

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ ЗАКЛАД
«ЛУГАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА»
ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

КАФЕДРА ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ
РЕСТОРАННОГО І ТУРИСТИЧНОГО БІЗНЕСУ

ГОЛОВАЩЕНКО КОСТЯНТИН ЮРІЙОВИЧ

**КОНСТРУКТОРСЬКЕ ОБҐРУНТУВАННЯ КАРТОПЛЕКОПАЧА ДЛЯ
ЗАСТОСУВАННЯ З МАЛОГАБАРИТНИМИ ТРАКТОРАМИ**

**Кваліфікаційна робота
за спеціальністю 015.37 «Професійна освіта»
освітньо-професійна програма «Аграрне виробництво, переробка
сільськогосподарської продукції та харчові технології»**

Особистий підпис – _____ К. Ю. Головащенко

Науковий керівник – _____ к.т.н., доцент, О. О. Ревякіна
(підпис) (посада, науковий ступінь,
наукове звання, ініціали, прізвище)

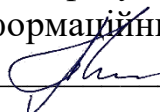
Зав. кафедри – _____ к.п.н., доцент, В. В. Бурдун
(підпис) (посада, науковий ступінь,
наукове звання, ініціали, прізвище)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 ДЕРЖАВНИЙ ЗАКЛАД
 «ЛУГАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 ІМЕНІ ТАРАСА ШЕВЧЕНКА»
 ФАКУЛЬТЕТ ТЕХНОЛОГІЙ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ

КАФЕДРА ПРОФЕСІЙНОЇ ОСВІТИ
 РЕСТОРАННОГО І ТУРИСТИЧНОГО БІЗНЕСУ

Затверджую:

Декан факультету технологій та
 інформаційних систем

 Могильний Г.А.

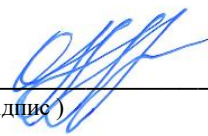
**Індивідуальний план здобувача вищої освіти
 щодо виконання кваліфікаційної роботи**

1. Головащенко Костянтин Юрійович
 (прізвище, ім'я, по батькові здобувача)
2. Факультет технологій та інформаційних систем
3. Спеціальність «Професійна освіта. Аграрне виробництво, переробка сільськогосподарської продукції та харчові технології»
4. Кафедра професійної освіти ресторанного і туристичного бізнесу
5. Науковий керівник Ревякіна Ольга Олександрівна, к.т.н., доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
6. Тема кваліфікаційної роботи
Конструкторське обґрунтування картоплекопача для застосування з малогабаритними тракторами
7. Термін подання роботи на кафедру 08.05.2026 р.

<i>№</i>	<i>Заходи</i>	<i>Термін виконання</i>	<i>Відмітка про виконання</i>
1.	Вибір теми кваліфікаційної роботи, вивчення наукової літератури, затвердження теми й керівника.	10.10.2025	
2.	Розробка плану роботи, визначення мети, завдань, об'єкту, предмету, методів дослідження.	14.11.2025	
3.	Робота над теоретичною частиною кваліфікаційної роботи, аналіз літературних джерел.	05.12.2025	

4.	Подання теоретичної частини кваліфікаційної роботи для першого читання науковим керівником.	19.12.2025	
5.	Усунення зауважень, урахування рекомендацій наукового керівника, подання теоретичної частини кваліфікаційної роботи на друге читання.	16.01.2026	
6.	Розробка технологічної і конструкторської частин роботи. Поетапний аналіз та обговорення результатів дослідної роботи.	30.01.2026	
7.	Подання першого варіанта дослідної частини кваліфікаційної роботи на перевірку науковому керівникові.	20.02.2026	
8.	Урахування рекомендацій наукового керівника, збагачення роботи додатковими дослідженнями, проведеними під час практики, підготовка варіанта роботи до попереднього захисту роботи на кафедрі.	06.03.2026	
9.	Попередній захист роботи на кафедрі.	20.03.2026	
10.	Доопрацювання кваліфікаційної роботи з урахуванням рекомендацій після попереднього захисту роботи на кафедрі.	03.04.2026	
11.	Подання кваліфікаційної роботи науковому керівникові та рецензентові на підготовку відгуку й рецензії.	17.04.2026	
12.	Подання на кафедру остаточного варіанта кваліфікаційної роботи, підписаного випускником, науковим керівником і рецензентом.	08.05.2026	

Здобувач вищої освіти _____ **Головащенко К. Ю.**
 (підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи  _____ **Ревякіна О. О.**
 (підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота на тему: «Конструкторське обґрунтування картоплекопача для застосування з малогабаритними тракторами» виконана на 65 сторінках пояснювальної записки з використанням 20 літературних джерел.

У роботі розглянуто питання:

- основні типи картоплекопачів;
- проведено технічне обґрунтування конструктивних показників вдосконалення лемеша картоплекопача;
- розроблено конструкцію копача, призначеного для агрегування з малогабаритною сільськогосподарською технікою;
- виконано розрахунки міцнісних характеристик окремих елементів лемеша.

Розвиток фермерських та присадибних господарств зумовлює зростання потреби у простих, надійних і доступних засобах механізації трудомістких сільськогосподарських процесів. Однією з найбільш затратних за витратами праці операцій у вирощуванні картоплі є її збирання, особливо в умовах використання малогабаритної техніки. Застосування картоплекопачів у агрегаті з малогабаритними тракторами дає змогу істотно знизити фізичне навантаження, скоротити строки виконання робіт та підвищити продуктивність праці.

У зв'язку з цим актуальним є конструкторське обґрунтування картоплекопача, пристосованого до роботи з малогабаритними тракторами, з урахуванням їх потужності, тягових можливостей та умов експлуатації. Розроблення такої машини сприятиме підвищенню рівня механізації збирання картоплі в малих господарствах та поліпшенню економічних показників виробництва.

Ключові слова: картоплекопач, технологічний процес викопування картоплі, агрегат для обробітку ґрунту.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ I ТЕОРЕТИЧНИЙ	7
1.1 Технологічні підходи до викопування та збирання картоплі	7
1.2 Класифікація та типи картоплекопачів	13
1.3 Види підкопувальних робочих органів картоплекопачів.....	19
Висновки до розділу I.....	26
РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНИЙ.....	27
2.1. Розгляд та оцінка конструктивних особливостей однорядкових картоплекопачів	27
2.2 Технічне обґрунтування головних конструктивних показників вдосконалення лемеша картоплекопача	32
2.3 Розрахунок продуктивності і основних параметрів відкидних пальців лемеша.	36
Висновки до розділу II.....	38
РОЗДІЛ III РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ	39
3.1 Розробка конструкції копача для малогабаритної сільськогосподарської техніки	39
3.2 Обґрунтування основних параметрів підкопуючих робочих органів	41
3.3 Розрахунки міцнісних характеристик окремих елементів лемеша.	46
Висновки до розділу III	51
РОЗДІЛ IV ОХОРОНА ПРАЦІ.....	52
4.1 Заходи безпеки при збиранні картоплі удосконаленим копачем	52
4.2 Загальні правила безпеки при експлуатації причіпних та начіпних сільськогосподарських машин	56
4.3 Потенційні ризики та шкідливі фактори під час механізованого обробітку картоплі та методи їх запобігання	59
Висновки до розділу IV	61
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	63

ВСТУП

Сучасне сільське господарство не може ефективно розвиватися без широкого впровадження механізації технологічних процесів. Одним із найважливіших етапів вирощування картоплі є її збирання, що вимагає значних витрат ручної праці. Використання спеціалізованих машин для викопування та підйому бульб дозволяє не тільки підвищити продуктивність праці, але й зменшити втрати врожаю та покращити його якість.

Особливо актуальним є створення технічних засобів, пристосованих для роботи з малогабаритними тракторами. Такі трактори широко використовуються у невеликих фермерських господарствах та на присадибних ділянках, де застосування великих машин економічно не виправдане та технологічно обмежене. Однак більшість існуючих картоплекопачів розраховані на потужні трактори, що ускладнює їх використання в умовах обмеженої потужності та компактності малих агрегатів.

Конструкторське обґрунтування картоплекопача для малогабаритних тракторів передбачає не лише визначення оптимальних розмірів і параметрів робочих органів, а й забезпечення надійності, простоти експлуатації та доступності у виробництві. У процесі дослідження важливе значення має аналіз існуючих конструкцій, виявлення їхніх переваг та недоліків, а також визначення технічних рішень, що дозволяють адаптувати машину до конкретних умов роботи.

Таким чином, метою даної роботи є розробка конструкції картоплекопача, придатного для застосування з малогабаритними тракторами, що дозволяє підвищити ефективність процесу збирання картоплі та забезпечити збереження врожаю. Результати дослідження можуть бути використані як у малих фермерських господарствах, так і у виробничих сільськогосподарських підприємствах, зацікавлених у модернізації своїх механізованих систем збирання картоплі.

РОЗДІЛ І ТЕОРЕТИЧНИЙ

1.1 Технологічні підходи до викопування та збирання картоплі

Збирання картоплі передбачає виконання низки основних операцій, які залежать від рівня механізації процесу. До них належать викопування бульб із ґрунту, їхнє очищення від землі та бадилля, видалення залишків рослин, каменів і домішок, а також завантаження картоплі у контейнери або транспортні засоби.

Додатково можуть проводитися попереднє очищення вороху та сортування бульб за розміром. У разі збору картоплі за повільного розвитку листової частини слід видалити бадилля перед основними технологічними операціями. Це можна здійснити як механічними, так і хімічними методами, що сприятиме підвищенню ефективності роботи машин та полегшить роботу працівників, які збирають бульби після проходження картоплекопачів.

Існують три основні методи збору картоплі:

- викопування бульб за допомогою картоплекопачів із їхнім залишенням на поверхні поля, після чого бульби збирають вручну працівники;
- використання картоплезбиральних машин із робочими столами, де працівники відбирають і пакують бульби вручну;
- збирання картоплі за допомогою картопляних комбайнів, які виконують увесь процес механізовано.

При методі прямого збирання картоплю збирають безпосередньо за допомогою комбайнів.

Роздільне (двофазне) комбайнове збирання передбачає спочатку формування валків на полі за допомогою картоплекопачів, а потім їх збір комбайнами.

Комбінований спосіб збирання – це метод при якому використовуються різні прийоми збору картоплі в одному процесі. Цей метод здебільшого

застосовується на легких ґрунтах і дозволяє значно підвищити продуктивність картоплезбиральних комбайнів.

Всі ці методи передбачають різні підходи до збору картоплі, з урахуванням рівня механізації, наявності робочої сили та ефективності процесу (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

Методи та технології збирання картоплі

Метод збирання	Сутність методу	Задіяна техніка	Переваги	Недоліки
Пряме збирання	Картоплю вибирають із ґрунту та відразу завантажують у бункер комбайна за один прохід.	Картоплезбиральні комбайни.	Висока продуктивність; мінімальні витрати часу; менше проходів техніки по полю.	Потребує рівного поля й високої якості підготовки ґрунту; ризик пошкодження бульб.
Роздільне (двофазне) збирання	Спочатку формують валки картоплі картоплекопачами, а після підв'ялювання підбирають комбайнами.	Картоплекопачі та картоплезбиральні комбайни.	Менше пошкоджень бульб; можливість збирання за важких умов; краще просихання картоплі.	Збільшення кількості проходів техніки; більші витрати пального й часу.
Комбінований спосіб	Поєднують окремі операції з різних методів залежно від умов поля і бажаної якості збирання.	Різні види картоплекопачів, підбирачів, комбайнів.	Гнучкість технології; можливість адаптації до різних умов поля; зменшення втрат.	Складніша організація процесу; потреба у більшій кількості техніки.

При цьому способі картоплекопач-валкоукладач викопує два рядки картоплі, частково очищує бульби від ґрунту та рослинних решток і формує валок між сусідніми рядками. Картоплезбиральний комбайн, що рухається за копачем, підкопує залишені рядки, підбирає між ними валок, доочищає його і завантажує бульби у транспортні засоби.

Таким чином, за один прохід обробляються бульби з чотирьох рядків, що підвищує продуктивність. Проте комбінований метод ефективний лише тоді, коли комбайн стабільно працює при прямому комбайнуванні.

Роздільний метод доцільно застосовувати за умов підвищеної вологості. Картоплекопач піднімає бульби з ґрунту, частково очищує їх від землі та формує валок. Валок може складатися з двох або, інколи, чотирьох рядків викопаної картоплі. У валках бульби підсихають і проходять процес світлового загартування. Після цього картоплезбиральний комбайн підбирає бульби з валка, остаточно очищає їх і завантажує у транспортні засоби.

Повна механізація збору картоплі дозволяє виконувати всі операції викопування бульб, розділення вороху та завантажувально-розвантажувальні роботи – без ручної праці. Найскладнішим і найважливішим етапом є розділення вороху, що полягає у видаленні дрібних грудок ґрунту, бадилля та бур'янів. Серед усіх домішок особливо складно відокремлюються каміння та грудки ґрунту.

У сучасних картоплезбиральних машинах широко застосовується метод сепарації, який ґрунтується на різниці механічних властивостей бульб картоплі та грудок ґрунту. Цей метод передбачає: розділення за геометричними розмірами; розділення з урахуванням форми об'єктів або коефіцієнта їх кочення по робочих органах машини; розділення на основі відмінностей властивостей поверхні, наприклад, різниці коефіцієнта тертя ковзання.

Вибір конкретного способу механізації визначається умовами господарства: типом і вологістю ґрунту під час збирання, розміром і рельєфом полів, наявністю каміння, площею посівів, врожайністю картоплі та іншими факторами.

Механізоване збирання картоплі комбайнами доцільно застосовувати на полях із легкими та середніми ґрунтами, які забезпечують високу врожайність бульб, тоді як роторні картоплекопачі більш ефективні на невеликих ділянках із перезволоженим ґрунтом.

За способом виконання технологічного процесу викопування коренеплодів, машини для збирання картоплі поділяють на два основні типи:

– копачі (рис. 1.1, а) підкопують картопляний пласт пасивно, порушуючи зв'язок кущів із ґрунтом та частково виводячи бульби на поверхню. Після підкопування вручну підбирати бульби доводиться з затратами праці близько 190–250 люд.-год./га. При цьому втрати бульб у ґрунті сягають приблизно 30%.

