

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

**П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а
до дипломного проекту
першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
на тему:**

**УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ВИРОЩУВАННЯ
БУРЯКІВ ЦУКРОВИХ З РОЗРОБКОЮ МАШИНИ ДЛЯ
ПІДБИРАННЯ І НАВАНТАЖЕННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ**

**Виконала: студентка _____ Єрмоленко Катерина
Євгеніївна**

Керівник: _____ Кобець Анатолій Степанович

Рецензент: _____

Дніпро 2025

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: Тракторів і сільськогосподарських машин (ТСГМ)

Освітній ступінь - "Бакалавр"

Напрямок підготовки: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

канд. техн. наук, доцент

(вчене звання)

Г.В. Теслюк

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„_____” _____ 20__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту _____

керівник проєкту _____

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“ _____ ” _____ 20__ року № _____

2. Строк подання студентом проєкту _____

3. Вихідні дані до проєкту _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

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

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка

Студент

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник проекту

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Єрмолено К.С. Удосконалення механізації вирощування буряків цукрових з розробкою машини для підбирання і навантаження коренеплодів/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2025. – 69 с.

В роботі проведено аналіз основних характеристик цукрових коренеплодів і вихідних вимог до машин для збирання буряків. А також проведено аналіз сучасної техніки для підбирання і навантаження коренеплодів і їх робочих органів.

На підставі результатів аналізу обґрунтовано схему підбирача-навантажувача для малих фермерських господарств, проведено інженерні розрахунки і визначено основні параметри і режим роботи машини. Розроблено креслення окремих вузлів і деталей.

Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані при проведенні інструктажів при проведенні польових робіт і підвищать рівень безпеки працівників при виконанні технологічних операцій.

Річний економічний ефект від застосування розробок на практиці становить 3808950 грн., а затрати на розробку і впровадження окупаються протягом першого року використання.

Ключові слова: буряк цукровий, коренеплоди, підборщик, навантажувач, транспортер, параметри, режим роботи, охорона праці, економічний ефект.

З М І С Т

В С Т У П.	6
1 ОСНОВНІ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ.	9
2 ВИХІДНІ ВИМОГИ ДО МАШИН ДЛЯ ЗБИРАННЯ БУРЯКІВ.	16
3 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ НАВАНТАЖУВАЧІВ І ЇХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ.	19
3.1 Загальна будова навантажувачів.	19
3.2 Аналіз конструктивних особливостей очисників вороху.	25
4 ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ ПІДБОРЩИКА-НАВАНТАЖУВАЧА.	31
5 ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ НАВАНТАЖУВАЧА.	37
5.1 Обґрунтування параметрів поздовжнього транспортера.	37
5.2 Розрахунок привідного валу.	39
6 ОХОРОНА ПРАЦІ.	47
6.1 Загальні положення.	47
6.2 Правила техніки безпеки при роботі на розробленій машині.	48
7 РОЗРАХУНКИ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ.	51
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.	60
Д О Д А Т К И.	63

ВСТУП

Цукровий буряк є сировиною для виробництва цукру – одного з найпоширеніших продуктів в системі харчування людини. Як відомо, близько 40% цукру у світі виробляють із цукрових буряків і 60% — із цукрової тростини. Україна досить довгий час була великим виробником цукру у світі. Однак за роки незалежності виробництво скоротилося в декілька разів. Якщо до 1991 року Україна виробляла понад 5 млн т цукру, то станом на 2021 рік – 1 416,2 тис. т.

Незважаючи на це, за даними Інституту аграрної економіки, Україна в ТОП-10 за обсягами вирощування цукрових буряків і виробництва цукру. Так, найбільші посівні площі цукрових буряків зосереджені в Франції, Польщі, Німеччині, Італії, Румунії, Чехії, Словаччині, Англії, Бельгії та Україні. Причому близько 80% усіх посівних площ та валового збору цукрових буряків припадає саме на ЄС [1, 2].

За останні роки площі під цукровим буряком тримаються на рівні 215–226 тис. га. Водночас слід зазначити, що з розвитком технологій зростає і врожайність: за 30 років вона збільшилась фактично вдвічі, у тому числі на 12% в 2021 році порівняно з 2020 (рис. 1).



Рисунок 1 – Динаміка показників вирощування цукрових буряків (за даними Держстатистики України)

Війна, яку розпочала росія 24 лютого 2022 р., поставила багато нових викликів і загроз перед аграріями України. Вони змушені вносити зміни в структуру посівних площ, орієнтуючись перш за все на внутрішній ринок. На це вплинули ряд чинників – відсутність стабільного експорту, нестача технологічних матеріалів (засобів захисту рослин, добрив і ін.) брак обігових коштів і зростання цін на пальне. Багато господарств стали обирати культури озируючись на свою здатність захистити й доглянути культури, та згідно з внутрішнім попитом.

Вибір цукрового буряка для вирощування цього року – важливий стратегічний крок. Держава потребує сировини для завантаження виробничих цукрових потужностей, господарствам потрібен врожай, який вони завжди можуть збути за стабільну ціну.

І вже у 2024 році в Україні було посіяно 258 тис. га цукрових буряків. Посівні площі зросли на 8 тис. га, порівняно з минулим 2023 роком. З цієї площі було отримано понад 12 млн т коренеплодів [3, 4].

Цукрові заводи у 2024 році виробили 1,8 млн тонн цукру, або практично стільки ж, як і у 2023 році. Україна за перші 6 місяців 2024/25 маркетингового року експортувала понад 403,5 тис. тонн цукру. При цьому в країні ЄС було спрямовано лише 1,6% від всього обсягу [5].

Крім того, при виробництві цукру з'являється багато побічних продуктів – меляса, жом, які використовують при виробництві кормів, паперу, дріжджів, амінокислот, спирту. Тобто, продукти переробки дають додаткові доходи господарствам. Відходи цукрового виробництва можуть використовуватися навіть для покращення ґрунтів. Особливий інтерес має використання цукру в якості біопалива як замітника традиційних вуглеводневих видів пального. Цукор можна ферментувати в спирт, який у поєднанні з бензином можна використовувати як пальне. Автомобілі на бензино-спиртовій суміші широко поширені в Бразилії. Проблемою однак залишається відносно висока ціна такого пального.

На сьогодні, коли вирощуванням цукрових буряків почали займатися і невеликі фермерські господарства, стало питання про створення комплексу машин для вирощування і збирання з невеликою шириною захвату. При цьому суттєво змінилися механіко-технологічні принципи при конструюванні бурякозбиральних машин і технічні рішення. В результаті дещо підвищилась якість виконання технологічного процесу, збільшилася продуктивність праці на збиральних роботах.

Разом з тим досягнутий рівень агротехнічних (повнота збирання врожаю – 92-98%, допустима обрізка коренеплодів – 85-96%, забрудненість гичкою – 2-8%, ґрунтом – 5-30%) і техніко-експлуатаційних показників (продуктивність, надійність технологічного процесу, енергоємність збирального комплексу і ін.) бурякозбиральних машин не в повній мірі відповідає вимогам корінного підвищення продуктивності праці, повного виключення ручних робіт на доведенні зібраного врожаю до необхідної кондиції, скорочення строків збирання і втрат при зберіганні і переробці сировини.

Тому підвищення ефективності використання наявних технічних засобів і розробка нових стало найактуальнішим питанням сьогодення. Застосування новітніх технологій, розробка і використання нових машин мають спиратися на попередній еволюційний досвід, наявність нових наукових ідей і технічних засобів для реалізації цих розробок, професійну підготовку обслуговуючого персоналу.

Метою даної випускової роботи є удосконалення механізації збирання цукрових буряків з розробкою і визначенням параметрів навантажувача для невеликих фермерських господарств.

1 ОСНОВНІ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

Фізико-механічні характеристики цукрових буряків залежать від сорту, умов вирощування і таке інше і впливають на вибір робочих органів збиральних машин і режим їх роботи.

До числа важливих фізико-механічних і агротехнічних характеристик коренеплодів і гички цукрових буряків, які необхідно враховувати при розробці і удосконаленні різних робочих органів бурякозбиральних машин, відносяться розмірні і масові характеристики коренеплодів і гички, їх хімічний склад, розміщення рослин в рядку, сили зв'язку коренеплодів з ґрунтом, характеристики міцності коренеплодів і гички, характеристики тертя і інші.

Хімічний склад основних частин буряка представлено в таблиці 1.1 [6].

Таблиця 1.1 - Хімічний склад основних частин буряка, %

Частини рослини	Вода	Сахароза	Клітчатка і пектинові речовини	Азотисті речовини	Безазотисті речовини	З о л а
Коренеплод	75,2	17,6	4,8	1,1	0,8	0,5
Листя	84,1	-	2,1	2,2	8,9	2,7

За формою коренеплоду відрізняють: конусні зі сферичною головкою (рис. 1.1, а), бочковидні-сферичні (б), циліндрично-конічні (в) і кульовидно-еліпсоїдні (г). Дослідженнями [6] встановлено вплив форми коренеплоду на масу і цукристість (табл. 1.2).

Основні розмірні характеристики представлені в таблиці 1.3. Дослідження розмірних характеристик [6] показують, що їх значення мають високий ступінь варіації, а їх розподіл підлягає нормальному закону. Тому при розрахунках і проектуванні робочих органів необхідно знати межу зміни цих

розмірних характеристик і регресійні залежності, які відображають кореляційні зв'язки.

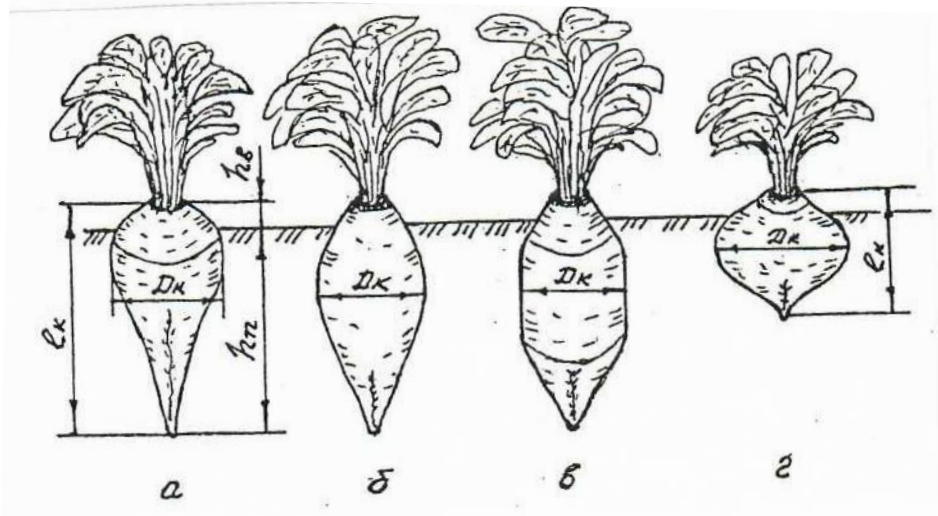


Рисунок 1.1 - Форми коренеплодів цукрового буряку: а – конусна зі сферичною головкою, б – бочковидно-сферична, в – циліндрично-конічна, г – кульовидно-еліпсоїдна; D і l_k – діаметр і довжина коренеплоду, h_n – глибина в ґрунті, h_b – висота виступання коренеплоду над поверхнею ґрунту

Таблиця 1.2 - Вплив форми коренеплоду на масу і цукристість

Форма коренеплоду	Маса коренеплоду, г		Цукристість, %		Збір цукру, г	
	\bar{x}	$\pm m$	\bar{x}	$\pm m$	\bar{x}	$\pm m$
Мішковидна	469	14	17,0	0,07	79,7	2,4
Урізаний конус	449	13	17,3	0,08	77,7	1,7
Видовжений конус	420	11	17,7	0,07	74,3	1,2
Морквовидна	401	9	17,5	0,09	70,2	1,1
Конічна	354	12	18,0	0,06	63,7	1,4
Циліндрична	353	16	17,6	0,1	62,1	1,6
Вузькоголова	309	18	17,1	0,09	52,8	1,9

Рівняння регресії між основними розмірними і масовими характеристиками мають вид:

$$d_k = 0,06l_k^2 + 2,15l_k + 12,0; \quad (1.1)$$

$$Q_k = 17,18d_k - 774,1; \quad (1.2)$$

$$Q_k = 0,046l_k^2 + 19,37l_k + 32,86, \quad (1.3)$$

де: d_k – діаметр коренеплоду;

l_k – довжина коренеплоду;

Q_k – маса коренеплоду.

