

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

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: **Обґрунтування параметрів картоплекопача з дослідженням
впливу фізико-механічних властивостей ґрунту на процес
збирання картоплі**

Виконав(ла): студент(ка) 2 курсу, групи МГм-61
спеціальності 208

Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

(підпис)

Майка О.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник

(підпис)

Олексюк В.П.

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

(підпис)

Сташків М.Я.

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

(підпис)

Бабій А.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Тернопіль
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 магістр
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю 208 Агроінженерія
(шифр і назва спеціальності)

студенту Майці Олександр Руслановичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Обґрунтування параметрів картоплекопача з дослідженням впливу фізико-механічних властивостей ґрунту на процес збирання картоплі

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

Затверджені наказом ректора від « 14 » листопада 2025 року № 4/7-969

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи

Технічні характеристики однорядного картоплекопача; продуктивність – 0,16 га/год;

склад агрегату: Т40 + КТ-0,6; кількість викопуваних рядків - 1 рядок;

швидкість копання – 2,2 км/год; фізико-механічні характеристики ґрунту в межах ПП

«Агропродсервіс Ярчівці»

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

Реферат. Вступ. 1. Загально-технічний розділ. 2. Аналітико-дослідницький розділ.

3. Проектно-рекомендаційний розділ. 4. Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях.

Загальні висновки.

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

1. Огляд картоплезбиральної техніки. 2. Аналіз підкопуючих та сепаруючих пристроїв

3. Загальний вигляд картоплекопача. 4. Технічні характеристики картоплекопача.

5. Технологія збирання картоплі. 6. Деталювання. 7. Результати досліджень.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	Сенчишин В.С., доцент		
	Стручок В.С., ст.викл.		

7. Дата видачі завдання

14.11.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Загально-технічний розділ	30.11.2025 р.	
2	Аналітико-дослідницький розділ	15.11.2025 р.	
3	Проектно-рекомендаційний розділ	30.11.2025 р.	
4	Охорона праці та безпека у надзвичайних ситуаціях	10.12.2025 р.	
5	Реферат. Вступ. Висновки	15.12.2025 р.	
6	Ілюстративна частина. Специфікації	20.12.2025 р.	

Студент

(підпис)

Майка О.Р.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Олексюк В.П.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Майка Олександр Русланович.

Тема роботи – «Обґрунтування параметрів картоплекопача з дослідженням впливу фізико-механічних властивостей ґрунту на процес збирання картоплі».

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

Традиційні конструкції картоплекопачів часто розраховані на усереднені умови роботи й недостатньо адаптовані до змін фізико-механічних характеристик ґрунту. Це призводить до таких проблем як збільшення тягового опору та перевантаження агрегату; неповне відділення ґрунту та домішок; підвищений рівень травмування бульб; нерівномірність подачі ґрунтово-картопляної маси на сепарувальні системи; втрати врожаю через неякісне підкопування; зростання енергоспоживання та витрат пального.

Тому дослідження впливу фізико-механічних властивостей ґрунту на параметри картоплекопача є своєчасним і необхідним для формування технологічно обґрунтованих рішень.

Отже, тема кваліфікаційної роботи є сучасною, науково значущою та практично важливою. Вона відповідає потребам розвитку аграрної техніки, спрямованої на підвищення якості збирання, адаптацію до природних і технологічних умов та зменшення втрат продукції.

Мета роботи

Метою кваліфікаційної роботи є обґрунтування конструктивних і технологічних параметрів картоплекопача з урахуванням впливу фізико-

механічних властивостей ґрунту на процес підкопування, відділення та переміщення бульб картоплі.

Об'єкт, методи та джерела дослідження

Об'єкт дослідження. Процес механізованого підкопування та сепарації ґрунтово-картопляної маси при збиранні картоплі картоплекопачем КТ-0,6.

Предмет дослідження. Вплив фізико-механічних властивостей ґрунту на тяговий опір, енерговитрати, ефективність очищення та травмування бульб.

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

Отримані результати:

- проведено аналіз впливу основних фізико-механічних властивостей ґрунту на процеси, які протікають при викопування картоплі;
- визначено номенклатуру фізико-механічних властивостей ґрунту, що впливають на роботу картоплекопача та розглянуто конструкції сучасних однорядних картоплезбиральних машин та тенденції їх удосконалення;
- досліджено закономірності впливу фізико-механічних властивостей ґрунту (вологості, щільності, структури та адгезії) на енергетичні та якісні показники роботи картоплекопача;
- встановлено параметри, що забезпечують мінімальні енерговитрати та високі показники якості викопування;
- розроблено узагальнені рекомендації щодо режимів роботи картоплекопача у конкретних ґрунтових умовах;
- проведено обґрунтування параметрів основних виконавчих механізмів картоплекопача, зокрема підкопуючого лемеша та сепаруючого пристрою;
- наведено розрахунки тягових характеристик трактора та тягового опору картоплекопача, а також визначено продуктивність агрегату та витрати палива;
- розглянуто вимоги техніки безпеки при роботі на картоплезбиральних машинах та висвітлено питання заходів пожежної безпеки при збиранні врожаю картоплі.

Практичне значення отриманих результатів.

Практична цінність полягає визначенні впливу сукупності фізико-механічних властивостей ґрунту на динаміку роботи картоплекопача та встановленні закономірностей зміни тягового опору та ефективності відділення бульб залежно від параметрів ґрунтового середовища.

Можливість застосування отриманих результатів для удосконалення конструкції картоплекопачів, вибору режимів їх роботи, підвищення продуктивності та якості збирання картоплі, а також зменшення енерговитрат і зниження рівня механічних пошкоджень бульб.

Апробація. Окремі результати роботи доповідались VIII Міжнародній студентській конференції „Природничі та гуманітарні науки“, Тернопіль, 24-25 квітня 2025 року.

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 – 66, додатки – 2 арк. формату А4, ілюстративний матеріал – 14 арк. формату А4.

Ключові слова: картоплекопач, машинно-тракторний агрегат, технологія викопування, ґрунтово-картопляна маса, фізико-механічні властивості ґрунту,

УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ

φ – кут тертя маси бульбоносного пласта по поверхні лемеша, град;
 ψ – кут тертя рослинних решток по поверхні лемеша, град;
 B – ширина підкопаного пласта, м;
 b_1 – зазор між лемешем та дисковими ножами, м;
 $h_{\text{л}}$ – висота підйому пласта лемешем, м;
 $l_{\text{п}}$ – довжина відкидних пальців, м;
 d – діаметр зірочки елеватора, м;
 s – найбільший розмір твердих грудок та каміння, м;
 Δb – монтажний зазор між пальцями, м;
 L – довжина елеватора, м;
 a і b – дослідні коефіцієнти;
 $\Delta V_{\text{ел}}$ – максимальна швидкість співудару бульб з поверхнею полотна елеватора, м/с;
 g – прискорення вільного падіння, м/с²;
 h – максимально допустима висота падіння бульб на не прогумовану поверхню, м;
 K – коефіцієнт пропорційності;
 $B_{\text{ел}}$ – ширина полотна елеватора, м;
 z – кількість ланцюгів, шт;
 F_t – колове зусилля на зірочках, Н;
 k_f – коефіцієнт, який враховує вплив провисання ланцюга;
 q – маса одного погонного метра ланцюга, кг/м;
 a – міжосьова відстань елеватора, м;
 B – ширина полотна елеватора, м;
 N – потужність, яка витрачається на привід елеватора, Вт;
 $V_{\text{ес}}$ – середня швидкість руху полотна елеватора, м/с;
 γ – об'ємна вага вороху, Н/м³;
 V – об'єм вороху на елеваторі, м³.

$N_{ен}$ – номінальна потужність двигуна, кВт;
 i – загальне передаточне число трансмісії на даній передачі;
 η_m – механічний коефіцієнт корисної дії трансмісії;
 n_n – номінальна частота обертання колінчастого валу двигуна, $хв^{-1}$;
 r_k – радіус кочення ведучого колеса, м;
 d – посадочний діаметр шини, ";
 b – ширина профілю шини, ";
 V_n – розрахункова швидкість руху трактора на даній передачі, м/с;
 $G_{тр}$ – вага трактора, Н;
 λ_k – коефіцієнт навантаження ведучих коліс трактора;
 f – коефіцієнт опору руху трактора;
 ρ – нахил рельєфу, град;
 n_d – частота обертання колінчастого вала двигуна, $хв^{-1}$;
 δ – буксування ведучих коліс трактора, %.
 n_x – частота обертання колінчастого вала двигуна на холостих обертах, об/хв.;
 p – безрозмірний параметр;
 k – питомий опір машини, Н/м;
 B – ширина захвату машини, м;
 G_k – вага картоплекопача, Н;
 f – коефіцієнт опору коченню картоплекопача;
 k_0 – питомий опір машини при швидкості руху V_0 , Н/м;
 ΔC – темп збільшення питомого опору;
 B_p – робоча ширина захвату агрегату, м;
 T_p – чистий робочий час, год;
 L_p – середня робоча довжина гону, м;
 l_x – середня питома довжина холостого ходу на загоні, яка приходить на один робочий хід агрегату, м;
 L – довжина робочої ділянки, м;
 E – мінімальна ширина поворотної смуги, м;
 R_0 – радіус повороту агрегату, м;

d_a – кінематична ширина агрегату, м;

e – довжина виїзду агрегату, м;

$T_{зм}$ – час зміни, год;

$T_{техн}$ – час, який витрачається на технологічне обслуговування агрегату, год;

$T_{пз}$ – час на зупинки агрегату, год;

$T_{ф}$ – час на зупинки по фізіологічним причинам, год;

$T_{пер}$ – час на переїзди агрегату, год;

τ – коефіцієнт тривалості поворотів;

G_p, G_x, G_z – годинна витрата палива на основній роботі, на поворотах, заїздах, переїздах, на зупинках з працюючим двигуном, кг/год;

T_x – час холостого ходу агрегату протягом зміни, год;

T_z – час зупинок агрегату з працюючим двигуном, год.

ЗМІСТ

Вступ	11
1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ	12
1.1 Вплив фізико-механічних властивостей ґрунту на процес збирання картоплі	12
1.2 Аналіз сучасних однорядних картоплезбиральних машин та тенденції їх удосконалення	15
1.3 Будова та характеристики картоплекопача	20
1.4 Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи	23
2. АНАЛІТИКО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ	25
2.1 Дослідження впливу фізико-механічних властивостей ґрунту на процес збирання картоплі	25
2.2 Узагальнення досліджень і практичні рекомендації щодо впливу фізико-механічних властивостей ґрунту на збирання картоплі	32
3. ПРОЕКТНО-РЕКОМЕНДАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ	35
3.1 Обґрунтування параметрів підкопуючого лемеша	35
3.2 Обґрунтування параметрів сепаруючого пристрою	38
3.3 Розрахунок тягових характеристик трактора	44
3.4 Розрахунок тягового опору картолекопача	49
3.5 Розрахунок продуктивності агрегату і витрат палива	52
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	55
4.1 Вимоги техніки безпеки при роботі на картоплезбиральних машинах	55
4.2 Заходи пожежної безпеки при збиранні врожаю картоплі	59
Загальні висновки	61
Перелік посилань	63
Додатки	66

ВСТУП

Картопля належить до провідних продовольчих і технічних культур, а площі її вирощування в Україні стабільно залишаються одними з найбільших у Європі. Забезпечення високої ефективності процесу збирання є визначальним чинником для мінімізації втрат урожаю, зниження собівартості та підвищення загальної рентабельності виробництва.

Функціонування картоплезбиральних машин істотно залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту, які формуються під впливом агрокліматичних, технологічних та геологічних чинників. До основних параметрів, що впливають на якість копання, належать вологість, щільність, опір зсуву, адгезійні показники, гранулометричний склад і структура ґрунтового середовища. Саме ці характеристики визначають механізм руйнування пласта, величину тягового опору підкопування, рівномірність відділення бульб від ґрунту та рівень їх механічного пошкодження. У реальних польових умовах коливання фізико-механічних властивостей часто спричиняє збільшення енергоспоживання машини та погіршення товарної якості картоплі.

Невідповідність параметрів робочих органів картоплекопача особливостям ґрунту призводить до зростання навантаження на агрегат, забивання робочої зони, збільшення травмування бульб і зниження продуктивності. Це актуалізує необхідність наукового обґрунтування конструктивних і технологічних параметрів картоплекопача з урахуванням специфіки ґрунтових умов.

Отже, підвищення ефективності взаємодії робочих органів копача з ґрунтом є ключовим напрямом удосконалення картоплезбиральної техніки. Дослідження впливу фізико-механічних властивостей ґрунту на параметри картоплекопача є своєчасним та необхідним для обґрунтування раціональних конструктивно-технологічних рішень.

