полозоподібна система,
- *LIMA-SOC* – лемішно-коливна система.

Ширина міжрядь для обох типів викопувальних систем регулюється на

значеннях 45, 48,5 або 50,8 см, що забезпечує універсальність агрегату відповідно до сівозмін та густоти посіву.

Після викопування коренеплоди транспортуються до системи очищення, яка включає п'ять турбін з гідравлічним приводом та регульованою частотою обертання. Далі буряки подаються до ротора і пруткового транспортера, через які потрапляють у бункер. Протягом цього процесу здійснюється ефективне очищення від ґрунту, рослинних залишків і гички.

Усі технологічні налаштування комбайна, а також контроль за роботою агрегатів, здійснюються безпосередньо з кабіни механізатора. Кабіна має підвищений рівень комфорту та обладнана сучасними системами електронного і гідравлічного управління.



Рисунок 1.4 – Бурякозбиральний комбайн М 41 фірми «Matrot» (Франція)

Серед основних переваг зарубіжних самохідних бурякозбиральних комбайнів слід виділити такі:

- низькі експлуатаційні витрати на збирання 1 гектара посівів;
- можливість ефективного збирання буряків на розворотних та просічних

смугах, незалежно від наявності транспортних засобів;

- висока експлуатаційна надійність та маневреність машин, що дозволяє зменшити втрати врожаю в складних умовах;

- добра візуальна доступність потоку коренеплодів з робочого місця оператора, що полегшує контроль технологічного процесу;

- використання перевіреної технології обрізки гички та викопування коренеплодів за системою "Кляйне зі штовханням", яка забезпечує стабільну якість збирання;

- інтенсивна система очищення при мінімальних пошкодженнях коренеплодів;

- економічні показники двигунів порівняно з вітчизняними аналогами;

- оснащення сучасною електронікою для контролю параметрів технологічного процесу та функціонування основних систем машини;

- високий рівень комфорту кабіни оператора.

Водночас, до недоліків використання зарубіжної техніки слід віднести:

- складність проведення ремонтних робіт, особливо в частині силових і гідравлічних агрегатів;

- зниження якості виконання технологічного процесу в умовах підвищеної твердості або промерзання ґрунту;

- обмежену зносостійкість викопувальних робочих органів, що знижує їх довговічність при роботі у важких умовах.

Попит на високопродуктивні бункерні бурякозбиральні комбайни зростає під впливом спеціалізації господарств і географічного розташування цукропереробних підприємств. Такі машини дозволяють значно скоротити строки збирання врожаю та зменшити втрати при складних погодних умовах.

Згідно з аналітичними розрахунками, використання самохідних машин забезпечує зниження собівартості збирання на 20–30% у порівнянні з причіпними та навісними комплексами.

Найбільш ефективною організаційною схемою збирання є перевалочна: зібрані коренеплоди тимчасово розміщуються в кагатах на полях поблизу доріг,

а згодом централізовано транспортуються до пунктів переробки спеціалізованими засобами транспорту [4, 6, 7].

1.3. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи бакалавра

Недостатня ефективність державної політики у сфері сільськогосподарського машинобудування, зокрема щодо виробництва бурякозбиральної техніки, призвела до фактичного припинення розробки та серійного виготовлення вітчизняних самохідних бурякозбиральних комбайнів.

Наявна в Україні техніка, призначена для трифазного збирання цукрових буряків, за основними техніко-економічними показниками не відповідає сучасним вимогам і є неконкурентоспроможною на світовому ринку. Водночас імпортна бурякозбиральна техніка є надзвичайно дорогою, що робить її доступною виключно для великих і фінансово спроможних аграрних підприємств.

Попри те, що вітчизняні бурякозбиральні комбайни вартують у 3–4 рази дешевше за зарубіжні аналоги та продемонстрували позитивні результати в експлуатації, їх виробництво було зупинене. При цьому простежується тенденція до стимулювання імпорту зарубіжної техніки, що лише посилює залежність агропромислового комплексу України від іноземних постачальників.

З огляду на значні посівні площі цукрових буряків в Україні (понад 800 тис. га), доцільним є налагодження серійного виробництва вітчизняних самохідних бурякозбиральних комбайнів, які б відповідали сучасним технологічним вимогам та були адаптовані до умов вітчизняного аграрного виробництва.

Покращення експлуатаційної ефективності існуючих машин можливе за умови модернізації їхніх ключових елементів, зокрема виконавчих механізмів і

робочих органів.

У зв'язку з цим основним завданням даної кваліфікаційної роботи є підвищення експлуатаційних характеристик вітчизняного бурякозбирального комбайна КСБ-6 шляхом удосконалення конструкції завантажувального транспортера.

2. ОБГРУНТУВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БУРЯКОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНУ

2.1. Будова і технологічний процес комбайну КСБ-6

Бурякозбиральний комбайн КСБ-6 виконує комплекс основних технологічних операцій збирання цукрових буряків, зокрема: зрізування гички, доочистку головок коренеплодів, викопування, очищення від ґрунту, транспортування та завантаження коренеплодів у транспортні засоби.

Модель КСБ-6 є самохідним бункерним комбайном (рис. 2.1), який реалізує однофазну технологію збирання буряків на полях із міжряддями шириною 45 см. Основні технічні характеристики машини:

- ширина захвату – 2,7 м;
- робоча швидкість – 5,0...9,0 км/год;
- продуктивність – 1,3...2,4 га/год;
- місткість бункера – 8 м³.

Конструктивно КСБ-6 складається з таких основних компонентів:

- шасі з об'ємним гідروприводом на колісну ходову частину;
- гичкозрізувального апарата;
- підбирача коренеплодів;
- системи автоматичного водіння;
- автоматичної сигналізаційної системи.

Шасі комбайна включає несучу раму, що спирається на передні ведучі та задні керовані мости, силовий агрегат, кабіну оператора з робочою платформою, а також гідравлічну та електричну системи.

Підбирач коренеплодів складається з:

- викопувального пристрою;
- поздовжнього транспортера;
- кільцевого транспортера;
- накопичувального бункера;

- вивантажувального транспортера.

Основні вузли підбирача (поздовжній та кільцевий транспортери, бункер, вивантажувальний транспортер) змонтовані на основній рамі, а копачі та шнековий очисник – на окремій рамі, що кріпиться до несучої конструкції шасі через шаровий шарнір, що забезпечує копіювання поверхні поля.

Комбайн може комплектуватися змінними викопувальними пристроями, серед яких: дискові, ротаційно-вилчасті та вібраційні копачі, що дозволяє адаптувати машину до різних умов роботи та типів ґрунту.

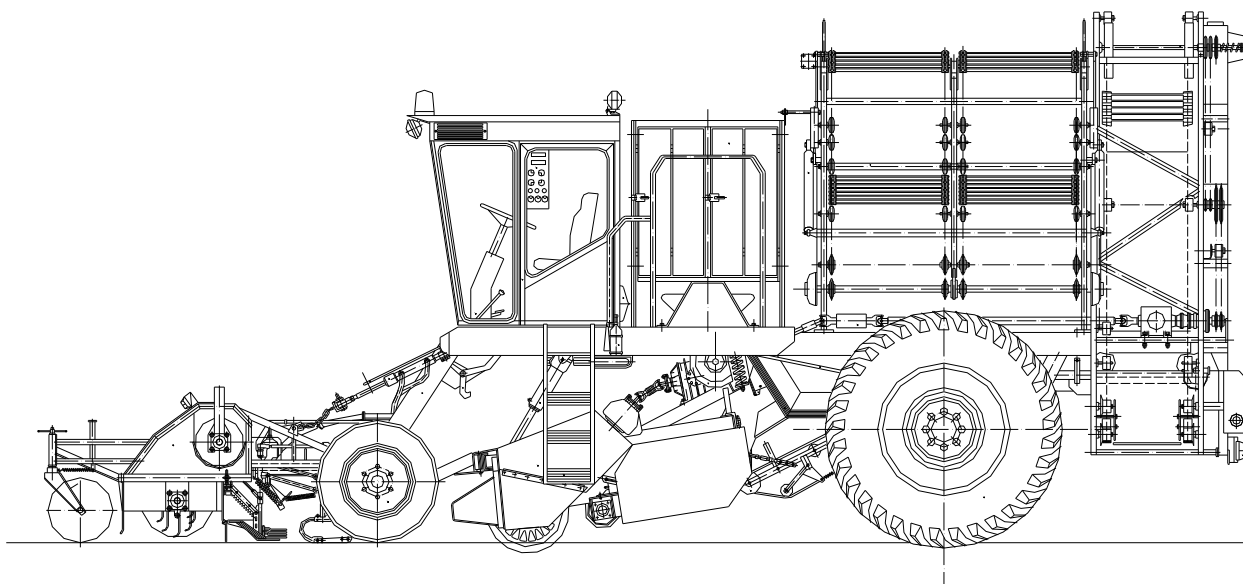


Рисунок 2.1 – Загальний вигляд бункерного самохідного комбайну КСБ-6

За робочого положення викопувального пристрою, коли копачі заглиблені в ґрунт, його рама встановлюється кронштейнами на міст керованих коліс. У транспортному положенні рама піднімається за допомогою гідроциліндра та фіксується механічним стопором.