Таблиця 1.3 - Основні розмірні характеристики

Показники	Значення, мм		
	Середнє	Максимальне	Мінімальне
1. Довжина коренеплоду	200	343	72
2. Діаметр коренеплоду	72	154	30
3. Висота головки	23	74	7
4. Висота коронки	15	43	4
5. Довжина пучка гички	398	600	250
6. Діаметр пучка гички	54	120	20

Кореляційні залежності між приведеними вище характеристиками в основному мають лінійний характер, парні коефіцієнти кореляції коливаються в межах 0,60 – 0,89.

Таблиця 1.4 - Коефіцієнти тертя спокою гички і коренеплодів цукрових буряків

Поверхня тертя	Коефіцієнти тертя						
	Гички, при питомому тиску, Н/см ²			Коренеплодів, при навантаженні, Н			
	0,16	0,33	0,66	Q	30	60	120
Покрита гумою сталь	0,53	0,54	0,55	0,54	0,37	0,37	0,32
Листова сталь	0,49	0,49	0,51	0,63	0,44	0,43	0,37
Прогумований пас	0,58	0,58	0,59	0,71	0,56	0,56	0,51
Оброблена сосна	-	-	-	0,73	0,65	0,63	0,51
Примітка: Q – особиста маса.							

Коефіцієнти тертя спокою гички і коренеплодів визначаються на похилій площині при різному питомому тиску. Для гички найбільші показники коефіцієнта тертя отримані по покритому гумою пасу і найменші – по листовій сталі (табл. 1.4).

Таблиця 1.5 - Коефіцієнти тертя спокою гички по чистих і забруднених ґрунтом поверхнях

Поверхня тертя	Коефіцієнти тертя	
	Чиста поверхня	Забруднена поверхня
1. Оброблена сталь	0,62	0,84
2. Гума	0,73	0,87
3. Прогумований пас	0,72	0,84

У коренеплодів спостерігається аналогічна картина (закономірність).

Коефіцієнти тертя по дереву (сосна) виявилися найменш високими. Збільшення навантаження спочатку суттєво, а потім менш суттєво знижує коефіцієнт тертя. Забруднення поверхонь тертя ґрунтом вирівнює їх по показниках тертя (табл. 1.5).

Характеристики міцності характеризуються силою, необхідною для обрізання головок коренеплодів цукрових буряків. При швидкості різання 0,1 м/с, товщині ножа 1,5 мм, куті загострення 10^0 і встановленні ножа по відношенню до напрямку різання під кутом 90^0 (прямий удар) встановлено, що сила різання знаходиться в прямій залежності від товщини частини коренеплоду, яка зрізається, і становить 100 – 140 Н (табл.1.6).

Таблиця 1.6 - Сила зрізу головки коренеплоду

Товщина шару, який зрізується, мм	Діаметр корене- плоду, мм	Діаметр зрізу, мм	Сила зрізу, Н
5	78	41	103
10	74	48	116
20	80	56	144

Важливими механічними характеристиками буряків є також сили зв'язку коренеплодів з ґрунтом, їх пружні властивості і характеристики міцності, особливо при динамічних навантаженнях, момент інерції, координата центра маси, власні частоти коливань при защемленні і ін.

Міцність зв'язку коренеплодів з ґрунтом характеризується величиною бокового вивалюючого зусилля і вертикально направленої сили витягування коренеплодів з ґрунту. Ці сили залежать від ряду факторів – сорту цукрового буряка, фізико-механічних властивостей ґрунту, розмірів коренеплодів, їх розташування в рядку і ін. Значення сил зв'язку, які приведені в таблиці 1.7, отримані при вологості ґрунту в горизонтах 0-10 і 20-30 см відповідно 18,7 і 10,5 %, твердості 80,7 і 351 Н/см² [6].

У випадку вертикального прикладання сили біля 1,8% наступних коренеплодів групи практично витягувалися разом з першим коренеплодом.

Таблиця 1.7 - Сили зв'язку коренеплодів з ґрунтом

Показники	Значення сили, Н		
	мінімальне	середнє	максимальне
Вертикальна сила:	100	426 – 480	1000
F_H	0	346 – 394	705
F_{II}	80	422 – 484	830
F_o	60	438 – 496	1150
$F_{ВД}$	50	418 – 480	902
F_p			
Бокова сила: $F_{бH}$	220	502 – 626	1150
$F_{бII}$	80	287 – 373	830
$F_{бо}$	100	414 – 470	900

Встановлено, що розподіл коренеплодів цукрових буряків по вертикальній і боковій силі виймання з ґрунту підлягає нормальному закону

розподілу. А між розмірними характеристиками і силами зв'язку існують тісні кореляційні зв'язки.

Опір коренеплодів згину і злому зростає із збільшенням діаметра перетину защемлення. Необхідними являються також показники опору коренеплодів боковим переміщенням, так як технологічний процес зрізання гички на кореню, а потім викопування протікають при безпосередньому контактуванні копіра і ножа гичкозрізального апарату з коренеплодом, а викопування – при фронтальному підпорі шару ґрунту. При цьому слід враховувати, що значення цих показників змінюються в залежності від ґрунтово-кліматичних умов.

Матеріал коренеплоду – хрумкий, анізотропний, неоднорідний по довжині і в поперечному перетині. Поблизу хвостової частини (діаметр 10-30 мм) коренеплід менш хрумкий і при навантаженні показує помітні признаки пластичних деформацій. В цій частині коренеплоду тимчасовий опір матеріалу і критичні кути згину значно більші, а жорсткість згину менше, ніж в основній. При динамічній дії маятниковим копром коренеплоди проявляють більшу крихкість і менший часовий опір, ніж при статичному навантаженні.

Пружні властивості характеризуються коефіцієнтом відновлення пружного стану головок і тіла коренеплоду, ефективним коефіцієнтом жорсткості. Від пружних властивостей залежить також частота власних коливань защемлених в ґрунті коренеплодів. Нижчі тони власних частот защемлених в нижній частині коренеплодів (діаметром 30-50 мм) знаходяться в межах $3,5 - 67,0 \text{ с}^{-1}$, а для коренеплодів, що природно ростуть, - $80 - 120 \text{ с}^{-1}$ (при високій твердості ґрунту).

Зв'язки коренеплодів з ґрунтом при різних механічних діях найбільш ефективно руйнуються при знакоперемінному імпульсному навантаженні. Вже після 4-6 ударів маятникового копра з енергією 24,5-30,0 Нм коренеплоди в більшості випадків звільнюються від зв'язку з ґрунтом, розхитуються і легко звільнюються з ґрунту.

Великий інтерес представляють фізико-механічні характеристики гички і її зв'язків з головками коренеплодів. Модуль пружності внутрішніх черешків, як більш пластичних і пружних, має більші значення, ніж зовнішніх. Міцність зв'язку окремих черешків гички з головкою при осьовому навантаженні сили перевищує міцність черешків. Тільки 6-8% черешків відривається біля основи головки – природної поверхні розділу гички і коренеплоду. При дотичному напрямку сил, які прикладаються до головки, опір черешків відділенню від головок знижується в середньому в 2,0-2,5 рази.

На значення цих показників впливають сорт, умови вирощування і збирання, ґрунтово-кліматичні умови і ін. Ці показники змінюються в досить великих межах і при розрахунках параметрів і режиму роботи необхідно враховувати як середні показники, так і мінімальні та максимальні.

2 ВИХІДНІ ВИМОГИ ДО МАШИН ДЛЯ ЗБИРАННЯ БУРЯКІВ

Цукрові коренеплоди вирощуються на полях, які мають схил до 5° при вологості ґрунту в горизонті 0-300 мм до 25 %. Твердість ґрунту до 3,0 МПа. Ширина міжрядь в залежності від умов вирощування може бути 450 і 600 мм.

До початку збирання висота розташування головок коренеплодів над ґрунтом може становити 100-250 мм. На одному погонному метрі рядка в середньому знаходиться від 4 до 6 коренеплодів. При цьому відстань між коренеплодами можлива 100 і менше міліметрів. Густота рослин становить 70-100 тис. шт. на гектар.

Максимальна величина відхилення центра головок коренеплодів від осьової лінії рядка може становити:

- для міжрядь шириною 600 мм – 100,0 мм;
- для міжрядь шириною 450 мм – 50,0 мм.

Зусилля на відрив пучка гички від коренеплоду має бути в межах (Н):

- максимальне – 410;
- середнє – 235;
- мінімальне – 120.

Характеристики міцності зв'язку коренеплодів з ґрунтом (Н) при різних напрямках прикладеного до головки коренеплоду зусилля:

а) вертикальний напрямок зусилля:

- максимальне – 220;
- середнє – 155;
- мінімальне – 50;

б) боковий напрямок зусилля:

- максимальне – 130;
- середнє – 55;
- мінімальне – 5,0.

Форма розташування листя на початок збиральних робіт може бути:

- конус, якщо більше 60 % листків розташовані під кутом 60-75⁰ до горизонту;
- напіврозетка, коли більше 50 % листків відхилені на кут 60⁰ від вертикалі;
- розетка, коли основна частина листків розташована паралельно поверхні і притиснута до ґрунту.

Середня довжина листків може досягати 400-500 мм, урожай гички – не більше 60,0 т/га. Кількість “цвітух” на 1 га не повинна перевищувати 5% від кількості нормально розвинутих рослин. Поле повинно бути засіяне насінням одного сорту. Допустима забрудненість на 1 м² бур’яном – не більше 0,1 кг.

Гичкозбиральна машина повинна забезпечити відділення гички на висоті не більше 40 мм від основи головки коренеплодів. Площина зрізу гички повинна проходити вище головки найбільш високо стоячих коренеплодів. Допускаються окремі черешки довжиною більше 40 мм, але загальна кількість гички на коренеплодах не повинна перевищувати 3% від маси коренеплодів.

Забрудненість гички частинами ґрунту не повинна перевищувати 0,5% від її маси. Втрати вільної гички за машиною не повинні перевищувати 10 % від її урожайності.

При роботі машини загальна маса вибитих з рядків коренеплодів не повинна перевищувати 15 % від урожаю. Пошкодження робочими органами і ходовими колесами гичкозбиральної машини коренеплодів допускається до 1,5 %.

Гичкозбиральна машина повинна бути причіпною, начіпною або напівначіпною і агрегатуватись з тракторами відповідного тягового класу і забезпечувати збирання гички цукрових коренеплодів, які посіяні з шириною міжрядь 600 ± 30 і 450 ± 30 мм. Ширина стикових міжрядь – 600 + 50 мм і 450 + 50 мм.

Кількість рядків, з яких одночасно збирається гичка при ширині міжрядь 600 мм – 4, 450 мм – 6. Сівба виконується сівалками з рядністю кратною 4 для

міжрядь 600 мм і 6 для міжрядь шириною 450 мм.

Конструкція гичкозбиральної машини повинна забезпечувати:

- встановлення ножів на задану висоту зрізання гички;
- відділення і збір гички при робочій швидкості до 6,0 км/год;
- транспортну швидкість до 20 км/год;
- вивантаження гички в транспортні засоби підвищеної вантажопідйомності з висотою вивантаження до 3,0 м;
- доочищення головок коренеплодів від залишків гички.

Робочі органи машини не повинні залипати і забиватися ґрунтом і рослинними домішками. Обслуговувати агрегат повинен тракторист. Дорожній просвіт – не менше 250 мм. Радіус повороту агрегату має бути не більше 9 м.

Коефіцієнт надійності технологічного процесу не нижчий 0,95. Коефіцієнт використання робочого часу зміни – 0,75. Коефіцієнт готовності – не нижче 0,96 з врахуванням організаційного часу і 0,97 з врахуванням оперативного часу. Напрацювання на відказ повинно бути не менше 40 годин.

Конструкція гичкозбиральної машини повинна передбачати простоту і зручність регулювання робочих органів, заміну зношених деталей і вузлів, а також ремонту. Маса машини повинна бути в межах 3,0 т.

В конструкції машини повинна бути передбачена сигналізація про порушення технологічного процесу окремими робочими органами або їх відмовах.

Конструкція машини повинна відповідати “Єдиним вимогам до конструкції тракторів і сільськогосподарських машин по безпеці і гігієні праці” (ГОСТ 12.2.02-81).

Строк експлуатації машини повинен бути 7 років, гарантійний строк – 2 роки.

Представлені вимоги є основою при випробуваннях і експлуатації створеної техніки. Показники її роботи не повинні виходити за межі приведених вище значень.

3 АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ НАВАНТАЖУВАЧІВ І ЇХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ

Навантажувачі цукрових коренеплодів призначені для підбирання коренеплодів з куч, валків (кагатів) в транспортні засоби з одночасним очищення коренеплодів від налипших часток ґрунту, вороху коренеплодів від домішок ґрунту і рослинних домішок (гичка, бур'ян і т.ін.).