1. ЗАГАЛЬНО-ТЕХНІЧНИЙ РОЗДІЛ

1.1. Вплив фізико-механічних властивостей ґрунту на процес збирання картоплі

Процес механізованого збирання картоплі визначається складною динамікою взаємодії робочих органів картоплезбиральної техніки з ґрунтовим середовищем. Фізико-механічні характеристики ґрунту безпосередньо впливають на ефективність підкопування бульб, інтенсивність їх відокремлення від ґрунтових домішок, рівень механічних пошкоджень, пропускну здатність сепарувальних систем та енергетичні витрати машини. Наведені нижче властивості відображають стан ґрунту з точки зору його реакції на зовнішні механічні навантаження, що супроводжують технологічний процес збирання картоплі [4].

Вологість ґрунту та її роль у процесі викопування й сепарації

Вологість ґрунту – один з найважливіших факторів, що визначає структуру, в'язкість та здатність до руйнування ґрунтових агрегатів. Від рівня вологості залежать:

- зчеплення частинок ґрунту між собою;
- адгезія ґрунту до металевих поверхонь;
- формування грудок;
- якість підкопування та ефективність просіювання на сепараторах.

При низькій вологості (до 12–14%) ґрунт є надмірно крихким та утворює тверді грудки, які важко руйнуються на ланцюгових та грохотних транспортерах. Це зумовлює збільшення травмування бульб, оскільки тверді грудки завдають ударних навантажень [15].

Оптимальний діапазон вологості 16–20% забезпечує структурний стан ґрунту, за якого: грудки легко руйнуються, ґрунт добре проходить крізь пруди транспортерів, налипання мінімальне, травмованість бульб найнижча.

Перевищення вологості понад 22–25% спричиняє надмірну липкість, збільшення маси ґрунтової суміші та утворення великих пластичних агрегатів. У таких умовах сепарувальні органи працюють з меншою ефективністю, транспортери забиваються, зростають втрати та підвищується енергоспоживання машини.

Щільність ґрунту та її вплив на роботу викопуючих органів

Щільність ґрунту визначає його ступінь ущільненості, а відповідно – опір підкопуванню. При збиранні картоплі щільність ґрунту впливає на [15]:

- величину тягового опору копача,
- глибину залягання бульб,
- характер руйнування ґрунтового пласта,
- ступінь ударних навантажень на бульби.

У пухкому ґрунті (1,10–1,20 г/см³) підкопувальний ніж легко входить у пласт, руйнування відбувається рівномірно, а бульби вивільняються без значних навантажень. У таких умовах спостерігається найнижчий рівень пошкоджень.

При щільності понад 1,30–1,35 г/см³ підвищується опір копачів, зростають вібрації, збільшується частка нерозірваних грудок. Як наслідок – механічні пошкодження бульб можуть зростати у 1,5–2 рази. Крім того, ущільнений ґрунт швидше зношує робочі органи і потребує збільшення тягової потужності.

Адгезійні властивості ґрунту та їх вплив на просіювання

Адгезія – це здатність ґрунту налипати на металеві елементи машини. Адгезійні властивості особливо важливі для глинистих та перезволожених ґрунтів.

Висока адгезія призводить до:

- налипання ґрунту на прутки ланцюгових транспортерів;
- зменшення площі сепарування;

- утворення «валиків» ґрунту, які блокують роботу грохотів;
- зниження пропускної здатності системи.

При значному налипанні ґрунту зменшується реальний кут просіювання, і машина потребує збільшення частоти вібрації або зміни прямої швидкості руху [4]. У крайніх випадках може виникнути забивання зупинкою процесу.

Міцність та структура ґрунту: вплив на якість відділення бульб

Міцність ґрунтових структур характеризується: кутом внутрішнього тертя, коефіцієнтом зчеплення частинок, опором зсуву.

Чим вищі ці показники, тим міцніші й твердіші грудки утворюються в процесі викопування [4].

Тверді грудки мають два негативні наслідки:

- Зниження ефективності сепарації. Вони важко руйнуються навіть вібраційними робочими органами.
- Підвищене травмування бульб. Зіткнення картоплини з твердою грудкою часто призводить до ударних пошкоджень.

Структурні супіщані ґрунти є найбільш сприятливими для збирання. Глинисті та суглинкові – найбільш проблемні.

Вплив фізико-механічних властивостей на енергоспоживання

Енергоспоживання картоплезбиральної машини залежить від:

- опору підкопуванню;
- маси переміщуваної ґрунтової суміші;
- інтенсивності роботи сепарувальних органів.

При збільшенні щільності ґрунту з 1,10 до 1,45 г/см³ енергоспоживання може збільшитися на 40–60%. Це зумовлено не лише зростанням опору різанню, а й необхідністю збільшувати амплітуду та частоту коливань сепараційних органів.

Таким чином фізико-механічні властивості ґрунту визначають більшу частину технологічних процесів під час збирання картоплі – від підкопування

до кінцевої сепарації [4].

Найкращою для роботи є вологість 18–20%, за якої досягається максимальна ефективність сепарації та мінімальний відсоток пошкоджень.

Щільність ґрунту понад 1,35 г/см³ є критичною і призводить до зростання енергоспоживання та збільшення механічних пошкоджень бульб.

Адгезійні властивості значно погіршують роботу сепарувальних систем, особливо в глинистих перезволожених ґрунтах.

1.2. Аналіз сучасних однорядних картоплезбиральних машин та тенденції їх удосконалення

Сучасні однорядні картоплезбиральні машини відіграють ключову роль у технологічному циклі вирощування та збирання картоплі в фермерських та середніх за розміром господарствах. Такі агрегати забезпечують механізоване підкопування бульб, їх первинну очистку та сепарацію від ґрунтових домішок, накопичення у бункері та подальше розвантаження у транспортні засоби. На відміну від самохідних багаторядних комбайнів, однорядні причіпні машини характеризуються меншою масою та габаритами, підвищеною маневровістю і доступнішою вартістю. Ці переваги роблять їх оптимальним рішенням для господарств із відносно невеликими площами, складними рельєфними умовами або неоднорідними ґрунтами [5, 19].

GRIMME SE 75-55

Одним із найбільш поширених представників однорядних картоплезбиральних машин є причіпний бункерний комбайн GRIMME SE 75-55. Ця модель належить до однорядних зміщених (offset) комбайнів і оснащена грохотними елеваторами, багатоступеневою системою сепарації та бункером місткістю близько 5,5–5,8 т. Конструкція машини включає декілька варіантів сепараційних систем, що дає змогу ефективно працювати на кам'янистих,

грудкуватих і легких ґрунтах. Комбайн обладнаний розширеним сортувальним столом та електронною системою керування, яка забезпечує автоматичне налаштування робочих режимів відповідно до фактичних польових умов.



Рисунок 1.1 – Однорядна причіпна картоплезбиральна машина
GRIMME SE 75-55

Dewulf GBC

Компанія Dewulf пропонує низку однорядних причіпних бункерних картоплезбиральних машин, серед яких особливої уваги заслуговує модель GBC – компактний однорядний топ-ліфтинговий комбайн із бункером. Машина оснащена системою керованих коліс та гідроциліндром на дишлі, що забезпечує підвищену маневровість і точне наведення на рядок. Такі конструктивні особливості є особливо важливими для фермерських господарств, які працюють на ділянках зі складною конфігурацією або невеликою площею.



Рисунок 1.2 – Однорядний причіпний картоплезбиральний комбайн
Dewulf GBC

AVR Spirit 6100

Ще одним прикладом сучасної однорядної картоплезбиральної техніки є AVR Spirit 6100 – причіпний однорядний бункерний комбайн із бункером місткістю до 6 т. Машина вирізняється «делікатним» режимом роботи з бульбами, який досягається завдяки плавній схемі переміщення продукції, мінімальним висотам падіння та вдосконаленій системі очищення.



Рисунок 1.3 – Однорядний бункерний картоплезбиральний комбайн AVR
Spirit 6100

Модифіковані грохотні елеватори та очисні робочі органи забезпечують високий рівень сепарації при збереженні цілісності бульб, що має вирішальне значення під час збирання картоплі ранніх строків, орієнтованої на реалізацію у свіжому вигляді.

Основні тенденції удосконалення однорядних картоплезбиральних машин

На основі аналізу технічних характеристик сучасних однорядних картоплезбиральних машин та узагальнення наукових джерел, присвячених розвитку картоплезбиральної техніки, можна виокремити низку ключових тенденцій її удосконалення [5, 19].

1. Підвищення якості сепарації за одночасного зменшення пошкоджень бульб. Ця тенденція реалізується шляхом використання комбінованих систем очищення, у яких грохотні елеватори поєднуються з пальчиковими, роликowymi, вальцевими сепараторами, каменевідокремлювачами та робочими органами з гумовими або поліуретановими накладками. Така багатоступенева система забезпечує можливість точного регулювання інтенсивності сепарації відповідно до фізико-механічних властивостей ґрунту та ступеня крихкості бульб, що особливо важливо для мінімізації травмування продукції.

2. Збільшення місткості бункерів та зростання продуктивності машин. Сучасні однорядні комбайни оснащуються бункерами об'ємом 5–6 тонн, що зменшує кількість циклів розвантаження та скорочує непродуктивні простой. Завдяки цьому однорядні причіпні комбайни наближаються за продуктивністю до дворядних, водночас зберігаючи характерні переваги – меншу масу, компактність та високу маневровість.

3. Активне впровадження електронних систем керування та цифрових технологій. Сучасні машини оснащуються ISOBUS-терміналами, електрогідравлічними приводами, системами автоматичного регулювання висоти підкопування, швидкості елеваторів, кута нахилу рам та інших параметрів. Це забезпечує адаптацію режимів роботи до змін вологості,

щільності та структури ґрунту, зменшує вплив людського фактора та дає змогу інтегрувати техніку у системи точного землеробства.

4. Підвищення маневровості та екологічності машин. Конструктивні удосконалення, такі як застосування керованих осей, укорочених колісних баз та широкопрофільних шин, сприяють зменшенню радіуса повороту та зниженню питомого тиску на ґрунт. Це має важливе значення для збереження агрофізичних властивостей ґрунту й особливо актуально для невеликих або складних за конфігурацією полів, де переважно працюють фермерські господарства.

5. Адаптація конструкції та режимів роботи до конкретних ґрунтово-кліматичних умов. Виробники сучасних комбайнів передбачають можливість використання змінних підкопувальних органів, регульованих зазорів і кутів нахилу елеваторів, а також варіативність типів сепараційних систем залежно від вологості, щільності, кам'янистості та структурних особливостей ґрунту. Такий підхід забезпечує якісне збирання навіть у випадку значної мінливості фізико-механічних властивостей ґрунтового середовища.

Узагальнений аналіз свідчить, що сучасні однорядні картоплезбиральні машини характеризуються високим рівнем технічної оснащеності, розвиненими системами очищення та значною адаптивністю до різноманітних ґрунтових умов. Основні напрями їх удосконалення охоплюють підвищення ефективності сепарації та мінімізацію травмування бульб, збільшення місткості бункера, широке впровадження електронних систем керування, покращення маневрових характеристик машини та зменшення ущільнення ґрунту, а також узгодження конструктивних параметрів із фізико-механічними властивостями ґрунту.

Таким чином, однорядні картоплезбиральні комбайни фактично слугують універсальною базою, яку можна налаштовувати відповідно до конкретних ґрунтових умов. Це особливо важливо в контексті теми кваліфікаційної роботи, присвяченої врахуванню впливу фізико-механічних властивостей ґрунту на функціонування робочих органів картоплекопача.

1.3. Будова та характеристики картоплекопача

Удосконалення картоплекопача спрямоване на підвищення ефективності роботи картоплезбиральних машин у складних ґрунтових умовах, збільшення обсягів зібраної продукції, зниження трудових витрат та мінімізацію пошкоджень бульб у процесі збирання.

Картоплекопач (рис. 1.4) призначений для роботи на важких ґрунтах із вологістю в межах 10–27% і може ефективно застосовуватися на вологих торфовищах. Машина оптимально функціонує при гребеневій та напівгребеневій технології вирощування картоплі з міжряддями 60–70 см. Для агрегаткування рекомендовано трактори тягового класу 0,9 усіх модифікацій. Приведення робочих органів у дію здійснюється від гідросистеми енергозасобу.

Нижче наведено коротку характеристику основних конструктивних елементів картоплекопача та їх функціонального призначення.

Копіювальний коток (позиція 3) забезпечує відтворення рельєфу поверхні поля та стабілізацію глибини ходу підкопувальних органів. Налаштування глибини здійснюється за допомогою важільної системи, що дозволяє вертикальне переміщення котка, закріпленого у передній частині рами.