Комбайн КСБ-6 обладнано автоматизованою системою контролю за роботою основних вузлів, яка здійснює сигналізацію про наявність збоїв або несправностей, а також включає блок автоматичного керування – "Автомат

керування 1".

Для забезпечення безпечної експлуатації та доступу до вузлів під час технічного обслуговування, огляду чи ремонту, комбайн обладнано щитками та капотами з легким відкриванням.

Також на машині встановлено зовнішні освітлювальні прилади, призначені для роботи в умовах обмеженої видимості (наприклад, у нічний час) та переміщення по дорогах загального користування.

Схему технологічного процесу функціонування комбайна КСБ-6 наведено на рисунку 2.2.

Гичкозбиральний пристрій комбайна складається з:

- основної рами, яка спирається на передні та задні копіювальні колеса;
- ротаційного зрізувального вала, встановленого фронтально, який обладнаний секційними шарнірними молотковими ножами;
- шнекового конвеєра, що транспортує зрізану гичку;
- доочисника головок коренеплодів, що являє собою горизонтальний вал із спеціальними очисними елементами.

Конструкція робочих органів гичкозбирального пристрою КСБ-6 аналогічна тій, що застосовується в машині МБП-6.

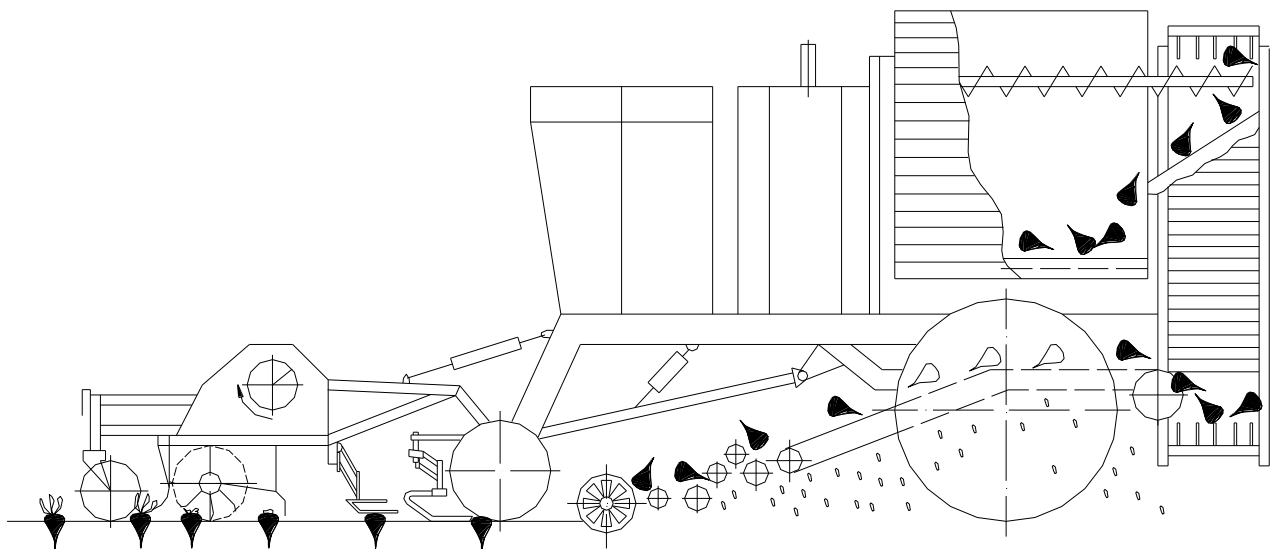


Рисунок 2.2 – Технологічна схема бурякозбирального комбайну КСБ-6

Процес збирання гички цукрових буряків у комбайні КСБ-6 здійснюється за допомогою гичкоріза, який навішено на міст ведучих коліс і встановлено в передній частині машини. Зрізана гичка транспортується шнеком на зібрану частину поля.

Подальше дообрізання залишків гички виконується пасивним дообрізувальним механізмом, що копіює контури головок коренеплодів, забезпечуючи якісне очищення без пошкоджень.

Система автоматичного керування забезпечує точне спрямування передніх коліс комбайна по центру міжрядь, що дозволяє оптимально орієнтувати дискові копачі, встановлені під кутом один до одного, для ефективного викопування коренеплодів.

Викопані буряки перекидаються бітером на шнековий очисник, де під дією обертання шнеків із різною швидкістю здійснюється механічне очищення коренеплодів від залишків ґрунту та рослинних домішок.

Далі коренеплоди подаються на поздовжній транспортер, роботу якого підсилює передавальний вал, сприяючи кращому заповненню міжскребкового простору і, як наслідок, підвищенню продуктивності вузла.

З поздовжнього транспортера буряки надходять до кільцевого транспортера, який виконує функцію додаткової очистки та транспортування продукції до бункера.

Бункер призначений для тимчасового накопичення викопаних коренеплодів і має об'єм 10 м³. Конструктивно він являє собою просторову раму з розподільчим шнеком, що переміщує буряки в праву частину бункера. Після її заповнення відбувається переміщення дна вліво до повного заповнення бункера. Після цього коренеплоди вивантажуються за допомогою вивантажувального транспортера у транспортні засоби або у польові кагати.

Комбайн КСБ-6 обладнано завантажувальними транспортерами, виконаними на базі втулково-роликового ланцюга з кроком $t=38,1$ мм.

Однак така конструкція є металомісткою і характеризується недостатнім

експлуатаційним ресурсом, що знижує надійність і довговічність роботи комбайна в умовах інтенсивної експлуатації.

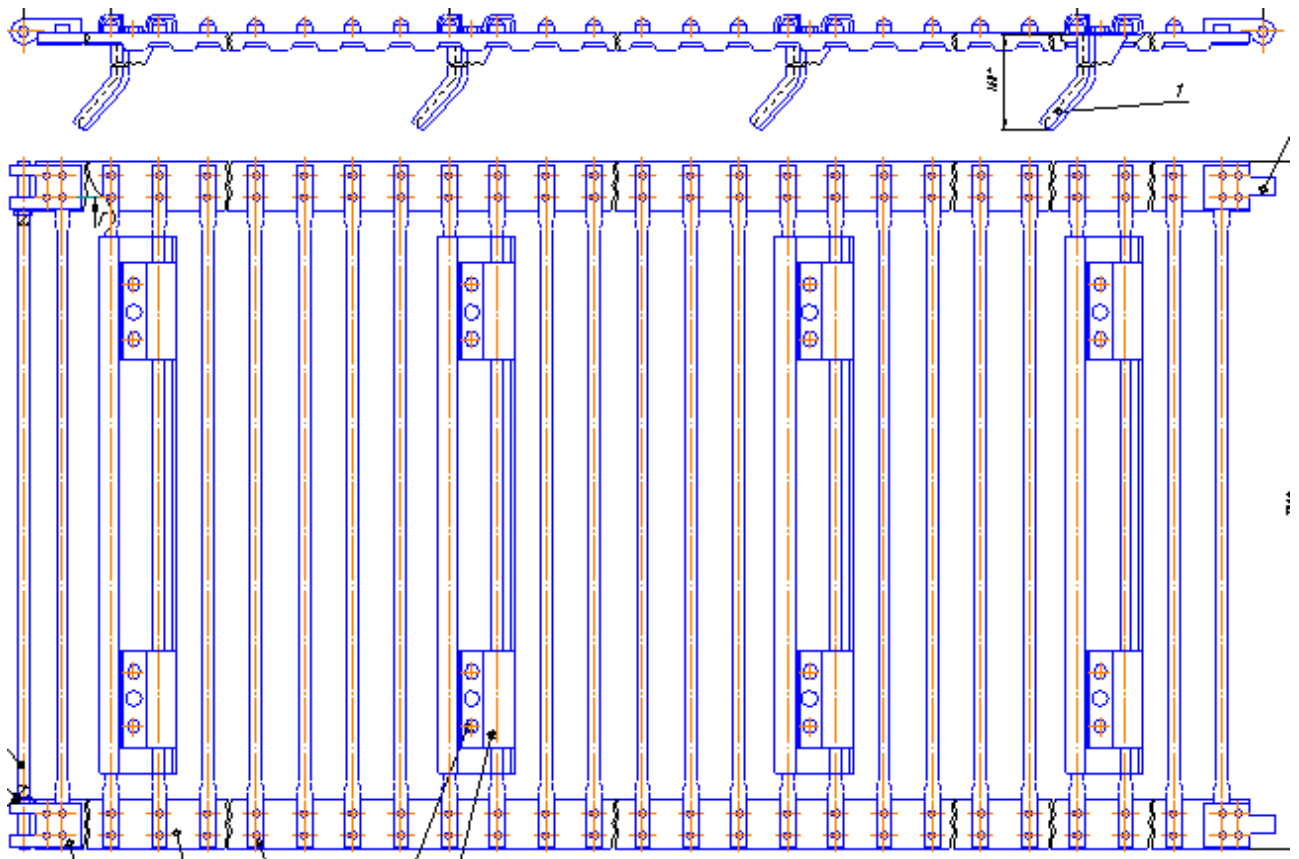


Рисунок 2.3 – Удосконалена конструкція транспортера завантаження бурякозбирального комбайну КСБ-6