– роторні картоплекопачі (рис. 1.1, б) одночасно розкопують і розсипають бульби та ґрунт із рядка на бічну відстань до 3,5 м від осі руху машини. Під час роботи леміш копача розрізає ґрунтовий шар, а при виході ґрунт руйнується і розкидається ротором по поверхні поля у вигляді гребінок.

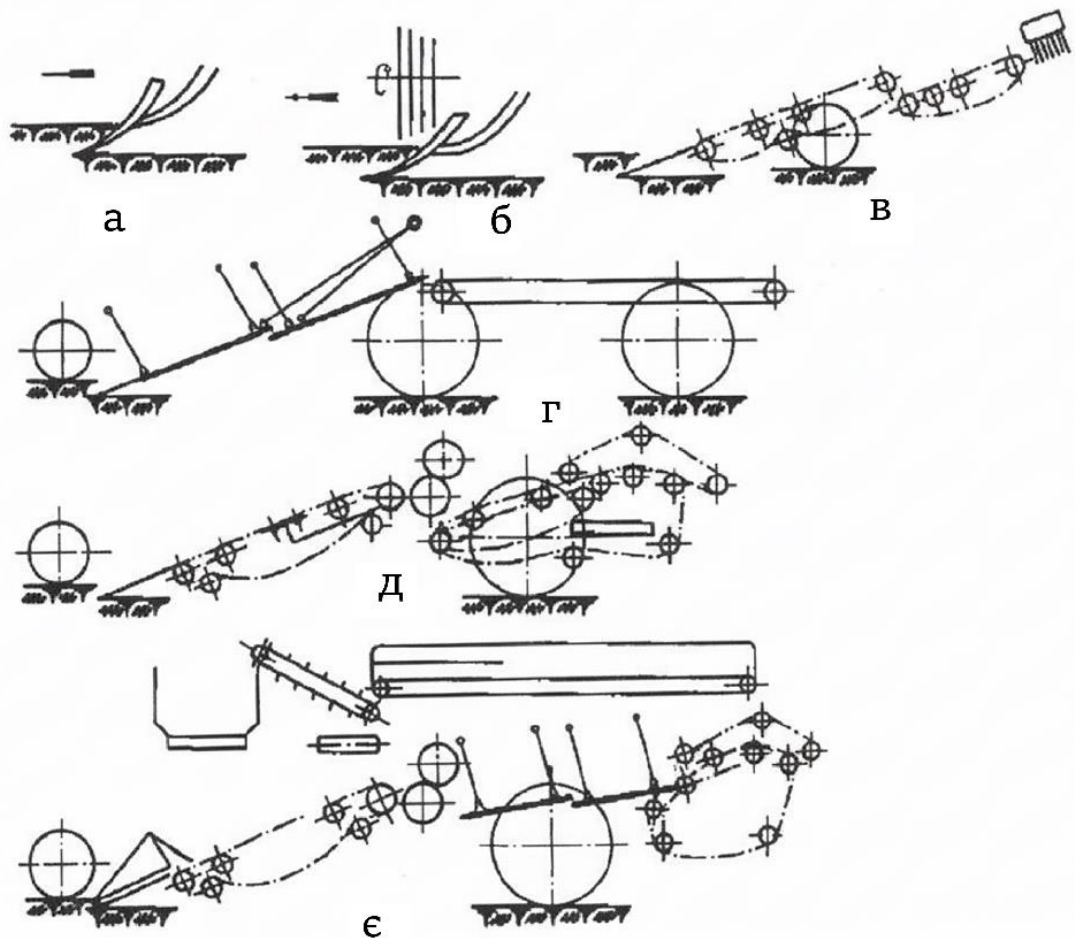


Рис. 1.1. Схематичне зображення основних типів машин для збирання коренеплодів картоплі: а – лемішні копачі; б – роторні копачі; в – просіювальні картоплекопачі; г – картоплекопачі з причіпними перебірними столами; д – картоплекопачі-валкоукладачі; є – комбайни для збирання картоплі.

У результаті проходу машини утворюється смуга шириною 1,5-3 м, де зосереджена більшість бульб. Для підбору картоплі організовують бригаду з 13-18 осіб, розподіляючи робітників так, щоб кожен обробляв ділянку довжиною 15-25 м.

Картоплекопачі з активним робочим органом просівального типу (рис. 1.1, в) підкопують рядки картоплі та переміщують викопану масу на робочі органи для подальшої сепарації. Здебільшого використовують сепаруючі механізми двох основних видів: пруткові елеватори (картоплекопачі ТЕК-2, КТН-2, КТН-2Б) та копачі-грохоти (картоплекопачі КГ-2 і КВН-2М).

Відібраний шар ґрунту разом із рослинами картоплі потрапляє на сортувальний елеватор, де ґрунт просіюється через щілини між прутками, а залишки бульб, листя та грудки ґрунту виводяться із задньої частини машини на поверхню поля.

Після цього бульби збирають вручну працівники. У більш складних умовах картоплекопачі можуть бути обладнані послідовними установками двох- або трьохстрижневих елеваторів та додатковими елементами, такими як біла і розділювальні решітки.

Картоплекопачі з причіпними переборними столами (рис. 1.1, г) дозволяють отримати якісну картоплю завдяки ручному сортуванню бульб робітниками та їх подальшому таруванню в мішки або кошики за допомогою спеціальних пристроїв. Основною перевагою таких машин порівняно зі звичайними є полегшення праці робітників, а в порівнянні з картоплезбиральними комбайнами – зменшення пошкодження бульб.

Причіпні переборні столи особливо ефективні при зборі картоплі, призначеної для посадки, а також ранньої картоплі. Втім, їх використання можливе лише за легких умов. Застосування таких столів дозволяє скоротити витрати праці на 20-30% порівняно з ручним збором бульб з поверхні поля.

Картоплекопачі–валкоукладачі (рис. 1.1, д) відрізняються від звичайних тим, що зазвичай оснащені додатковими пристроями для видалення бадилля

та поперечними транспортерами, які забезпечують формування валків із двох, чотирьох або шести рядків бульб. Прикладом такої техніки є картоплекопач УКВ-2, який дозволяє підвищити продуктивність праці під час збору бульб і забезпечує дворядне збирання комбайнами.

Після проходження машини такого типу ручні затрати праці на підбирання бульб зменшуються на 30-50% порівняно з роботою за традиційним картоплекопачем. Якщо ж використовувати для підбирання комбайн, трудові витрати скорочуються на 40-50% відносно прямого комбайнування.

Картоплезбиральні комбайни (рис. 1.1, є) виконують підкопування рядків, очищення бульб від ґрунту, бадилля та сторонніх домішок, а також їх накопичення у тарі.

Узагальнивши результати аналізу різних способів збирання картоплі, можна стверджувати, що техніка, призначена для невеликих фермерських господарств, повинна вирізнятися простою будовою, здатністю працювати у парі з малопотужними тракторами та високою маневровістю, що особливо важливо на обмежених за площею полях.

Крім того, вона має забезпечувати раціональні витрати праці й належну якість відокремлення та збирання бульб. Цим критеріям найбільшою мірою відповідають нескладні пасивні копачі, а також активні машини просівального чи роторного типу.

Прикладом подібних агрегатів виступають картоплекопачі КТН-1А та КТН-1Б. Попри те, що їхня конструкція складніша, а габарити більші порівняно з простими пасивними копачами, вони дозволяють істотно скоротити трудові витрати.

Порівнюючи роторний картоплекопач із просівальними моделями, можна помітити його певний недолік – підвищені трудові витрати, що становлять близько 20-25%. Водночас цей тип обладнання має низку суттєвих переваг: навісна машина відрізняється меншою масою та компактнішими

габаритами, що є особливо важливим під час роботи на ділянках складної конфігурації.

Окремої уваги заслуговує коритоподібна форма лемеша. За результатами досліджень, у порівнянні з плоскими лемешами такі лемеші подають у робочі органи значно менше ґрунту: на 25-30% при гребневому способі посадки та на 50-60% при гладкому.

1.2 Класифікація та типи картоплекопачів

З урахуванням конкретних ґрунтово-кліматичних умов господарства таких як тип і вологість ґрунту під час збирання, розмір і рельєф поля, урожайність картоплі та інші фактори механізовані засоби для збору картоплі поділяють на два основні види: картоплекопачі та картоплезбиральні комбайни.

На перший погляд, використання картоплезбиральних комбайнів значно підвищує продуктивність та скорочує ручну працю. Проте їх ефективно застосовувати лише на полях із довгими загінками, високою врожайністю та легкими ґрунтами. На ділянках із суглинковими чорноземами, де ґрунт вологий, присутня велика кількість бур'янів і кам'яних включень, а також на невеликих площах, доцільніше використовувати картоплекопачі.

Картоплекопачі призначені для підняття рядків картоплі з ґрунту, обробки викопаного матеріалу (подрібнення та руйнування землі, часткове відділення сторонніх домішок від бульб) та формування валків з очищених бульб на поверхні поля.

Модель КСТ-1,4А призначена для одночасного викопування двох рядків картоплі, відділення ґрунту та формування валків з бульб на полі. Вона здатна працювати на будь-яких типах ґрунтів при вологості від 10 до 27 %. Ширина захвату становить 1,4 м, робоча швидкість від 1,9 до 6,5 км/год, продуктивність досягає 0,9 га/год, а вага 1320 кг. Картоплекопач агрегатується

з тракторами тягового класу 1,4, а його робочі механізми приводяться в дію від валу відбору потужності (ВВП) трактора.

На рисунку 1.1 показано картоплекопач КСТ-1,4. Машина елеваторного типу, призначена для підкопування картоплі, часткового очищення бульб від ґрунту та укладання їх на поверхню поля. Аббревіатура КСТ-1,4 розшифровується так: К – картоплекопач, С – швидкісний, Т – тракторний, 1,4 – ширина захвату в метрах. Машину агрегують із тракторами сімейства МТЗ усіх модифікацій. Робочі елементи картоплекопача отримують привід від валу відбору потужності трактора, а передача руху здійснюється через карданий вал, редуктор та ланцюгові механізми.

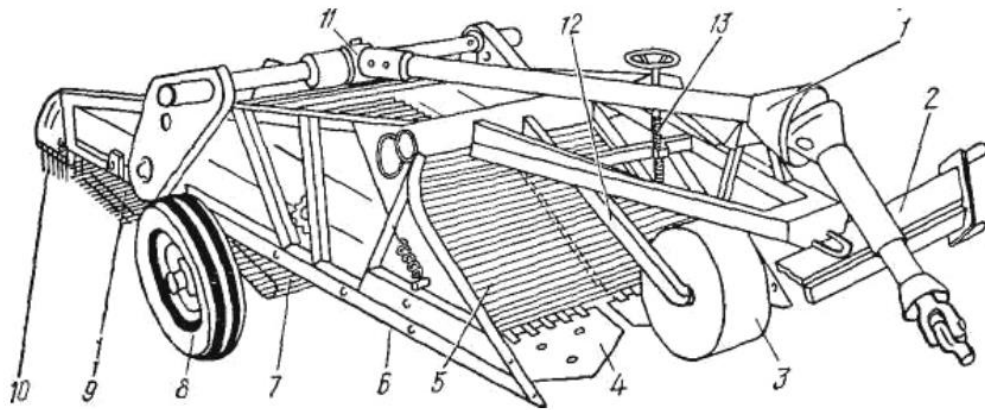


Рис. 1.1. Картоплекопач швидкісний КСТ-1,4: 1 – карданна передача; 2 – поперечина начіпного пристрою; 3 – копіювальне колесо; 4 – леміш. 5 – швидкісний елеватор 6 –рама; 7 – основний елеватор; 8 – ходове колесо; 9 – каскадний елеватор; 10 – відбивач; 11 – редуктор; 12 – рамка копіювального колеса; 13 – гвинтовий механізм.

Основними вузлами картоплекопача КСТ-1,4 є рама 6, ходові колеса 8, копіювальне колесо 3, лемеші 4, швидкісний елеватор 5, основний елеватор 7, каскадний елеватор 9, відбивач 10 та передавальні механізми. Ходові колеса оснащені пневматичними шинами.

Під час роботи картоплекопач КСТ-1,4 функціонує таким чином (рис. 1.2). У процесі руху агрегату по полю лемеші 2 підрізають ґрунтовий пласт одночасно під двома рядками, після чого направляють його на

швидкісний елеватор 3. Завдяки тому, що швидкість руху цього елеватора перевищує поступальну швидкість машини, відбувається інтенсивніше руйнування пласта та ефективніша сепарація ґрунту.

Із швидкісного елеватора маса потрапляє на основний елеватор 4, де здійснюється остаточне відокремлення бульб від ґрунту. Бульби разом із незначною кількістю землі, що залишилася, переходять на каскадний елеватор. Цей елеватор виводить масу на поверхню поля, а гребінки 7 формують валок картоплі, звужуючи його до ширини 60–90 см.

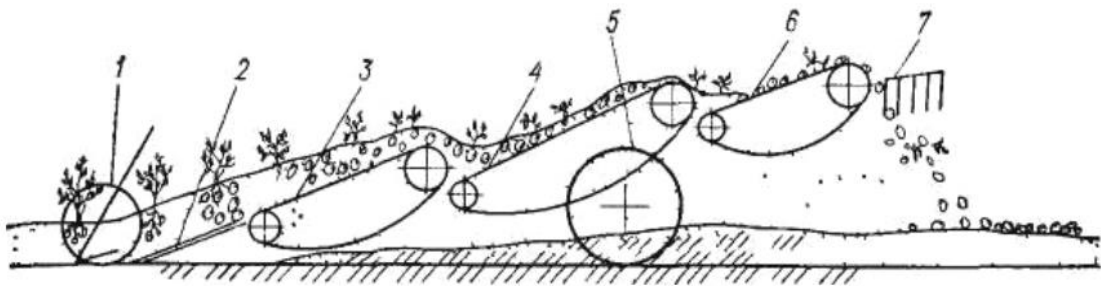


Рис. 1.2. Функціональна схема роботи швидкісного картоплекопача КСТ-1,4:

1 – копіювальне колесо, 2 – леміш; 3 – швидкісний елеватор, 4 – основний елеватор; 5 – ходове колесо, 6 – каскадний елеватор, 7 – гребінки.

Начіпний картоплекопач КТН-2В (рис. 1.3) використовується для підкопування двох рядків картоплі одночасно, часткового відокремлення рослинної маси від бульб та утворення валка викопаної картоплі на поверхні поля. Ця машина призначена для збирання картоплі на легких і середніх ґрунтах за вмісту вологи, що не перевищує 27 % [1].