Відрізні диски (позиція 7) призначені для точного відокремлення частини гряди картоплі з необхідною шириною та попередження її руйнування перед подачею у сепарувальний механізм. Крім того, диски ефективно усувають рослинні рештки, що запобігає засміченню підкопувального механізму. Глибина роботи дисків є регульованою.

Леміш забезпечує підбирання розпушеного ґрунту та його подачі на сепарувальний елеватор. Він має трикутну форму, що зменшує ризик забивання підкопувальних елементів рослинними рештками, та характеризується кутом загострення близько 90°, який забезпечує стабільне входження в ґрунт.

Активний сепаруючий елеватор призначений для інтенсивного відділення ґрунтової маси від бульб, що надходять з підкопувального органу.

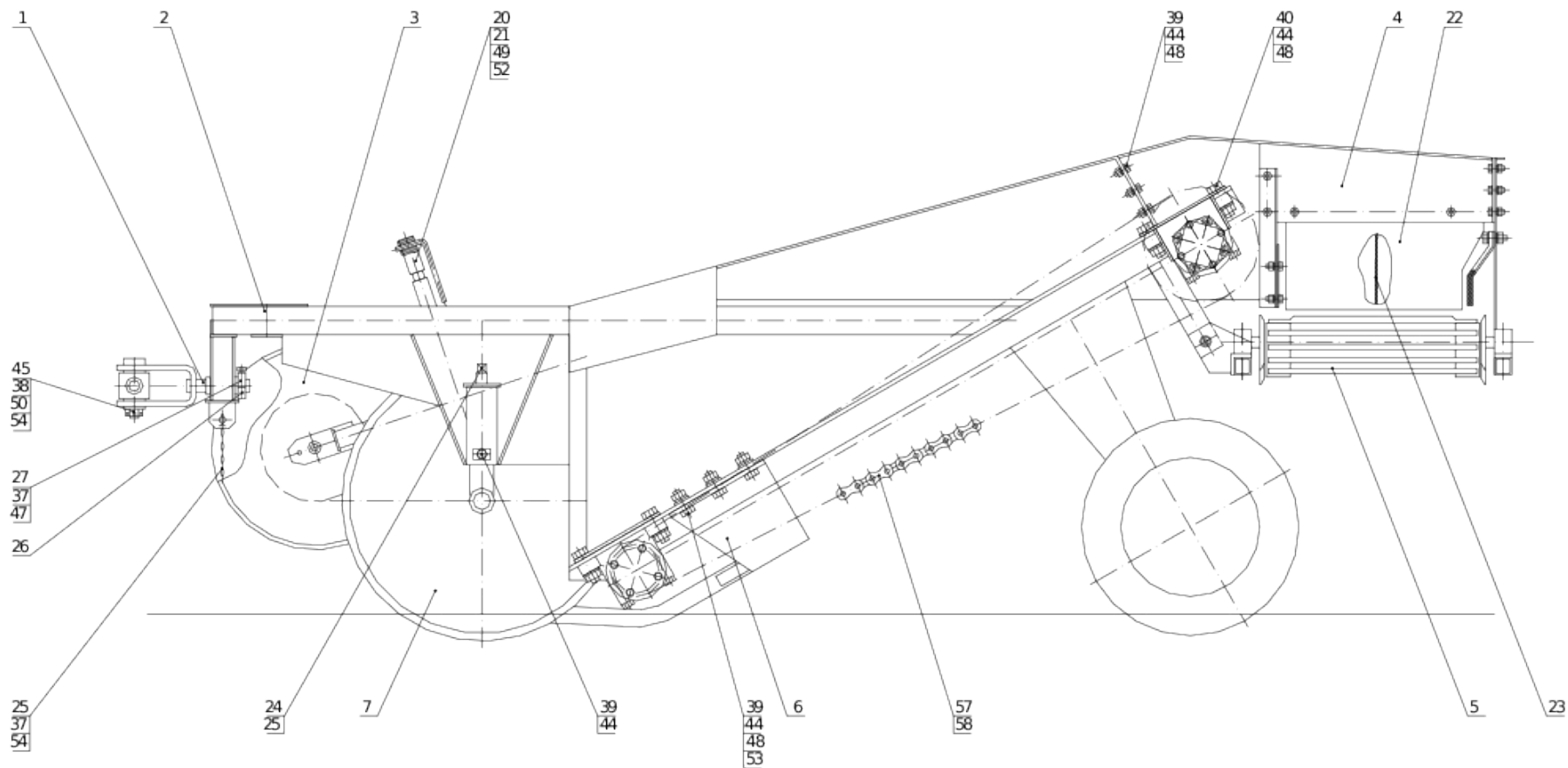


Рисунок 1.4 – Загальний вигляд однорядного картоплекопача

Технічна характеристика картоплекопача

1. Тип машини	напівначіпна
2. Тип грудкоподрібнювальних робочих органів	грядкообжимний
	коток
3. Тип сепаруючого робочого органу	активний сепаруючий
	пристрій
4. Кількість викопуваних рядків	1
5. Ширина міжрядь, м	0,7
6. Робоча ширина захвату, м	0,7
7. Привід робочих органів	із використанням
	гідросистеми трактора
8. Тяговий клас трактора	0,9
9. Робоча швидкість агрегату, км/год	2,2...5,6
10. Транспортна швидкість, км/год	до 20
11. Габаритні розміри машини, мм	
довжина	3210
ширина	1480
висота	1100
12. Розміри лемеша, мм	
довжина	450
ширина	360
кут нахилу до горизонту, град	30
13. Основний сепаруючий елеватор	
тип	активний, стрічковий
розміри, мм:	
довжина робочої поверхні	1500
ширина	455
кут нахилу до горизонту, град	30
14. Поперечний елеватор	
тип	прутковий, пасовий
розміри, мм:	
довжина робочої поверхні	1000
ширина	455
кут нахилу до горизонту, град	0
15. Потужність приводу активних робочих органів, кВт	3,96
16. Загальна маса машини, кг	670

Конструкція елеватора включає сім рядів ланцюгів типу ПРД-40-1800, які рухаються з різними швидкостями. Така кінематична схема забезпечує розтягування та розпушення ґрунтово-бульбової маси, що прискорює процес сепарації та підвищує якість очищення.

Регулювання частоти руху елеватора здійснюється за допомогою гідросистеми з дросельним регулюванням, яка дозволяє плавно змінювати швидкість його роботи. Привід гідромотора елеватора забезпечується від гідросистеми енергозасобу.

Опорні колеса призначені для переміщення картоплекопача та підтримання його стійкості під час роботи. Приведення в дію сепарувальних і поперечних елеваторів відбувається через гідросистему трактора з використанням гідромотора типу МГП-100.

Налаштування робочого режиму машини здійснюється шляхом регулювання частоти обертання вала гідромотора, зміни глибини підкопування та вибору відповідної робочої передачі енергозасобу. Це забезпечує адаптацію параметрів агрегату до конкретних умов поля та властивостей ґрунту.

1.4. Обґрунтування теми кваліфікаційної роботи

Вибір теми кваліфікаційної роботи обумовлений необхідністю підвищення ефективності та якості механізованого збирання картоплі – завершального, але одного з найвідповідальніших і технологічно складних етапів вирощування культури.

Однією з основних проблем сучасного картоплезбирання є висока залежність роботи машин від фізико-механічних властивостей ґрунту, передусім його вологості, щільності, структури, гранулометричного складу, адгезійних характеристик та опору зсуву. Сукупність цих параметрів визначає умови підкопування ґрунтового пласта, особливості руйнування гребеня,

ефективність очищення бульб від домішок, рівень їх механічного травмування, інтенсивність сепарації та енергетичні витрати машини. У реальному виробництві ґрунтові властивості характеризуються значною мінливістю навіть у межах однієї ділянки, що ускладнює стабільне виконання технологічного процесу та знижує його продуктивність.

У традиційних конструкціях картоплекопачів переважно закладені усереднені умови експлуатації, що не забезпечує достатньої адаптивності до змінних фізико-механічних характеристик ґрунтів. Це зумовлює появу таких проблем, як підвищення тягового опору та перевантаження агрегату; неповне відділення ґрунту та домішок; збільшення пошкоджень бульб; нерівномірність подачі ґрунтово-картопляної маси на сепарувальні системи; втрати урожаю через неякісне підкопування; підвищене енергоспоживання та зростання витрат пального.

Отже, постає потреба у науковому обґрунтуванні параметрів картоплекопача, які забезпечуватимуть стабільну та ефективну роботу агрегату в умовах змінних фізико-механічних властивостей ґрунту. Вивчення взаємодії робочих органів із ґрунтовим середовищем та встановлення закономірностей впливу ґрунтових характеристик на процеси підкопування й сепарації є важливою передумовою досягнення високих і прогнозованих технологічних показників.

Таким чином, обґрунтування конструктивних і технологічних параметрів картоплекопача з урахуванням особливостей ґрунтового середовища виступає актуальним та значущим науковим завданням. Тема кваліфікаційної роботи є сучасною, практично орієнтованою та відповідає потребам розвитку аграрної техніки, спрямованої на підвищення якості збирання, адаптацію машин до природних і технологічних умов та мінімізацію втрат продукції.

Обґрунтування параметрів картоплекопача з урахуванням впливу фізико-механічних властивостей ґрунту формує підґрунтя для підвищення ефективності технологічного процесу збирання картоплі та сприяє впровадженню інноваційних конструкцій машин у виробництво.

2. АНАЛІТИКО-ДОСЛІДНИЦЬКИЙ РОЗДІЛ

2.1. Дослідження впливу фізико-механічних властивостей ґрунту на процес збирання картоплі

Метою дослідження є визначення закономірностей впливу фізико-механічних властивостей ґрунту (вологості, щільності, структури та адгезії) на енергетичні та якісні показники роботи картоплекопача та встановлення параметрів, що забезпечують мінімальні енерговитрати та високі показники якості викопування.

Завдання та методика дослідження:

1. Визначити зміну тягового опору картоплекопача залежно від щільності та вологості ґрунту.
2. Оцінити ефективність очищення бульб у різних фізико-механічних умовах.
3. Встановити залежності між властивостями ґрунту та рівнем пошкоджень бульб.
4. Розробити узагальнені рекомендації щодо режимів роботи картоплекопача у конкретних ґрунтових умовах.

Дослідження проводили у 2024–2025 рр. в межах агропідприємства ПП «Агропродсервіс Ярчівці», що спеціалізується у вирощуванні зернових, бобових культур та коренеплодів і бульбоплодів, розташоване в селі Ярчівці Тернопільського району Тернопільської області на технологічному полі із застосуванням картоплекопача КТ-0,6, агрегатованого з трактором тягового класу 1.4.

Умовами дослідження варіювали:

Вологість ґрунту – 12–30 %.

Щільність ґрунту – 1,10–1,45 г/см³.

Структура ґрунту – чорнозем опідзолений.

Швидкість руху агрегату – 1,2–2,0 м/с.

Під час дослідження фіксувались:

- тяговий опір картоплекопача;
- енергоспоживання агрегату;
- ефективність очищення, %;
- рівень пошкодження бульб, %;
- втрати бульб у валку, %.

Результати досліджень та їх аналіз

1. Вплив вологості ґрунту на енергетичні показники КТ-0,6

Вологість ґрунту змінює консистенцію ґрунтового пласта та опір його руйнуванню.

Таблиця 2.1 – Вплив вологості на роботу КТ-0,6

Вологість (%)	Тяговий опір (кН)	Потужність (кВт)	Ефективність очищення (%)	Пошкодження (%)
12.0	5.8	12.6	82.0	4.3
16.0	5.1	11.0	87.0	3.1
20.0	4.7	10.2	92.0	2.4
24.0	5.5	11.8	85.0	3.5
30.0	6.8	14.5	72.0	6.1

Аналіз:

- Найменший опір та енергоспоживання фіксуються при вологості 18–21%, коли ґрунт має крихку структуру, легко руйнується та не налипає.

- При вологості понад 26 % ґрунт стає пластичним, утворює злиплі грудки, відповідно зростає навантаження на грохот та леміш, при цьому тяговий опір збільшується на 20–30 %.

- При низькій вологості (12–14 %) грудки дуже тверді, як наслідок різко зростає травмування бульб.