З метою покращення експлуатаційних характеристик бурякозбирального комбайна КСБ-6 запропоновано модернізувати конструкцію завантажувального транспортера (рис. 2.3). Суть удосконалення полягає у заміні металевого ланцюгового полотна на гумову зубчасту стрічку, до якої за допомогою заклепок кріпляться прутки з кроком $t=50$ мм.

Запропоноване конструктивне рішення дозволяє:

- зменшити трудомісткість виготовлення транспортера;
- знизити металоємність машини;

- відповідно – зменшити загальну вартість виготовлення комбайна.

Використання завантажувального транспортера оновленої конструкції сприятиме підвищенню ресурсу даного вузла, що позитивно позначиться на загальній надійності та довговічності роботи бурякозбирального комбайна.

Дно бункера КСБ-6, як і вивантажувальний транспортер, виконано у вигляді здвоєної конструкції транспортерів.

Управління включенням дна бункера здійснюється з кабіни оператора за допомогою важеля. Також передбачається можливість короткочасного реверсування дна бункера у випадках, коли ступінь його заповнення не перевищує 25%. Це забезпечує оптимізацію процесу завантаження і рівномірний розподіл маси коренеплодів у бункері.

2.2. Розрахунок економічної ефективності бурякозбирального комбайну КСБ-6 за експлуатаційними показниками

Розрахуємо річний економічний ефект від впровадження проектного варіанту модернізованого бурякозбирального комбайна КСБ-6.

Очікуваний економічний ефект досягається завдяки удосконаленню конструкції завантажувальних транспортерів, зокрема шляхом заміни металевої ланцюгової системи на гумову зубчасту стрічку з прутками, закріпленими заклепками.

Впровадження оновленої конструкції забезпечує такі переваги:

- зменшення металоємності транспортера, що безпосередньо впливає на зниження загальної вартості виготовлення машини;
- підвищення ресурсу експлуатації завантажувального вузла, що зменшує потребу в частому обслуговуванні або заміні елементів;
- покращення надійності комбайна в цілому, що сприяє підвищенню його річної продуктивності.

Таким чином, сукупна дія зазначених факторів формує стійкий позитивний економічний ефект від модернізації, що робить застосування нового конструктивного рішення доцільним і ефективним у виробничих умовах.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності проектного варіанту бурякозбирального комбайну КСБ-6

Назва і позначення показників	Одиниці виміру	КСБ-6 базовий	КСБ-6 проектний
Балансова ціна, C_6	грн	2756000	2720000
Продуктивність комбайну, P_2	га/год	1,1	1,1
Кількість обслуговуючого персоналу	чол.	1	1
Тарифна ставка, $t_{год}$	грн./год	160,84	160,84
Норми відрахувань:			
- на амортизацію, a	%	16	16
- на поточний ремонт, r	%	6,5	6,5
Нормативне річне завантаження, t_p	год	300	300
Річне напруження машини, B_3	га	400	400
Коефіцієнти:			
- експлуатаційної надійності, $K_{e.n.}$	-	0,95	0,95
- використання часу зміни $K_{зм}$	-	0,7	0,7
- ефективності капіталовкладень E_n	-	0,15	0,15
Собівартість завантажувального транспортеру	грн.	5950	5430

Річний економічний ефект від експлуатації модернізованого бурякозбирального комбайна визначається відповідно до методичних рекомендацій, наведених у джерелі [8].

$$E_p = B_3 (\Pi_{\delta} - \Pi_{\epsilon} + E'). \quad (2.1)$$

Знайдемо величину приведених витрат на одиницю напрацювання:

$$\Pi = I + K \cdot E_n. \quad (2.2)$$

Значення прямих експлуатаційних витрат на одиницю напрацювання, грн./га:

$$I = 3 + \Gamma + P + A + \Phi. \quad (2.3)$$

Оскільки величини експлуатаційних затрат, витрат на паливо, а також фонду оплати праці для обох варіантів комбайна КСБ-6 залишаються незмінними, їх можна не враховувати у подальших розрахунках.

Далі розрахуємо витрати на технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт машини відповідно до чинних нормативів та методичних рекомендацій:

$$P = \frac{\Pi_{\delta} \cdot r}{100 \cdot \Pi_{3m} \cdot t_p}. \quad (2.4)$$

Знайдемо продуктивність за годину часу зміни:

$$\Pi_{3m} = \Pi_{\epsilon} \cdot K_{e.n} \cdot K_{3m}. \quad (2.5)$$

Визначимо затрати на реновацію:

$$A = \frac{\Pi_{\delta} \cdot a}{100 \cdot \Pi_{3m} \cdot t_p}. \quad (2.6)$$

Знайдемо капітальні вкладення на одиницю напрацювання:

$$K = \frac{\Pi_{\delta}}{\Pi_{\text{з.м}} \cdot t_p} \quad (2.7)$$

Базовий КСБ-6

$$\Pi_{\text{з.м}} = 1.1 \cdot 0.95 \cdot 0.7 = 0.73 \quad \text{га/год};$$

$$A = \frac{2756000 \cdot 16}{100 \cdot 0.73 \cdot 300} = 2013.52 \quad \text{грн./га};$$

$$K = \frac{2756000}{0.73 \cdot 300} = 12584.47 \quad \text{грн./га};$$

$$P = \frac{2756000 \cdot 6.5}{100 \cdot 0.73 \cdot 300} = 817.99 \quad \text{грн./га};$$

$$H = 817.99 + 2013.52 = 2831.51 \quad \text{грн./га};$$

$$\Pi_{\delta} = 2831.51 + 12584.47 \cdot 0.15 = 4719.18 \quad \text{грн./га}.$$

Проектний КСБ-6

$$\Pi_{\text{з.м}} = 1.1 \cdot 0.95 \cdot 0.7 = 0.73 \quad \text{га/год};$$

$$A = \frac{2720000 \cdot 16}{100 \cdot 0.73 \cdot 300} = 1987.21 \quad \text{грн./га};$$

$$K = \frac{2720000}{0.73 \cdot 300} = 12420.09 \quad \text{грн./га};$$

$$P = \frac{2720000 \cdot 6,5}{100 \cdot 0,73 \cdot 300} = 807.31 \text{ грн./га};$$

$$I = 1987.21 + 807.31 = 2794.52 \text{ грн./га};$$

$$II_{\text{с}} = 2794.52 + 12420.09 \cdot 0,15 = 4657.53 \text{ грн./га.}$$

Визначимо економічний ефект від зміни витрат основних матеріалів:

$$E' = \frac{C}{B_3} = \frac{5950 - 5430}{400} = 1.3 \text{ грн./га.} \quad (2.8)$$

Величина річного економічного ефекту від експлуатації нової машини складатиме:

$$E_p = 400 \cdot (4719.18 - 4657.53 + 1.3) = 25180 \text{ грн.}$$

Знайдемо термін окупності:

$$T_{\text{ок}} = \frac{II_{\text{об}} - II_{\text{ов}}}{E_p} = \frac{2756000 - 2720000}{25180} = 1,43 \text{ р.} \quad (2.9)$$

3. ПРОЕКТНА ЧАСТИНА

3.1. Технологічні та конструктивні розрахунки

Годинну продуктивність стрічково-планчастого транспортера (рис. 2.3), яка враховує фізико-механічні властивості переміщуваної маси, визначимо за наступною формулою:

$$Q = 3600 \cdot B \cdot h \cdot v \cdot \gamma \cdot k_0, \quad (3.1)$$

$$Q = 3600 \cdot 0.9 \cdot 0.25 \cdot 0.5 \cdot 0.5 \cdot 10^3 \cdot 0.85 = 172.13 \text{ кг/с.}$$