Картоплекопач має ширину захвату 1,4 м, працює на швидкості 1,8–3,4 км/год і забезпечує продуктивність 0,25–0,47 га/год, його маса становить 835 кг. Машину можна використовувати з тракторами тягового класу 1,4, а рух робочих органів здійснюється від ВВП трактора.

Модель КТН-2В складається з рами, пасивних лемешів, карданної передачі, редуктора, основного та каскадного конвеєрів, опорних коліс та звужувальних решіток. На відміну від картоплекопача КСТ-1,4А, вона не має

копіювального колеса та швидкісного конвеєра, а лемеші виконані у пасивному варіанті.

Під час роботи шар ґрунту підкопується лемешами і потрапляє на основний конвеєр, де вертикальне струшування полотна за допомогою струшувачів забезпечує первинне відсівання землі. Потім ворох переходить на каскадний конвеєр для додаткового відділення ґрунту струшувачами. Нарешті, картопля разом із залишками ґрунту та рослин через звужувальні решітки викидається на поверхню поля, формуючи валок позаду копача.

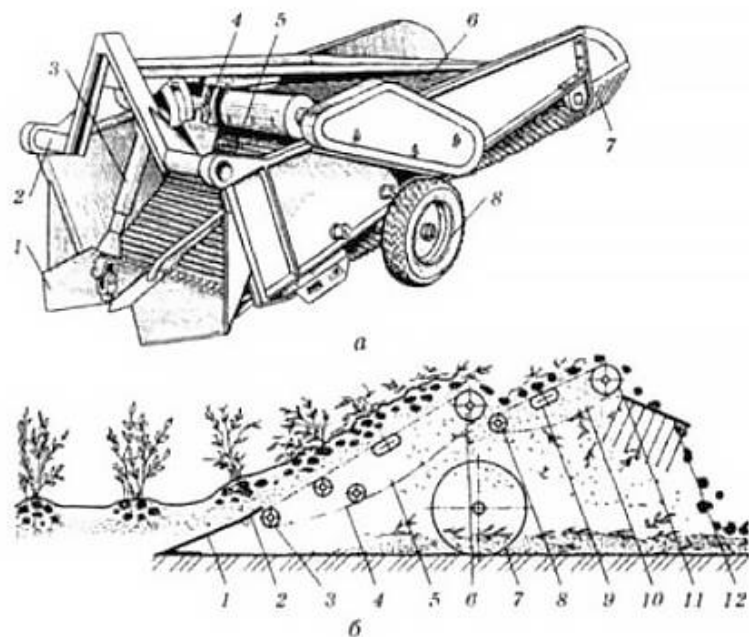


Рис. 1.3. Картоплекопач КТН – 2В: а - загальний вигляд: 1 – леміш; 2 – рама; 3 – карданна передача; 4 – редуктор; 5 – основний конвеєр; 6 – каскадний конвеєр; 7 – звужувальна решітка; 8 – опорне колесо; б – конструктивно-технологічна схема: 1 – леміш; 2 – відкидний клапан; 3 і 8 – напрямні котки; 4 – основний конвеєр; 5 і 9 – струшувачі; 6 і 11 – ведучі зірочки; 7 – опорне колесо; 10 – каскадний конвеєр; 12 – відбивач.

Елеваторний універсальний картоплекопач-валкоутворювач УКВ-2 призначений для роздільного та комбінованого збору картоплі на міжряддях 60 і 70 см, як на гребневих, так і на рівних полях. Під час двоетапного збирання машина формує один валок із двох, чотирьох або шести рядків бульб,

який потім підбирається картоплезбиральним комбайном із спеціальним лемешем або вручну.

При комбінованому способі збирання бульби з двох або чотирьох рядків укладаються у міжряддя двох непідкопаних рядків, які потім збираються картоплезбиральним комбайном. У обох варіантах картоплиння відокремлюється і укладається окремо від бульб.



Рис. 1.4. Картоплекопач УКВ-2

Головними складовими частинами картоплекопача УКВ-2 є: рама на колесах, лемеші, елеватор, подрібнювач грудок, грохот, відокремлювач бадилля, поперечний транспортер та ложеутворювач. Привід робочих органів картоплекопача здійснюється від ВВП трактора.

Принцип роботи універсального картоплекопача УКВ-2 показаний на рисунку 1.5.

Під час руху машини по полю лемеші 2 підрізають рядки картоплі і направляють їх на основний елеватор 3. Бокові частини скиби відсікаються активними боковинами 1, які під час роботи здійснюють коливальні рухи з амплітудою 12 мм. Основний прутковий елеватор разом із струшувачем 4 також здійснює коливання під час роботи.

Під час роботи скиба руйнується, частина ґрунту та рослинних залишків просіюється, а залишок ґрунту разом із бульбами та бадиллям направляється до грудкоподрібнювача 5. Після цього маса надходить на перше решето 6 грохота, а звідти переміщується на друге решето 7.

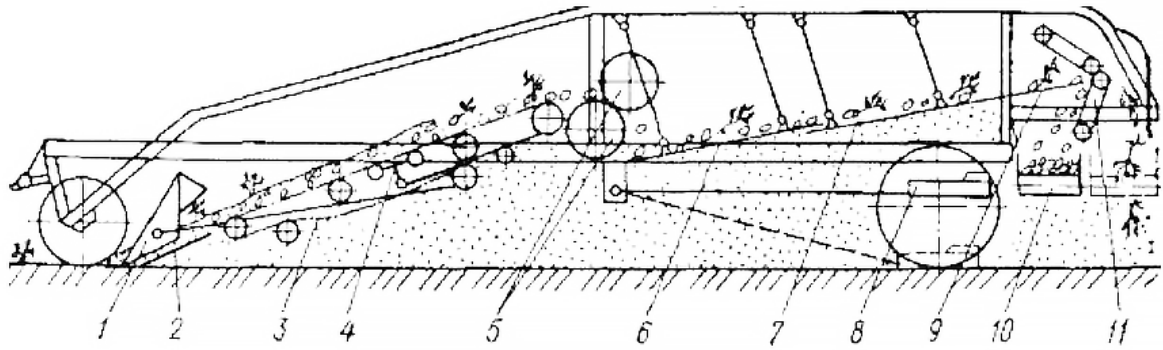


Рис. 1.5. Структурна схема роботи універсального картоплекопача - валкоутворювача УКВ-2: 1 – активна боковина; 2 – леміш; 3 – основний елеватор; 4 – струшувач; 5 – грудкоподрібнювач; 6 – перше решето грохота; 7 – друге решето грохота; 8 – ложеутворювач; 9 – пруткова решітка; 10 – поперечний транспортер; 11 – бадиллєвідокремлювач.

Наприкінці другого решета встановлена пруткова решітка 9, яка розділяє масу на дві частини: бульби та дрібні домішки проходять між прутками на поперечний транспортер 10, тоді як бадилля, рухаючись по прутках, потрапляє до бадиллєвідокремлювача 11 і виводиться з машини.

Використання машини такого типу значно зменшує трудові витрати: при ручному зборі бульб вони скорочуються на 30–50 % у порівнянні зі збором за звичайним картоплекопачем, а при використанні комбайна на 40–50 % порівняно з прямим комбайнуванням.

Провівши аналіз різних конструкцій картоплєзбиральних машин, можна зробити висновок, що для малих приватних господарств оптимальною є машина з простою конструкцією, здатна працювати в агрегаті з тракторами малого класу.

Вона повинна мати високу маневреність, що особливо важливо на невеликих ділянках, а також забезпечувати ефективність праці та високу якість зібраної картоплі. До таких машин належать прості копачі, а також копачі роторного та просіваючого типів.

1.3 Види підкопувальних робочих органів картоплекопачів

Існуючі конструкції картоплекопачів за своїм призначенням поділяються на чотири основні групи:

- копачі;
- машини кидального типу;
- агрегати просівного типу;
- картоплезбиральні комбайни (рис. 1.6).

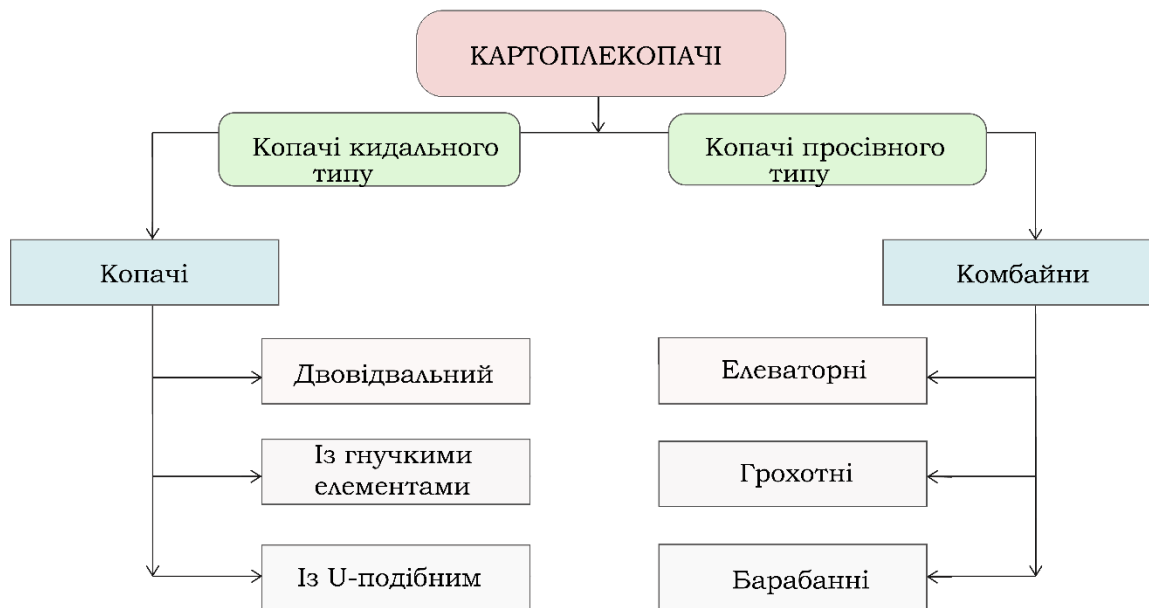


Рис. 1.6. Розподіл картоплекопачів за функціональним призначенням.

Копачі являють собою ґрунтообробні знаряддя, призначені для розорювання картопляних грядок. Копачі за функціональним призначенням розділяють на двополіцеві корпуси, на пристрої, що виносять бульби на денну поверхню (двополіцевий корпус із гнучкими елементами), та копачі, що виштовхують бульби на денну поверхню без ґрунту (U-подібні лемеші).

Копачі з гнучкими елементами являють собою два розпушувачі 1 (рис. 1.7), розташовані по краях робочого органу.

Гнучкі елементи 2 виконані у вигляді відрізків тросів, розташованих через певний інтервал по глибині розпушення. Кінці кожного відрізка закріплені на одному рівні до сусідніх стояків розпушувачів, причому довжина

тросів поступово зменшується від верхньої частини до низу. Під час руху петель у ґрунті відбувається його інтенсивне кришення, підйом і переміщення бульб на поверхню.

До недоліків таких копачів належать низька продуктивність, підвищена енергоємність процесу розпушення ґрунту та значне пошкодження бульб через тертя об троси гнучких елементів.

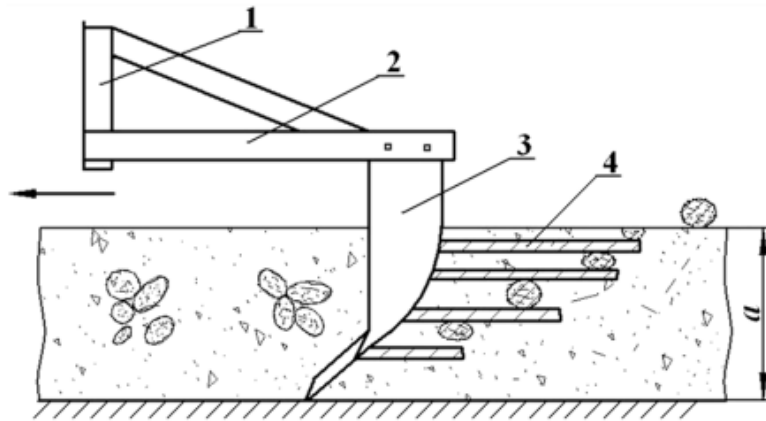


Рис. 1.7. Схема копача з гнучкими елементами: 1 – навісний пристрій; 2 – рама; 3 – розпушувач; 4 – гнучкі елементи.

Двополицеві картоплекопачі, здебільшого однорядні, розпушують ґрунт на глибину до 0,25 м та працюють із швидкістю 1,3-1,6 м/с. Вони подрібнюють ґрунт і піднімають на поверхню 60-80 % бульб. Основним недоліком таких машин є низька продуктивність та значні втрати картоплі.

Копачі кидального типу підрізають шар ґрунту з бульбами лемішем, який під час відходу з леміша розпадається і відкидається гребінками перпендикулярно до напрямку руху машини. Роторні кидалки оснащені восьмигребінчастою «кистю», причому кожна гребінка має 3-5 круглих прутків діаметром 14-15 мм. Кінці гребінок обертаються зі швидкістю до 6 м/с. При цьому ґрунт укладається на поверхню поля тонким шаром шириною 1,5-2,5 м, і близько 90 % бульб залишається видимими. Швидкість руху таких копачів не перевищує 1,5 м/с.

Найбільше поширення отримали просіювальні копачі. Під час їх роботи леміш підкопує ґрунт із бульбами і направляє його на сепарувальні робочі органи. Ґрунт проходить через зазори сепарувальної поверхні, а бульби, гичка та великі грудки ґрунту відкидаються за машиною. Бульби збирають вручну, при цьому трудові витрати на підбирання бульб на 20-25 % менші, ніж при використанні кидальних копачів.

Сепарувальні робочі органи поділяються на три види: елеваторні, грохотні та барабанні. На рисунку 3 показана схема елеваторного картоплекопача, який складається з лемеша 1, сепарувальних пруткових елеваторів 2 і 5 та струшувальної решітки 7.

Пруткові елеватори (рис. 1.8), що складаються з одного або декількох послідовно розташованих транспортерів, мають робочі поверхні з прутків із проміжками 25–30 мм, призначені для просіювання ґрунту. Полотно елеватора приводиться в коливальний рух завдяки еліпсоподібній зірочці. Струшувальна решітка, здійснюючи коливання, сприяє розпушуванню ґрунтових грудок і відділенню бульб від гички.