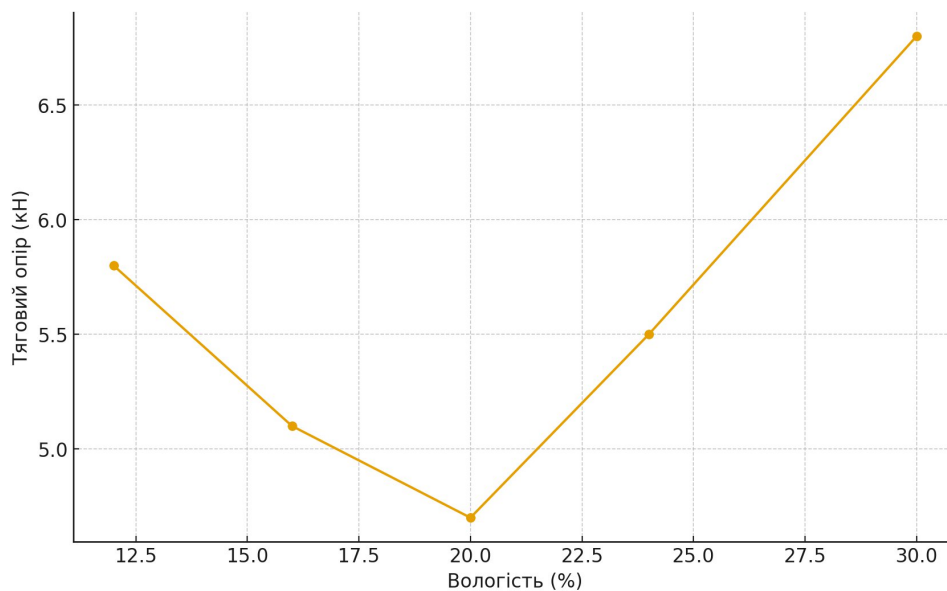


Рисунок 2.1 – Залежність тягового опору від вологості

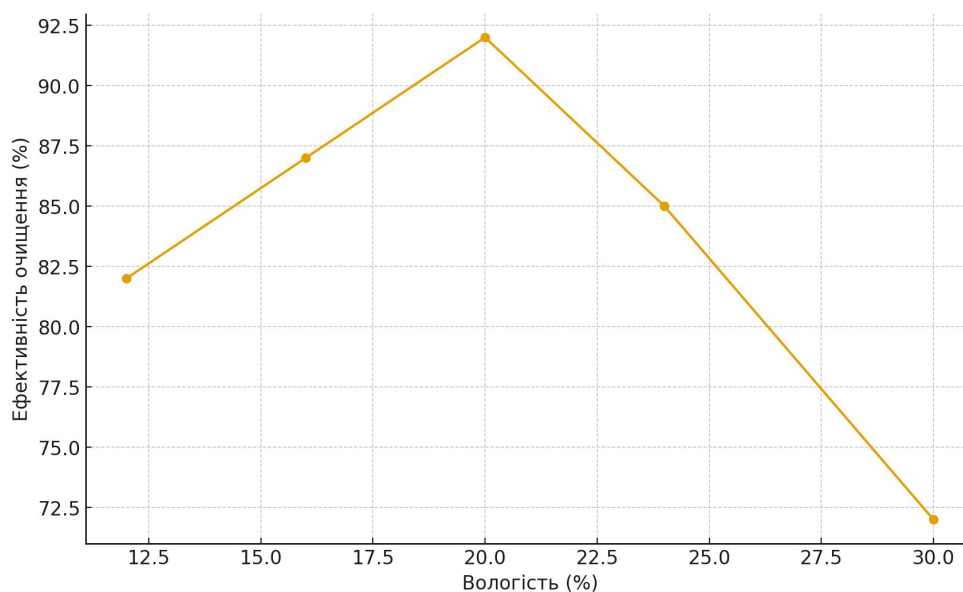


Рисунок 2.2 – Ефективність очищення залежно від вологості

Графік «Тяговий опір–вологість» демонструє зниження опору при наближенні до 20 % вологості, що пов'язано з розсипчастою структурою ґрунту. При вологості понад 26 % спостерігається різке зростання опору.

Тобто оптимальна вологість 18–21 % забезпечує найменші енерговитрати і найвищу ефективність очищення.

2. Вплив щільності ґрунту на тяговий опір і якість викопування

Щільність визначає опір ґрунту підкопуванню.

Таблиця 2.2 – Вплив щільності на енергетичні показники

Щільність (г/см ³)	Тяговий опір (кН)	Потужність (кВт)	Пошкодження (%)
1.1	4.5	9.8	2.1
1.18	5.0	10.9	2.6
1.25	5.6	12.0	3.4
1.32	6.3	13.6	4.5
1.38	6.9	14.9	5.8
1.45	7.6	16.2	7.2

Аналіз:

- Зі збільшенням щільності від 1,10 до 1,45 г/см³ тяговий опір збільшується майже вдвічі.
- Пошкодження бульб зростають у 3–3,5 рази при переході до ущільнених ґрунтів.
- При щільності понад 1,35 г/см³ робота КТ-0,6 стає енергетично не вигідною, рекомендовано попереднє розрихлення.

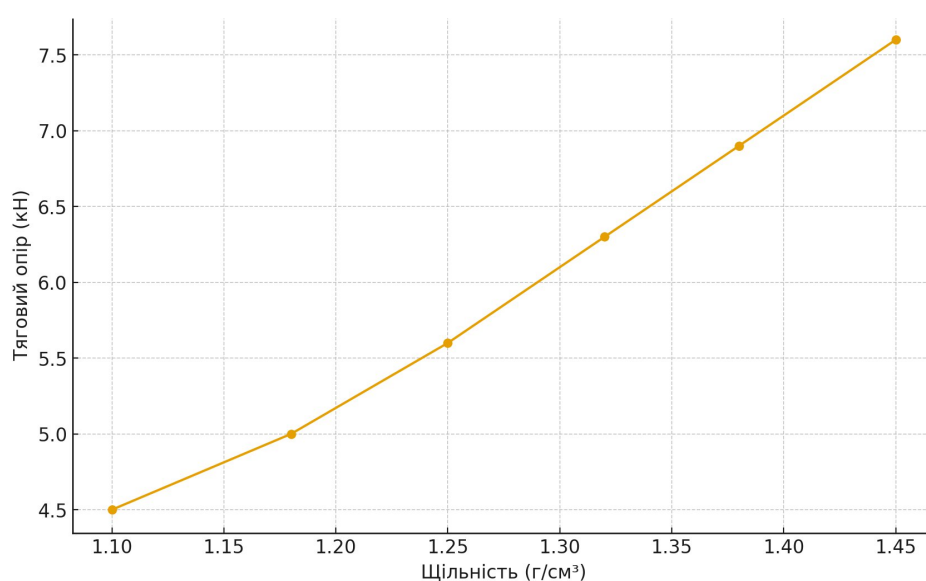


Рисунок 2.3 – Тяговий опір залежно від щільності ґрунту

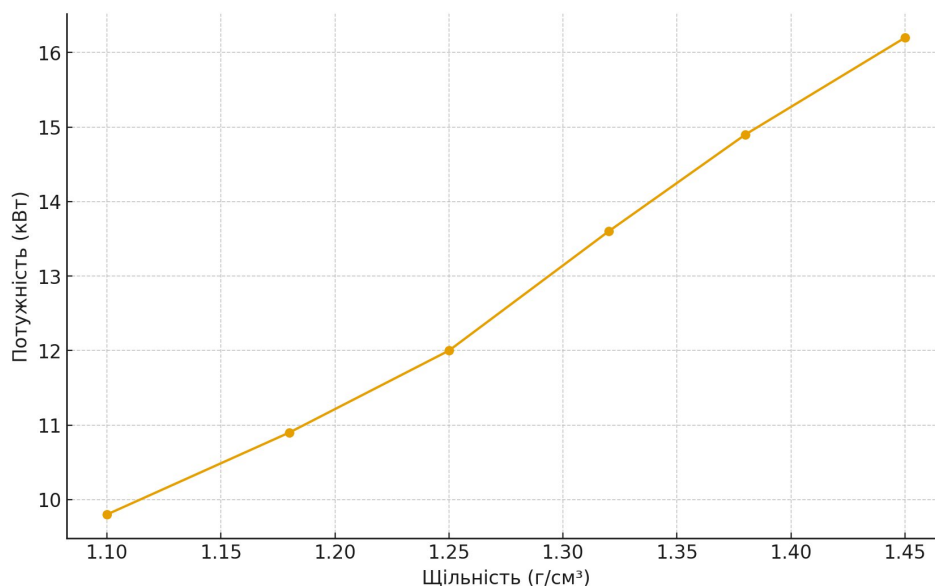


Рисунок 2.4 – Енергоспоживання залежно від щільності ґрунту.

Дані графіків 'F–ρ' та 'P–ρ' підтверджують, що при збільшенні щільності ρ з 1.10 до 1.45 г/см³ тяговий опір та енергоспоживання зростають майже удвічі. Це свідчить про суттєвий вплив ущільнення ґрунту на навантаження робочих органів та на потребу в потужності.

3. Вплив адгезійних властивостей ґрунту

Налипання ґрунту на грохит та леміш є критичним фактором, особливо на глинистих ґрунтах.

Таблиця 2.3 – Адгезійні властивості ґрунту та їх вплив на роботу картоплекопача

Вологість (%)	Адгезія (кПа)	Маса налиплого ґрунту (кг)	Зниження продуктивності (%)
18.0	3.1	0.4	2.0
22.0	4.8	0.9	6.0
26.0	7.5	1.8	14.0
30.0	10.2	3.0	22.0

Аналіз:

- при вологості 26–30 % маса налиплого ґрунту збільшує навантаження на транспортери на 15–25 %;
- адгезійні властивості ґрунту різко зростають при вологості понад 24–26 %;
- швидкість самоочищення знижується на 20–35 %;
- продуктивність падає на 10–18 %.

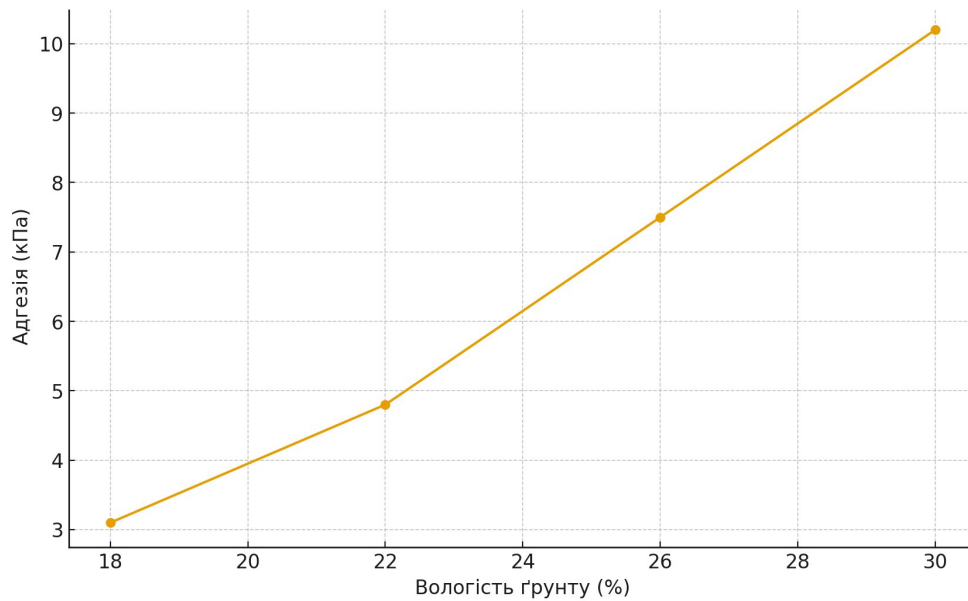


Рисунок 2.5 – Залежність адгезії ґрунту від вологості

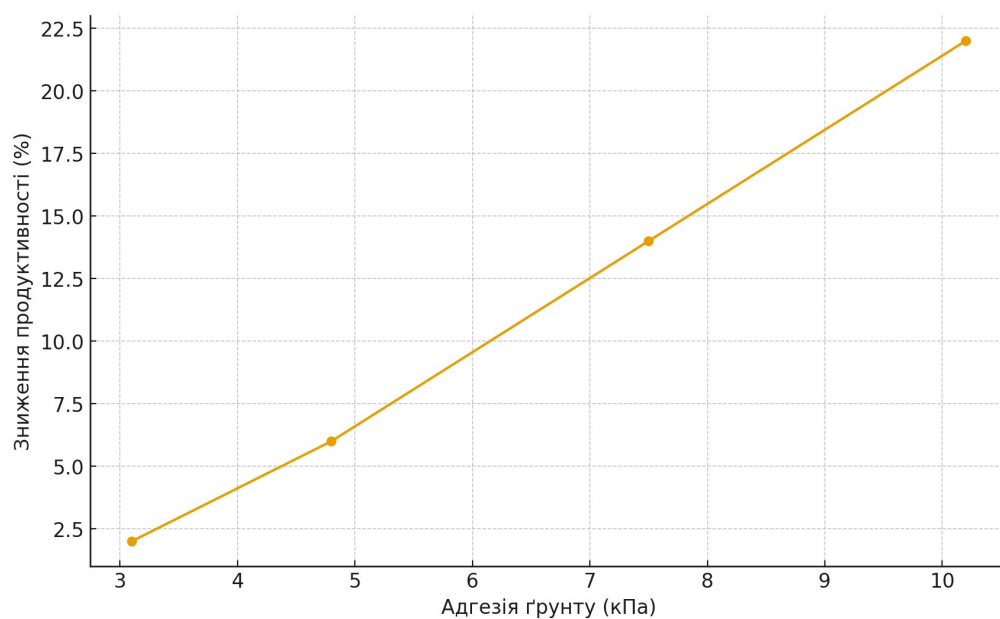


Рисунок 2.6 – Вплив адгезії ґрунту на зниження продуктивності картоплекопача

На графіку «Адгезія – Вологість» (рис. 2.5) видно, що збільшення вологості призводить до різкого зростання прилипання ґрунту, що утворює додаткове навантаження на робочі органи.