Величина тягового зусилля, яке розвивається шківками ведучого вала, дорівнює сумі сил опору, що виникають при переміщенні маси вантажу та руху полотна транспортера:

$$P_{\Sigma} = (W_1 + W_2 + W_3) \cdot C. \quad (3.2)$$

Опірність маси, що виникне під час завантаження стрічково-планчастого транспортера, визначається за такою залежністю:

$$W_1 = \frac{Q \cdot v}{3.6 \cdot g \cdot \psi \cdot C_0}, \quad (3.3)$$

$$W_1 = \frac{172.13 \cdot 0.5}{3.6 \cdot 9.8 \cdot 0.75 \cdot 0.97} = 33.5 \text{ Н.}$$

Величина опору робочої вітки полотна:

$$W_2 = W_s (g_B + g_T) \cdot L \cdot \cos \beta + (g_B + g_T) \cdot L \cdot \sin \beta, \quad (3.4)$$

$$W_2 = 1.1(230 + 16) \cdot 0.72 \cdot \cos 60 + (230 + 16) \cdot 0.72 \cdot \sin 60 = 2508 \text{ Н.}$$

Величина опору холостої вітки полотна:

$$W_3 = g_T \cdot L \cdot W_S \cdot \cos \beta - g_T \cdot L \cdot \sin \beta, \quad (3.5)$$

$$W_3 = 16 \cdot 0.72 \cdot 1.1 \cdot \cos 60 - 16 \cdot 0.72 \cdot \sin 60 = 36.4 \text{ Н.}$$

Тоді величина тягового зусилля на шківках буде:

$$P_{\Sigma} = (33.5 + 2508 + 36.4) \cdot 1.1 = 2835.7 \text{ Н.}$$

Потужність, необхідну на привідному валі транспортера, визначаємо за залежністю, наведеною у джерелі [15]:

$$N_{mp} = (1,1 - 1,2) \frac{v \cdot P_{\Sigma}}{1000}, \quad (3.6)$$

де 1,1 – 1,2 – емпіричні коефіцієнти.

$$N_{mp} = 1.2 \frac{0.5 \cdot 2835.7}{1000} = 17 \text{ кВт.}$$

Для визначення розрахункових навантажень на транспортер бурякозбирального комбайна КСБ-6 приймається, що машина працює в умовах високої врожайності при максимальній допустимій робочій швидкості.

Вихідні дані для розрахунку:

- Урожайність буряків – $Y=60$ т/га;

- Робоча швидкість комбайна – $V_M=1,8$ км/год [14].

Для забезпечення безперервності та рівномірності технологічного процесу транспортування, полотно транспортера повинно переміщуватись з відповідною лінійною швидкістю, яка визначається за формулою:

$$V_{\Pi} = \frac{Q \cdot t_{ск}}{y_{ск}}, \quad (3.7)$$

$$V_{\Pi} = \frac{1721.3 \cdot 0,5}{150} = 0.57 \text{ м/с.}$$

Знайдемо величину необхідної частоти обертання привідного вала:

$$n = \frac{V_{\Pi} \cdot 60}{\pi \cdot D}, \quad (3.8)$$

$$n = \frac{0.57 \cdot 60}{3,14 \cdot 0,246} = 44 \text{ хв}^{-1}.$$

Зірочка редуктора привода транспортера має 12 зубів і частоту обертання $n_n = 214 \text{ хв}^{-1}$.

Для забезпечення необхідної швидкості руху полотна транспортера розрахуємо необхідну кількість зубів зірочки, встановленої на привідному валу транспортера, за формулою:

$$Z = Z_n \frac{n_n}{n} = 12 \cdot \frac{214}{44} = 58.3. \quad (3.9)$$

Приймаємо $Z = 58$.

Уточнимо величину частот обертання привідного вала, та значення швидкості полотна

$$n = \frac{Z_n}{Z} \cdot n_n = \frac{12}{58} \cdot 214 = 44.2 \text{ хв}^{-1};$$

$$V_{II} = \frac{44.2 \cdot 3.14 \cdot 0.246}{60} = 0.57 \text{ м/с.}$$

3.2. Міцнісні розрахунки

Модернізація завантажувального транспортера, що передбачає виготовлення його полотна на основі зубчастої гумової стрічки з прутками, закріпленими заклепками з кроком $t=50$ мм, зумовила необхідність розробки привідного вала нової конструкції.

3.2.1. Розрахунок валу приводу транспортеру завантаження

Виконаємо розрахунки на міцність привідного вала завантажувального транспортера.

Складемо схему навантаження вала (рис. 3.1).

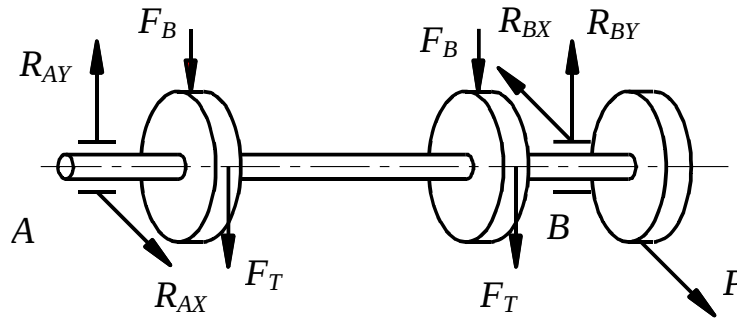


Рисунок 3.1 – Схема навантаження привідного вала транспортера

Проведемо розрахунок сил, що діють на вал.

На привідний вал діють такі основні навантаження: сила, зумовлена вагою полотна транспортера; сила, необхідна для забезпечення виконання технологічного процесу (переміщення буряків).

Силу, що виникає під дією власної ваги полотна транспортера, визначають за формулою:

$$F_B = \frac{M}{2} \sin \alpha, \quad (3.10)$$

$$F_B = \frac{1750}{2} \cdot \sin 60^\circ = 758 \text{ Н.}$$

Знайдемо силу, що потрібна для виконання технологічного процесу за максимального завантаження транспортера:

$$F_T = \frac{m \cdot k \cdot Y_{ck}}{2} \sin \alpha, \quad (3.11)$$

$$F_T = \frac{8 \cdot 1,5 \cdot 150}{2} \sin 60^\circ = 779 \text{ Н.}$$

Значення сумарної сили дії полотна на вал:

$$F_0 = F_B + F_T = 758 + 779 = 1537 \text{ Н.} \quad (3.12)$$

Обертальний момент, що потрібний для провадження технологічного процесу визначаємо згідно формули:

$$M_{o\delta} = 2F_T \cdot \frac{D}{2} = F_T D = 779 \cdot 0,246 = 191,6 \text{ Нм.} \quad (3.13)$$

Сила P , що виникатиме у привідному ланцюгу:

$$P = \frac{2M_{o\delta}}{d_\delta}, \quad (3.14)$$

Знайдемо ділительний діаметр привідної зірочки[17]:

$$d_\delta = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{z}}, \quad (3.15)$$

$$d_\delta = \frac{25,4 \cdot 10^{-3}}{\sin \frac{180}{25}} = 202,66 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$$

Тоді

$$P = \frac{2 \cdot 191.6}{202,60 \cdot 10^{-3}} = 1891 \text{ Н.}$$

Виконаємо перевірковий розрахунок привідного вала на міцність. Для цього насамперед побудуємо епюри згинальних моментів відповідно до діаграми навантажень (рис. 3.2).

Вал має наступні розміри: $a = 0,06$ м; $e = 0,72$ м; $c = 0,09$ м; $\beta = 10^\circ$.

Знайдемо реакції опор в площині yOz .

$$\sum M_B = 0; \quad (3.16)$$

$$\sum M_B = -R_{Ay} \cdot (2a + e) + F_0(a + e) + F_0 \cdot a - P \cdot \cos \beta \cdot c = 0;$$

$$R_{Ay} = \frac{F_0(2a + e) - P \cdot \cos \beta \cdot c}{2a + e}; \quad (3.17)$$

$$R_{Ay} = \frac{1537(2 \cdot 0,06 + 0,72) - 1891 \cdot \cos 10^\circ \cdot 0,09}{2 \cdot 0,06 + 0,72} = 1337 \text{ Н.}$$

$$\sum M_A = 0; \quad (3.18)$$

$$\sum M_A = -F_0 \cdot a - F_0(a + e) + R_{By}(2a + e) - P \cdot \cos \beta(2a + e + c) = 0;$$

$$R_{By} = \frac{F_0(2a + e) + P \cdot \cos \beta \cdot (2a + e + c)}{2a + e}; \quad (3.19)$$

$$R_{By} = \frac{1537(2 \cdot 0,06 + 0,72) + 1891 \cdot \cos 10^\circ (2 \cdot 0,06 + 0,72 + 0,09)}{2 \cdot 0,06 + 0,72} = 3599 \text{ Н.}$$

Перевірка правильності проведених розрахунків.

$$\sum Y = 0. \quad (3.20)$$

$$R_{Ay} - F_0 - F_0 + R_{By} - P \cdot \cos \beta = 1337 - 2 \cdot 1537 + 3599 - 1891 \cdot \cos 10^\circ = 0.$$

Отже реакції в площині yOz знайдено правильно.