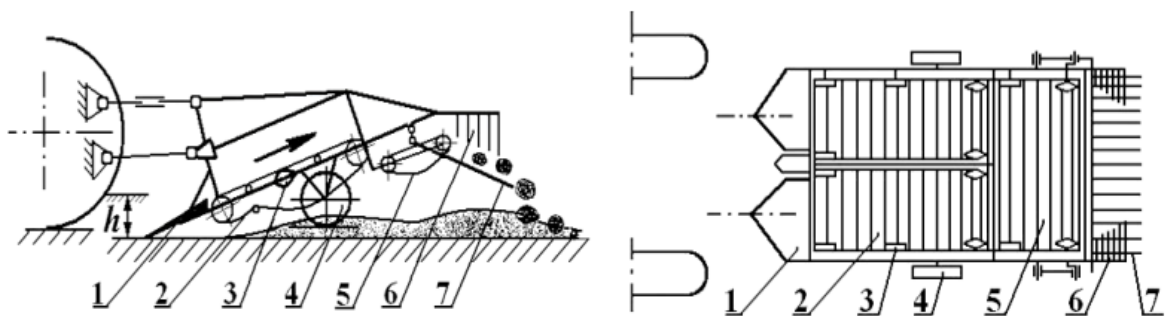


Рис. 1.8. Схема елеваторного копача: 1 – леміш; 2 – основний прутковий елеватор; 3 – струшувач; 4 – опorne колесо; 5 – каскадний елеватор; 6 – звужувальний щиток; 7 – струшувальна решітка.

Грохотні картоплекопачі (рис. 1.9) оснащені як сепарований робочий орган двома коливальними грохотами, що рухаються зворотно-поступально в протифазі. Поверхня грохотів утворена поздовжніми прутками з проміжком 25-30 мм. Частота обертання ексцентрикового вала становить 150-200 об/хв.

Підвищення продуктивності досягається збільшенням робочої швидкості руху, що реалізовано у конструкції копача КСТ-1,4А. Цю машину можна застосовувати на різних типах ґрунтів, включаючи суглинки та важкі ґрунти з вологістю 10-27 %.

До особливостей конструкції належать копіювальне опорне колесо 1, активний коливальний леміш 2 та додатковий швидкісний прутковий елеватор 3, що забезпечує інтенсивне розтягування підкопаного шару. Грохотні копачі мають активні леміші, які закріплені у передній частині першого грохота та разом із решетом виконують коливальні рухи.

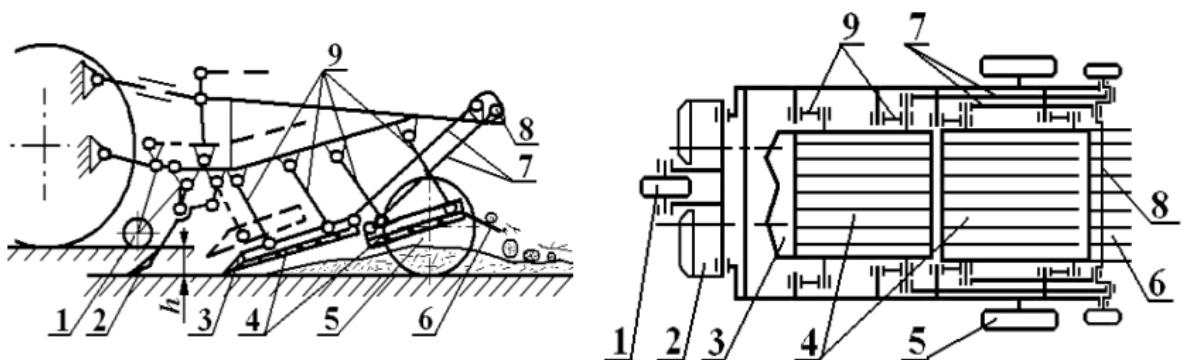


Рис. 1.9. Схема грохотного копача: 1 – опорний коток; 2 – запобіжна напівскоба; 3 – леміш; 4 – дворешітний грохот; 5 – опорне колесо; 6 – струшувальна решітка; 7 – шатуни; 8 – ексцентриковий вал; 9 – підвіски решета.

Барабанні копачі оснащені конічними або барабанними робочими органами сепарованої дії, поздовжня вісь яких збігається з напрямком руху агрегату. Принцип їхньої роботи полягає в наступному: леміш підрізає шар ґрунту з бульбами і направляє його в барабан.

Всередині барабана ґрунт розпушується і сепарується. Бульби переміщуються вздовж барабана і за допомогою вузького валка викладаються на просіяний ґрунт позаду машини. Рух копача при цьому здійснюється зі швидкістю до 1,4 м/с.

Підкопувальні робочі органи поділяються на пасивні, активні та комбіновані. Найбільш поширеними є сегментні плоскі леміші, однак вони

мають недолік розсипання шару ґрунту по боках та надмірне захоплення ґрунту, що застосовується для зменшення втрат бульб картоплі.

Коритоподібний леміш зменшує розсипання ґрунту і захоплює його менше, ніж плоский, але при цьому більш схильний до залипання на згинах, що збільшує тяговий опір і спричиняє накопичення ґрунту.

Секційний леміш, що включає підкопувальний леміш та боковини, характеризується стійкістю до залипання. Він може бути виконаний з двох або трьох секцій, що дозволяє ефективно сепарувати шар ґрунту. Основними недоліками пасивних лемішів є високий тяговий опір та скупчення ґрунту при швидкості руху понад 1,5-1,8 м/с.

Щоб знизити тягові опори та мінімізувати ймовірність утворення грудок ґрунту, застосовують активні леміші. Вони можуть мати різні конструкції: зворотно-поступальний рух, напівактивну підвіску, колове обертання, дискову систему з обертальним рухом або обертальні барабани-валки (рис. 1.10).

Основним недоліком активних лемішів зі зворотно-поступальним рухом вважається їхня динамічна невірноваженість. Щоб частково компенсувати коливання лемішів, застосовують активні боковини, які рухаються в протифазі з основним лемешем (рис. 1.10, є).

Активні дискові леміші, що отримали широке поширення за кордоном, виконують підрізання грядки та переміщують верхній шар ґрунту по своїй поверхні, після чого він зісковзує з диска по нерухомому щитку. До переваг таких лемішів належать відсутність невірноважених інерційних сил і можливість звуження потоку підкопаної маси.

У деяких конструкціях диски оснащують прорізами для сепарації ґрунту (рис. 1.10, і). Дискові леміші особливо доцільно застосовувати на супіщаних і легких суглинкових ґрунтах.

Головним недоліком активних лемішів зі зворотно-поступальним рухом є їхня динамічна невірноваженість. Для часткового зменшення коливань лемішів застосовують активні боковини, які рухаються в протифазі з основним лемешем (рис. 1.10, є).

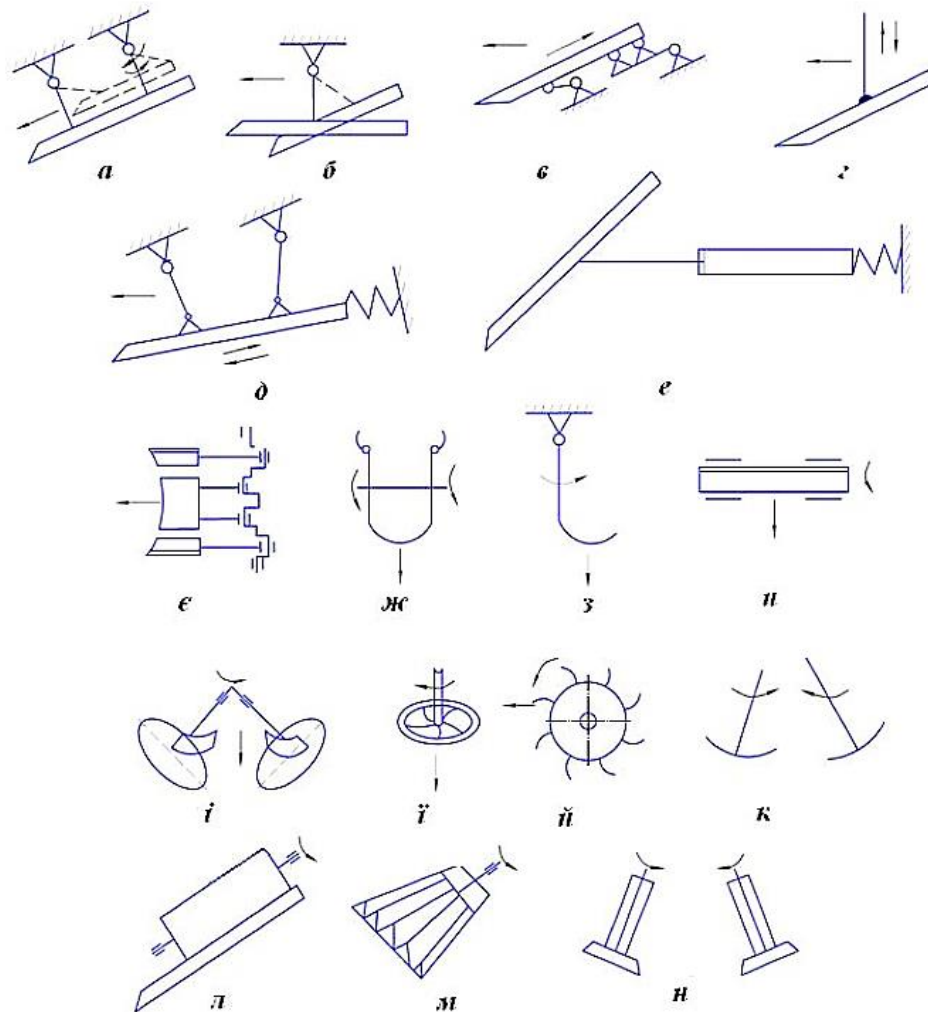


Рис. 1.10. Активні механічні підкопувальні органи картоплезбиральних машин: а, б, в, г – леміші зі зворотно-поступальним рухом; д, е – леміші з напівактивною підвіскою; є, ж, з, и, к – леміші з коловим обертанням; і, ї, й – дискові леміші з обертальним рухом; л, м – барабанні леміші; н – валковий леміш

Активні дискові леміші, що широко використовуються за кордоном, здійснюють підрізання грядки та переміщують верхній шар ґрунту по своїй поверхні, після чого він зісковзує з диска по нерухомому щитку.

До їхніх переваг належить відсутність неврівноважених інерційних сил та можливість звуження потоку підкопаної маси. У деяких конструкціях диски оснащують прорізами для сепарації ґрунту (рис. 1.10, ї). Дискові леміші особливо ефективні на супіщаних та легких суглинкових ґрунтах.

Комбіновані леміші представляють собою робочі органи, що поєднують пасивні леміші з активними елементами, такими як боковини (рис. 1.11, в-е), гребінки (рис. 1.11а), лопаті (рис. 1.11, є), спіралі (рис. 1.11, ж), бітери (рис. 1.11, б) та гнучкі елементи (рис. 1.11, и), здатні до коливальних і обертальних рухів.

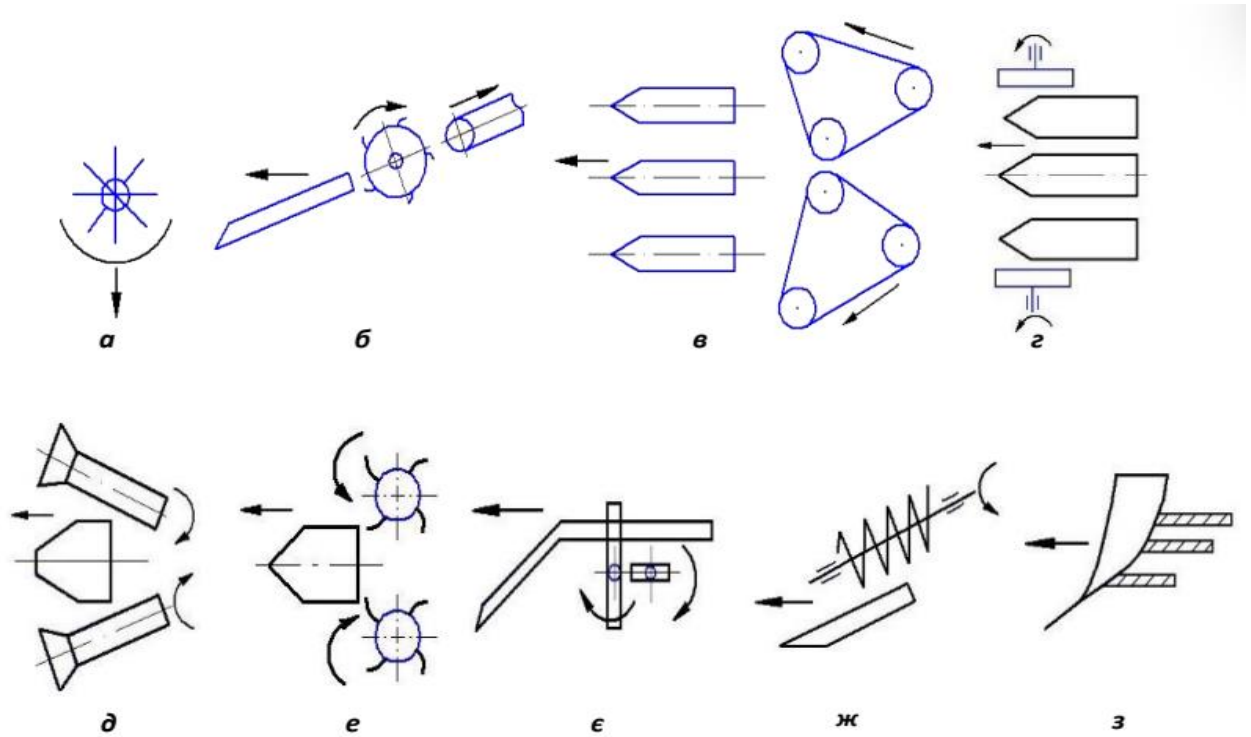


Рис. 1.11. Комбіновані механічні підкопувальні органи картоплезбиральних машин з елементами розпушування ґрунту: а – обертальні гребінки; в, г, д, е – активні боковини; б, є, ж – пристрої для попередження забивання леміша; з – гнучкі елементи.