3.1 Загальна будова навантажувачів

Аналіз використання розроблених за останні роки в Україні та за кордоном бурякозбиральних машин у різних ґрунтово-кліматичних умовах і зонах показує, що коренеплоди цукрових буряків без надмірних домішок землі та рослинних залишків можуть бути одержані лише в оптимальних умовах збирання. Вологість ґрунту в певній мірі змінює їх властивості. Велика наявність бур'янів на полі негативно впливає на перебіг технологічного процесу очищення вороху та конструктивно-технологічні параметри сепаруючих робочих органів. Якщо оптимальні умови не дотримуються під час збирання, сепарація землі й відокремлення рослинних домішок із складу викопаного вороху буде мати великі коливання.

Тому навантажувачі повинні довести склад вороху коренеплодів до допустимих норм забруднення рослинними і ґрунтовими домішками. Тобто, транспортери навантажувача повинні ще виконувати і функцію очистки вороху коренеплодів від домішок.

В Україні найбільш розповсюдженим був навантажувач-очисник СПС-4,2 різних модифікацій (виробництва Дніпропетровського комбайнового заводу). Він призначений для навантаження коренеплодів із куп і кагатів у транспортні засоби з доочищенням їх від землі і гички (рис. 3.1).

Буряконавантажувач СПС-4,2А є модернізованим серійним навантажувачом СПС-4,2 і на відміну від нього може комплектуватись

кулачковим або грабельним живильником, чотири- або восьмивалковими очисниками.

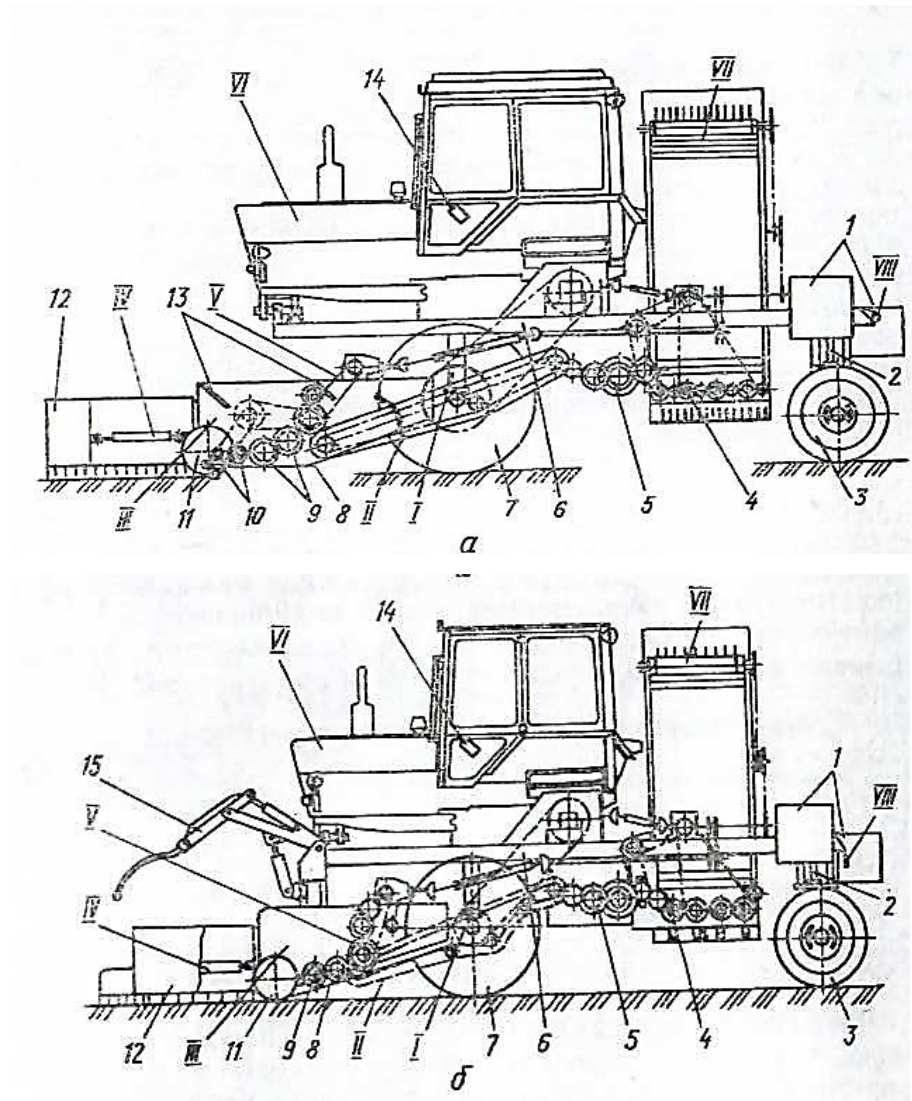


Рисунок 3.1 – Бурьконавантажувачі-очисника: *а* – СПС-4,2А; *б* – СПС-4,2А-02; I – шасі; II – поздовжній транспортер; III – живильник; IV – гідросистема; V – трансмісія; VI – трактор МТ380/82; VII – навантажувальний транспортер; VIII – освітлення і система сигналізації; 1 – ящик для баласту; 2 – механізм рульового керування; 3 – міст напрямних коліс; 4 – шнековий очисник; 5 – розподільник; 6 – рама шасі; 7 – міст ведучих коліс; 8 – рама живильника; 9 – шнековий транспортер живильника; 10 – кулачковий вал з бітером; 11 – опорний коток живильника; 12 – щиток живильника; 13 – автоматичний регулятор завантаження; 14 – універсальна система автоматичного контролю і сигналізації; 15 – грабельний апарат

Буряконавантажувач-очисник СПС-4,2А відрізняється від серійного також наявністю гідравлічних гальм на ведучих колесах і додаткового місця для їх довантажування.

При роботі з кулачковим живильником технологічний процес навантажувача не відрізняється від технологічного процесу базової машини, а при роботі з грабельним – подача коренеплодів на поздовжній приймальний транспортер буряконавантажувача відбувається циклічно. Граблі живильника автоматично піднімаються вгору, пересуваються вперед, заглиблюються в кагат і підгрібають порцію буряків до активної стінки живильника поздовжнього приймального транспортера. Після цього процес повторюється.

Застосування різних комбінацій робочих органів дає змогу підвищити ефективність використання буряконавантажувача залежно від конкретних умов.

В останні роки в Україні все більше використовують навантажувачі провідних світових фірм – ROPA, KLEINE, UNSINN, TIM, GEBO і ін.

Рисунок 3.2 – Буряконавантажувач 160 WR-D фірми GEBO

Фірма KLEINE випускає різні навантажувачі для буряків – від простих причіпних підборщиків-навантажувачів LS 6 чи RL 140 (рис. 3.3) до самохідних очисників-навантажувачів LB 13\ LB 20 (рис. 3.4).

Рисунок 3.3 – Підборщики-навантажувачі LS 6 і RL 140 фірми KLEINE

Рисунок 3.4 - Очисники-навантажувачі LB 13\ LB 20 фірми KLEINE

Рисунок 3.5 – Навантажувач буряків RL 160 фірми TIM

Більшість машин для навантаження і очистки вороху коренеплодів – це

широкозахватні і високопродуктивні машини з додатковими блоками робочих органів.

Рисунок 3.6 - Очисник-навантажувач «STAR» фірми UNSINN

Рисунок 3.7 - Очисник-навантажувач L 8.200 «Maus» фірми ROPA

Живильник очисника-навантажувача L 8.200 «Maus» фірми ROPA (рис. 3.7 – 3.8) має ширину захвату 8,7 м. Пальчикові вали живильника можуть працювати на глибині до 7 см і обережно захоплювати коренеплоди з валка чи купи і передавати їх на шнекові вальці. Вальці розтягують коренеплоди направо і наліво, а конусоподібні вали розділяють потік коренеплодів. Таке

збільшення шляху проходження коренеплодів сприяє підвищенню якості очистки вороху від домішок.

Рисунок 3.8 – Робочі органи живильника і схема проходження по ньому коренеплодів

Всі робочі органи зручно регулюються і управляються з кабіни машини. Управління і спостереження за роботою виконується трьома бортовими комп'ютерами, які зв'язані з терміналом. За допомогою гідравліки навантажувач дуже швидко переводиться з робочого положення в транспортне і навпаки. Транспортна швидкість машини – до 25 км/год.

3.2 Аналіз конструктивних особливостей очисників вороху

Одним із основних критеріїв оцінки якості роботи збиральних машин є ступені пошкодження коренеплодів і відокремлення домішок із складу вороху. Ефективність і якість роботи виконання машиною технологічного процесу значною мірою залежить від конструкції робочих органів очисників вороху, показники якості роботи яких повинні відповідати вихідним вимогам до збиральних машин.

Широкий діапазон фізико-механічних властивостей ґрунтів (вологість, щільність, липкість тощо) обумовили конструктивну різноманітність робочих органів очисників коренеплодів збиральних машин.

Ряд робочих органів мають універсальні властивості, тому що вони використовуються для відокремлення різних видів домішок із складу викопаного вороху коренеплодів. В теперішній час існують два основних напрямки, створення робочих органів машин, які повинні забезпечувати велику надійність і розділяти з високою якістю на окремі компоненти поступаючі на машини складові частини вороху.

Одним із цих напрямків є створення робочих органів на основі механічних способів відокремлення коренеплодів від домішок. При цьому використовуються такі властивості розділяючих тіл, як форма (маса, розмірні характеристики тіл), пружність, коефіцієнт тертя, опору перекочування тощо.

Другим напрямком є створення пристроїв для відокремлення домішок із вороху на основі використання їх специфічних властивостей, які сприймають електронні пристрої. Але як правило, електронні (автоматичні) пристрої для відокремлення домішок від коренеплодів не знайшли широкого застосування на мобільних коренезбиральних машинах і використовуються на стаціонарних пунктах доочищення коренебульбоплодів.

На рис. 3.9 наведено класифікацію очисників коренеплодів за видом відокремлених компонентів та за способом їх відокремлення.

За видом відокремлення домішок очисники вороху цукрових буряків поділяються на чотири основні групи (рис. 3.9): очисники вороху від сипучої

землі; очисники вороху від рослинних залишків; очисники вороху від грудок і каменів; очисники вороху від залишків гички на головках коренеплодів.

Очисники перших двох груп бувають лише механічного типу. Це пов'язано з тим, що варіаційні криві показників властивостей (коефіцієнт тертя, розмір, форма тощо) компонентів вороху практично не перехрещуються, що дозволяє забезпечити припустиму ступінь сепарації.

Із приведеної класифікації очисників дрібних домішок видно, що всі вони за способом відокремлення поділяються на два типи: просіюючі й фрикційні, перші працюють за ознакою розділення компонентів вороху "розмір", інші за різницею коефіцієнтів тертя складових частин компонентів, які необхідно розподілити. Конструктивна різноманітність таких робочих органів не є великою. За конструктивним виконанням і технологічною схемою оброблення вороху відомо чотири основних груп очисників: транспортерні (елеваторні), грохотні, вальцові (шнекові), та роторні (турбінні).

Основні конструктивні схеми очисників вороху наведені на рис. 3.10. Транспортерні очисники за способом відокремлення вороху виготовляють просіваючого й фрикційного типів. Для утворення робочого органу просіваючого типу використовують елеваторні (пруткові) полотна, сітчасту поверхню або поверхню, утворену безкінцевими пасами. Фрикційні очисники являють собою, як правило, різні технологічні комбінації очисних гірок.

Поперечні шнекові сепаратори, як правило, складаються з двох (трьох) шнеків, кожен з яких має рівновіддалене навівання спіралей, що забезпечує розведення купи коренеплодів по периферії очисного пристрою. Друга частина відрізняється від першої лише оберненим напрямком навівання спіралей та зводить потік у зону поздовжнього елеватора. Такий тип робочих органів забезпечує збільшення шляху проходження коренів на шнекових валах, що покращує їх сепарацію, а для зменшення пошкоджень між різнонаправленими суміжними спіралями розвідних і звідних шнеків, а також в зоні вивантаження, встановлюють проміжні вальці.