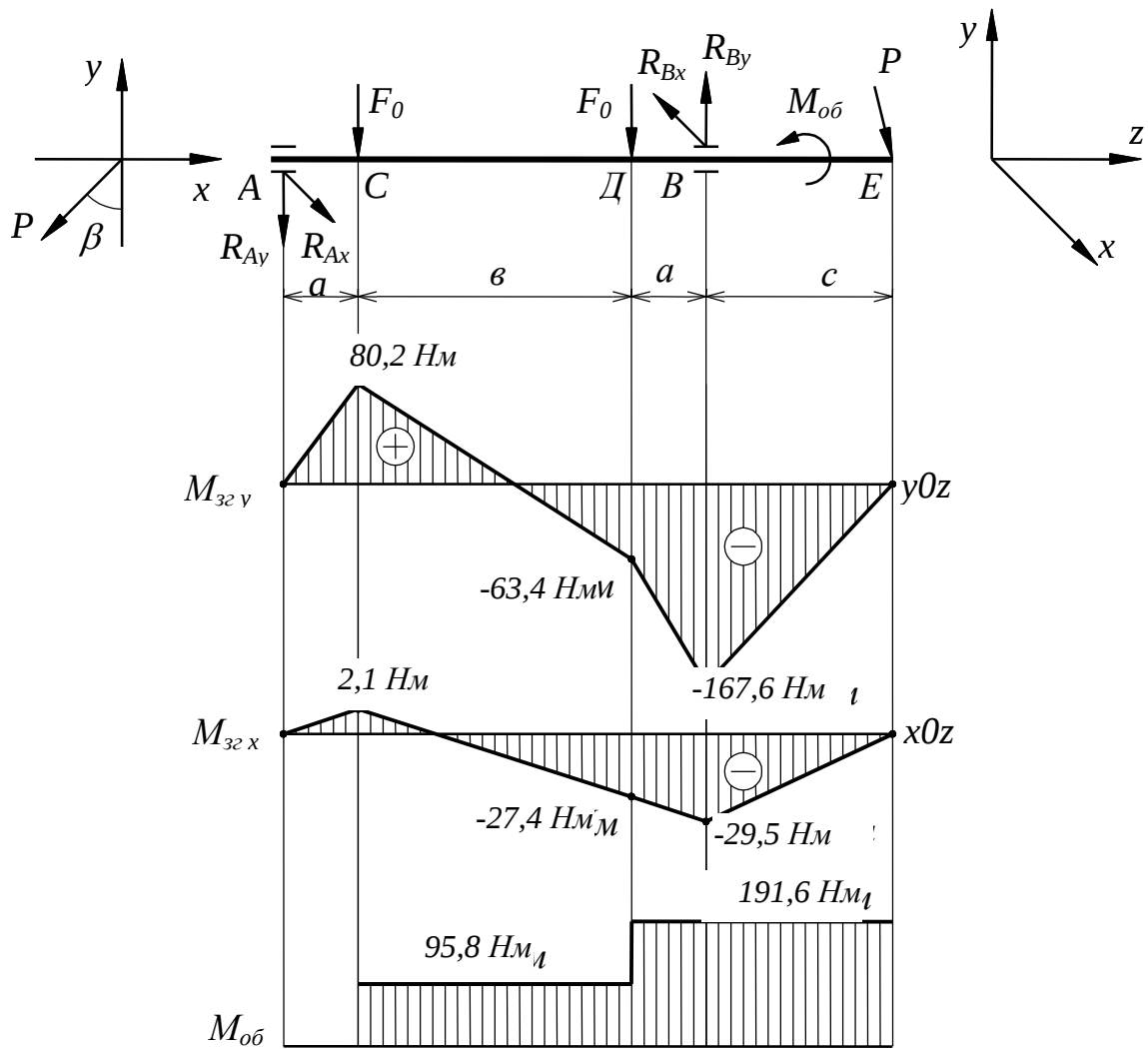


Рисунок 3.2 – Епюри згинальних і обертальних моментів

Знайдемо реакції опор в площині xOz

$$\sum M_B = 0; \quad (3.21)$$

$$\sum M_B = -R_{Ax}(2a + \epsilon) + P \cdot \sin \beta \cdot c = 0;$$

$$R_{Ax} = \frac{P \cdot \sin \beta \cdot c}{2a + e}; \quad (3.22)$$

$$R_{Ax} = \frac{1891 \cdot \sin 10^\circ \cdot 0,09}{2 \cdot 0,06 + 0,72} = 35,2 \text{ Н.}$$

$$\sum M_A = 0; \quad (3.23)$$

$$\sum M_A = R_{Bx}(2a + e) - P \cdot \sin \beta \cdot (2a + e + c) = 0;$$

$$R_{Bx} = \frac{P \cdot \sin \beta \cdot (2a + e + c)}{2a + e}; \quad (3.24)$$

$$R_{Bx} = \frac{1891 \cdot \sin 10^\circ \cdot (2 \cdot 0,06 + 0,72 + 0,09)}{2 \cdot 0,06 + 0,72} = 363,5 \text{ Н.}$$

Перевірка правильності проведених розрахунків.

$$\sum X = 0; \quad (3.25)$$

$$\sum X = R_{Ax} - R_{Ay} + P \sin \beta = 35,2 - 363,5 + 1891 \cdot \sin 10^\circ = 0.$$

Отже реакції опор в площині xOz знайдено правильно.

Знайдемо значення згинних моментів в характерних точках A , B , D і E , з метою побудови епюр.

Площина yOz

$$M_A = M_E = 0; \quad (3.26)$$

$$M_B = -P \cdot \cos \beta \cdot c = -1891 \cdot \cos 10^\circ \cdot 0,112 = -167.6 \quad \text{Нм};$$

$$M_D = -P \cdot \cos \beta \cdot (c + a) + R_{By} \cdot a = -1891 \cdot \cos 10^\circ (0,06 + 0,09) + 3599 \cdot 0,06 = -63.4 \quad \text{Нм};$$

$$M_c = R_{Ay} \cdot a = 1337 \cdot 0,06 = 80.2 \quad \text{Нм}.$$

За отриманими даними здійснюємо побудову епюр згинних моментів у площині yOz .

Площина xOz .

$$M_A = M_E = 0;$$

$$M_B = -P \cdot \sin \beta \cdot c = -1891 \cdot \sin 10^\circ \cdot 0,09 = -29.5 \quad \text{Нм};$$

$$M_D = -P \cdot \sin \beta \cdot (c + a) + R_{Bx} \cdot a = -1891 \cdot \sin 10^\circ (0,06 + 0,09) + 363.5 \cdot 0,06 = -27.4 \quad \text{Нм};$$

$$M_c = R_{Ax} \cdot a = 35.2 \cdot 0,06 = 2.1 \quad \text{Нм}.$$

За отриманими даними будуємо епюру M_{32x} .

Будуємо епюру обертальних моментів.

Для цього враховуємо, що на привідній зірочці $M_{об}=191,6$ Нм, а на валу розміщено два привідних барабани, для кожного з яких

$$M_{\delta} = \frac{M_{об}}{2} = \frac{191.6}{2} = 95.8 \text{ Нм}.$$

Переріз в точці “В” є максимально навантаженим місцем вала.