У будь-якому разі активні елементи запобігають розпаданню підкопаного шару, усувають засмічення лемеша гичкою та іншими рослинними залишками, а також зменшують тяговий опір. Основним недоліком комбінованих лемішів, як і більшості інших типів, є обмежена швидкість руху (до 1,8 м/с).

Аналіз різних підкопувальних робочих органів показує, що перспективним напрямком їх подальшого вдосконалення є розробка високошвидкісних механізмів, які забезпечують підкопування та виведення

бульб на поверхню без ґрунту. Такий підхід дозволяє відмовитися від робочих органів сепарованої дії, зменшити робочу масу та спростити конструкцію картоплекопачів, одночасно забезпечуючи якісне викопування бульб і збереження структури ґрунту.

Висновки до розділу I

В розділі розглянуто технологічні підходи до викопування та збирання картоплі. Проаналізовані технології показали, що застосування сучасних картоплезбиральних машин і агрегатів дає змогу суттєво зменшити втрати врожаю, мінімізувати пошкодження бульб і скоротити витрати ручної праці.

У результаті аналізу основних типів картоплекопачів встановлено, що різноманіття їх конструкцій зумовлене умовами експлуатації, агротехнічними вимогами та рівнем механізації сільськогосподарських робіт.

Обґрунтовано основні види підкопувальних робочих органів картоплекопачів, їх конструктивні особливості та принцип дії. Проаналізовано найбільш поширені типи робочих органів, зокрема лемішні, дискові та комбіновані, а також наведено їх переваги й недоліки з точки зору ефективності підкопування, ступеня пошкодження бульб і енергетичних витрат.

РОЗДІЛ II ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

2.1. Розгляд та оцінка конструктивних особливостей однорядкових картоплекопачів

Провівши аналіз технології вирощування картоплі та механізації цього процесу, а також розглянувши основні принципи роботи та конструкцію базових моделей машин для її збирання, можна зробити висновок щодо їх придатності для використання за конкретних умов. У нашому випадку такими умовами є:

- обмежені площі посадки (до 1 га);
- низька потужність енергетичного засобу, що зумовлює невеликий тяговий опір машини та вимагає високої маневреності.

Метою роботи є визначення основних підходів до проєктування та конструктивних особливостей машин і знарядь, що застосовуються для викопування картоплі у малих господарствах, з метою вдосконалення картоплезбиральної техніки та обґрунтування її конструктивно-технологічних параметрів. Особлива увага приділяється процесам підкопування та сепарації бульбоносного шару.

Розглянемо ключові види робочих машин – картоплекопачів, які призначені для роботи в агрегаті з мінітракторами або мотоблоками.

Найбільшим, користуються картоплекопачі, у конструкції яких поєднано вібраційний леміш і сепарувально-транспортуючий грохот. Існує чимало варіантів виконання таких машин, проте всі вони базуються на зазначених принципах роботи. На рисунку 2.1 а подано одну з моделей картоплекопачів виробництва цієї компанії вібраційний двоєксцентриковий картоплекопач ZIRKA-61 (KK8) [6].

На рисунку 2.1 б подано картоплекопач аналогічної конструкції для мотоблока «Мотор Січ KB-1», виготовлений підприємством «Агрома́рка» [16]. Дослідження моделей цього типу на зарубіжному ринку показує наявність

подібних рішень: зокрема, вібраційний картоплекопач Ursa від польської компанії Bomet (рис. 2.1 в) та однорядний картоплекопач Imac SPP 50V виробництва Італії (рис. 2.1 г) [20].



Рис. 2.1. Картоплекопачі, оснащені вібрувальним лемешем і грохотом, що виконує функції сепарації та транспортування: а – вібраційний двоєксцентриковий картоплекопач ZIRKA-61 (KK8); б – мотоблок Мотор Січ KB-1; в – вібраційний картоплекопач Ursa від польської компанії Bomet; г – однорядний картоплекопач Imac SPP 50V.

Це прості та надійні мінікопачі, які добре працюють на легких і слабозв'язаних ґрунтах, де для сепарації бульбоносного пласта не потрібно значного посилення процесу. Однак у більш складних умовах збирання на важчих, зв'язних ґрунтах із грудкуватою структурою чи за наявності кореневищ бур'янів їх продуктивність помітно зменшується.

У таких ситуаціях проявляється суттєвий недолік: вібраційний леміш не може забезпечити спрямоване передавання підкопаного пласта до наступного сепарувального органа грохота. Через особливості шарнірного кріплення лемеша до рами неможливо реалізувати необхідний закон руху, який би формував керований потік бульбоносної маси.

Окрім зазначених моделей картоплекопачів, на ринку представлена значна кількість копачів картоплі транспортерного типу (рис. 2.2).



а



б



в



г

Рис. 2.2. Картоплекопачі транспортерного типу: а – картоплекопач призначений для мототрактора з гідравлічною системою (Скаут) (КК22); б картоплекопач однорядний транспортерний «Wirax» (Польща); в – картоплекопач конвеєрний однорядний Urus Z656; г – картоплекопач транспортерний універсальний АгроСад для мотоблоків.

На рисунку 2.2 а подано вібраційний транспортерний картоплекопач зі зміщеним причепом, призначений для роботи з мототрактором, обладнаним

гідравлікою (Скаут) (модель КК22) [7]. Так картоплекопач оснащений вібраційним лемешем, який у передній частині шарнірно закріплений на рамі, а в задній через важільну систему сполучений із кривошипом.

Останній приводиться в рух від ВВП мінітрактора або мотоблока, забезпечуючи створення вібраційних коливань. Траєкторія руху будь-якої точки різальної кромки має вигляд дуги кола. Амплітуда коливань (центральный кут) визначається радіусом кривошипа, а частота частотою обертання приводу.

На рисунку. 2.2 б, представлено однорядний транспортерний картоплекопач марки «Wirax» (Польща) [8].

Однорядний транспортерний картоплекопач польського виробництва «Wirax» є популярним навісним обладнанням, призначеним для механізованого збору картоплі на невеликих і середніх ділянках. Машина може агрегатуватися з мінітракторами та тракторами потужністю від 15 до 25 к.с. Основні характеристики:

Тип: Навісний, транспортерний (грохотний).

Кількість рядів обробки: 1.

Привід: Від валу відбору потужності (ВВП) трактора.

Необхідна потужність трактора: 15-25 к.с.

Глибина копання: До 250 мм.

Ширина міжряддя (орієнтовно): 62,5-67,5 мм (залежно від моделі).

Продуктивність: Приблизно 0,1-0,3 га/год.

Маса: Близько 170-235 кг (залежно від модифікації).

Особливості: Можливість регулювання глибини копання за допомогою опорного колеса; проста та надійна конструкція.

Третім прикладом, який наведено на рис. 2.2 в, є конвеєрний однорядний копач Urus Z656 від польської компанії Bomet [18].

Це навісна однорядна копалка-транспортер, яку приєднують до трактора через триточкову навіску II категорії; привід забезпечується від ВВП (РТО) трактора. Основне її призначення викопування картоплі (та потенційно інших

коренеплодів) з гряд, очищення клубнів від ґрунту прямо в полі й акуратне відкладення їх назад на грядку позаду машини, щоб мінімізувати пошкодження при наступному проїзді трактора.

На рис. 2.2 г продемонстровано ще одну модель універсальний транспортерний картоплекопач АгроСад для мотоблоків [1]. Універсальний транспортерний картоплекопач призначений для роботи з мотоблоками, є ефективним пристроєм для механізованого збирання картоплі на невеликих та середніх ділянках.

Він обладнаний транспортерною системою, яка забезпечує плавний і безперервний процес підйому картопляного пласта з ґрунту та його транспортування до задньої частини машини. Конструкція картоплекопача дозволяє працювати з різними типами мотоблоків, що надає йому універсальність і простоту в експлуатації. Завдяки надійній збірці та міцним матеріалам, машина витримує навантаження під час роботи на різних типах ґрунтів, забезпечуючи мінімальні втрати врожаю і високу продуктивність.

Простота налаштування глибини копання та легкість у догляді роблять цей агрегат зручним для користувачів, які цінують швидкість і якість збирання картоплі без зайвих витрат часу та зусиль.

Зазначені зразки належать до найпопулярніших на ринку подібної техніки, що підтверджує їхню результативність і затребуваність серед користувачів. Водночас огляд конструкцій показує, що більшість мінікартоплекопачів мають традиційну, добре відпрацьовану компоновку.

Існує значна кількість інших типів картоплекопачів для малогабаритної техніки, проте їх промислове виробництво майже не ведеться, і на ринку такі моделі практично відсутні.

Водночас, майстри у своїх майстернях продовжують шукати оптимальні конструктивні рішення картоплекопачів, пристосовані до конкретних умов та обсягів збирання. Відомі також картоплекопачі з барабанными сепараторами, які використовуються на полях окремих власників. На рисунку 2.3 [14]

показано картоплекопач із барабанним сепаратором, призначений для важких мотоблоків.



Рис. 2.3 Картоплекопач із сепаратором барабанного типу

Ця конструкція відрізняється низкою інноваційних рішень, проте її ефективність значною мірою залежить від стану ґрунту, зокрема від грудкуватості та наявності рослинних решток і кореневищ. Серед недоліків барабанних сепараторів слід відзначити їх схильність до забивання, що істотно знижує якість сепарації.

Аналіз показав, що основні вузли та робочі органи цих машин забезпечують ефективне підкопування та транспортування картопляного пласту, при цьому мінімізуючи пошкодження бульб. Конструктивні рішення, що застосовуються в однорядкових картоплекопачах, сприяють підвищенню продуктивності, полегшують обслуговування та забезпечують стабільність роботи в різних ґрунтово-кліматичних умовах.

2.2 Технічне обґрунтування головних конструктивних показників вдосконалення лемеша картоплекопача

Леміш картоплекопача виконує завдання підкопування шару ґрунту, у якому містяться бульби, його часткового або повного руйнування та подальшої передачі цього вороху на наступні робочі органи. Конструкція

лемеша має забезпечувати мінімальне захоплення зайвого ґрунту, а також не допускати пошкодження чи пропускання бульб.

Вибір оптимальної форми лемеша ґрунтується на всебічному аналізі умов його роботи та вимог, що до нього висуваються. Для ефективної реалізації цих вимог запропоновано робочий орган, який діє на ґрунтовий шар переважно пасивним способом. Основним елементом підкопуючого органа є двогранний клин, що забезпечує лобове підрізання пласта. Контур леза такого органа повинен відповідати формі перетину картопляного куща [12].

Леміш (рис. 2.4) виконаний у вигляді корита. Його передня частина має заокруглення радіусом 300 мм для ефективнішого підрізання пласта, а до задньої частини шарнірно прикріплені відкидні пальці, які запобігають затриманню каміння між лемешем і грохотом.

Бокові стінки лемеша утримують пласт від сповзання вбік і забезпечують його проходження вздовж грохота на достатню довжину для проведення сепарації.



Рис. 2.4. Леміш запропонованої конструкції.

Відомо, що характер деформації ґрунту під дією клиноподібного робочого органа визначається величиною кута α , який називають кутом різання. Для зменшення зусилля, необхідного для підрізання шару ґрунту, цей кут має бути якомога меншим.

Підняття шару на задану висоту H за умов мінімального початкового кута α та раціональної довжини лемеша L можна забезпечити за допомогою клинів, у яких значення кута α змінюється вздовж їхньої довжини (рис. 2.5).

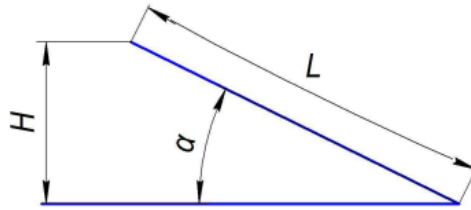


Рис. 2.5. Схема для визначення оптимальної форми лемеша.

Кут α одночасно виконує функцію кута кришення. Під час руху підкопаної маси вздовж поверхні зі сталим значенням цього кута вона не зазнає додаткових впливів. Тому, щоб повторно вплинути на піднятий шар, необхідно застосувати новий клин із більшим кутом кришення.

Кут α одночасно виконує роль кута кришення. Коли підкопана маса рухається вздовж робочої поверхні зі сталим значенням цього кута, вона більше не зазнає додаткового впливу. Тому, щоб повторно подіяти на піднятий шар ґрунту, необхідно використати новий клин із збільшеним кутом кришення (рис. 2.6).

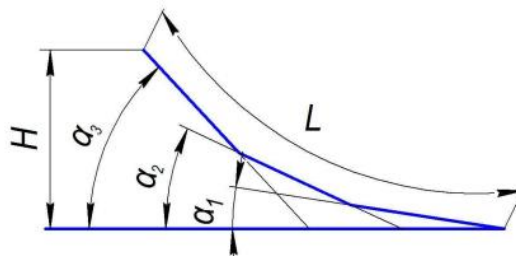


Рис. 2.6. Графічна схема визначення найдоцільнішої форми лемеша.

Для забезпечення безперервного процесу розпушування та запобігання налипанню ґрунту на поверхню клина доцільно застосувати плавну криволінійну форму, виконану у вигляді відповідної параболічної ділянки (рис. 2.7).

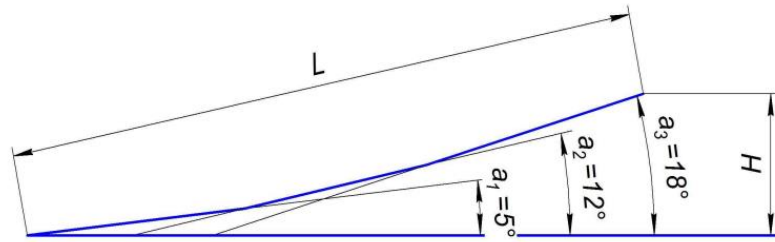


Рис. 2.7. Пропонована форма повздовжнього перетину лемеша.

Орієнтуючись на параметри базової конструкції та враховуючи конструктивні міркування, довжину лемеша L і висоту розташування його заднього обріза H приймаємо відповідно $L = 280$ мм та $H = 55$ мм.

Ширину коритоподібного лемеша (рис. 2.7) визначають за формулою:

$$B = b + 2\delta,$$

де b – ширина розташування бульб у межах одного куща. Відповідно до даних джерела [14], максимальна ширина куща становить 23–32 см.