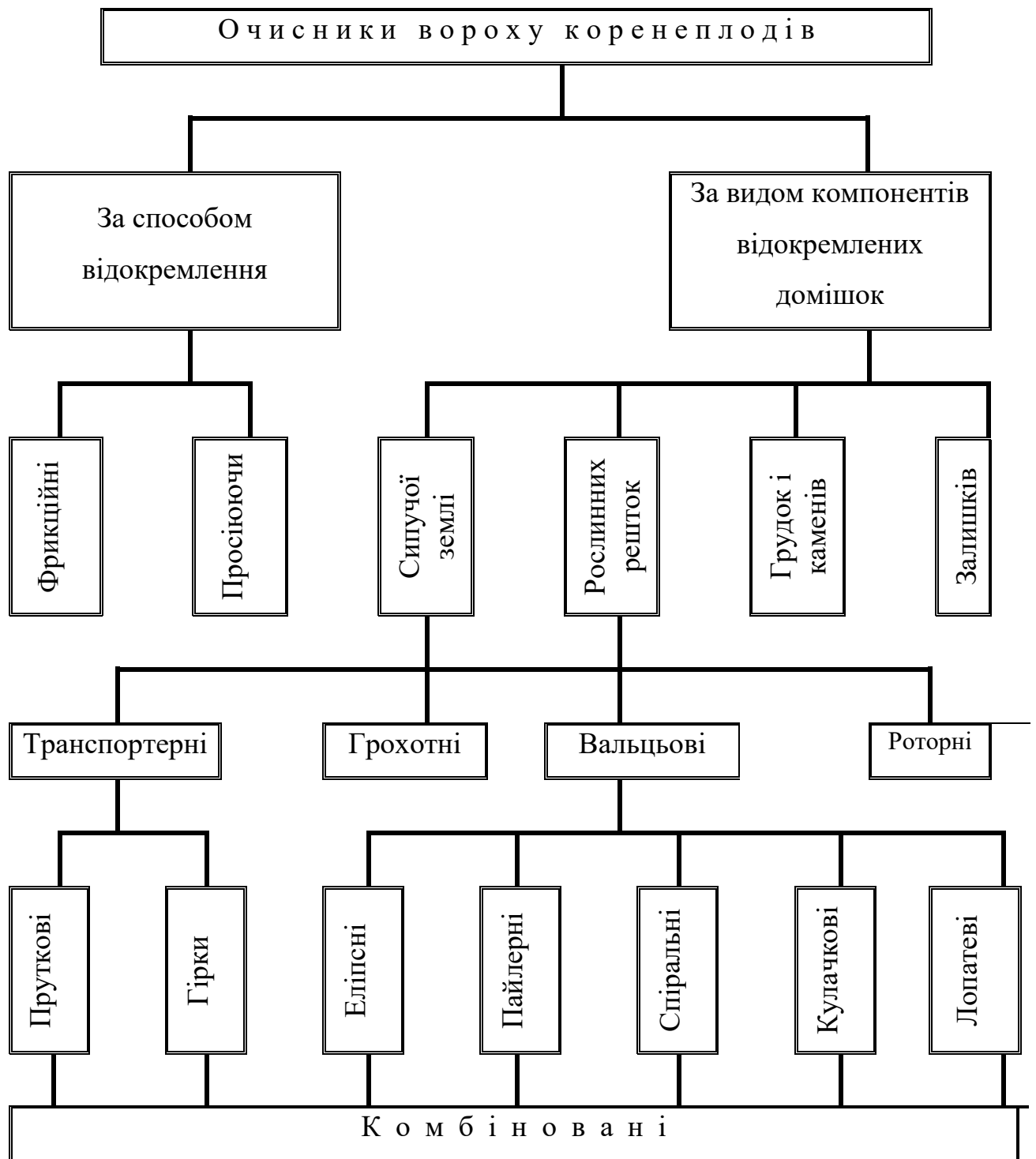


Рисунок 3.9 - Класифікація очисників вороху коренезбиральних машин

Поздовжні шнекові сепаратори забезпечують очищення й транспортування коренеплодів в напрямку осі обертання та характеризуються протилежним напрямком навивання й обертання спіралей. Робочі органи такого типу в

основному виконують транспортувальні функції з невеликим очисним ефектом, і, як правило, застосовують замість стрічкових елеваторів.

Важливою перевагою шнекових очисників є відносна простота конструкції, можливість суміщення в одному робочому органі функцій очищення й транспортування, задовільна якість сепарації коренеплодів від землі та рослинних залишків. Однак під час роботи бурякозбиральної машини на вологих ґрунтах (вологість > 24%), шнеки залипають землею й втрачають працездатність, що призводить до підвищеного пошкодження коренеплодів і зменшення ступеня сепарації домішок.

Роторні очисники широко застосовують в коренезбиральних машинах, що працюють на суглинках та піщаних ґрунтах. Конструктивною особливістю таких сепараторів є розташування диска під кутом 12-14° до горизонтальної поверхні, на якому рівномірно по колу жорстко закріплені радіальні прутки.

Для формування потоку коренеплодів в процесі їх очищення по периферії роторів встановлюють пруткові напрямні решітки, для покращення якості їх сепарації, а також зміни напрямку потоку, над дисками, в робочому просторі очисника можуть застосовувати еластичні шнекові та бітерні вальці, або інші робочі органи з активною поверхнею.

Роторні очисні пристрої окрім сепарації та транспортування можуть виконувати функції підбирання коренеплодів. В процесі роботи встановлені під кутом активні ротори, заглиблюючись в землю, підбирають викопані пасивними дисками коренеплоди і очищуючи їх від домішок землі, транспортують у зону вивантаження. Сепаруючий ефект в таких пристроях досягається за рахунок просіювання землі через решітчасту поверхню диска й направляючих бокових прутків, а також під впливом відцентрових сил.

В значній кількості машин очисні ротори розташовують над поверхнею ґрунту, їх завантаження здійснюється бітерними, шнековими або іншими робочими органами, що покращує якість сепарації за рахунок рівномірного заповнення дисків за всією поверхнею.



Рисунок 3.10 - Конструктивні схеми очисників вроху коренеплодів

Роторні сепаратори відрізняються надійністю виконання технологічного

процесу роботи машин у важких ґрунтово-кліматичних умовах і за ступенем сепарації переважають аналогічні показники шнекових та кулачкових робочих органів, однак важливим недоліком їх роботи є значне пошкодження коренеплодів під час їх переходу з одного диска на інший.

За застосуванням в збиральних машинах кулачкові і лопатеві очисники дещо поступаються вальцьовим і роторним (турбінним). Кулачкові очисники відрізняються від вальцьових тим, що їх диски виконані в вигляді кулачків із криволінійною поверхнею і являють собою кулачкове поле, яке переміщує ворох за рахунок обертання кулачків в одному напрямку. Розрізняють кулачкові очисники грудкоподрібнювачі і очисники, які виконують сепаруючі функції без затискування елементів вороху.

Основними недоліками кулачкових очисників є підвищене пошкодження коренеплодів та жорстка залежність лінійних розмірів кулачків від розмірних характеристик коренеплодів і грудок ґрунту.

Бітерні (лопатеві) очисники розробляються двох типів – з похилим і паралельним розташуванням лопатей, в яких функції сепарації ґрунту і відокремлення рослинних домішок відбуваються без затискування елементів вороху.

Застосування еластичних поверхонь в бітерних очисниках сприяє мінімальному пошкодженню коренеплодів в процесі їх очищення, однак технологічний ресурс роботи еластичних лопатей невеликий внаслідок їх швидкого зношення. Крім того, такі очисники незадовільно відокремлюють з вороху великі за розмірами рослинні залишки та мають низьку ефективність роботи на вологих і сухих ґрунтах.

Комбіновані очисники уявляють собою різні комбінації вищерозглянутих робочих органів і застосовуються залежно від конкретних функцій сепаруючих очисних систем, умов роботи, а також для регулювання ступеня агресивної дії очисних поверхонь на коренеплоди.

4 ОБГРУНТУВАННЯ СХЕМИ ПІДБОРЩИКА-НАВАНТАЖУВАЧА

Для малих і середніх фермерських господарств, які вирощують цукровий буряк на порівняно невеликих площах (100 - 300 га), немає необхідності закупляти і використовувати високопродуктивні, потужні підборщики-навантажувачі. Тому ми пропонуємо напівначіпний, компактний і менш матеріало- і енергоємний варіант навантажувача, який може агрегатуватися з трактором класу 1,4 (рис. 4.1).

Цей підборщик-навантажувач має забезпечити певні технічні характеристики, які представлені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 - Основні технічні дані підборщика-навантажувача

Назва показників	Одиниця виміру	Значення
1. Тип	-	Напівначіпний
2. Агрегується з трактором	клас	1,4
3. Ширина захвату	м	1,0
4. Кількість обслуговуючого персоналу	чол.	1
5. Габаритні розміри: а) в робочому положенні:	мм	
- довжина		6300
- ширина		4000
- висота		4000
б) в транспортному полож.::	мм	
- довжина		6300
- ширина		4000
- висота		3000
5. Швидкість обертання ВВП	хв ⁻¹	540
6. Робоча швидкість	км/год	до 18
7. Транспортна швидкість, не більше	км/год	20
8. Ширина валка, не більше	м	0,9
9. Схил полів, не більше	град.	7
10. Маса	кг	2500
11. Продуктивність за годину основного часу, не менше	га/год	1,6

Одним із основних робочих вузлів машини є поздовжній транспортер.

Проаналізувавши конструкції аналогів і їх недоліки, ми пропонуємо для зменшення пошкоджень і втрат коренеплодів у зоні виходу коренеплодів з поздовжнього транспортера встановити спеціальний відбивач поз. 4 (рис. 4.1, рис. 4.2, поз. 3), що буде запобігати ударам коренеплодів об задню стінку бункера, а також не допускати втрат.

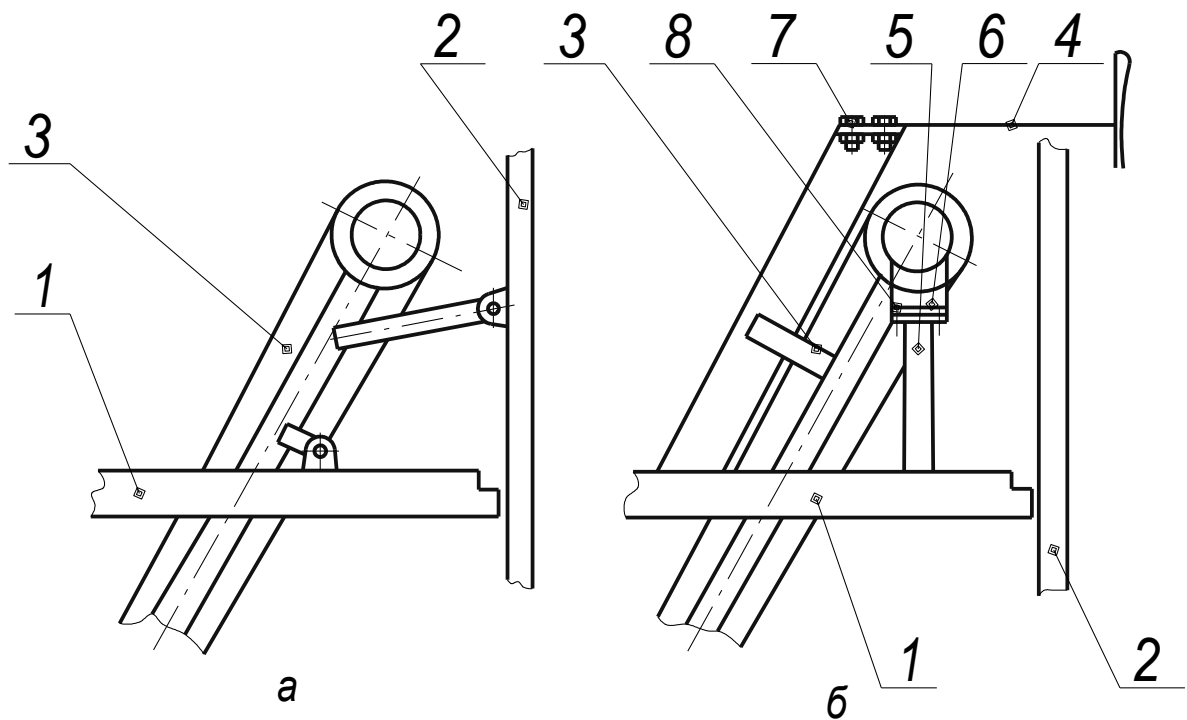


Рисунок 4.1 - Конструктивні схеми транспортерів:

а) серійна конструкція; б) конструкція, що пропонується:

- 1 - рама; 2 - бункер; 3 - поздовжній транспортер; 4 - відбивач; 5 - стояк;
6 - опора; 7; 8 - болти

Відбивач (рис. 4.2) складається з рами та відбійного фартуха, який кріпиться до неї за допомогою п'ятьох болтів М10. Відбійний фартух виготовлений з гумовотканинного полотна ТМКЩ-С-5×500 ГОСТ 7338-77. Відбивач кріпиться до щитків транспортера за допомогою 4 болтів М10.