Сумарне значення моментів в цій точці:

$$M_{32} = \sqrt{M_{32x}^2 + M_{32y}^2}, \quad (3.27)$$

$$M_{32} = \sqrt{167.6^2 + 29.5^2} = 170.2 \text{ Нм}.$$

Знайдемо напруження згину для цього перерізу

$$\sigma_{32} = \frac{M_{32}}{W_x} = \frac{32 \cdot M_{32}}{\pi \cdot d^3}, \quad (3.28)$$

$$\sigma_{32} = \frac{32 \cdot 170.2}{3,14(40 \cdot 10^{-3})^3} = 43.4 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2.$$

Знайдемо напруження кручення для перерізу “В”.

$$\tau_{\kappa} = \frac{M_{об}}{W_P} = \frac{16 \cdot M_{об}}{\pi \cdot d^3} = \frac{16 \cdot 191.6}{3,14(40 \cdot 10^{-3})^3} = 24.4 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2. \quad (3.29)$$

Згідно гіпотези максимальних дотичних напружень:

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_{32}^2 + 4(\tau_{\kappa})^2} = \sqrt{(43.4 \cdot 10^6)^2 + 4 \cdot (24.4 \cdot 10^6)^2} = 49.2 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2 \quad (3.30)$$

$$\sigma_e \ll [\sigma_{32}]$$

Для матеріалу, з якого виготовлено вал: $[\sigma_{32}] = 383 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ [17].

Тобто міцність валу дотримано.

3.2.2. Розрахунок шпонкового з'єднання валу приводу

Шпонку вибираємо в залежності від діаметра вала згідно ГОСТ 23360-78 .

Для привідного вала діаметром 40 мм параметри шпонки наступні

$$b \times h \times l = 12 \times 8 \times 70.$$

Розрахунок шпонки за напруженнями зминання

$$\sigma_{3M} = \frac{F_t}{S_{3M}} = \frac{2M}{d(h-t) \cdot l_p}, \quad (3.31)$$

$$l_p = l - b = 70 - 12 = 58 \text{ мм}.$$

$$\sigma_{3M} = \frac{2 \cdot 95.8}{40 \cdot 10^{-3} (8-5) \cdot 10^{-3} \cdot 58 \cdot 10^{-3}} = 27.5 \cdot 10^6 \text{ H/m}^2 = 27.5 \text{ МПа} < [\sigma_{3M}].$$

$$[\sigma_{3M}] = 100 \dots 130 \text{ МПа [1].}$$

Розрахунок шпонки за напруженнями зрізу:

$$\tau_{3p} = \frac{F_t}{S_{3p}} = \frac{2M}{d \cdot l \cdot b}; \quad (3.32)$$

$$\tau_{3p} = \frac{2 \cdot 95.8}{40 \cdot 10^{-3} \cdot 58 \cdot 10^{-3} \cdot 12 \cdot 10^{-3}} = 6.9 \cdot 10^6 \text{ H/m}^2 = 6.9 \text{ МПа} < [\tau_{3p}].$$

$$[\tau_{3p}] = 60 \dots 100 \text{ МПа [1].}$$

Проведені розрахунки підтверджують забезпечення міцності шпонкового з'єднання.

3.2.3. Розрахунок довговічності підшипників

Виконаємо розрахунок довговічності підшипників для більш навантаженої опори "В" згідно формули [2]:

$$L_h = \frac{10^6}{60n} \left(\frac{C}{P} \right)^3, \quad (3.33)$$

$$P = X \cdot V \cdot F_r \cdot \kappa_{\delta} \cdot \kappa_T, \quad (3.34)$$

Згідно [2] знайдемо числові значення $C=37,1$ кН; $x=1$; $V=1$; $\kappa_{\delta}=1,5$; $\kappa_T=1$.

$$F_r = R_B = \sqrt{(R_{Bx})^2 + (R_{By})^2}; \quad (3.35)$$

$$F_r = \sqrt{(363.5)^2 + (3599)^2} = 3617 \quad \text{Н};$$

$$P = 1 \cdot 1 \cdot 3617 \cdot 1,5 \cdot 1 = 5425.5 \quad \text{Н};$$

$$L_h = \frac{10^6}{60 \cdot 44.2} \cdot \left(\frac{37,1 \cdot 10^3}{5425.5} \right)^3 = 120567 \quad \text{год}.$$

Нормативний строк служби бурякозбирального комбайна КСБ-6 становить 7 років, при цьому сезонне навантаження не перевищує 450 годин. Відповідно, за повний експлуатаційний період напрацювання машини перевищує допустиме значення довговічності підшипників $T_m = 450 \cdot 7 = 3150$ год $L_h > T_m$.

Отже, ресурс підшипників є достатнім і відповідає вимогам довговічності.

3.2.4. Розрахунок заклепкових з'єднань

Схема навантаження скребка представлено на рис. 3.3.

Конструкція кріплення скребка 1 до прутків така, що зусилля розтягу і згину сприймають лише заклепки скребка 2. Тому припускаємо, що сила від дії ваги коренеплодів прикладена до верхньої частини скребка на висоті h від осі прутка. $H=170$ мм, $t=50$ мм.

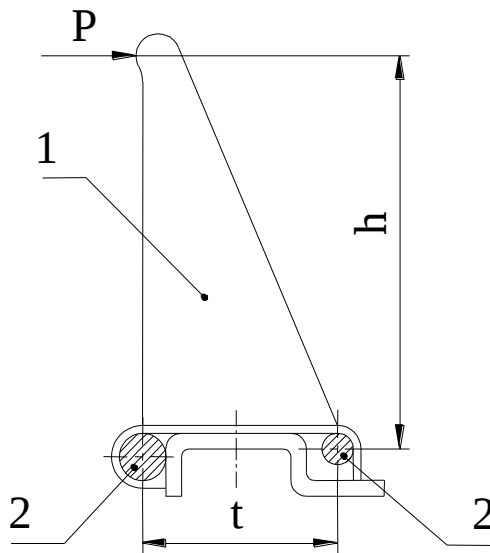


Рисунок 3.3 – Схема навантаження скребка

Знайдемо зусилля зрізу.

$$P_{zp} = P = \frac{2F_T}{m}; \quad (3.36)$$

$$P_{zp} = \frac{2 \cdot 779}{8} = 194.8 \text{ Н.}$$

Знайдемо зусилля розтягу.

$$P_p = \frac{P \cdot h}{t} = \frac{194.8 \cdot 170}{50} = 662.3 \quad \text{Н}. \quad (3.37)$$

У заклепковому з'єднанні "замка" полотна транспортера виникають зусилля, що спричиняють зріз заклепок.

$$P'_{zp} = 2F_0 = 2 \cdot 1537 = 3074 \quad \text{Н}. \quad (3.38)$$

Так як діаметр і число заклепок у скребку та з'єднанні "замка" однакові, допустимі зусилля на їх зріз також вважаються рівними.

$$P_{zp} \leq [\tau_{zp}] \cdot \kappa \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (3.39)$$

$$P_{zp} \leq 1,4 \cdot 10^8 \cdot 4 \cdot \frac{3,14 \cdot (6 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 15,8 \cdot 10^3 \quad \text{Н},$$

Величина допустимого зусилля зминання [1]:

$$P_{зм} \leq [\sigma_{зм}] \cdot n \cdot d \cdot s, \quad (3.40)$$

$$P_{зм} \leq 3,2 \cdot 10^8 \cdot 4 \cdot 6 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 10^{-3} = 15,4 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

Величина допустимого зусилля розтягу:

$$P_p \leq [\sigma_p] \cdot n \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \quad (3.41)$$

$$P_p \leq 0,9 \cdot 10^8 \cdot 4 \frac{3,14(6 \cdot 10^{-3})^2}{4} = 10,2 \cdot 10^3 \text{ Н}.$$

Тобто міцність з'єднання забезпечена.

3.3. Енергетичні розрахунки

Завершальним етапом розрахунку параметрів бурякозбирального комбайна є визначення необхідної потужності силового агрегата.

Цей розрахунок слід виконувати з урахуванням таких чинників:

- тягового опору робочих органів;
- опору перекочування самої машини;
- потужності, що витрачається на привід робочих механізмів.

Розрахункове значення необхідної потужності двигуна визначається за формулою, наведеною в джерелі [10]:

$$N = \frac{(R_T + f_M G_M) V}{\eta_{MECH} \eta_V \eta_{YM}} + \frac{N_{np}}{\eta_{np}}, \quad (3.42)$$

Величина тягового опору робочих органів складає $R_T=1026 \text{ Н}$ [13];

$$f_M=1,3; \quad G_M=9 \text{ кН}; \quad V=10 \text{ км/год} = 2,17 \text{ м/с}; \quad \eta_V=0,9;$$

$$\eta_{\text{мех}}=0,83 \text{ [10]}; \quad \eta_{\text{нм}}=0,92; \quad N_{\text{кр}}=26 \text{ к.с}=18980 \text{ Вт}, \text{ [10]}.$$

При розрахунках механічний ККД силової передачі повинен враховувати коефіцієнти корисної дії всіх окремих передач, що входять до її складу.