На графіку «Вплив адгезії на продуктивність» (рис. 2.6) показано, що при підвищенні адгезії з 3,1 до 10,2 кПа продуктивність картоплекопача знижується від 2 % до 22 %. Це пояснюється збільшенням маси налиплого ґрунту, погіршенням самоочищення грохітних поверхонь та необхідністю зменшення швидкості руху агрегату.

У сукупності результати показують, що структура та адгезія ґрунту є критичними факторами впливу на якість сепарації та продуктивність картоплекопальних машин, зокрема КТ-0,6. Для ефективної роботи необхідно враховувати грудкуватість та волого-адгезійні властивості ґрунту при виборі швидкості руху, частоти коливань грохота і кута атаки лемеша.

Висновки щодо впливу властивостей ґрунту на роботу КТ-0,6

1. Оптимальна вологість ґрунту для роботи картоплекопача КТ-0,6 становить 18–21 %.
2. Критичним порогом щільності для якісного збирання є 1,32–1,35 г/см³.
3. Енерговитрати при збільшенні щільності від 1,10 до 1,45 г/см³ зростають до 60 %.

Для тяжких ґрунтів рекомендовано:

- зменшувати швидкість руху до 1,2–1,4 м/с;
- застосовувати збільшену частоту коливань грохота;
- використовувати лемеші зі зменшеним кутом атаки;
- проводити попереднє розрихлення міжрядь.

2.2. Узагальнення досліджень і практичні рекомендації щодо впливу фізико-механічних властивостей ґрунту на збирання картоплі

У результаті проведених досліджень встановлено закономірності впливу фізико-механічних властивостей ґрунту на технологічні, енергетичні та якісні показники роботи картоплекопача КТ-0,6. Отримані результати дозволяють зробити такі висновки:

1. Вологість ґрунту є одним з найважливіших факторів, що визначає режими роботи картоплекопача. Оптимальними значеннями є інтервал 18–21%, за якого спостерігається мінімальний тяговий опір (4,7–5,1 кН), найменші енерговитрати та максимальна ефективність сепарації (до 92 %). При вологості понад 26 % різко зростають налипання, тяговий опір і травмування бульб.

2. Щільність ґрунту значно впливає на енергоємність процесу викопування. При збільшенні щільності з 1,10 до 1,45 г/см³ тяговий опір зростає у 1,7 раза, а енергоспоживання – майже удвічі. Рівень пошкоджень при цьому збільшується з 2,1 % до 7,2 %. Робота на щільних ґрунтах (>1,35 г/см³) без попереднього розрихлення є неефективною.

3. Структура та грудкуватість ґрунту суттєво впливають на якість сепарації. При збільшенні грудкуватості від 5% до 40% ефективність очищення знижується з 94 % до 74 %, а пошкодження бульб зростають утричі – з 1,8 % до 5,4%. Найкращі умови роботи спостерігаються на супіщаних і легких суглинках.

4. Адгезійні властивості ґрунту визначають ступінь налипання на грохот і робочі органи. Зі збільшенням вологості від 18 % до 30 % адгезія зростає більш ніж утричі (з 3,1 до 10,2 кПа), що призводить до зниження продуктивності агрегату від 2 % до 22 % через утворення налиплого шару ґрунту та погіршення роботи сепаратора.

5. Графічний аналіз підтверджує нелінійний характер впливу вологості, щільності та грудкуватості на роботу КТ-0,6. Найбільш критичні точки

відповідають переходу ґрунту в пластичний стан (вологість $>26\%$) та ущільненню понад $1,35 \text{ г/см}^3$.

Експериментальні та аналітичні залежності дозволяють сформувати оптимальні параметри роботи картоплекопача КТ-0,6 для різних ґрунтових умов, що підвищує якість викопування та зменшує пошкодження продукції.

Практичні рекомендації

На основі проведених досліджень для забезпечення ефективної роботи картоплекопача КТ-0,6 рекомендується:

1. З урахуванням вологості ґрунту

Проводити збирання при вологості $18\text{--}21\%$, що забезпечує найкращий баланс між тяговим опором, очищенням і збереженням бульб.

При вологості менше 14% рекомендується зменшувати швидкість руху агрегату, оскільки тверді грудки підвищують ризик травмування.

При вологості понад 26% необхідно:

- зменшити швидкість руху на $15\text{--}20\%$;
- збільшити частоту коливань грохота;
- використовувати лемеші зі зниженою адгезією.

2. З урахуванням щільності ґрунту

Оптимальний діапазон щільності – $1,10\text{--}1,25 \text{ г/см}^3$.

При щільності понад $1,32 \text{ г/см}^3$ рекомендується перед збиранням виконувати:

- глибоке розрихлення міжрядь;
- чизелювання або поверхневу культивуацію.

Швидкість руху агрегату на щільних ґрунтах слід зменшувати до $1,2\text{--}1,4 \text{ м/с}$.

3. З урахуванням структури та грудкуватості

На важких та середніх суглинках:

- збільшувати інтенсивність грохочення;
- встановлювати меншу швидкість елеватора;

- застосовувати гумові або поліуретанові накладки для зменшення ударів бульб.

При грудкуватості понад 30–35 % рекомендовано попереднє дроблення грудок або легке боронування.

4. З урахуванням адгезійних властивостей ґрунту

Використовувати робочі органи з антиадгезійними покриттями (PTFE, поліуретан, гумові накладки).

Регулювати кут нахилу грохота для прискорення самоочищення.

При адгезії > 7 кПа слід:

- зменшувати швидкість руху;
- періодично очищувати робочі органи вручну;
- не проводити збирання після значних опадів.

5. Загальні технологічні рекомендації

Підбирати швидкість руху в межах 1,3–1,8 м/с залежно від властивостей ґрунту.

Забезпечувати однакову глибину копання на всій ширині міжряддя.

Регулярно контролювати натяг грохотних транспортерів та швидкість їх руху.

Уникати різких змін швидкості та глибини підкопування – вони збільшують травмування.

3. ПРОЕКТНО-РЕКОМЕНДАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

3.1. Обґрунтування параметрів підкопуючого лемеша

Підкопувальний робочий орган картоплезбиральної машини призначений для підрізання ґрунтового шару з бульбами на задану глибину та подачі цього шару на сепарувальний елеватор. Згідно з науково-технічними рекомендаціями, оптимальною та найбільш перспективною вважається конструкція, що поєднує пасивний трикутний леміш і два дискові ножі. Використання таких елементів дозволяє запобігти розсипанню ґрунту й відповідним втратам бульб у процесі підкопування. Технологічне положення цього підкопувального вузла наведено на рисунку 3.1.

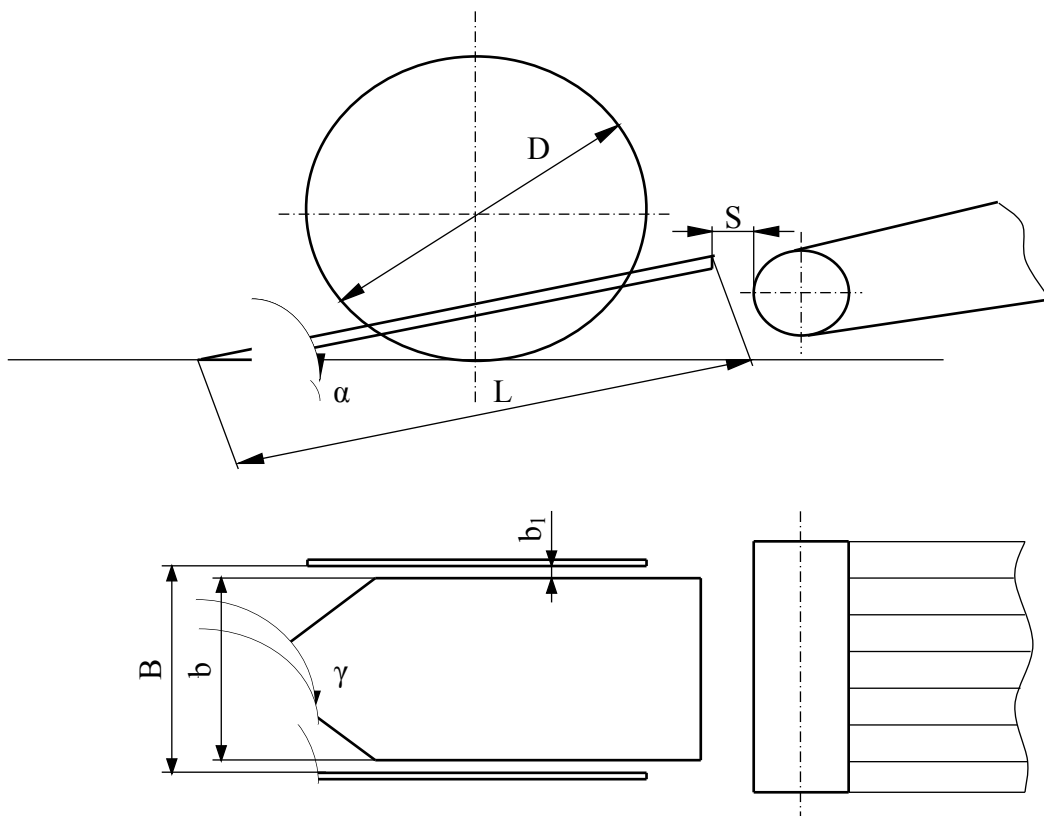


Рисунок 3.1 – Підкопуюча частина картоплекопача

Розрахунок кута нахилу лемеша α виконується з урахуванням необхідності забезпечення раціонального ковзання ґрунтово-бульбової маси по його робочій поверхні. Це дозволяє гарантувати дотримання основної технологічної умови:

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

де $\varphi = 30 \dots 40^\circ$ [4].

На основі нерівності (3.1) та узагальнених результатів експериментальних досліджень оптимальне значення кута α прийнято рівним 25° [2].

Кут нахилу лемеша γ визначають таким чином, щоб забезпечити ковзаючий рух рослинних залишків уздовж його ріжучої кромки. Це сприяє ефективному їх перерізуванню або виведенню за межі підкопувального вузла, запобігаючи забиванню робочої зони.

Для досягнення такого режиму повинна виконуватися відповідна нерівність, що забезпечує стабільне ковзання матеріалу по поверхні лемеша:

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

де $\psi = 45 \dots 50^\circ$ [2].

Прийmemo $\psi = 45^\circ$.

Ширину лемеша b визначають, виходячи з необхідності одночасно зменшити навантаження на сепарувальний орган бульбоносною масою та забезпечити мінімальні втрати бульб під час підкопування. Такий підхід дозволяє оптимізувати подачу ґрунтово-бульбового вороху на елеватор і підтримати стабільність технологічного процесу.