Для усунення можливих поломок у приводі поздовжнього транспортера, які виникають внаслідок взаємного переміщення транспортера відносно рами машини при роботі у важких умовах, замість шарнірного кріплення транспортера пропонується його жорстке встановлення на раму машини. Для

цього необхідно приварити до рами дві спеціальні стояки (поз. 5, рис. 4.1).

Рисунок 4.2 – Відбивач:

1 - рама, 3 - фартух, 7 - болт, 8 - гайка, 9,10 - шайби

Стояк (рис. 4.3) представляє собою зварну конструкцію з труби 100×50×5 ГОСТ 8645-65 зі сталі 20 довжиною $L = 620$ мм і площадки для кріплення транспортера, виготовленої з штаби 60×10 ГОСТ 103-76. Для кріплення транспортера до стояка 5 (рис. 4.1) у конструкцію ведучого валу вводимо спеціальну опору кріплення поз. 2 і фланець поз.3 (рис. 4.4). Опора - це зігнута пластина, виготовлена з двома отворами під кріплення, робоче

креслення її наведено у графічній частині проекту. Опора встановлюється на посадочну поверхню корпусу підшипника 7 (рис. 4.4).

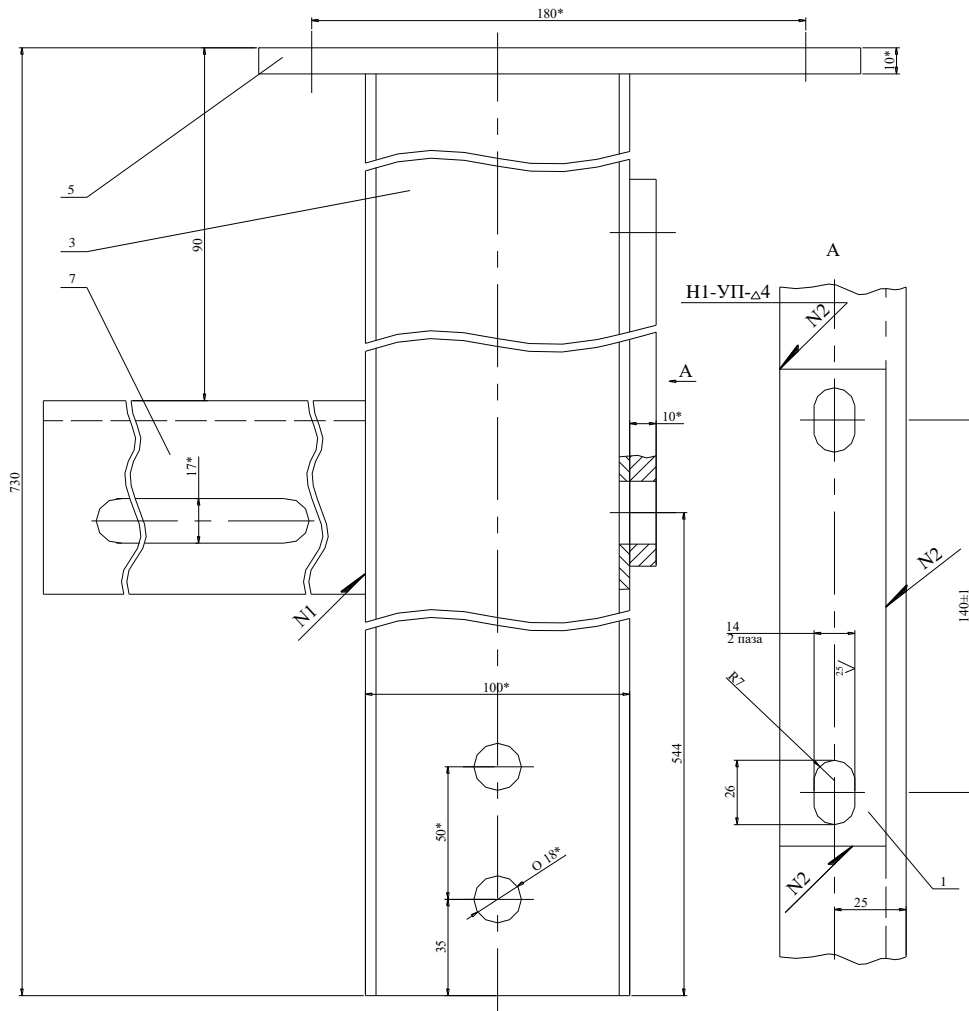


Рисунок 4.3 - Стояк

Фланець вводимо у конструкцію ведучого валу для фіксації опори кріплення і встановлення чистика поз. 6 (рис. 4.4). Крізь фланець опора кріпиться до рами транспортера поз. 4 трьома болтами М10. Під час монтажу опора має можливість обертатися відносно фланця і корпусу підшипника для полегшення процесу складання.

До стояка поз. 5 (рис. 4.1) ведучий вал поздовжнього транспортера кріпиться болтами М12-6g×45 ГОСТ7796-70. Для компенсації неточностей

при виготовленні елементів транспортера підшипники встановлені у корпусах за допомогою сферичних вкладишів.

Для забезпечення видалення з порожнин привідних барабанів налиплого ґрунту у конструкції ведучого валу передбачаємо спеціальні чистики (рис. 4.4).

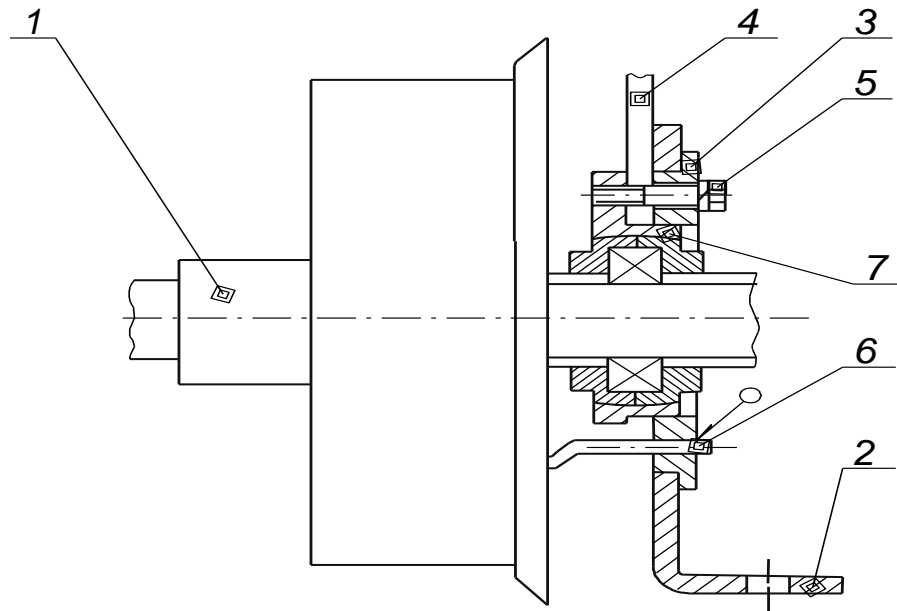


Рисунок 4.4- Схема встановлення опори кріплення ведучого валу і чистика:
1 - ведучий вал в зборі, 2 – опора, 3 - фланець, 4 - рама транспортера,
5 - болт М10, 6 - чистик, 7 - корпус підшипника.

Чистик представляє собою зігнуту пластину з загостреними робочими поверхнями, виготовлену зі сталі Ст.3. У фланці поз. 3 (рис. 4.4) виконано паз, у який встановлюється чистик і обварюється по контуру швом з катетом 3.

Для регулювання натягу полотна транспортера, яке складається з сталевих прутків прикріплених до прогумованих стрічок, вводимо у конструкцію поздовжнього транспортера натяжний пристрій, схема якого показана на рис. 4.5.

Пристрій складається з двох симетрично розміщених з обох боків транспортера натяжників (поз. 2), шарнірно встановлених на спеціальних осях, приварених до рами транспортера 1, і обладнаних роликми 4, які

безпосередньо контактують зі стрічками 5 полотна транспортера (рис. 4.5. Для натягу полотна передбачено гвинт 3, що шарнірно з'єднаний з рамою транспортера і віссю ролика. Шарнірні з'єднання зафіксовано шплінтами.

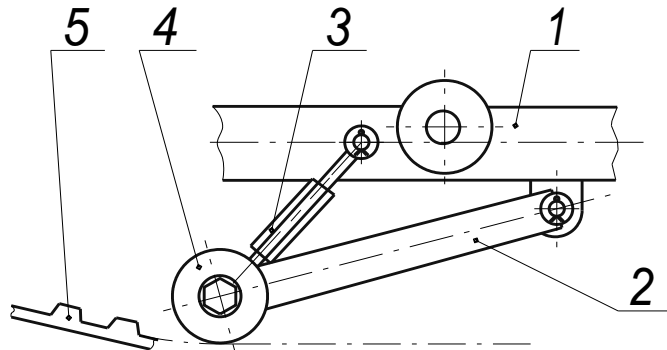


Рисунок 4.5 - Схема встановлення натяжного пристрою:

1 - рама транспортера; 2 - натяжник; 3 - гвинт; 4 - ролик; 5 - полотно транспортера; 6 - болт М 16

Працює новий транспортер аналогічно серійному. Через ланцюгову передачу від конічного редуктора КС6-09.040 привідний вал приводить у рух полотно. Частково очищені корені з підборщика надходять на передаточний вал транспортера, де додатково сепаруються від ґрунту та рослинних залишків, підхоплюються скребками полотна і транспортуються у бункер.

У зоні вивантаження коренеплоди вдаряються у відбійний фартух, їх швидкість гаситься і вони надходять на поперечний стрічковий транспортер бункера без надлишкових пошкоджень. Ґрунт, який потрапляє у внутрішні порожнини привідних барабанів під час обертання останніх, зчищається спеціальними чистиками.

5 ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ НАВАНТАЖУВАЧА

5.1 Обґрунтування параметрів поздовжнього транспортера

Умови роботи збиральних машин змінюються у широких межах залежно від ґрунтово-кліматичних умов, рельєфу поля, врожайності, розмірно-масових характеристик коренеплодів, тощо.

Для визначення розрахункових навантажень будемо виходити з припущення, що машина працює на високоврожайному полі при навантаженні коренеплодів з польових кагатів з максимальною робочою швидкістю.

Приймаємо врожайність цукрових буряків $Y = 50$ т/га і робочу швидкість машини $V_M = 18$ км/год = 5,0 м/с, тоді середня вага коренеплодів, що припадає на 1 м^2 поля складає

$$Y_1 = \frac{Y}{10000} = \frac{60 \cdot 10^4}{10^4} = 60 \text{ Н/м}^2. \quad (5.1)$$

Визначаємо максимальну секундну пропускну здатність машини, тобто максимальну вагову кількість коренеплодів, що переносяться транспортером за одиницю часу за формулою:

$$Q = B \cdot V_M \cdot Y_1, \quad (5.2)$$

де B – ширина захвату машини, $B = 0,9$ м.

Підставивши числові дані, отримаємо

$$Q = 0,9 \cdot 5,0 \cdot 60 = 370 \text{ Н/с.}$$

Для забезпечення стабільного протікання технологічного процесу полотно транспортера повинно рухатись з відповідною швидкістю, що визначається за формулою:

$$V_{II} = \frac{Q \cdot t_{ск}}{Y_{ск}}, \quad (5.3)$$

де $t_{ск}$ – крок скребків на полотні, $t_{ск} = 0,35$ м;

$Y_{ск}$ – вагова кількість коренів, що може перенести один скребок,

$$Y_{ск} = 140 \text{ Н.}$$

Підставивши дані, отримаємо

$$V_{II} = \frac{370 \cdot 0,35}{140} = 0,93 \text{ м/с.}$$

Визначаємо необхідну частоту обертання привідного валу поздовжнього транспортера користуючись відомою з курсу опору матеріалів формулою:

$$n = \frac{V_{II} \cdot 60}{\pi \cdot D}, \quad (5.4)$$

де D – діаметр привідного барабана, де $D = 0,242$ м.

З врахуванням числових даних, отримаємо

$$n = \frac{0,93 \cdot 60}{3,14 \cdot 0,242} = 73,4 \text{ хв}^{-1}.$$

Зірочка редуктора, від якого здійснюється привід транспортера має 11 зубів і обертається з частотою $n_n = 224 \text{ хв}^{-1}$. Визначимо необхідну кількість зубів зірочки, що встановлена на привідному валу транспортера за формулою:

$$Z = Z_n \frac{n_n}{n}, \quad (5.5)$$

де Z_n - число зубів зірочки, від якої здійснюється привід транспортера, $Z_n = 11$.