У разі застосування гідростатичної трансмісії замість загального механічного ККД слід враховувати сумарний ККД кожного з агрегатів, які входять до складу гідростатичної системи:

$$\eta_M = \eta_{\text{мех}} \cdot \eta_{\text{об}}, \quad (3.43)$$

$$\eta_{\text{мех}} = 0,83 \cdot 0,85 = 0,7.$$

Отже потужність двигуна, складатиме:

$$N = \frac{(1026 + 1,3 \cdot 9000) \cdot 2,17}{0,7 \cdot 0,9 \cdot 0,92} + \frac{18980}{0,4} = 95,09 \text{ кВт} = 130 \text{ к.с}.$$

Для визначення необхідної потужності двигуна слід враховувати можливість руху комбайна на підйом.

У такому випадку в чисельник формули (3.42) необхідно підставити вираз, який враховує додаткову силу опору, спричинену підйомом.

$$R_T + f_M \cdot G_M \cdot \cos \alpha + G_M \cdot \sin \alpha. \quad (3.44)$$

Приймаємо $\alpha=30^\circ$.

$$N = \frac{(1026 + 1,3 \cdot 9000 \cdot 0,8660 + 9000 \cdot 0,5) \cdot 2,17}{0,7 \cdot 0,9 \cdot 0,92} + \frac{18980}{0,4} = 106,07 \text{ кВт} = 145 \text{ к.с.}$$

Під час виконання тягових розрахунків у деяких випадках виникає потреба визначити максимальне тягове зусилля, яке здатна розвинути машина за умов дії переважаючих сил (наприклад, при надмірному заглибленні робочих органів у ґрунт).

Це зусилля визначається на основі умов зчеплення рушіїв з поверхнею ґрунту згідно з методикою, наведеною у джерелі [10]:

$$P_{\max} = G_M (\lambda \cdot \varphi_c - \xi \cdot f_T), \quad (3.45)$$

де $\lambda=1,0$; $\varphi_c=1,5$; $\xi=0,5$.

Тоді:

$$P_{\max} = 9000 \cdot (1 \cdot 1,5 - 0,5 \cdot 1,3) = 7650 \text{ Н}.$$

Для забезпечення стабільної та ефективної роботи двигуна необхідно дотримуватись умови:

$$P_{\max} \leq P_{\text{дв}}. \quad (3.46)$$

Тягова сила, що відповідає потужності, яку може реалізувати двигун з урахуванням коефіцієнта корисної дії трансмісії, визначається за формулою:

$$P_{\text{дв}} = \frac{N \cdot \eta_M}{V_K}. \quad (3.47)$$

$$P_{\partial\delta} = \frac{106073 \cdot 0,7}{2,17} = 34217 H .$$

Умова забезпечення нормальної роботи двигуна дотримана, так як $P_{\max} = 7650 \text{ Н} < P_{\partial\delta} = 34217 \text{ Н}$.

Тобто двигун ЯМЗ-236 ДК є прийнятним.

4. БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1. Організація робіт по техніці безпеки та охороні праці

Керівництво і відповідальність за організацію роботи з охорони праці в області технічного обслуговування машинно-тракторного парку покладається в господарствах на головного інженера, на пунктах технічного обслуговування, і ділянках на безпосередніх керівників цими підрозділами.

Особи, відповідальні за техніку безпеки в області організації технічного обслуговування (інженери по експлуатації, механік, бригадири, майстри й інші керівники), зобов'язані:

- не допускати перевірку тракторів, комбайнів і самохідних машин, що знаходяться в русі;
- не допускати до роботи на пересувних засобах технічного обслуговування, металообробних верстатах, до електрогазозварочних, ковальських і інших робіт осіб, що не мають відповідних чи посвідчень інших документів;
- стежити за справним станом пересувних засобів технічного обслуговування й устаткування, що знаходиться на стаціонарному пункті технічного обслуговування, а також за наявністю і справністю всіх передбачених правилами техніки безпеки запобіжних пристроїв, огорожень і індивідуальних засобів захисту, що забезпечують безпечні умови праці на відповідному ділянці роботи;
- визначати маршрути проходження пересувних засобів технічного обслуговування до місця роботи;
- вимагати дотримання робітниками і особами, що працюють за трудовим договором чи угодою, правил і інструкцій з техніки безпеки, строго стежити за застосуванням безпечних методів праці і використанням усіх наявних запобіжних і захисних засобів.

Усі робітники, що надходять на роботу, повинні пройти вступний

інструктаж, інструктаж на робочому місці, а потім через кожні шістьох місяців роботи періодичний інструктаж. Робітники, зайняті на особливо небезпечних і шкідливих роботах (електрогазозварочні, ковальські, зарядка акумуляторів і ін.), періодичний інструктаж проходять через три місяці.

Велику роль у зниженні виробничого травматизму грає пропаганда безпечних методів ведення робіт. У зв'язку з цим керівництво пункту технічного обслуговування зобов'язано організувати куточок по техніці безпеки.

Куточок по техніці безпеки організується в спеціальному чи приміщенні безпосередньо в основному відділенні майстерні пункту технічного обслуговування. Ділянка куточка доцільно відокремити декоративною стінкою зі склоблоків висотою приблизно 2,6 м. Куточок повинний відповідати вимогам естетики. Його необхідно постачити аптечкою для надання першої медичної допомоги, столом і стільцями. Тут же повинні бути виставлені зразки захисних окулярів, світлофільтрів, респіраторів і інших індивідуальних засобів захисту. Варто також представити для порівняння справний і несправний інструмент. Тематика ілюстрацій і експозиції стендів повинні відбивати безпечні прийоми праці при технічному обслуговуванні і ремонті сільськогосподарської техніки, а також спеціальні види робіт, виконувані на пункті технічного обслуговування

4.2. Вимоги техніки безпеки при експлуатації машини КСБ-6

До роботи з технічного обслуговування, транспортування, обкатування 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.

При одночасному обслуговуванні, ремонті 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.

Працювати необхідно у зручному одязі, щоб не допустити його попадання у рухомі частини машини.

Інструменти, прилади і обладнання для технічного обслуговування і ремонту повинні використовуватись тільки за своїм призначенням, бути справними і забезпечити безпечність проведення робіт.

Перед запуском двигуна машини потрібно впевнитися у справності механізму блокування запуску.

Перед запуском двигуна ручка перемикачів діапазонів повинна бути у нейтральному положенні, а педалі керування гідронасосом у одній площині. При цьому важіль керування гідронасосом повинен знаходитися у вертикальному положенні. Муфта приводу робочих органів - виключена.

Перед вмиканням передачі, а також початком руху, водій повинен впевнитися у відсутності сторонніх осіб на машині або поблизу неї і дати попереджувальний звуковий сигнал.

Необхідно систематично перевіряти справність і надійність роботи гальм рульового керування механізму переключення діапазонів. Категорично забороняється працювати з несправним рульовим керуванням, гальмівною системою, електроосвітленням і сигналізацією.

При русі машини водій повинне знаходитися на сидінні. Забороняється перебування сторонніх осіб на працюючій машині або біля неї.

Забронюється очищати, ремонтувати або регулювати вузли під час руху машини.

Забороняється експлуатувати машину без запобіжних кожухів і огорож карданних, пасових і ланцюгових передач.

Надівати паси на шківи і ланцюги на зірочки, а також змащувати підшипники під час роботи машини забороняється. Забороняється чіпати руками робочі органи машини при працюючому двигуні.

При роботі машини металеві труби гідроприводу на ходову частину

можуть нагріватися до 80-100⁰С. Бережіться опіків.

При переведенні навантажувального транспортера з робочого у транспортне положення (або навпаки) попередньо необхідно впевнитися у наявності вільного простору, відсутності ліній електропередач та інше. Оскільки, за габаритний розмір транспортера за висотою при переведенні перевищує 4м.

Швидкість руху машини при значних нахилах дороги повинна бути до 4 км/год, поздовжнім кутом нахилу до 7%.

При поворотах і розворотах швидкість потрібно зменшити до 3км/год.

Нахили агрофону не повинні перевищувати 2⁰.

При тривалих переїздах машини (більше 15-20 км) паси приводу робочих органів потрібно зняти.

Рух дорогами загального користування проводиться відповідно до “Правил дорожнього руху” і при включених безперервних маячках оранжевого або білого кольорів.

Переїжджати у тунелях, через греблі, мости (якщо дозволяють габарити і вантажопідйомність) потрібно тільки на пониженій швидкості при безперервно ввімкнених пробліскових маячках.

Після зупинки машини необхідно обов’язково перевести ручку переключення діапазонів у нейтральне положення.

При заміні мастила у перші 20-30 хв після зупинки двигуна, необхідно бути обережним, щоб уникнути опіків.