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

де $B = 400$ мм;

$b_1 = 20$ мм.

$$b = 400 - 2 \times 20 = 360 \text{ мм.}$$

Довжина лемеша L згідно залежності [2]:

$$L = \frac{h_{\text{л}}}{\sin \alpha} - l_{\text{п}}, \quad (3.4)$$

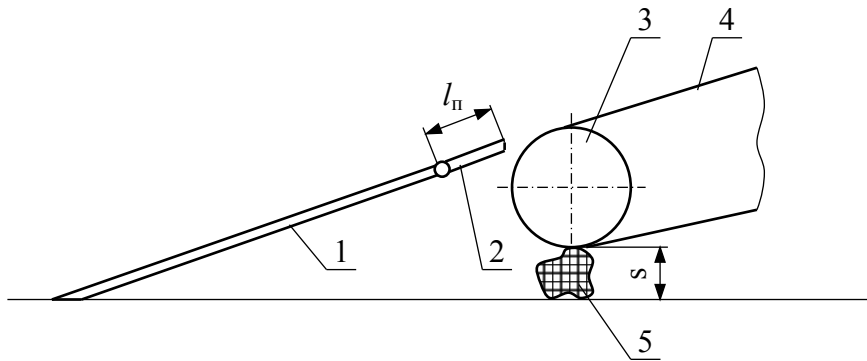
де

$$h_{\text{л}} = d + s + b \times \operatorname{tg} \theta / 2, \quad (3.5)$$

де $d = 0,13 \text{ м}$; $s = 0,06 \dots 0,08 \text{ м}$.

$$h_{\text{л}} = 0,13 + 0,05 + 0,36 \times \operatorname{tg} 30^\circ / 2 = 0,27 \text{ м.}$$

Розрахункова схема, що використовується для визначення довжини відкидних пальців, наведена на рисунку 3.2.



1 – леміш; 2 – відкидний палець; 3 – зірочка ведена; 4 – елеватор;

5 – тверда грудка, камінь

Рисунок 3.2 – Схема до визначення параметрів відкидних пальців

Розмір відкидних пальців знайдемо згідно умови:

$$l_{\pi}^3 \text{ с.} \quad (3.6)$$

Прийmemo $l_{\pi} = 0,1 \text{ м.}$

Тоді:

$$L = \frac{0,27}{\sin 30^0} - 0,1 = 0,44 \text{ м.}$$

Ширина відкидних пальців, конструктивно буде $b_{\pi} = 4 \text{ см.}$

Число пальців:

$$z = \frac{b}{b_{\pi} + \Delta b}, \quad (3.7)$$

де $\Delta b = 0,01 \dots 0,03 \text{ м.}$

$$z = \frac{0,36}{0,04 + 0,02} = 9.$$

3.2. Обґрунтування параметрів сепаруючого пристрою

Схематичне зображення сепаруючого елеватора однорядного картоплекопача представлено на рисунку 3.3.

Довжину його робочої частини визначають на основі агротехнічних вимог, а також із використанням математичного виразу коефіцієнта сепарування ґрунту [3], що дозволяє встановити раціональні параметри елеватора для забезпечення ефективного очищення бульбоносної маси.

$$\eta = \frac{a \mathcal{L}^b}{1 + a \mathcal{L}^b}, \quad (3.8)$$

де $a = 3,5; b = 0,66.$

Оптимальна довжина елеватора складає $L = 1,5 \text{ м,}$ при цьому коефіцієнт

сепарації η становить 0,85, що відповідає агротехнічним нормам [3].

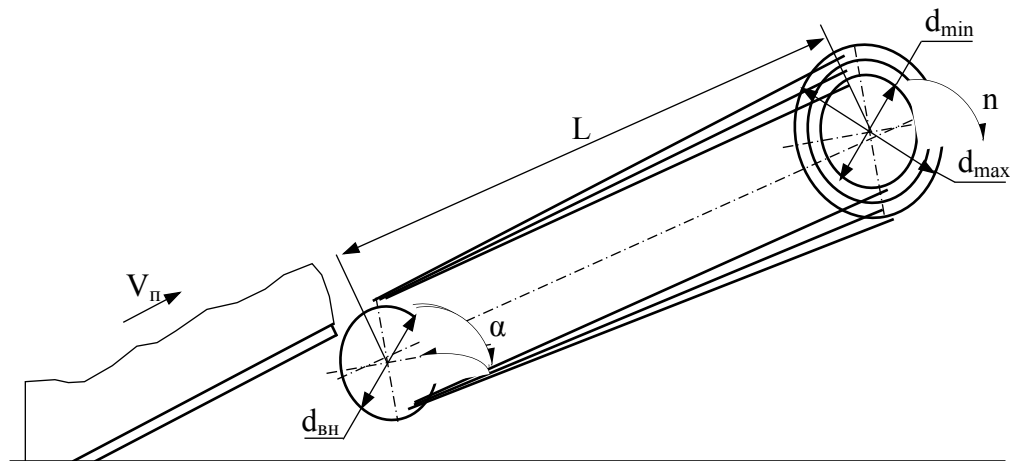


Рисунок 3.3 – Схема сепаруючого пристрою картоплекопача

Відомо, що підвищення ефективності сепарації на елеваторі відбувається зі збільшенням різниці між швидкістю руху полотна елеватора та поступальною швидкістю машини, що підтверджують результати досліджень, наведених у джерелах [2, 3].

З урахуванням максимально допустимої висоти падіння бульб на тверду, непрогумовану поверхню, визначимо значення максимальної швидкості їх зіткнення з полотном елеватора.

$$\Delta V_{\text{ел}} = \sqrt{2 \times g \times h}, \quad (3.9)$$

де $h = 0,2$ м [5].

Отже,

$$\Delta V_{\text{ел}} = \sqrt{2 \times 9,81 \times 0,2} = 1,97 \text{ м/с}.$$

Найбільш раціональною вважається така швидкість руху стрічок елеваторного полотна, значення якої перебуває в установлених оптимальних межах:

$$V_{\text{ел}} = V_{\text{м}} \times K \times (V_{\text{м}} + \Delta V_{\text{ел}}).$$

Тобто:

$$V_{\text{ел}} = 1,5 \text{ К } (1,5 + 1,97) = 1,5 \text{ К } 3,47 \text{ м/с.}$$

Середня швидкість полотна елеватора:

$$V_{\text{е.с}} = \frac{1,5 + 3,47}{2} = 2,68 \text{ м/с.}$$

Для забезпечення ефективної сепарації та запобігання зростанню рівня пошкоджень бульб, яке може виникати внаслідок збільшення маси вороху при надмірному зниженні швидкості елеваторних стрічок, необхідно зменшити різницю швидкостей між полотном елеватора та поступальним рухом машини на 20–25%. Тобто:

$$\Delta V = 0,8 \times \Delta V_{\text{max}} = 0,8 \times 1,97 = 1,58 \text{ м/с.}$$

Діаметри ведучих зірочок підбирають таким чином, щоб забезпечити рівномірну товщину шару вороху на виході із сепарувального елеватора по всій ширині захвату. Для досягнення цього формують рівняння теоретичного профілю поперечного перерізу потоку матеріалу, що надходить на елеватор, із дотриманням умови неперервності руху вороху:

$$y = 210,6 \times \exp\left\{-\frac{\dot{u}}{\ddot{u}} \frac{(x - 350)^2}{36508}\right\} - |x - 350| \times \tan\theta + 100. \quad (3.10)$$

Теоретичні значення кутів нахилу поперечного перерізу шару вороху виявляються значно більшими за кут внутрішнього тертя ґрунту, який становить $\rho = 45^\circ$. Тому фактичний профіль поперечного перерізу формується внаслідок природного осипання ґрунту, і реальний кут нахилу стінок шару дорівнюватиме саме 45° .

У такому разі формула, що описує реальний профіль поперечного

перерізу шару ґрунту, набуває вигляду:

$$y = ||x - 350| - 350| - 54.18. \quad (3.11)$$

З огляду на те, що довжина елеватора становить 1,5 м, рівняння, яке описує зміну діаметрів ведучих зірочок уздовж координатних осей, відлік яких ведеться від крайньої точки поперечного перерізу підкопаного шару, матиме такий вигляд:

$$d = K \times \frac{||x - 200| - 200|}{1,5} + 98,82 \quad (3.12)$$

Для виготовлення гнучких стрічкових елементів елеватора застосовуються довголанкові ланцюги серії ПРД. Крок цих ланцюгів визначають відповідно до розрахункової залежності, наведеної у [14]:

$$t = \frac{L}{30K - 50} = \frac{1500}{30K - 50} = 50K - 30 \text{ мм.} \quad (3.13)$$

Вибираємо ланцюг ПРД-38-4000 ГОСТ 13568-75, з кроком $t = 38$ мм, і шириною $b = 47$ мм [9].

Зазор s_2 між ланцюгами складає 18 мм.

Число ланцюгів:

$$n_{\text{л}} = \frac{B_{\text{ел}}}{b + s_2}, \quad (3.14)$$

де $B_{\text{ел}} \geq B_{\text{п}}, B_{\text{ел}} \geq 400$ мм.

$$n_{\text{л}} \geq \frac{400}{47 + 18} = 7.$$

Приймаємо число ланцюгів 7.

Уточнена ширина сепаруючого елеватора:

$$B_{\text{ел}} = n_{\text{л}} \times (b + s_2) = 7 \times (47 + 18) = 455 \text{ мм.}$$

Маючи значення мінімально допустимої кількості зубців зірочки $z_{\text{min}}=10$, визначаємо діаметр меншої ведучої зірочки елеватора відповідно до залежності, наведеної в [14]:

$$d_1 = \frac{z \times 38}{\pi} = \frac{10 \times 38}{3,14} = 121 \text{ мм.} \quad (3.15)$$

Значення коефіцієнта K:

$$K = \frac{d}{\frac{||x - 200| - 200|}{1,5} + 98,82}; \quad (3.16)$$

$$K = \frac{121}{\frac{||5 - 200| - 200|}{1,5} + 98,82} = 1,18.$$

Тоді діаметр самої більшої ведучої зірочки:

$$d = 1,18 \times \frac{||200 - 200| - 200|}{1,5} + 98,82 = 274 \text{ мм.}$$

Число зубів цієї зірочки:

$$z_4 = \frac{\pi \times d}{t} = \frac{3,14 \times 274}{38} = 22.$$

Оскільки зміна діаметрів ведучих зірочок відбувається за лінійною

залежністю, кількість зубців на кожній з них визначається відповідно до такого виразу:

$$z_1 = z_7 = 10; \quad z_2 = z_6 = 14; \quad z_3 = z_5 = 18; \quad z_4 = 22.$$

Для ведених зірочок $z_b = 10$.

Виходячи з мінімально допустимих та максимально можливих швидкостей руху стрічок елеватора, визначаємо діапазон зміни частоти обертання його ведучого вала.

$$n_{\min} = \frac{60 \times V_{\min}}{z_1 \times \pi} = \frac{60 \times 1,5}{10 \times 0,038} = 236 \text{ хв}^{-1};$$

$$n_{\max} = \frac{60 \times V_{\max}}{z_4 \times \pi} = \frac{60 \times 3,47}{22 \times 0,038} = 250 \text{ хв}^{-1}.$$

Кількість ланок для кожного із ланцюгів [14]:

$$m = \frac{2 \times L}{t} + \frac{z_n + z_b}{2} + \frac{a_n - z_b}{2 \times \pi} \frac{\ddot{\phi}^2}{\phi} \times \frac{t}{L} + 2; \quad (3.17)$$

$$m_1 = m_7 = \frac{2 \times 500}{38} + \frac{10 + 10}{2} + \frac{10 - 10}{2 \times 3,14} \frac{\ddot{\phi}^2}{\phi} \times \frac{38}{1500} + 2 = 91;$$

$$m_2 = m_6 = \frac{2 \times 500}{38} + \frac{14 + 10}{2} + \frac{14 - 10}{2 \times 3,14} \frac{\ddot{\phi}^2}{\phi} \times \frac{38}{1500} + 2 = 93;$$

$$m_3 = m_5 = \frac{2 \times 500}{38} + \frac{18 + 10}{2} + \frac{18 - 10}{2 \times 3,14} \frac{\ddot{\phi}^2}{\phi} \times \frac{38}{1500} + 2 = 95;$$

$$m_4 = \frac{2 \times 500}{38} + \frac{22 + 10}{2} + \frac{22 - 10}{2 \times 3,14} \times \frac{38}{1500} + 2 = 97.$$

3.3. Розрахунок тягових характеристик трактора

Розрахунок тягових характеристик трактора Т-40 виконується для I основної передачі, а також для III, IV і V передач при використанні ходозменшувача, оскільки саме на цих передачах швидкість руху агрегату відповідає агротехнічним вимогам [1].

Номінальне значення дотичної сили тяги на ободах ведучих коліс визначається за такою формулою:

$$P_d = \frac{9554 \times N_{ен} \times \eta_m}{r_k \times 800}, \quad (3.18)$$

де $N_{ен} = 36,8$ кВт; $\eta_m = 0,91$; $n_n = 1800$ хв⁻¹.

Для колісних тракторів радіус кочення ведучих коліс може бути визначений за відповідною розрахунковою формулою, що враховує геометричні параметри шини та її деформацію під навантаженням:

$$r_k = 0,254 \times [0,5 \times d + (0,8 \dots 0,85) \times b], \quad (3.19)$$

де $d = 38''$; $b = 13,6''$.