Підставивши дані, отримаємо

$$Z = 11 \cdot \frac{224}{73,4} = 33,6$$

Приймаємо $Z = 35$.

Уточнюємо частоту обертання привідного валу, користуючись формулою

$$n = \frac{Z_n}{Z} \cdot n_n. \quad (5.6)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$n = \frac{11}{35} \cdot 224 = 70,4 \text{ хв}^{-1}.$$

Уточнимо швидкість полотна поздовжнього транспортера за формулою

$$V_{II} = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}. \quad (5.7)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$V_{II} = \frac{70,4 \cdot 3,14 \cdot 0,242}{60} = 0,9 \text{ м/с.}$$

5.2 Розрахунок привідного валу

Складаємо схему навантаження привідного валу поздовжнього транспортера (рис. 5.1). Схематично покажемо блок зірочок, привідні барабани, у місцях посадки яких на вал діють відповідні сили F_B і F_T , у місцях встановлення підшипників покажемо опорні реакції R_{AX} , R_{AY} , R_{BX} , R_{BY} .

Визначаємо сили, що діють на привідний вал поздовжнього транспортера збиральної машини. На вал діють наступні сили: сила від дії ваги полотна транспортера; сила, що необхідна для виконання технологічного процесу.

Сила від дії ваги полотна транспортера визначається за формулою:

$$F_B = \frac{M}{2} \sin \alpha, \quad (5.8)$$

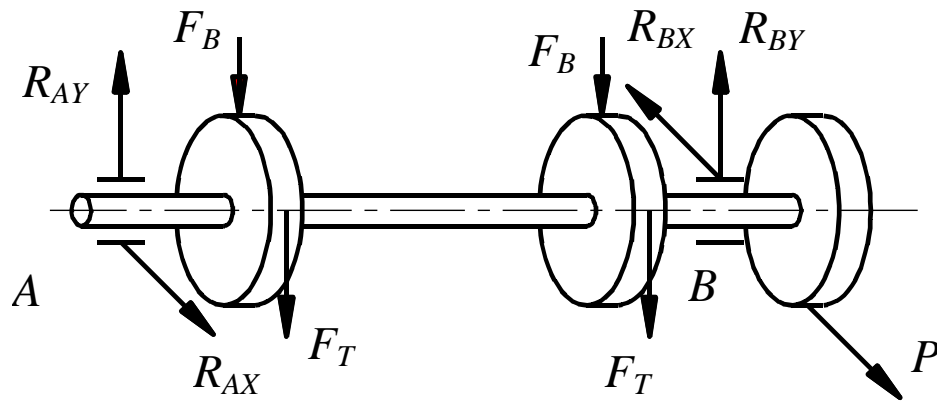


Рисунок 5.1 - Схема навантаження привідного валу поздовжнього транспортера

де M – маса полотна транспортера, $M = 1600$ Н [22],

α - кут нахилу робочої гілки транспортера до горизонту, $\alpha = 55^\circ$, [22].

Підставивши дані, отримаємо

$$F_B = \frac{1600}{2} \cdot \sin 55^\circ = 655 \text{ Н.}$$

Сила, що необхідна для виконання технологічного процесу при максимальному завантаженні транспортера визначається за формулою:

$$F_T = \frac{m \cdot k \cdot Y_{ек}}{2} \sin \alpha, \quad (5.9)$$

де m – кількість скребків, що одночасно приймають участь у транспортуванні коренеплодів $m = 7$;

k – коефіцієнт, що враховує нерівномірність роботи транспортера, $k = 1,5$.

Підставивши дані, отримаємо

$$F_T = \frac{7 \cdot 1,5 \cdot 140}{2} \sin 55^\circ = 602 \text{ Н.}$$

Сумарну силу дії полотна на вал визначимо за формулою

$$F_0 = F_B + F_T. \quad (5.10)$$

У числовому вигляді

$$F_0 = 655 + 602 = 1257 \text{ Н.}$$

Визначимо обертальний момент, що необхідний для виконання технологічного процесу:

$$M_{об} = 2F_T \cdot \frac{D}{2} = F_T D. \quad (5.11)$$

Підставивши дані, отримаємо

$$M_{об} = 602 \cdot 0,242 = 145,7 \text{ Нм.}$$

У привідному ланцюгу ведучого валу транспортера буде виникати сила P , яка дорівнює:

$$P = \frac{2M_{об}}{d_\delta}, \quad (5.12)$$

де d_δ – ділительний діаметр привідної зірочки, м.

Визначаємо ділительний діаметр привідної зірочки із залежності:

$$d_\delta = \frac{t}{\sin \frac{180^\circ}{z}}, \quad (5.13)$$

де t – крок привідного ланцюга, $t = 25,4$ мм.

Підставивши дані, отримаємо

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

Тоді значення сили P буде рівним

$$P = \frac{2 \cdot 145,7}{202,60 \cdot 10^{-3}} = 1438 \text{ Н.}$$

Проведемо перевірочний розрахунок валу на міцність, для цього будемо епюри згинальних моментів (рис. 5.2).

У конструкції валу (рис. 5.2) розміри складають $a = 0,075$ м (відстань від опори до привідного шківів); $e = 0,85$ м (відстань між привідними шківів); $c = 0,112$ м (відстань від опори до блоку приводних зірочок); $\beta = 9^\circ$ (кут, під яким прикладена сила P).

Визначаємо реакції опор у площині yOz (рис. 5.2).

Сума моментів всіх сил відносно точки В.

$$\sum M_B = 0;$$

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

Звідки,

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

У числовому вигляді буде

$$R_{Ay} = \frac{1257(2 \cdot 0,075 + 0,85) - 1438 \cdot \cos 9^\circ \cdot 0,112}{2 \cdot 0,075 + 0,85} = 1098 \text{ Н.}$$

Сума моментів всіх сил відносно точки А

$$\sum M_A = 0;$$

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

Звідки,

$$R_{By} = \frac{F_0(2a + e) + P \cdot \cos \beta \cdot (2a + e + c)}{2a + e}. \quad (5.14)$$

У числовому вигляді

$$R_{By} = \frac{1257(2 \cdot 0,075 + 0,85) + 1438 \cdot \cos 9^\circ (2 \cdot 0,075 + 0,85 + 0,112)}{2 \cdot 0,075 + 0,85} = 2836,4$$

Н.

Перевіримо правильність одержаних результатів. Сума проєкцій всіх сил на вісь У

$$\sum Y = 0.$$

$$R_{Ay} - F_0 - F_0 + R_{By} - P \cdot \cos \beta = 1098 - 2 \cdot 1257 + 2836,4 - 1438 \cdot \cos 9^\circ = 0,07 \Rightarrow 0$$

Реакції у площині uOz визначені вірно.

Визначаємо реакції опор в площині xOz . Сума моментів всіх сил відносно точки В.

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

Звідси,

$$R_{Ax} = \frac{P \cdot \sin \beta \cdot c}{2a + v};$$

у числовому вигляді

$$R_{Ax} = \frac{1438 \cdot \sin 9^\circ \cdot 0,112}{2 \cdot 0,075 + 0,85} = 25,2 \text{ Н.}$$

Сума моментів всіх сил відносно точки А.

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

Звідси,

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

$$R_{Bx} = \frac{1438 \cdot \sin 9^\circ \cdot (2 \cdot 0,075 + 0,85 + 0,112)}{2 \cdot 0,075 + 0,85} = 250,1 \text{ Н.}$$

Перевіряємо правильність отриманих результатів. Записуємо суму проєкцій всіх сил на вісь Х.

$$\sum X = 0;$$

$$\sum X = R_{Ax} - R_{Ay} + P \sin \beta = 25,2 - 250,1 + 1438 \cdot \sin 9^\circ = 0,005 \Rightarrow 0.$$

Реакції опор у площині xOz визначені вірно.

Для побудови епюри знаходимо значення згинальних моментів у характерних точках A , B , D і E .

$$\text{У площині } yOz \quad M_A = M_E = 0;$$

$$M_B = -P \cdot \cos \beta \cdot c = -1438 \cdot \cos 9^\circ \cdot 0,112 = -159 \text{ Нм};$$

$$\begin{aligned} M_D &= -P \cdot \cos \beta \cdot (c + a) + R_{By} \cdot a = \\ &= -1438 \cdot \cos 9^\circ (0,075 + 0,112) + 2836,4 \cdot 0,075 = -52,9 \text{ Нм}; \end{aligned}$$

$$M_c = R_{Ay} \cdot a = 1098 \cdot 0,075 = 82,4 \text{ Нм}.$$

За одержаними даними будуюмо епюру згинальних моментів в площині yOz (рис. 5.2).

Проводимо розрахунки для площини xOz .

$$M_A = M_E = 0;$$

$$M_B = -P \cdot \sin \beta \cdot c = -1438 \cdot \sin 9^\circ \cdot 0,112 = -25,2 \text{ Нм};$$

$$\begin{aligned} M_D &= -P \cdot \sin \beta \cdot (c + a) + R_{Bx} \cdot a = \\ &= -1438 \cdot \sin 9^\circ (0,075 + 0,112) + 250,1 \cdot 0,075 = -23,3 \text{ Нм}; \end{aligned}$$

$$M_c = R_{Ax} \cdot a = 25,2 \cdot 0,075 = 1,9 \text{ Нм}.$$

За одержаними даними будуюмо епюру M_{32x} .

З аналізу епюр згинальних і крутних моментів робимо висновок, що найбільш навантаженим місцем вала є переріз у точці “ B ”.

Визначимо для нього сумарне значення моментів за формулою

$$M_{32} = \sqrt{M_{32x}^2 + M_{32y}^2}, \quad (5.15)$$

Підставимо числові значення і одержимо

$$M_{32} = \sqrt{159^2 + 25,2^2} = 161 \text{ Нм}.$$

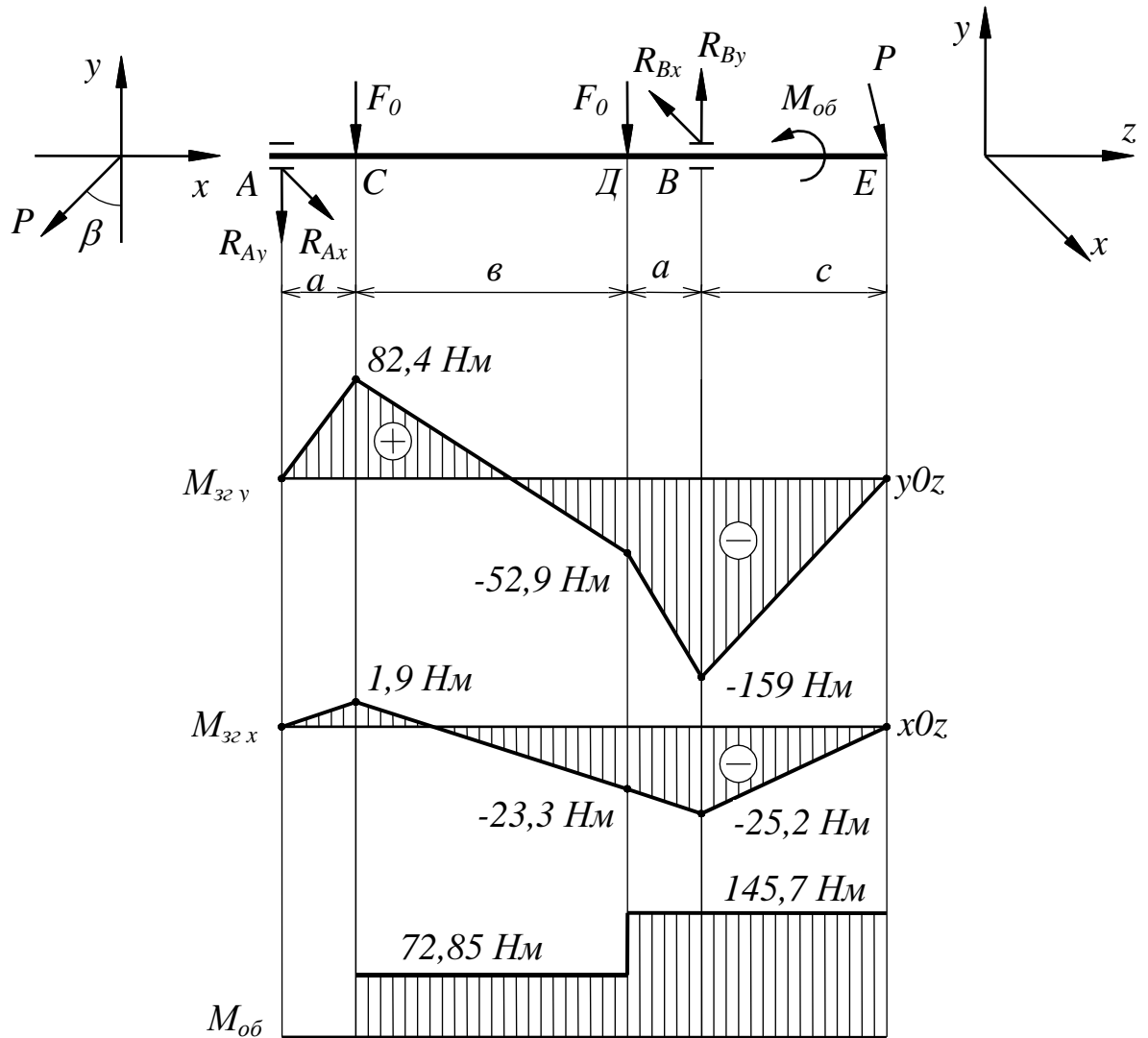


Рисунок 5.2 - Схема навантаження і епюри згинальних і крутних моментів привідного валу поздовжнього транспортера

Напруження згину у цьому перерізі визначимо, користуючись відомою з опору матеріалів формулою:

$$\sigma_{32} = \frac{M_{32}}{W_x} = \frac{32 \cdot M_{32}}{\pi \cdot d^3}, \quad (5.16)$$

де d – діаметр валу в перерізі “B”, $d = 40$ мм.