δ – відхилення осі рядка відносно осі лемеша, яке може з’являтися через нерівномірність ведення рядка або неточності в русі машини. У розрахунках приймаємо це значення рівним 11 см. Отже:

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

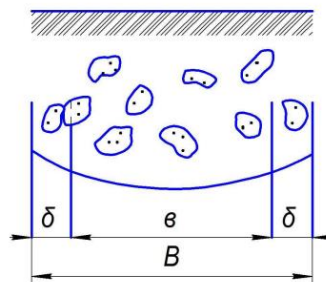


Рис. 2.8. Схема для розрахунку ширини лемеша.

Переміщення шару ґрунту по поверхні лемеша істотно ускладнюється наявністю рослинних решток і коріння. Щоб уникнути цього, кут сходу γ (рис. 2.9) має відповідати встановленим вимогам.

де ϕ – кут тертя стеблин або кореневищ рослин по лезу.

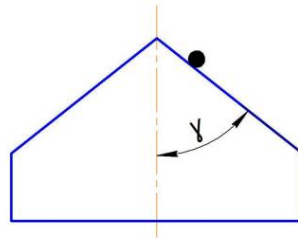


Рис. 2.9. Схема для розрахунку кута сходу лемеша

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - \varphi,$$

За результатами експериментальних досліджень, кут тертя коренів по лезу становить $\varphi = 45^\circ$ [12]. Таким чином:

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

Для пасивних лемешів сучасних картоплезбиральних машин кут нахилу γ становить від -40° до -50° .

2.3 Розрахунок продуктивності і основних параметрів відкидних пальців лемеша.

У коренезбиральних машинах ключове значення має узгодження інтенсивності подачі матеріалу з пропускною здатністю агрегату. Щоб забезпечити збирання врожаю з мінімальними втратами та запобігти забиванню робочих органів, кількість матеріалу, що надходить у машину, не повинна перевищувати її можливостей щодо пропуску. При цьому загальна пропускна здатність машини визначається продуктивністю того елемента технологічного ланцюга, який має найменшу ефективність роботи.

Для картоплезбиральної машини запропонованої конструкції таким елементом є решітний грохот, оскільки на лемеші матеріал переміщується лише поступально, тоді як на грохоті він зазнає поступально-коливного руху, що обмежує продуктивність. Загалом необхідну пропускну здатність машини визначають за відповідною формулою (кг/с):

$$q \geq BAV_M / 360\delta_k ,$$

де B – робоча ширина захвату знаряддя, м ($B = 450$ мм);

A – показник урожайності, ц/га ($A = 100$ ц/га);

V_m – швидкість руху машини, км/год. ($V_m = 1,5$ м/с).

δ_k – коефіцієнт, що відображає співвідношення маси корисного матеріалу, який виділяється, до загальної маси сировини, що надходить у комбайн (наприклад, відношення маси картоплі до сумарної маси землі, картоплі та бадилля, які подаються в картоплезбиральний комбайн).

$$\delta_k = a_b / (a + a_b),$$

де a_b – маса корисного матеріалу, що виділяється, кг;

$(a + a_b)$ – загальна маса матеріалу, яка надходить у комбайн, кг.

У процесах, де відбувається обробка матеріалу з відокремленням корисного продукту (зерна, картоплі, льону тощо), коефіцієнт $\delta_k \leq 1,0$

У випадках, коли здійснюється лише переробка матеріалу без виділення корисної складової (наприклад, подрібнення зеленої маси), значення $\delta_k = 1,0$.

На сепарувальні органи картоплезбиральних машин за поступальної швидкості руху збирального агрегату в межах 0,65-1,5 м/с надходить ґрунтова маса у кількості 150–300 кг/с. При цьому її склад включає 95-97 % ґрунту та 1-2 % рослинних залишків, а частка бульб картоплі становить лише 2-3 %, які необхідно відокремити.

Таким чином, приймаючи значення $\delta_k = 0,03$, можна отримати

$$q \geq \frac{0,450 \cdot 100 \cdot 5,4}{360 \cdot 0,03} = 22,5 \text{ кг/с.}$$

Отже, фактична продуктивність картоплекопача дорівнює 0,15 га/год. Таким чином, потрібний рівень продуктивності збиральних агрегатів визначається пропускною здатністю їх робочих органів і коефіцієнтом використання змінного робочого часу.

Відкидні пальці (рис. 2.10) являють собою прутки, закріплені на лемеші з його тильної частини, основне призначення яких полягає у запобіганні застрягання каміння між лемешем і грохотом. Ширина пальців визначається з урахуванням розмірів каміння, ґрунтових грудок та інших домішок.

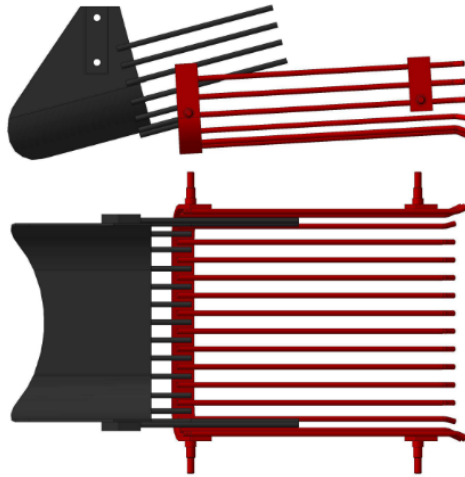


Рис. 2.10. Загальний вигляд лемеша, оснащеного відкидними пальцями та грохотом.

Ширину пальців приймаємо за формулою [20]:

$$Z_{\Pi} = B_{\text{л}}(B_{\text{пл}} + \Delta b),$$

де $B_{\text{пл}}$ – ширина пальців, яку приймаємо $B_{\text{пл}} = 0,02 \dots 0,04$ м;

Δb – монтажний зазор між пальцями, що становить $\Delta b = 0,02$ м;

тоді

$$Z_{\Pi} = \frac{0,05}{(0,03 + 0,02)} = 11 \text{ шт.};$$

приймаємо $Z_{\Pi} = 11$ шт.

Висновки до розділу II

В розділі розглянуто конструктивні особливості однорядкових картоплекопачів. Конструктивна схема однорядкових картоплекопачів відзначається відносною простотою, що позитивно впливає на надійність роботи, зниження маси машини та спрощення її технічного обслуговування і ремонту. Проведено технічне обґрунтування конструктивних показників вдосконалення лемеша картоплекопача.

Розраховано продуктивність та основні параметри відкидних пальців лемеша.

РОЗДІЛ III РОЗРАХУНКОВО-КОНСТРУКТИВНИЙ

3.1 Розробка конструкції копача для малогабаритної сільськогосподарської техніки

Конструкція картоплекопача, що показана на рисунку 3.1 поєднує ефективні технологічні характеристики з відносною простотою та економічністю виготовлення. Ця конструкція забезпечує підвищену продуктивність роботи за мінімальних затрат на обслуговування та експлуатацію.

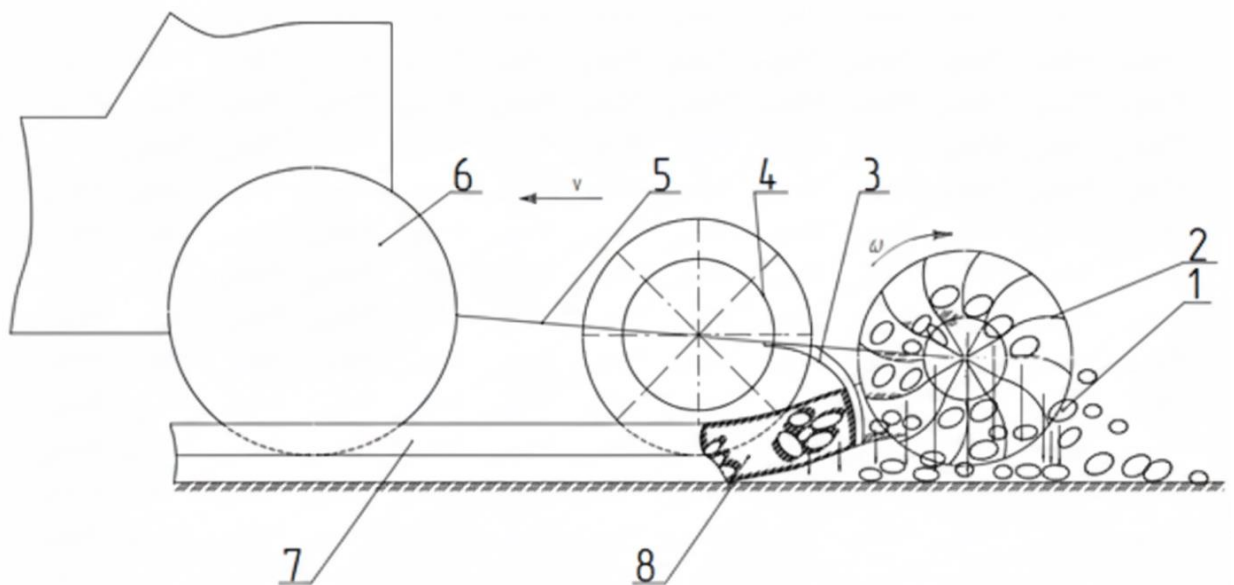


Рис. 3.1. Конструктивно-технологічна схема розробленого картоплекопача: 1 – картоплина; 2 – сепарувальний барабан; 3 – леміш в зборі; 4 – опорне колесо; 5 – рама картоплекопача; 6 – колесо енергозасобу; 7 – гребінь бульбоносного пласту; 8 – бульбоносний пласт.

Завдяки оптимальному поєднанню робочих органів та механізмів копача досягається точне підкопування бульб, зменшення їх пошкоджень та збереження якості врожаю. Подальше удосконалення передбачає використання модульних елементів, що дозволяє адаптувати копач під різні умови ґрунту та кліматичні особливості регіону.

Технологічний процес роботи пристрою передбачає наступне: леміш 3 піднімає картопляний пласт 8 і частково переміщує його до пальцевого сепарувально-транспортуючого барабана 2.

Барабан поступово захоплює картопляну масу і транспортує її від лемеша до задньої частини машини. Завдяки решітчастій конструкції барабана відбувається просівання ґрунту, а бульби 1 викидаються на поверхню. Додаткову сепарацію забезпечує різниця у масі та парусності елементів картопляної маси під час їх вильоту з барабана. Таким чином, викопана картопля опиняється на поверхні поля, після чого її необхідно вручну зібрати та доставити до місць зберігання.

Метою проведених розрахунків є визначення оптимальних кінематичних та конструктивних параметрів розробленого пристрою. Зокрема, це включає:

- визначення швидкостей руху робочих органів;
- розрахунок кута нахилу та форми лемеша для забезпечення ефективного підкопування картопляного пласта;
- моделювання взаємодії картоплин із робочими елементами сепарувально-транспортуючого барабана;
- оцінку продуктивності та ефективності сепарації ґрунту і бульб.

Подальші етапи включають аналіз динаміки руху картоплин під час транспортування, визначення оптимальної конструкції пальцевого барабана та його обертальної швидкості, що дозволить знизити втрати бульб і забезпечити більш рівномірний розподіл картоплі на поверхні поля. Крім того, проводиться оцінка впливу різних параметрів ґрунту, вологості та маси картопляного пласта на ефективність роботи пристрою.

У результаті розробки та розрахунків очікується отримання рекомендацій щодо оптимальних параметрів картоплекопача, що дозволить підвищити продуктивність роботи та знизити втрати врожаю під час збирання.

3.2 Обґрунтування основних параметрів підкопуючих робочих органів

Лемеші картоплезбиральних машин призначені для підкопування шару ґрунту з бульбами, його часткового чи повного руйнування та подальшої передачі на інші робочі органи. Їхня конструкція повинна гарантувати мінімальне захоплення зайвого ґрунту й водночас запобігати пропусканню або пошкодженню бульб (рис.3.2).

У сучасних машинах лемеш зазвичай виконаний у вигляді двогранного клина. Залежно від особливостей руху вони поділяються на активні та пасивні. За формою лемеші можуть бути плоскими, коритоподібними, секційними чи дисковими. Також використовуються комбіновані варіанти, що поєднують елементи обох груп активні та пасивні.

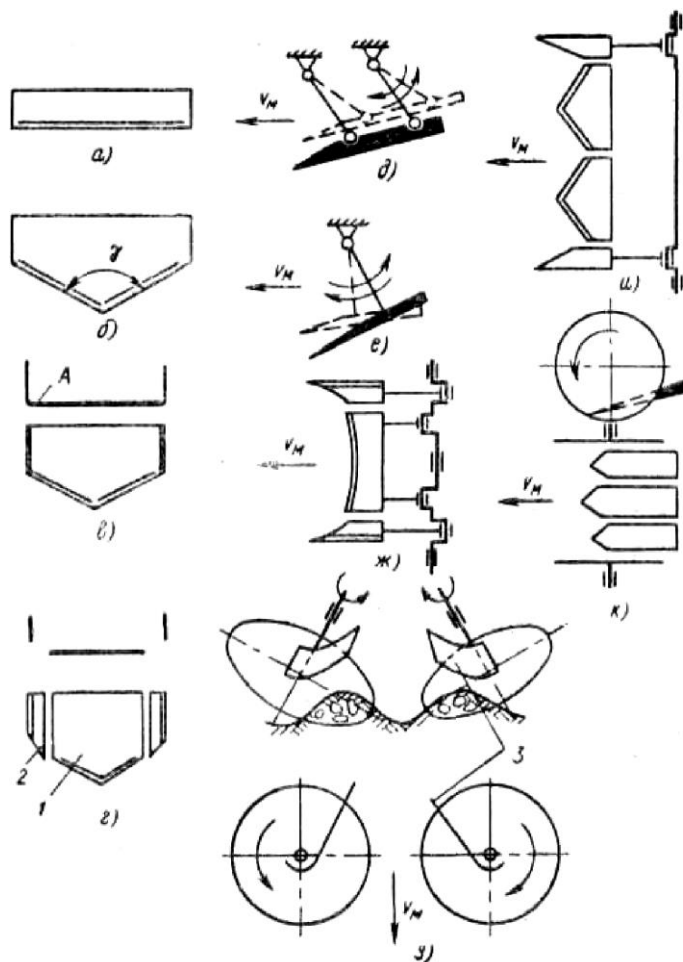


Рис. 3.2. Варіанти конструктивних схем підкопувальних робочих органів картоплезбиральних машин.