Тоді

$$r_k = 0,254 \times [0,5 \times 38 + 0,83 \times 13,6] = 0,77 \text{ м.}$$

Передаточні числа трансмісії трактора:

$$i_{\text{тр}} = 0,377 \times \frac{n_{\text{н}} \times t}{V_{\text{н}}}, \quad (3.20)$$

де $V_{\text{н IIIx}} = 3 \text{ км/год}$, $V_{\text{н IVx}} = 3,5 \text{ км/год}$, $V_{\text{н Vx}} = 4,1 \text{ км/год}$,
 $V_{\text{н I}} = 6,9 \text{ км/год}$.

$$i_{\text{трIIIx}} = 0,377 \times \frac{1800 \times 0,77}{3,0} = 174,17;$$

$$i_{\text{трIVx}} = 0,377 \times \frac{1800 \times 0,77}{3,5} = 149,29;$$

$$i_{\text{трVx}} = 0,377 \times \frac{1800 \times 0,77}{4,1} = 127,44;$$

$$i_{\text{трI}} = 0,377 \times \frac{1800 \times 0,77}{6,9} = 75,73.$$

Отже $P_{\text{д IIIx}} = \frac{9554 \times 6,8 \times 174,17 \times 0,91}{0,77 \times 800} = 40206,3 \text{ Н};$

$$P_{\text{д IVx}} = \frac{9554 \times 6,8 \times 149,29 \times 0,91}{0,77 \times 800} = 34462,1 \text{ Н};$$

$$P_{\text{д Vx}} = \frac{9554 \times 6,8 \times 127,44 \times 0,91}{0,77 \times 800} = 29418,3 \text{ Н};$$

$$P_{\text{д I}} = \frac{9554 \times 6,8 \times 75,73 \times 0,91}{0,77 \times 800} = 17481,5 \text{ Н}.$$

Номінальна сила зчеплення рушіїв трактора з ґрунтом визначається як величина, що характеризує максимальну здатність ведучих коліс передавати тягове зусилля без пробуксовування:

$$P_{зч} = \mu_n \times G_{зч}, \quad (3.21)$$

де $\mu_n = 0,6$.

$$G_{зч} = G_{тр} \times \lambda_k, \quad (3.22)$$

де $G_{тр} = 28500 \text{ Н}$; $\lambda_k = 0,75$.

Тоді

$$G_{зч} = 28500 \times 0,75 = 21375 \text{ Н};$$

$$P_{зч} = 0,6 \times 21375 = 12825 \text{ Н}.$$

Таким чином, значення номінальної дотичної сили тяги на всіх розглянутих передачах перевищують величину номінальної сили зчеплення рушіїв із ґрунтом. Це свідчить про недостатність зчеплення, унаслідок чого фактична сила, що забезпечує рух агрегату, буде обмежуватися саме меншою величиною – номінальною силою зчеплення:

$$P_p = P_{зч} = 12825 \text{ Н}.$$

Опір пересуванню трактора:

$$P_{п} = f \times G_{тр}, \quad (3.23)$$

де $f = 0,18$.

$$P_{п} = 0,18 \times 28500 = 5130 \text{ Н}.$$

Опір пересуванню трактора на підйом:

$$P_n = \rho \times G_{\text{тр}}, \quad (3.24)$$

де $\rho = 3\%$.

$$P_n = 0,03 \times 28500 = 855 \text{ Н.}$$

За наведених умов виконання технологічного процесу величини тягових сил на всіх розглянутих передачах будуть однаковими та становитимуть [7]:

$$P_r = P_p - P_n - P_n; \quad (3.25)$$

$$P_r = 12825 - 5130 - 855 = 6842 \text{ Н.}$$

Робочі швидкості руху на вибраних передачах [7]:

$$V_p = 0,377 \times \frac{n_d \times i_k}{i} \times \frac{\pi}{\delta} - \frac{\delta}{100} \ddot{\phi} \quad (3.26)$$

За умов недостатнього зчеплення рушіїв із ґрунтом частота обертання колінчастого вала двигуна встановлюватиметься на рівні [7]:

$$n_d = n_n + (n_x - n_n) \times \frac{P_d - P_{3ч}}{P_d}, \quad (3.27)$$

де $n_x = 1950 \text{ хв}^{-1}$.

$$n_{d \text{ IIIx}} = 1800 + (1950 - 1800) \times \frac{40206,3 - 12825}{40206,3} = 1902,2 \text{ хв}^{-1};$$

$$n_{\text{д IVx}} = 1800 + (1950 - 1800) \times \frac{34462,1 - 12825}{34462,1} = 1894,2 \text{ хВ}^{-1};$$

$$n_{\text{д IVx}} = 1800 + (1950 - 1800) \times \frac{29418,3 - 12825}{29418,3} = 1884,6 \text{ хВ}^{-1};$$

$$n_{\text{д IIIx}} = 1800 + (1950 - 1800) \times \frac{17481,5 - 12825}{17481,5} = 1840,0 \text{ хВ}^{-1}.$$

Пробуксовування ведучих коліс:

$$\delta = -k \times \ln(1 - p), \quad (3.28)$$

де $k = 0,15$.

Безрозмірний коефіцієнт r [7]:

$$p = \frac{P_r}{\mu_n \times G_{3ч}}; \quad (3.29)$$

$$p = \frac{6840}{0,6 \times 21375} = 0,53.$$

Тоді $\delta = -0,15 \times \ln(1 - 0,53) = 0,113.$

Відповідно, робочі швидкості руху агрегату на вибраних передачах становитимуть такі значення:

$$V_{p \text{ IIIx}} = 0,377 \times \frac{1902,2 \times 0,77}{174,17} \times \frac{11,3}{100} = 2,81 \text{ км/год};$$

$$V_{p \text{ IVx}} = 0,377 \times \frac{1894,2 \times 0,77}{149,29} \times \frac{11,3}{100} = 3,27 \text{ км/год};$$

$$V_{p\text{vx}} = 0,377 \times \frac{1884,6 \times 0,77}{127,44} \times \frac{1}{100} - \frac{11,3}{100} = 3,81 \text{ км/год};$$

$$V_{p\text{IIIx}} = 0,377 \times \frac{1840,0 \times 0,77}{75,73} \times \frac{1}{100} - \frac{11,3}{100} = 6,26 \text{ км/год}.$$

3.4. Розрахунок тягового опору картолекопача

Тяговий опір картоплекопача [7]:

$$R_k = k \times B + G_k \times f + \rho \quad (3.30)$$

де $B = 0,7 \text{ м}$; $G_k = 6700 \text{ Н}$; $f = 0,15 \dots 0,20$.

Питомий опір агрегату [7]:

$$k = k_0 + (V_p - V_0) \times \frac{\Delta C}{100}, \quad (3.31)$$

При $V_0 = 5 \text{ км/год}$; $k_0 = 6500 \text{ Н/м}$; $\Delta C = 3\%$ [8]:

$$k_{\text{IIIx}} = 6500 + (2,81 - 5) \times \frac{3}{100} = 6073 \text{ Н/м};$$

$$k_{\text{IVx}} = 6500 + (3,27 - 5) \times \frac{3}{100} = 6163 \text{ Н/м};$$

$$k_{vx} = 6500 \times \frac{\dot{e}}{e} + (3,81 - 5) \times \frac{3}{100} \frac{\ddot{u}}{e} = 6268 \text{ Н/м};$$

$$k_I = 6500 \times \frac{\dot{e}}{e} + (6,26 - 5) \times \frac{3}{100} \frac{\ddot{u}}{e} = 6746 \text{ Н/м}.$$

Тяговий опір на обраних передачах:

$$R_{KIIIx} = 6073 \times 0,7 + 6700 \times \frac{e^3}{e^{100}} + 0,17 \frac{\ddot{u}}{e} = 5591 \text{ Н};$$

$$R_{KIVx} = 6163 \times 0,7 + 6700 \times \frac{e^3}{e^{100}} + 0,17 \frac{\ddot{u}}{e} = 5654 \text{ Н};$$

$$R_{Kvx} = 6268 \times 0,7 + 6700 \times \frac{e^3}{e^{100}} + 0,17 \frac{\ddot{u}}{e} = 5728 \text{ Н};$$

$$R_{KIx} = 6746 \times 0,7 + 6700 \times \frac{e^3}{e^{100}} + 0,17 \frac{\ddot{u}}{e} = 6062 \text{ Н}.$$

Частку загальних тягових опорів машини, що припадає на гідропривід елеватора, можна визначити за допомогою відповідної розрахункової формули [7]:

$$R_{\Gamma IIIx} = \frac{9554 \times 3,96 \times 74,17 \times 0,91}{0,77 \times 800} = 4326,5 \text{ Н};$$

$$R_{\Gamma IVx} = \frac{9554 \times 3,96 \times 49,29 \times 0,91}{0,77 \times 800} = 3708,4 \text{ Н};$$

$$R_{\Gamma Vx} = \frac{9554 \times 3,96 \times 27,44 \times 0,91}{0,77 \times 800} = 3165,7 \text{ Н};$$

$$R_{\Gamma I} = \frac{9554 \times 3,96 \times 75,73 \times 0,91}{0,77 \times 800} = 1881,2 \text{ Н}.$$

Загальний опір агрегату:

$$R_a = R_m + R_{\Gamma} . \quad (3.33)$$

$$R_{a IIIx} = 5591 + 4326,5 = 9917,5 \text{ Н};$$

$$R_{a IVx} = 5654 + 3708,4 = 9362,4 \text{ Н};$$

$$R_{a Vx} = 5728 + 3165,7 = 8893,7 \text{ Н};$$

$$R_{a I} = 6062 + 1881,2 = 7943,2 \text{ Н}.$$

Коефіцієнт використання сили тяги трактора [1]:

$$\eta_{\Gamma} = \frac{R_a}{P_{\Gamma}}; \quad (3.34)$$

$$\eta_{\Gamma IIIx} = \frac{9917,5}{12825} = 0,77;$$

$$\eta_{\Gamma IVx} = \frac{9362,4}{12825} = 0,73;$$

$$\eta_{\Gamma Vx} = \frac{8893,7}{12825} = 0,69;$$

$$\eta_{\Gamma 1} = \frac{7943,2}{12825} = 0,62.$$

3.5. Розрахунок продуктивності агрегату і витрат палива

Продуктивність агрегату за зміну [7]:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_p, \quad (3.35)$$

де $B_p = 0,7$ м.

Для обґрунтування величини T_p , проаналізуємо рух агрегату по робочій ділянці поля та здійснимо оцінку балансу часу, необхідного для виконання технологічного процесу.

У межах заданих умов необхідно вибрати та обґрунтувати раціональні способи переміщення агрегату по полю, враховуючи агротехнічні вимоги та забезпечуючи досягнення оптимального коефіцієнта робочих ходів ϕ [7]. Це дозволить підвищити ефективність використання машини й забезпечити стабільність її технологічних показників.

$$j = \frac{L_p}{L_p + l_x}. \quad (3.36)$$

Робоча довжина гону [7]:

$$L_p = L - 2 \cdot E,$$

де $L = 840$ м.

Мінімальні значення ширини поворотних смуг визначаються з урахуванням обраного способу повороту агрегату. Для безпетльових поворотів

мінімальна ширина поворотної смуги встановлюється за такою залежністю [7]:

$$E = 2,8 \cdot R_0 + 0,5 \cdot d_a + e, \quad (3.37)$$

де $R_0 = 3,3$ м; $d_a = 1,4$ м; $e = 1,2$ м.

$$E = 2,8 \cdot 3,3 + 0,5 \cdot 1,4 + 1,2 = 11,14 \text{ м.}$$

Ширина поворотної смуги буде кратною ширині захвату агрегату $E = 11,2$ м.