Використовуючи числові дані, отримаємо

$$\sigma_{32} = \frac{32 \cdot 161}{3,14(40 \cdot 10^{-3})^3} = 25,6 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2.$$

Визначаємо напруження кручення у перерізі “B” за формулою [22]

$$\tau_{\kappa} = \frac{M_{об}}{W_p} = \frac{16 \cdot M_{об}}{\pi \cdot d^3}. \quad (5.17)$$

Підставивши числові дані, отримаємо

$$\tau_{\kappa} = \frac{16 \cdot 145,7}{3,14(40 \cdot 10^{-3})^3} = 11,6 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2.$$

За гіпотезою найбільших дотичних напружень визначимо еквівалентне напруження у небезпечному перерізі за формулою

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_{32}^2 + 4(\tau_{\kappa})^2}. \quad (5.18)$$

З врахуванням числових даних отримаємо

$$\sigma_e = \sqrt{(25,6 \cdot 10^6)^2 + 4 \cdot (11,6 \cdot 10^6)^2} = 34,6 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2.$$

Умова міцності виконується

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

Для матеріалу вала $[\sigma_{32}] = 383 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ [22]. Міцність вала забезпечена.

Отримані результати використовуємо при проектуванні вузлів і деталей навантажувача.

6.1 Загальні положення

Охорона праці у нашій країні, яка охоплює заходи по подальшому полегшенню і оздоровленню умов праці на основі механізації і автоматизації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому впровадженню сучасних засобів техніки безпеки, усуненню причин, що призводять до травматизму і професійних хвороб робочих і службовців, створенню на підприємстві необхідних гігієнічних і санітарно–побутових умов - важлива державна задача [26].

Охорона праці механізаторів має велике значення. Механізаторам необхідні знання по правовим питанням охорони праці і правилам техніки безпеки. Механізаторам необхідно мати певні навички при роботі з сучасними високопродуктивними машинами, дотримуватися правил виробничої санітарії і користуватися засобами індивідуального захисту.

Важливі нормативні документи, які дозволяють правильно організувати охорону праці, навчання і інструктаж з техніки безпеки, дотримання вимог виробничої санітарії і гігієни праці у сільському господарстві викладенні достатньо детально в існуючій довідниковій літературі.

Враховуючи інтенсивний розвиток сучасної сільськогосподарської техніки, енергонасиченість інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур та широку хімізацію аграрного виробництва в наш час питання охорони праці та навколишнього середовища набувають особливого значення.

При організації охорони праці в господарстві слід керуватися «Правилами охорони праці у сільськогосподарському виробництві», затвердженими наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240 (Зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542).

6.2 Правила техніки безпеки при роботі на розробленій машині

При експлуатації розробленого підборщика-навантажувача необхідно дотримуватися вимог безпеки, які викладені в „Правилах техніки безпеки при роботі на тракторах, сільськогосподарських і спеціалізованих машинах”. Основні правила безпечної роботи на машині заключаються в наступному:

6.1. Не допускати до роботи осіб без посвідчень тракториста-машиніста на керування машиною і які не пройшли інструктаж з техніки безпеки, про що повинен бути зроблений відповідний запис в журналі реєстрації інструктажів.

6.2. Під час руху машини водій повинен знаходитися на сидінні. Стороннім особам категорично забороняється знаходитися на збиральній машині, що працює, а також в безпосередній близькості від неї.

6.3. Забороняється виконувати ремонт або регулювання вузлів під час руху машини. Всі види регулювань і технічного обслуговування виконувати тільки після повної зупинки машини і при заглушеному двигуні.

6.4. Забороняється виконувати будь-які роботи під машиною, якщо під її колеса не поставлені гальмівні башмаки. Забороняється проводити будь-які роботи під підборщиком, що знаходиться в транспортному положенні. Для цього необхідно зафіксувати пристрій механічним фіксатором, а в місцях піддомкратування поставити спеціальні підставки і під колеса встановити гальмівні башмаки.

6.5. Перед запуском двигуна трактора важіль переключання діапазонів повинен бути в нейтральному положенні.

6.6. Перед запуском двигуна, включенням приводу робочих органів або діапазонів коробки передач для пересування машини обов'язково необхідно дати тривалий звуковий сигнал.

6.7. Після подачі сигналу необхідно перевірити можливість руху машини і роботи її механізмів і, впевнившись, що це нікому не загрожує, провести запуск двигуна або включити привід робочих органів машини.

6.8. Не чіпати руками робочі органи машини під час роботи.

6.9. Дотримуватися особливої обережності і не знаходитися поблизу незагороджених деталей, що обертаються. Не починати роботу при знятих огородженнях.

6.10. Забороняється робота навантажувача при ослабленому кріпленні вузлів і агрегатів.

6.11. Систематично перевіряти надійність роботи гальма і рульового керування.

6.12. Не виконувати роботи несправним інструментом.

6.13. В кабіні трактора слід мати аптечку і слідкувати за поповненням її всіма необхідними медикаментами.

6.14. Не працювати в незручній, вільній одежі.

6.15. Не допускається перевезення вантажів на транспортерах і інших робочих органах наантажувача.

6.16. Максимально допустимий схил під час руху машини не повинен перевищувати 15°.

6.17. При поворотах і розворотах швидкість руху агрегату необхідно зменшувати до 3-4 км/год.

6.18. Для передбачення випадкового зрушення машини з місця водій повинен перед виходом з кабіни при працюючому двигуні заблокувати важелі управління гідронасосом заціпкою і загальмувати машину стояночними гальмами.

6.19. Основний спосіб гальмування машини – зменшення подачі масла до гідромотора основного гідронасоса. Колісні гальма повинні використовуватися для гальмування машини в випадку поломки приводу ходової частини.

6.20. Для забезпечення буксирування машини необхідно встановити важіль переключення діапазонів в нейтральне положення, а педалі управління гідронасосом необхідно заблокувати заціпкою. Буксирувати машину слід на жорсткому буксирі, при необхідності пригальмовуючи її колісними гальмами

або стояночним гальмом. Швидкість буксирування на прямолінійних ділянках дороги не повинна перевищувати 7 км/год.

6.21. При роботі машини металеві труби гідроприводу ходової частини можуть нагріватися більше 80⁰С. Для запобігання опіків необхідно бути обережним при обслуговуванні машини в перші 20-30 хв. після зупинки двигуна.

6.22. Забороняється робота збиральної машини в нічний час без електричного освітлення.

6.23. Транспорт, швидкість руху якого дорівнює або перевищує швидкість руху машини, обганяти забороняється, а з настанням темноти обгін транспорту, що рухається, забороняється.

6.24. Перегін машин по дорогах загального користування виконувати в відповідності з Правилами дорожнього руху.

6.25. Необхідно періодично оновлювати знаки безпеки, які нанесені на машині.

Серед правил пожежної безпеки необхідно виділити наступні:

- забороняється підносити до паливного бака полум'я, а також курити при заправці паливом, після заправки бак необхідно насухо протерти;

- не допускати протікання з системи живлення, змащування і гідросистеми;

- в випадку займання палива користуватися вогнегасником або засипати полум'я землею, піском або прикривати брезентом, категорично забороняється заливати паливо, що горить, водою;

- в нічний час в випадку виходу із строю електрообладнання необхідно користуватися вогнебезпечними ліхтарями;

- щоденно необхідно перевіряти справність електропроводки і не допускати забруднення її маслом і пилом, так як несправність може привести до замикання проводів і займанню;

- місця стоянки і зберігання машин забезпечити протипожежними засобами, узгодженими з пожежною інспекцією.

7 РОЗРАХУНКИ ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

Розробка підборщика-навантажувача для малих фермерських господарств дозволяє оптимізувати затрати на забезпечення матеріально-технічною базою господарств з порівняно невеликими площами вирощування цукрових буряків. Удосконалення конструкції транспортера машини для збирання цукрових коренеплодів дозволяє зменшити їх пошкодження, покращити очищення вороху від рослинних і ґрунтових домішок. А значить і збільшити їх пропускну здатність, що в цілому сприяє підвищенню продуктивності машини. В зв'язку з цим в процесі роботи удосконаленої машини можна збільшити швидкість її руху, а значить і продуктивність на 15-20% в порівнянні з аналогами. При цьому кількість пошкоджених коренеплодів також зменшується на 30-40%.

Вихідні дані для визначення економічних показників проекту представлені в таблиці 7.1.

Затрати праці на збиранні цукрових буряків визначаються за формулою:

$$H = \frac{m}{W_{\text{год}}}, \quad (7.1)$$

де: m – кількість обслуговуючого персоналу;

$W_{\text{год}}$ - продуктивність машини за годину, га/год.

При збиранні цукрових буряків базовою машиною затрати праці становлять:

$$H_6 = \frac{1}{0,6} = 1,7 \text{ люд.год./га.}$$

При збиранні коренеплодів модернізованою машиною затрати праці будуть становити:

$$H_M = \frac{1}{0,9} = 1,1 \text{ люд.год./га.}$$

Таблиця 7.1 - Вихідні дані для розрахунку економічних показників

Назва показників	Базова машина	Розроблена
1. Продуктивність, га/год.	1,2	1,8
2. Питомі витрати палива, кг/га	9,6	9,0
3. Балансова вартість машини, грн.	49700	49850
4. Ширина захвату, м	1,0	1,0
5. Кількість обслуговуючого персоналу	1	1

Зниження затрат праці при використанні розробленої машини будуть становити:

$$H_3 = H_6 - H_M = 1,7 - 1,1 = 0,6 \text{ люд.год./га.}$$

Прямі експлуатаційні затрати при збиранні врожаю кормових коренеплодів розраховуються за формулою:

$$C = C_o + C_a + C_p + C_{\text{ПММ}}, \quad (7.2)$$

де C_o – оплата праці з нарахуваннями, грн./га;

C_a – амортизаційні відрахування, грн./га;

C_p – витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн./га;

$C_{\text{ПММ}}$ – витрати на паливо і мастильні матеріали, грн./га.

Оплата праці механізатору, який працює на збиральному агрегаті, нараховується за тарифною сіткою за норму виконаної роботи. По шостому розряду вона становить 348 грн. за зміну (з врахуванням підвищення мінімальної зарплати до 8000 грн.). За 1 га зібраної площі оплата праці становить:

$$C_o^1 = \frac{C_T}{W_{\#M}}, \quad (7.3)$$

де C_T – оплата праці за тарифною сіткою, грн./зм.;

$W_{зм}$ – продуктивність агрегату за зміну, га/зм.