Коритоподібний леміш (рис. 3.2, в) запобігає розпаданню пласта та захоплює меншу кількість ґрунту порівняно з плоским, однак має недолік: у вигнутих ділянках (зона А) часто відбувається налипання ґрунту. Це спричиняє різке збільшення тягового опору та мимовільне скидання землі.

Секційний леміш (рис. 3.2, г), сформований із підкопуючого елемента 1 та бокових частин 2, позбавлений проблеми налипання. Підкопуючий елемент може складатися з кількох секцій (рис. 3.2, к). Окрім цього, секційні лемеші мають перевагу: процес сепарації пласта розпочинається безпосередньо на їх поверхні.

Спільними недоліками пасивних лемешів є підвищений тяговий опір і тенденція до скидання ґрунту за високих робочих швидкостей.

Активні лемеші здатні рухатися відносно рами (коливатись або обертатися). Траєкторія їхніх точок є сумарним результатом руху машини та власного переміщення відносно рами.

Коливальний активний леміш (рис. 3.2, д), що виконує плоскопаралельні коливання, а також маятниковий варіант (рис. 3.2, е) забезпечують примусове зміщення пласта по своїй поверхні та автоматичне очищення леза. Завдяки цьому вони значно менше, ніж пасивні лемеші, накопичують налипання та забиваються рослинними рештками. Проте їхнім недоліком є динамічна невірноваженість. Для часткового її усунення застосовують активні боковини, які коливаються у протифазі до основного лемеша (рис. 3.2, ж).

Активний дисковий леміш (рис. 3.2, з) підрізає ґрунтову грядку та транспортує пласт по своїй поверхні, після чого він зіштовхується з диска по нерухомому щитку 3. Головними перевагами дискових лемешів є відсутність інерційних невірноважених сил і можливість звуження потоку підкопаного матеріалу. Такі лемеші широко використовуються в картоплезбиральних машинах виробництва комбінату «Веймарверк», призначених для роботи в легких і середніх ґрунтово-кліматичних умовах.

Найбільш поширеними різновидами комбінованих лемешів є робочі органи, що поєднують пасивний леміш з активними боковинами, які можуть

здійснювати коливальні рухи (рис. 3.2, і) або обертатися (рис. 3.2, к). У будь-якому із цих виконань активні боковини перешкоджають розсипанню піднятого ґрунтового пласта, запобігають забиванню лемеша бадиллям та рослинними рештками, а також сприяють зменшенню тягового опору.

З метою створення конструкції простої та водночас достатньо ефективної машини у проекті передбачається використання саме пасивних лемешів. Подальші дослідження виконуватимемо у двох варіантах — із застосуванням у копачі плоского пасивного лемеша та пасивного коритоподібного. Проте перед переходом до аналізу цих варіантів розглянемо передумови щодо інших основних типів лемешів.

Основними параметрами плоского пасивного лемеша (рис. 3.3) є кут нахилу робочої грані до горизонту $\alpha_{\text{л}}$, довжина L , ширина B , кут скосу леза γ .

Величина кута $\alpha_{\text{л}}$ і довжина лемеша L зв'язані залежністю:

$$L = \frac{H}{\sin \alpha_{\text{л}}},$$

де H - висота розташування заднього обріза лемеша.

Висоту H вибирають таку, щоб забезпечити плавний перехід пласта з лемеша на наступний робочий орган і щоб зазор A між нижніми елементами останнього і дном борозни був не менше 40 мм.

Від кута $\alpha_{\text{л}}$ залежить тяговий опір і ступінь дроблення пласта. Із зменшенням $\alpha_{\text{л}}$ зменшується дроблення пласта, що небажано.

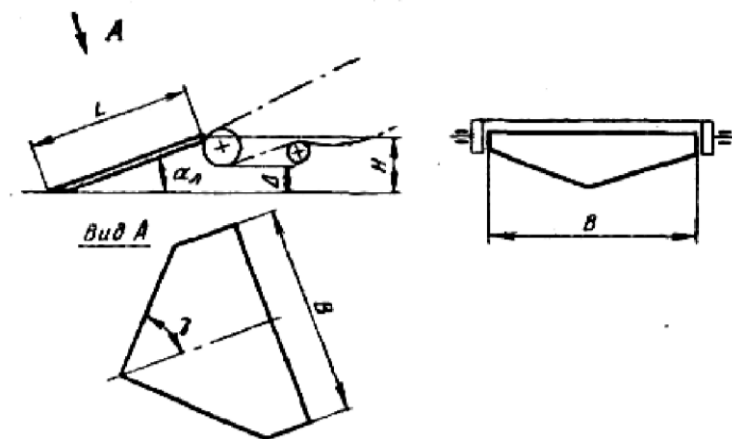


Рис. 3.3. Основні параметри плоского пасивного лемеша.

Оптимальний кут $\alpha_{\text{л}}$ зазвичай становить $15\text{--}20^\circ$. Розмір ширини лемеша задають так, щоб він повністю підкопував усі бульби, розташовані в грядці, водночас захоплюючи мінімально можливу кількість ґрунту.

Ширина плоского лемеша (рис. 3.4, а) визначається за формулою:

$$B = b + 2\delta + 2(h - h_k) \operatorname{ctg} \varphi$$

де b – ширина розташування бульб у гнізді; δ – зміщення осі ряду відносно осі лемеша, що виникає через кривизну ряду або неточність керування машиною; h – глибина підкопування; h_k – глибина залягання крайніх бульб у гнізді; φ – кут природного укосу ґрунту.

Якщо ширина лемеша буде меншою, крайні бульби, які піднімає ґрунт під час обробки, можуть залишитися не захопленими й загубитися.

У випадку коритоподібного лемеша (рис. 3.4, б) та лемеша з боковинами його ширина:

$$B = b + 2\delta$$

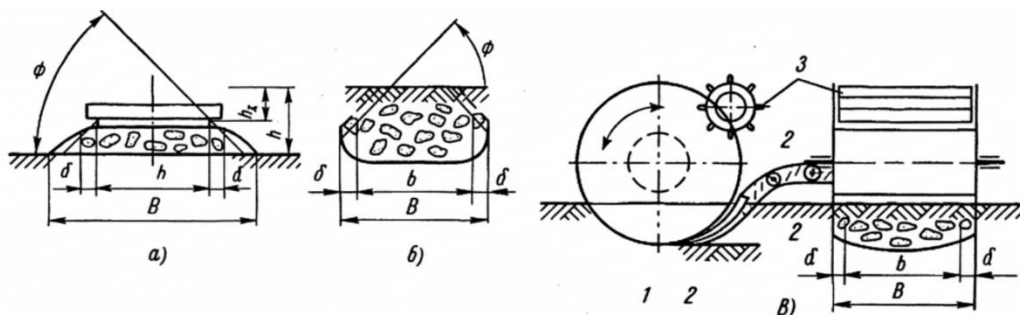


Рис. 3.4. Схема для розрахунку ширини лемеша.

Для безгребневих (гладких) посадок створено спеціальний підкопуючий робочий орган – дисковий грядкопідйомник (рис. 3.4, в), який поєднує пасивний леміш із активними боковинами.

Боковини 1 у вигляді дискових ножів підрізають грядку з боків і разом із лемешем 2 піднімають її вгору. У разі, якщо пласт затискається між дисками, бітер 3 відокремлює його і направляє на сепаруючий робочий орган, розташований за грядкопідйомником. Використання дискового

грядкопідйомника суттєво зменшує тяговий опір, запобігає розпадові пласта і забезпечує захоплення мінімальної кількості ґрунту з грядки.

Таким чином, після проведеного аналізу ключових характеристик зазначених типів підкопуючих робочих органів, можна зробити висновок, що для нашої машини оптимальним є використання пасивних плоского та коритоподібного лемешів.

Основними характеристиками плоского пасивного лемеша (рис. 3.3) є кут нахилу робочої поверхні до горизонту α_L , довжина L , ширина B та кут зрізу леза γ . Ширина лемеша (рис. 3.3, а) визначається за формулою:

$$B = 220 + 2 \cdot 40 + 2(150 - 80) \cdot 0,5 = 370 \text{ мм}$$

де b – ширина залягання бульб в гнізді, $b=220$ мм; δ – зсув осі ряду щодо осі лемеша, $\delta = 40$ мм; h – глибина підкопування, $h=150$ мм; h_k – глибина залягання крайніх по ширині гнізда бульб, $h_k = 80$ мм; $\text{ctg}\varphi = 0.5$ – через кут природного укосу ґрунту.

Середній кут входження лемеша в ґрунт приймемо згідно наведених рекомендацій цього пункту, $\alpha_L = 150$ [18].

Величина кута α_L і довжина лемеша L зв'язані залежністю:

$$L = \frac{H}{\sin \alpha_L} = \frac{120}{\sin 15^\circ} = 478 \text{ мм},$$

де H – висота розташування заднього краю лемеша, $H=120$ мм. Вибір цієї висоти визначається необхідністю забезпечити плавний перехід шару ґрунту з лемеша на наступний робочий орган, а також щоб зазор A між нижніми елементами останнього та дном борозни складав не менше 40 мм.

Кут α_L впливає на тяговий опір та ступінь подрібнення шару. При зменшенні α_L дроблення шару зменшується, що є небажаним.

Дослідження та багаторічна практика показали, що оптимальне значення кута α_L знаходиться в межах $15\text{--}20^\circ$. Крім того, відповідно до рекомендацій [16], форму лемеша можна виконати ламаною, що покращує крошення ґрунту.

Параметри такого лемеша визначаються аналогічними формулами, як показано на рисунку 3.5.

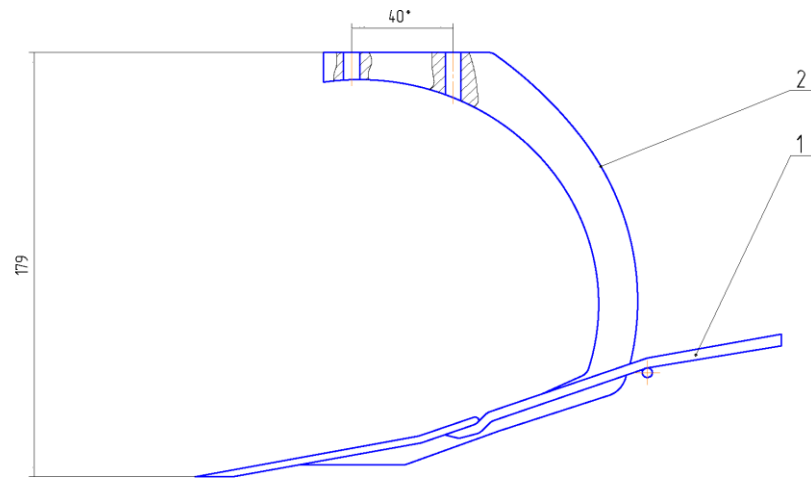


Рис. 3.5. Модифікований плоский леміш: 1 – леміш; 2 – стійка.

Для цього випадку матимемо, по ділянках:

$$\alpha_1 = 11^\circ, L_1 = 180 \text{ мм}; \alpha_1 = 20^\circ, L_2 = 200 \text{ мм}; \alpha_1 = 10^\circ, L_1 = 100 \text{ мм}.$$

Для коритоподібного лемеша (рис. 2.3, б) за формулою:

$$B = 220 + 2 \cdot 40 = 300 \text{ мм}.$$

Отже, таким чином було намічено основні конструктивні розміри пропонованих лемешів нашого картоплекопача.

3.3 Розрахунки міцнісних характеристик окремих елементів лемеша.

Проведемо перевірку міцності стійки лемеша. Ця стійка є вигнутим брусом, одним кінцем жорстко з'єднаним із лемешем, а іншим із рамою картоплекопача. На неї діє горизонтальна сила P , що відповідає опору лемеша під час протягування ґрунтового пласта.

Значення цієї сили було визначене в попередньому підрозділі. У рамках даного розрахунку її величину приймаємо збільшеною удвічі, щоб урахувати вплив динамічних навантажень під час руху агрегату та нерівномірність структури плодоносного шару.

Отже, активна сила опору, що діє на леміш, становить близько $P_a = 1000$ Н. Розрахункову схему стійки лемеша подано на рисунку 3.6.

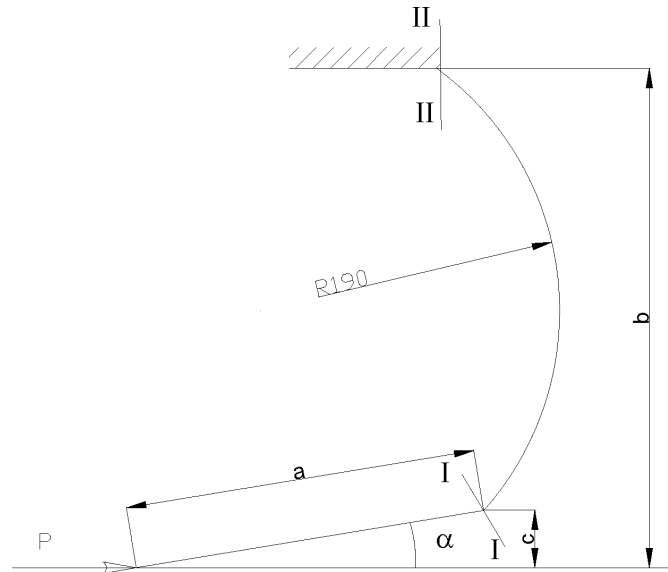


Рис. 3.6. Розрахункова схема стійки лемеша.

Під час міцнісного розрахунку особливу увагу приділяють двом характерним перетинам - I-I та II-II, оскільки саме за ними можна оцінити здатність стійки витримувати навантаження. Конструктивно стійка має змінну жорсткість і овальну форму поперечного перерізу.

$$N_1 = P \cdot \cos \cdot \alpha$$

$$Q_1 = P \cdot \sin \cdot \alpha$$

$$M_1 = P_c$$

де $P = P_a = 1000$ Н;

$\alpha = 15^\circ$;

c – плече дії сили P в перетині I-I, $c = 65$ мм.