Тоді

$$L_p = 840 - 2 \cdot 11,2 = 817,6 \text{ м.}$$

Середню питому довжину холостих ходів визначають відповідно до такої розрахункової залежності [7]:

$$l_x = 3,6 \cdot R_0 + 2 \cdot e; \quad (3.38)$$

$$l_x = 3,8 \cdot 3,3 + 2 \cdot 1,2 = 14,9 \text{ м.}$$

Коефіцієнт використання робочих ходів:

$$j = \frac{817,6}{817,6 + 14,9} = 0,98.$$

Чистий робочий час за зміну [7]:

$$T_p = \frac{T_{зм} - (T_{техн} + T_{пз} + T_{ф} + T_{пер})}{1 + \tau_{пов}}, \quad (3.39)$$

де $T_{зм} = 7$ год; $T_{техн} = 0,2$ год; $T_{пз} = 0,15$ год;

$$T_{\phi} = 0,31 \text{ год}; \quad T_{\text{пер}} = 0,25 \text{ год}.$$

$$t_{\text{пов}} = \frac{1 - j}{j}; \quad (3.40)$$

$$t_{\text{пов}} = \frac{1 - 0,98}{0,98} = 0,02;$$

$$T_p = \frac{7 - (0,25 + 0,15 + 0,31 + 0,25)}{1 + 0,02} = 6,0 \text{ год}.$$

Тобто,

$$W_{\text{зм}} = 0,1 \cdot 0,7 \cdot 6,26 \cdot 6 = 2,6 \text{ га}.$$

Погектарні витрати палива [7]:

$$g = \frac{G_p \times T_p + G_x \times T_x + G_3 \times T_3}{W_{\text{год}}}, \quad (3.41)$$

$$\text{де } G_p = 7,9 \text{ кг/год}; \quad G_x = 4,8 \text{ кг/год}; \quad G_3 = 1,1 \text{ кг/год};$$

$$T_x = 0,36 \text{ год}; \quad T_3 = 0,64 \text{ год}.$$

$$g = \frac{7,9 \times 6 + 4,8 \times 0,36 + 1,1 \times 0,64}{2,6} = 22,6 \text{ кг/га}.$$

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.2. Вимоги техніки безпеки при роботі на картоплезбиральних машинах

Робота з картоплезбиральними машинами відноситься до категорії підвищеної небезпеки, оскільки агрегати включають механізми з обертовими робочими органами, системи гідроприводу, транспортери, сепаруючі решітки, підкопувальні лемеші та інші вузли, що можуть бути джерелом травмонебезпечних ситуацій.

Організація безпечної експлуатації повинна відповідати вимогам:

- НПАОП 01.0-1.01-12 «Правила охорони праці в сільськогосподарському виробництві»;
- ДСТУ EN ISO 4254-1 «Безпечність сільськогосподарських машин»;
- Правила експлуатації сільськогосподарської техніки Мінагрополітики України;
- Інструкції з експлуатації конкретної моделі картоплезбиральної машини (КТ-0,6, ККУ-2А, Grimme, Anna та ін.).

Допуск до роботи мають лише особи віком від 18 років, які пройшли спеціальне навчання; інструктаж (вступний, первинний, повторний); медичний огляд; перевірку знань з охорони праці.

Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед запуском картоплезбиральної машини оператор зобов'язаний виконати низку підготовчих заходів, спрямованих на запобігання аварій та поломок.

1. Зовнішній огляд та технічна справність

Оператор повинен:

- перевірити цілісність підкопувального лемеша, транспортера, сепарувальних решіток, вороховідділювача;

- переконатися у відсутності деформацій, тріщин та зношення з'єднань;
- оглянути гідравлічні шланги на наявність підтікання оливи;
- оцінити ступінь натягу ланцюгів транспортера та привідних ременів;
- перевірити наявність та справність захисних кожухів, огорожень небезпечних зон, кожухів карданного валу.

2. Перевірка агрегування з трактором

Забороняється експлуатувати машину без:

- надійно закріпленого дишла;
- зафіксованих шплінтів зчипки;
- правильно приєднаного ВВП (валу відбору потужності) з установленим запобіжним кожухом;
- налаштованих за висотою гідроциліндрів підйому робочих органів.

3. Перевірка робочої зони

Перед запуском машини необхідно:

- переконатися у відсутності сторонніх осіб у радіусі 10–15 м;
- очистити поле від каменів, рослинних решток, металевих предметів та інших предметів, здатних спричинити заклинювання робочих органів;
- оцінити стан ґрунтової поверхні (вологість, щільність, наявність нерівностей), що впливає на навантаження агрегатів.

Вимоги безпеки під час роботи картоплезбиральної машини

1. Безпечне керування та дотримання режимів роботи

Під час руху та виконання технологічних операцій оператор повинен:

- дотримуватися рекомендованої швидкості (зазвичай 3–7 км/год);
- забезпечувати синхронність руху машини та обертів ВВП;
- уникати різких поворотів та гальмувань, які можуть спричинити розсипання вороху або перевантаження транспортерів;
- стежити за роботою сепарувальних решіток, уникати їх переповнення та перевантаження ґрунтом.

2. Робота з рухомими частинами

Категорично забороняється:

- наближатися до працюючих транспортерів, шнеків, приводних валів;
- очищати робочі органи руками або інструментами при включеному приводі;
- проводити налаштування, мастило чи ремонт при працюючому двигуні трактора або під'єднаному ВВП.

3. Особливості безпечного виконання сепарації та транспортування вороху

У картоплезбиральних машинах існують небезпечні зони:

- ланцюговий або стрічковий транспортер (ризик затягування);
- сепарувальні решітки (удари по руках, потрапляння сторонніх предметів);
- вороховідділювач (удари та затягування);
- бункер (ризик засипання бульбою, падіння).

Оператор повинен забезпечувати рівномірність подачі ґрунтово-бульбової маси та не допускати утворення заторів, що призводить до перевантаження двигуна та аварійних ситуацій.

Вимоги безпеки при обслуговуванні та усуненні несправностей

1. Зупинка та відключення

Будь-які ремонтні або регулювальні роботи виконуються тільки після:

- повної зупинки трактора;
- відключення ВВП;
- зняття навантаження з гідросистеми;
- заглушення двигуна.

2. Очищення та регулювання

Під час очищення робочих органів необхідно використовувати:

- спеціальні гачки або скребки;
- щітки;
- інструменти з довгими ручками.

Заборонено виконувати очищення руками або ногами.

3. Робота з гідросистемою

Під тиском олива може спричинити травмування, тому:

- не можна перевіряти герметичність пальцями (тільки картоном або папером);
- при заміні шлангів потрібно стравити залишковий тиск;
- усі гідравлічні з'єднання повинні мати заводські ущільнення.

Вимоги безпеки після завершення роботи

Після закінчення збирання оператор повинен:

- очистити машину від землі, рослинних решток, бульб;
- перевірити стан робочих органів на зношення;
- змастити рухомі елементи;
- встановити машину на рівну поверхню, зафіксувати підставками;
- закрити всі захисні кожухи;
- від'єднати машину від трактора згідно з інструкцією.

Таблиця 4.1 – Типові небезпечні ситуації та заходи їх запобігання

Небезпечна ситуація	Можливі наслідки	Профілактика
Попадання одягу або рук у транспортер	Травмування кінцівок	Захисні кожухи, відключення перед техобслуговуванням
Перевантаження сепаратора через злипання ґрунту	Поломка ланцюгів, зупинка агрегату	Вибір оптимальної вологості ґрунту, контроль швидкості
Розрив гідрошланга	Опіки оливою, вихід з ладу гідроциліндра	Регулярна перевірка гідросистеми
Падіння в бункер	Задушення або травмування	Заборона перебування людей у зоні бункера
Переїзд людини під колесами	Смертельні травми	Заборона присутності сторонніх біля машини

Висновки

Безпечна експлуатація картоплезбиральних машин є важливою складовою ефективного та безаварійного збирання картоплі. Дотримання вимог техніки безпеки дозволяє зменшити травматизм, уникнути простоїв техніки, зберегти працездатність машин та підвищити продуктивність польових робіт. Правильна організація роботи, технічне обслуговування та навчання персоналу є ключовими факторами запобігання аваріям і забезпечення надійного функціонування машинно-тракторного парку.

4.2 Заходи пожежної безпеки при збиранні врожаю картоплі

При підготовці до збирання врожаю картоплі слід звертати особливу увагу на забезпечення засобів пожежної безпеки [11]. З цією метою необхідно перевіряти наявність та справність вогнегасника, наявність лопати та інших засобів. Постійно слідкувати за технічним станом трактора та картоплекопача. Не допускається підтікання палива з системи живлення двигуна та мастила з гідросистеми, попадання мастила на збиральні одиниці та деталі збирального агрегату, перегрів підшипників/

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Мета кваліфікаційної роботи полягала у обґрунтуванні конструктивних і технологічних параметрів картоплекопача з урахуванням впливу фізико-механічних властивостей ґрунту на процес підкопування, відділення та переміщення бульб картоплі.

Об'єктом дослідження у цій роботі є процес механізованого підкопування та сепарації ґрунтового-картопляної маси при збиранні картоплі картоплекопачем КТ-0,6. Предметом дослідження – вплив фізико-механічних властивостей ґрунту на процес збирання картоплі, тобто на тяговий опір, енерговитрати, ефективність очищення та травмування бульб.

У магістерській роботі виконано аналіз впливу основних фізико-механічних характеристик ґрунту на процеси, що відбуваються під час викопування бульб. Визначено номенклатуру ґрунтових показників, які істотно впливають на роботу картоплекопача, а також проаналізовано конструктивні рішення сучасних однорядних картоплезбиральних машин і тенденції їх розвитку.

На підставі аналізу конструкції картоплекопача та особливостей технологічного процесу викопування здійснено обґрунтування вибору теми кваліфікаційної роботи.

В кваліфікаційній роботі досліджено закономірності впливу фізико-механічних властивостей ґрунту (вологості, щільності, структури та адгезії) на енергетичні та якісні показники роботи картоплекопача та встановлено параметри, що забезпечують мінімальні енерговитрати та високі показники якості викопування.

Розроблено узагальнені рекомендації щодо режимів роботи картоплекопача у конкретних ґрунтових умовах.

У роботі проведено обґрунтування параметрів основних виконавчих механізмів картоплекопача, зокрема підкопуючого лемеша та сепаруючого пристрою.

Наведено розрахунки тягових характеристик трактора та тягового опору картоплекопача, а також визначено продуктивність агрегату та витрати палива.

Також розглянуто вимоги техніки безпеки при роботі на картоплезбиральних машинах та висвітлено питання заходів пожежної безпеки при збиранні врожаю картоплі.

Проведені у кваліфікаційній роботі експериментальні та аналітичні дослідження дозволяють сформулювати оптимальні параметри роботи картоплекопача КТ-0,6 для різних ґрунтових умов, що підвищує якість викопування та зменшує пошкодження продукції.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Водяник І.І. Експлуатаційні властивості тракторів і автомобілів. К.: Урожай, 1994. 224 с.
2. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку: Навчальний посібник / За ред. Д.Г. Войтюк, С.С. Яцун, Довжик М.Я. Суми: Університетська книга, 2008. 450 с.
3. Гречкосій В.Д. Довідник сільського інженера. Київ, «Урожай», 1988. 354 с.
4. Гришук, Р. С., Костюк, І. О., & Федорів, В. П. Вплив фізико-механічних властивостей ґрунту на процеси підкопування та сепарації картоплі. *Вісник аграрної науки*, 2020, 4, 37–45.
5. Грушецкий С. М. Аналіз конструкцій коренебульбозбиральних комбайнів і перспектива їх вдосконалення // International Scientific Journal «WayScience». – 2019. – № 1(3). – С. 73–99.
6. 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.
7. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / В.Ю. Ільченко, П.І. Карасьов, А.С. Лімот та ін., / За ред. В.Ю.Зінченка. К.: Урожай, 1993. 288 с.
8. Енергетичні засоби сільськогосподарського виробництва. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів денної та заочної форм здобуття освіти за освітньо-професійною програмою 208 «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Брошак І.С., Мартинюк В.В. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. 71 с.
9. Ланцюги привідні роликові для сільськогосподарських машин. Типи, основні параметри та розміри. ОСТ 23.2.472-84. <http://rntbcat.org.by/>
10. Медведєв В.В. Фізико-механічні властивості ґрунтів сільськогосподарського призначення. Харків: Магістр, 2016. 298 с.

11. Олексюк В.П. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для студентів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія» / Олексюк В.П., Сташків М.Я. Тернопіль: ТНТУ ім. І Пулюя, 2022. 47 с.

12. Олексюк В.П. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія». / В.П. Олексюк, А.В. Бабій, М.Я. Сташків, Н.І. Хомик, Т.А. Довбуш, Г.Б. Цьонь, В.В. Мартинюк. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. 93 с.

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

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

15. Тригуб, А. А. Вплив вологості та щільності ґрунту на тяговий опір і енергоспоживання викопувальних машин. *Сільськогосподарські машини*, 2021, 34(2), 15–23.

16. Хомик Н.І. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності Агроінженерія / Н. І. Хомик, В. П. Олексюк, М. Я. Сташків, А. В. Бабій, Т. А. Довбуш. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2025. 180 с.

17. 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.

18. 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.

19. Johnson, C. M., Peterson, R. L., & O’Connell, D. (2023). Machinery for potato harvesting: a state-of-the-art review. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1156734. DOI: 10.3389/fpls.2023.1156734.

20. 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.

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. 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