Для механізатора, який працює на базовій машині, оплата праці за 1 га зібраної площі буде становити:

$$C_{OB}^1 = \frac{348}{8,4} = 41,4 \text{ грн./га.}$$

Крім того в господарстві проводяться доплати: 50 % - за продукцію і 50 % за складність збиральних робіт, що становить 20,7 грн./га; 12 % - за інтенсивність робіт, що становить 5,0 грн./га. І оплата праці з нарахуваннями становить:

$$C_{об}^H = 41,4 + 20,7 + 20,7 + 5,0 = 87,8 \text{ грн./га.}$$

На цю суму нараховується 20 % за класність механізатора (становить 17,6 грн./га) і 51 % соціального страхування і інших відрахувань (становить 44,8 грн./га). І тоді з врахуванням всіх нарахувань затрати на оплату праці механізатору при роботі базової машини будуть становити:

$$C_{об} = 87,8 + 17,6 + 44,8 = 150,2 \text{ грн./га.}$$

Для механізатора, який працює на агрегаті з розробленою збиральною машиною, оплата праці за 1 га зібраної площі буде становити:

$$C_{OM}^1 = \frac{348}{12,6} = 27,6 \text{ грн./га.}$$

Аналогічно крім цього проводяться доплати: 50 % - за продукцію і 50 % за складність збиральних робіт (становить 13,8 грн./га), 12 % за інтенсивність робіт (становить 3,3 грн./га). І оплата праці з нарахуваннями становить:

$$C_{ом}^H = 27,6 + 13,8 + 13,8 + 3,3 = 58,5 \text{ грн./га.}$$

На цю суму проводиться нарахування 20 % за класність механізатора (складає 11,7 грн./га) і 51 % на соціальне страхування і інше (становить 29,8 грн./га). І тоді оплата праці механізатора, який працює на вдосконаленій машині, буде становити:

$$C_{\text{ом}} = 58,5 + 11,7 + 29,8 = 100,0 \text{ грн./га.}$$

Амортизаційні відрахування визначаються виходячи з річних норм на відрахування від загальної вартості машини за формулою:

$$C_a = \frac{C \cdot \alpha}{100 \cdot D \cdot K \cdot W_{3M}}, \quad (7.4)$$

де C – балансова ціна машини, грн.;

D – кількість днів роботи в рік;

K – коефіцієнт змінності.

За нормативами річна норма відрахувань на амортизацію для збиральної машини становить 15 % [25]. Тоді відрахування для базової машини будуть становити:

$$C_{\text{аб}} = \frac{49700 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 8,4} = 16,4 \text{ грн./га.}$$

Амортизаційні відрахування на розроблену збиральну машину будуть становити:

$$C_{\text{ам}} = \frac{49850 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 12,6} = 11,0 \text{ грн./га.}$$

Затрати на ремонт і технічне обслуговування агрегату також визначається за нормативами, які становлять 15 % в рік від вартості машини. Розрахунки проводяться за формулою:

$$C_p = \frac{C \cdot \beta}{100 \cdot D \cdot K \cdot W_{3M}}, \quad (7.5)$$

де β - норма річних відрахувань на ремонт і технічне обслуговування, %.

Для базової машини затрати на ремонт і технічне обслуговування машини будуть дорівнювати:

$$C_{p.б} = \frac{49700 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 8,4} = 16,4 \text{ грн./га.}$$

Для розробленої збиральної машини затрати на ремонт і технічне обслуговування будуть становити:

$$C_{p.м} = \frac{49850 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 12,6} = 11,0 \text{ грн./га.}$$

Витрати на паливо і мастильні матеріали визначаються по формулі:

$$C_{пмм} = C_{п} \cdot G_{га} \quad (7.6)$$

де $C_{п}$ – комплексна ціна 1 кг палива;

$G_{га}$ – витрати палива на 1 га.

Комплексна ціна включає витрати на основне і пускове паливо, а також на мастильні матеріали і диференціюється в залежності від марки двигуна і машини, а також зони застосування. Приймаємо слідуєчі норми витрат мастильних матеріалів і пускового бензину в % до основного палива [28]:

- моторне масло – 11,7 %;
- трансмісійне масло – 3,43 %;
- індустриальне масло – 0,64 %;
- консерваційні мастила – 0,47 %.

На сьогодні вартість на паливо і мастильні матеріали залежить від цінової політики ринку, величини оптових закупок, постачальника і т. ін. Для розрахунків приймаємо комплексну ціну 1 кг палива в розмірі 59,1 грн./кг. Тоді затрати на паливо і мастильні матеріали для базової машини становлять:

$$C_{пмм}^б = 59,1 \cdot 9,6 = 567,4 \text{ грн./га.}$$

При роботі агрегату з розробленою збиральною машиною затрати на ПММ будуть становити:

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{М}} = 59,1 \cdot 9,0 = 531,9 \text{ грн./га.}$$

Загальні прямі експлуатаційні затрати при роботі базового агрегату будуть дорівнювати:

$$C_{\text{б}} = 150,2 + 16,4 + 16,4 + 567,4 = 750,4 \text{ грн./га.}$$

Загальні прямі експлуатаційні затрати при роботі агрегату з удосконаленою машиною будуть становити:

$$C_{\text{м}} = 100,0 + 11,0 + 11,0 + 531,9 = 653,9 \text{ грн./га.}$$

Зниження прямих затрат при впровадженні розробленої машини в виробництво в порівнянні з базовим об'єктом буде становити:

$$E = C_{\text{б}} - C_{\text{м}} = 750,4 - 653,9 = 96,5 \text{ грн./га} \quad (7.7)$$

В відсотках економічний ефект буде становити:

$$E_{\text{в}} = \frac{96,5 \cdot 100}{750,4} = 12,9 \text{ \%}.$$

Від зменшення пошкоджень коренеплодів загальна кількість втрат зменшиться на 10 – 18%, що при урожайності 45 т/га становить 4,5 – 8,1 т/га. При закупочній вартості коренеплодів 2000 грн./т додатковий економічний ефект від зменшення втрат в середньому становитиме

$$E_{\text{д}} = 6,3 \cdot 2000 = 12600 \text{ грн./га.}$$

На площі 300 га додатковий економічний ефект становить

$$E_{dc} = 12600 \cdot 300 = 3780000 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект при впровадженні розробок на площі 300 га буде становити:

$$E_p = 96,5 \cdot 300 + 3780000 = 3808950 \text{ грн.}$$

Таблиця 7.2 - Основні техніко-економічні показники проекту

Показники	Базова машина	Модернізована
1. Продуктивність, га/год.	1,2	1,8
2. Питомі витрати палива, кг/га	9,6	9,0
3. Затрати праці, люд.год./га	1,7	1,1
4. Прямі експлуатаційні затрати, грн./га	750,4	653,9
в т.ч. – оплата праці з нарахуваннями	150,2	100,0
- амортизаційні відрахування	16,4	11,0
- затрати на ремонт і ТО	16,4	11,0
- затрати на ПММ	567,4	531,9
5. Зниження прямих затрат, грн./га	-	96,5
6. Додатковий ефект від зменшення витрат, грн..	-	3780000
6. Річний економічний ефект, грн.	-	3808950
7. Строк окупності затрат, років	-	0,01

Окупність затрат на удосконалення збиральної машини визначаються за формулою:

$$E_o = \frac{C_M}{E_P} \quad (7.8)$$

$$E_o = \frac{49850}{3808950} = 0,01 \text{ років}$$

Основні техніко-економічні показники, розраховані в проекті, приведені в таблиці 7.2.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Україна належить до високорозвинених бурякосіючих країн Європи і світу, де цукор є одним із головних стратегічних продуктів, сировину якого виробляє сільське господарство. Ґрунтові і кліматичні умови районів бурякосіяння в цілому дають змогу одержувати високі врожаї цукрових буряків з достатнім рівнем цукристості і високими технологічними якостями.

2. Для забезпечення засобами механізації збирання цукрових буряків в малих фермерських господарствах, підвищення якості збиральних робіт, продуктивності машин виникла необхідність в розробці підборщика-навантажувача. Розроблена конструкція навантажувача коренеплодів дає можливість якісного проведення технологічної операції, зменшення пошкодження коренеплодів.

3. Виконано аналіз конструкцій транспортерів збиральних машин, розроблена конструкція транспортера підборщика-навантажувача і визначено оптимальні параметри і режим його роботи.

4. Розроблені заходи з охорони праці дозволять підвищити рівень безпеки праці при виконанні збиральних робіт.

5. Результати розрахунків економічної ефективності показують, що впровадження розробленої збиральної машини дозволять одержати річний економічний ефект в сумі 3808950 грн. При цьому затрати праці знижуються на 0,6 люд.год./га, а затрати на удосконалення машини окупаються за перший рік її експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Челапко Н. Цукровий буряк 2022. Посівні площі. Переробні потужності. Залишки й експорт// <https://latifundist.com/spetsproekt/964-tsukrovij-buryak-2022-posivni-ploshchi-pererobni-potuzhnosti-zalishki-j-eksport>.
2. Чи варто вирощувати цукровий буряк?// <https://aggeek.net/ru-blog/ukraintsi-siyut-tsukrovij-buryak>.
- 3.Маковей Ю. Як виростити та скільки можна заробити на цукровому буряку. - 25 січня 2024 р.// <https://kurkul.com/spetsproekty/1543-yak-virostiti-ta-skilki-mojna-zarobiti-na-tsukrovomu-buryaku--daydjest>.
4. Маковей Ю. Чи вигідний цукровий буряк - аналіз та підсумки сезону 2024. - 27 грудня 2024// <https://kurkul.com/spetsproekty/1684-chi-vigidniy-tsukrovij-buryak--analiz-ta-pidsumki-sezonu-2024>.
5. ЄС не в пріоритеті. Україна експортувала сотні тисяч тонн цукру — які країни купують найбільше//<https://biz.nv.ua/ukr/economics/yaki-krajini-paybilshe-kuuyut-ukrajinskogo-cukru-50496106.html>.
6. Кобець А.С., Іщенко Т.Д., Волик Б.А., Демидов О.А. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.
7. Цукровий буряк // Енциклопедія сільського господарства. – К.,2005.– 487 с.
8. Роїк М., Мазуренко А. Сучасна вітчизняна біоорганічна агро технологія вирощування цукрових буряків// Пропозиція. - № 12, 2006. – с. 123-125. № 1, 2007. с. 104-108.
9. Пиркін В.І. Перспективи ефективного розвитку галузі буряківництва на Україні// Цукрові буряки. - №3-4, 2008. с. 9 – 11.
10. Маслак О. Ільченко О. Економіка цукрових буряків в Україні// Пропозиція. – 2015, №6 (240). – с.32-36.
11. Яценко В.Г. Технологія індустріального виробництва цукрових буряків, К.: Урожай, 1987.

12. Булгаков В.М. Бурякозбиральна техніка: стан і перспективи її створення // Техніка АПК. – 1995. - № 3. – С. 5-6.
13. Бондар В. Про прибутковість вирощування цукрових буряків// Агробізнес сьогодні. – №4 (203) , лютий 2011.- с. 12-16.
14. Отченаш В.А. Ефективність вирощування цукрових буряків та цукру в Україні// Ефективна економіка. - №11, 2012.
15. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні/ А.С.Кобець, О.Д.Деркач, М.І.Ролдугін, В.М.Яцук, П.М.Кухаренко, А.М.Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. – Дніпропетровськ, 2014. – 285 с.
16. Карабиньош С., Новицький А., Сиволапов А. Бурякозбиральні машини та їх характеристики// Пропозиція. – № 11, 2011. с. 135-141.
17. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агросвіт», 2015. – 679 с.
18. Барановський В.М., Онищенко В.Б., Соломка В.О., Кропивко С.В., Виговський А. Ю. Напрямки вдосконалення сепаруючих робочих органів коренезбиральних машин // Збірник наук. праць Національного аграрного університету „Механізація сільськогосподарського виробництва”. Том XII. – Київ: НАУ, 2002. – С. 31- 41.
19. Сисолін П.В, Сало В.М., Кропивний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн.1. Машини для рільництва /За ред. Чорновола М.І.- К.: Урожай, 2001. - 384с.
20. Машиновикористання та екологія довкілля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф.Головчука.– К.: Грамота,2007.- 360 с.
21. Кобець А.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин: Навчальний посібник/ Дніпропетровський державний аграрний університет. – Дніпропетровськ, 1999. – 204 с.

22. Довідник з опору матеріалів / Пісаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвієв В.В. Відп. Ред. Пісаренко Г.С. – 2-е вид., перероб. і доп. К: Наукова думка, 1988 – 736 с.

23. Землеробська механіка. Т.2. Теоретичні основи сільськогосподарської механіки/ А.С. Кобець, А.Г. Дем'яненко, О.Ю. Береза, О.А. Гонь і ін.- Дніпро, «Свідлер А.Л.», 2022. – 712 с.

24. Машиновикористання в землеробстві /В.Ю. Ільченко, Ю.П. Нагірний, П.А. Дзолос та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка, Ю.П. Нагірного. – К.: Урожай, 1996. –384с.

25. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві /В.Ю. Ільченко, В.П. Карасьов, А.С. Лімонт та ін.; За ред. В.Ю. Ільченка. –К.: Урожай, 1993. 224 с.

26. Гряник Г.М., Лехман С.Д., Бутко Д.А. Охорона праці. – К.: Урожай, 1994. – 272 с., іл..

27. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві// Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542.

28. Вініченко І.І, Сітковська А.О. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства// Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.