Щоб уникнути випадкового руху машини з місця, водій повинен перед виходом із кабіни при працюючому двигуні заблокувати педалі керування гідронасосом засувкою і загальмувати машину стоянковим гальмом.

Всі види регулювань і технічного обслуговування виконуються при виключеному двигуні (крім деяких регулювань двигуна і діагностики).

Забороняється будь-що робити під машиною, якщо копачі підняті і під колеса не підставлені упори-клини.

При м’якому ґрунті під домкрат кладуть міцну дошку при проведенні

технічних оглядів або ремонті потрібно підняти одну із сторін машини, користуються домкратом вантажопідйомністю не менше 5т.

Не можна знаходитись під машиною, яка піднята на домкрат. Місця встановлення домкрата і опор для піднімання різних частин машини вказано на машині.

Буксирування машини здійснюється лише на жорсткому зчепленні з ввімкненою передачею згідно з “Правилами дорожнього руху”.

Особливості користування гальмами. Гальмування машин під час руху необхідно проводити зміною подачі основного насоса гідростатичної передачі трансмісії (ГСТ), що виконується за допомогою педалей керування.

Категорично забороняється:

а) курити на машині поблизу складування сіна , соломи та інших місць підвищеної пожежонебезпеки;

б) заправляти двигун паливом у місцях складування (сіна, соломи) та інших місцях підвищеної пожежонебезпеки;

в) проводити ремонт машин та інші роботи з використанням відкритого вогню у місцях складування сіна, соломи й інших місцях підвищеної пожежонебезпеки.

До початку збиральних робіт машина повинна бути обладнана вогнегасником та лопатою.

Не дозволяється на вогнегасник вішати одяг або класти сторонні предмети, вони заважають швидко використати його у випадку необхідності. Вогнегасник повинен бути завжди справним і своєчасно заправленим.

У нічний при виході з ладу електрообладнання користуватися вогнебезпечними ліхтарями.

Необхідно слідкувати за тим, щоб прокладка колектора добре ущільнювала і не відпускала б відпрацьовані гази.

Недостатнє ущільнення може привести до загоряння легкозаймистих матеріалів.

Щоб попередити замикання проводів потрібно кожного для перевіряти

справність електропроводки, слідкувати за якістю ізоляції електропроводів і не допускати забруднення їх маслом і пилом.

При заправці машини і перевірці його рівня не можна користуватися відкритим вогнем і курити, допускати підтікання мастила у місцях з'єднання трубопроводів. Своєчасно усуньте підтікання у системі живлення і змащення двигуна. Пролите паливо і масло треба витерти.

Необхідно своєчасно очищати машину, двигун, захисні сітки радіаторів від рослинних залишків, випускную трубу і колектор від нагару.

Стаціонарні пости технічного обслуговування і агрегати технічного обслуговування повинні бути обладнані засобами пожежогасіння.

Паливопроводи необхідно чистити на двигуні після перекриття подачі палива. У машин, які пройшли технічне обслуговування не повинно бути підтікання палива.

Особи, які працюють на машині, а також які беруть участь у проведенні технічного обслуговування, повинні здати пожежотехнічні мінімуми.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Основною метою даної кваліфікаційної роботи є підвищення експлуатаційних показників бурякозбирального комбайна КСБ-6 шляхом удосконалення конструкції завантажувального транспортера.

У кваліфікаційній роботі:

- проведено аналіз сучасних технологій збирання цукрових буряків та агротехнічних вимог до бурякозбиральних машин;
- здійснено огляд актуальних моделей самохідної техніки для збирання буряків, зокрема вітчизняних та зарубіжних комбайнів;
- обґрунтовано експлуатаційні характеристики машини КСБ-6 «Збруч», розглянуто її конструкцію та технологічний процес роботи.

У техніко-економічній частині:

- виконано розрахунки ефективності експлуатації КСБ-6 за ключовими показниками;
- запропоновано модернізацію завантажувального транспортера шляхом заміни ланцюгового полотна на конструкцію на базі зубчастої гумової стрічки з прутками, закріпленими заклепками (з кроком $t=50$).

У проектній частині роботи:

- проведено технологічні та конструктивні розрахунки завантажувального транспортера,
- виконано перевірку міцності привідного вала, шпонкового з'єднання та заклепкових з'єднань скребків,
- проведено енергетичні розрахунки для визначення необхідної потужності двигуна.

Окрему увагу приділено вимогам охорони праці та заходам безпеки при експлуатації бурякозбирального комбайна КСБ-6.

Запропоновані у роботі технічні рішення дозволяють зменшити трудомісткість виготовлення та металоємність вузла, знизити загальну вартість комбайна, підвищити ресурс і надійність роботи транспортера та комбайну в цілому.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Діденко М.К. Експлуатація машинно-тракторного парку. К.: Вища школа, 1983. 147 с.
2. Довідник з механізації виробництва цукрових буряків / за ред. Проценка О.О. К.: Урожай, 1987. 256 с.
3. Експертно-аналітична оцінка технологічних і економічних показників сільськогосподарської техніки. Навчально-методичний посібник / Данильченко М.Г., Гладич Б.Б., Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г. Тернопіль, 2001. 60 с.
4. Напрямки вдосконалення бурякозбиральної техніки / Р.Б. Гевко, І.Г. Ткаченко, С.В. Синій, та ін. Луцьк: ЛДТУ, 1999. 168 с.
5. Протокол №16-85-88 (1140210) державних прийомочних випробувань бурякозбирального комбайну КСБ-6 / Львівська державна зональна машиновипробувальна станція. Магерів: 2003. 48 с.
6. Гевко Р.Б. Напрямки вдосконалення бурякозбиральної техніки // Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Синій С.В., Булгаков В.М., Рогатинський Р.М., Павелчак О.Б. Луцьк: ЛДТУ, 1999. 168 с.
7. Гевко Р., Ткаченко І., Павелчак О. Підвищення якісних показників роботи транспортерів-сепараторів коренезбиральних машин // Вісник Тернопільського державного технічного університету. 2000. Т.5, №4. С. 67-70.
8. Карабиньош С., Новицький А., Сиволапов А. Бурякозбиральні машини та їх характеристики// Пропозиція. 07.11.2008./ <https://propozitsiya.com/ua/buryakozbiralni-mashini-ta-yih-harakteristiki>.
9. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / Войтюк Д.Г. Царенко О.М. Яцун С.С. Довжик М.Я. Швайко В.М., Саржанов О.А. К.: Вища школа, 2000. 93 с.
10. Довбуш А.Д. Опір матеріалів: навчально-методичний посібник до виконання курсової роботи / А.Д. Довбуш, Н.І. Хомик. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. 191 с.

11. Довбуш Т.А. Методи проектування сільськогосподарських машин: навчально-методичний посібник до курсового проектування /Т.А. Довбуш, Н.І. Хомик, А.Д. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2019. 72 с.

12. 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.

13. 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.

14. Охорона праці в сільському господарстві [Електронний ресурс]: Режим доступу вільний: http://ipal.at.ua/publ/okhorona_praci/mozhlivi

15. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. /В.Т. Павлище. К.: Вища школа, 1993. 556 с.

16. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання дипломної роботи для здобуття освітнього ступеня «магістр» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 133 Галузеве машинобудування з орієнтацією на спеціалізацію «Машини сільськогосподарського виробництва» / Н.І. Хомик, М.Я. Сташків, В.П. Олексюк. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2018. 164 с.

17. Хомик Н.І. Основи агрономії. Курс лекцій /Хомик Н.І., Довбуш А.Д., Олексюк В.П. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2015. 300 с.

18. 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.

19. Довідник буряководи / за ред. Губенка В.Ф. – К.: Урожай, 1986 – 230 с.

20. Nevko 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.

21. 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.

22. Гудь, М., Ворощук, В., Олексюк, В., Гагалюк, А. (2024). Оцінка впливу фізико-механічних параметрів наповнювача на динамічну поведінку циліндричної оболонки. Herald of Khmelnytskyi National University. Technical Sciences, 345 №6(2), 248-253.

23. Pidgurskyi M., Stashkiv M., Pidgurskyi I., Oleksyuk V., Pidluzhnyi O., Bykiv D., Borys I., Bulaienko R., Stashkiv V., Mushak A. (2024) Methodology of experimental and analytical research of technical systems. Scientific Journal of TNTU (Tern.), vol 116, no 4, pp. 50–58.

24. Sustainable and smart logistics centers: Challenges and opportunities for Ukraine's transport system. Y Vovk, I Vovk, U Plekan, O Tson, V Oleksyuk Journal of Sustainable Development of Transport and Logistics. Vol. 10 No. 1 (2025), 116-124.

ДОДАТКИ