Тоді відповідно в цьому перетині матимемо:

$$N_1 = 1000 \cdot \cos \cdot 15^\circ = 966 \text{ Н}$$

$$Q_1 = 1000 \cdot \sin \cdot 15^\circ = 259 \text{ Н}$$

$$M_1 = P_c = 1000 \cdot 0,065 = 65 \text{ Нм}$$

Оптимальний поперечний переріз овальної балки визначимо за допомогою методу послідовного підбору. Для розрахунків скористаємося наступною формулою:

$$\sigma_1 = \frac{N_I}{F_I} + \frac{M_I}{W_{OI}}$$

F_I , W_{OI} – це відповідно площа перерізу стійки та її осьовий момент опору:

$$F_I = \pi a b$$

Тоді:

$$F_I = 3,14 \cdot 0,015 \cdot 0,008 = 376,8 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

$$W_{OI} = W_x = \frac{\pi a^2 b}{4}$$

Тоді:

$$W_{OI} = \frac{3,14 \cdot 0,015^2 \cdot 0,008}{4} = 1,413 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

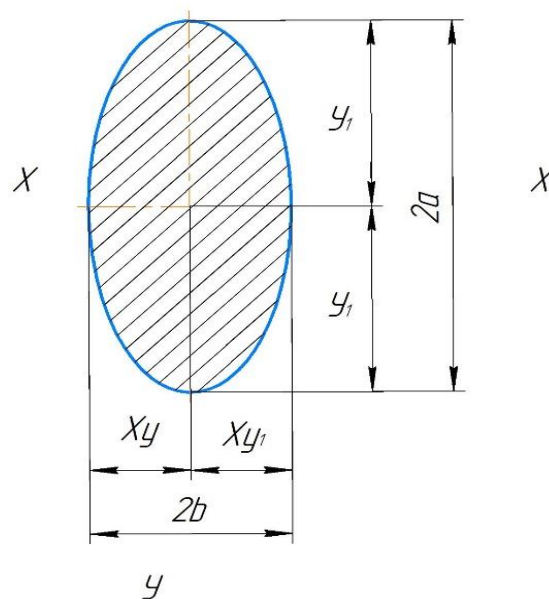


Рис. 3.7. Форма перетину стійки лемеша.

У такому разі напруження в зазначеному перерізі дорівнюватиме:

$$\sigma_I = \frac{966}{376,8 \cdot 10^{-6}} + \frac{65}{1,413 \cdot 10^{-6}} = 48,6 \cdot 10^{-6} \text{ Па} < [\sigma] = 160 \cdot 10^{-6} \text{ Па}$$

Отже, для цього елемента доцільно застосувати еліптичну форму перерізу з великою віссю 30 мм та малою 16 мм. Також варто зазначити, що напруження, спричинені дією поперечної сили, не перевищують 1 МПа, тому

їх впливом можна знехтувати. Аналогічний підхід використовуємо і під час аналізу перерізу II–II. У цьому випадку отримуємо такі залежності:

$$N_1 = 1000 \cdot \cos \cdot 0^\circ = 1000 \text{ Н}$$

$$Q_1 = 1000 \cdot \sin \cdot 0^\circ = 0$$

$$M_1 = Pb = 1000 \cdot 0,345 = 345 \text{ Нм}$$

де b – це плече прикладення сили P , значення якого становить 0,345 м.

Геометричні параметри перерізу мають вигляд:

$$F_{\Pi} = 3,14 \cdot 0,025 \cdot 0,011 = 863,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

$$W_{OI} = W_x = \frac{3,14 \cdot 0,025^2 \cdot 0,011}{4} = 5,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

Напруження в перетині:

$$\sigma_{\Pi} = \frac{1000}{863,5 \cdot 10^{-6}} + \frac{345}{5,4 \cdot 10^{-6}} = 65,1 \cdot 10^{-6} \text{ Па} < [\sigma] = 160 \cdot 10^{-6} \text{ Па}$$

Таким чином, для цього елемента конструкції доцільно застосувати еліптичну форму поперечного перерізу з розмірами: велика вісь 50 мм, мала 22 мм. Плавний лекальний перехід від більшого перерізу до меншого забезпечує формування балки з рівномірним опором.

Далі виконуємо перевірку міцності болтового з'єднання, яким стійка лемеша кріпиться до рами. На рисунку 3.8, а подано розрахункову схему цього з'єднання.

Для виконання розрахунку даного з'єднання слід застосувати принцип незалежного накладання сил [3].

У першому випадку на болтове з'єднання (рис. 3.8, б) діє лише сила P , яка спричиняє зріз болтів М12 у площині контакту між рамою машини та стійкою. За таких умов критерій міцності можна подати у такому вигляді, припускаючи, що навантаження рівномірно розподіляється між усіма болтами.

$$\tau_{зр} = \frac{P}{F_b} < [\tau_{зр}]$$

де F_b – площа поперечного перетину болтів,

$$F_b = 2 \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 2 \frac{3,14 \cdot 0,012^2}{4} = 226,1 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$$

Отримаємо:

$$\tau_{зр} = \frac{1000}{226,1 \cdot 10^{-6}} = 4,4 \cdot 10^{-6} \text{ Па} < [\tau_{зр}]$$

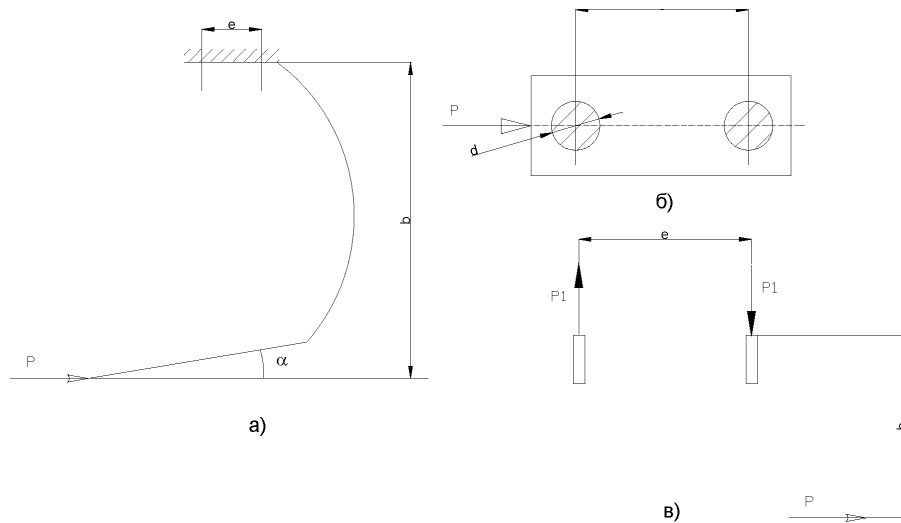


Рис. 3.8. Схеми навантаження болтового з'єднання.

Підставивши замість моменту від сили P його еквівалентне значення, яке повністю сприймається лише стрижнями болтів, зі співвідношень статичної рівноваги отримуємо:

$$Pb = 2P_1e$$

де e – це проміжок між двома болтами, $e = 80 \text{ мм}$. Отже, з наведеного рівняння можна визначити силу P_1 , що спричинятиме розтягування або стискання болтів.

$$P_1 = \frac{Pb}{2e}$$

$$P_1 = \frac{1000 \cdot 0,345}{2 \cdot 0,08} = 2156,3 \text{ Н}$$

Виходячи з вимоги забезпечення міцності на розтяг, маємо:

$$\sigma_p = \frac{P_1}{F_b} < [\sigma],$$

$$\sigma_p = \frac{2156,3}{113 \cdot 10^{-6}} = 19,1 \cdot 10^{-6} \text{ Па} < [\sigma] = 160 \cdot 10^{-6} \text{ Па}$$

Запас міцності болтів М12 у цьому вузлі є достатнім, щоб гарантувати надійне кріплення стійки лемеша картоплекопача до рами агрегату.

Висновки до розділу III

В розділі розроблено конструкцію копача, призначеного для агрегування з малогабаритною сільськогосподарською технікою, що використовується в умовах фермерських та присадибних господарств.

Обґрунтовано конструктивні особливості підкопуючих робочих органів картоплезбиральних машин.

Виконано розрахунки міцнісних характеристик окремих елементів лемеша. На підставі проведених розрахунків підтверджено достатній запас міцності основних конструктивних елементів та їх відповідність вимогам надійності й довговічності.

РОЗДІЛ IV ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Заходи безпеки при збиранні картоплі удосконаленим копачем

Наведені нижче вимоги з охорони праці можуть застосовуватися під час проведення інструктажу безпосередньо на робочому місці для всіх працівників, залучених до збирання картоплі.

Комплекс основних заходів безпеки передбачає, що до керування збиральним агрегатом допускаються лише механізатори, які пройшли відповідну професійну підготовку та мають посвідчення на право керування машиною, тоді як виконання підсобних робіт дозволяється особам не молодше 18 років. Перед початком збиральних робіт усі механізатори та працівники, задіяні у виробничому процесі, зобов'язані пройти інструктаж з безпечних прийомів праці з обов'язковим записом у журналі реєстрації інструктажів та отримати пам'ятки з охорони праці. Учасники збиральних робіт повинні виконувати виключно ті виробничі завдання, які визначені адміністрацією підприємства.

Спецодяг механізаторів і обслуговуючого персоналу має бути справним, без звисаючих або довгих елементів; робота дозволяється лише в застібнутому, охайно заправленому одязі та головному уборі, при цьому використання фартухів під час роботи забороняється. Приступати до роботи на збиральному агрегаті дозволяється тільки за умови його повної технічної справності та відповідності вимогам експлуатації машинно-тракторного парку і чинних правил техніки безпеки. Категорично забороняється виконання будь-яких робіт у стані алкогольного, наркотичного чи іншого сп'яніння, навіть незначного.

Не допускається перебування працівників з метою відпочинку, у тому числі короточасного, в зоні роботи агрегатів або поблизу них навіть під час їх зупинки; відпочинок дозволяється лише у спеціально відведених місцях. Перед введенням агрегату в експлуатацію необхідно перевірити наявність і

справність захисних кожухів та огорожень карданної і ланцюгової передач, оскільки за їх відсутності або несправності експлуатація агрегату забороняється.

Карданний вал повинен бути надійно приєднаний до вала відбору потужності трактора та повністю закритий захисним кожухом, який має бути нерухомо закріплений і не обертатися разом із валом.

До початку робіт слід переконатися у наявності справного інструменту та укомплектованої аптечки першої допомоги. Трактор повинен бути обладнаний дзеркалом заднього виду, мати справне рульове керування, відрегульовані гальма, муфту зчеплення і коробку передач, а паливний бак та паливопровод не повинні мати підтікань палива.

У процесі експлуатації необхідно постійно контролювати стан гнучких шлангів гідросистеми та надійність затягування з'єднувальних штуцерів маслопроводів, оскільки робота агрегату з несправною гідросистемою не допускається. Механізм регулювання глибини підкопування бульб має легко переміщуватися та надійно фіксуватися у заданому положенні.

Під час проведення технічного обслуговування та регулювальних робіт дозволяється користуватися лише справним інструментом і пристроями. Категорично забороняється очищати руками підкопувальні лемеші, роторні сепаратори, елеватори, транспортери та інші робочі органи; очищення необхідно виконувати виключно за допомогою спеціальних гачків і чистиків, що входять до комплекту машини. Усі роботи з очищення та технічного обслуговування слід проводити лише при вимкненому валу відбору потужності та заглушеному двигуні трактора.

Під час виконання робіт під картоплекопачем у разі необхідності його піднімання домкратом обов'язково слід використовувати спеціальні підставки, які забезпечують стійке та безпечне положення машини. Використання для цієї мети ящиків, каміння, цегли, деталей машин або інших сторонніх предметів категорично забороняється. Якщо роботи виконуються

лежачи під машиною, на ґрунт необхідно постелити дошки, листи фанери, мати або застосовувати дерев'яні лежачки з підголовником.

Під час приєднання картоплекопача до трактора робітникам забороняється перебувати між трактором і машиною або в безпосередній близькості від них. Під'їзд до копача повинен здійснюватися плавно, без ривків, на малих обертах двигуна, при цьому тракторист зобов'язаний дивитися в напрямку руху, контролювати процес з'єднання та тримати ногу на педалі муфти зчеплення. Перед виїздом у поле необхідно перевірити роботу картоплекопача на холостому ході.

Перед початком руху агрегату механізатор повинен переконатися у відсутності людей поблизу машини та подати попереджувальний сигнал. Під час роботи забороняється перебування в кабіні трактора сторонніх осіб. Також не допускається під час руху агрегату перевіряти або регулювати робочі органи й механізми, надягати чи натягувати ланцюги, усувати несправності, виконувати змащування вузлів, а також очищати підкопуючі лемеші, транспортери, сепаратори та інші робочі органи.

У кінці гону тракторист має виконувати поворот агрегату лише після повного виходу робочих органів із ґрунту. Перед початком повороту на поворотній смузі та під час короткочасної зупинки необхідно вимикати вал відбору потужності.

У місцях повороту агрегату не повинні знаходитися люди або транспортні засоби. Після завершення ремонтних робіт у польових умовах забороняється залишати на транспортерах картоплекопача інструменти чи будь-які сторонні предмети.

Під час грози роботу на агрегаті необхідно негайно припинити, а працівникам слід відійти від машин на безпечну відстань 30–50 м. Після дощу переїзд через канами, рух уздовж схилів, а також проходження поворотів потрібно здійснювати виключно на першій передачі. На межах полів, що прилягають до ярів або крутих схилів, поворотні смуги необхідно позначати контрольною борозною.

Стоянка чи навіть короткочасна зупинка поблизу крутих схилів і ярів забороняється; у разі вимушеної зупинки слід заглушити двигун трактора, загальмувати його та підкласти під колеса упори. Після завершення роботи агрегат потрібно поставити на визначене місце стоянки, оглянути його, очистити від пилу та бруду і впорядкувати робоче місце. Спецодяг слід зняти, привести до ладу та дотримуватися правил особистої гігієни.

Перед переїздом через шосейні дороги необхідно зупинитися і переконатися в безпеці руху та відсутності транспорту, що наближається. Під час руху по шосе в нічний час картоплекопач має бути позначений світловими знаками або лампочками, що окреслюють його габаритні розміри.

При зустрічному роз'їзді потрібно триматися правого боку дороги, дотримуючись відстані не менше 2 м від зустрічного транспорту. На спусках і підйомах трактор повинен рухатися повільно — на першій передачі та з малими обертами двигуна, при цьому тракторист має бути готовим у будь-який момент скористатися гальмами; максимально допустимий ухил не повинен перевищувати 12°.

Перевезення людей і вантажів на картоплекопачеві категорично забороняється. У разі зупинки агрегату його дозволяється ставити лише на узбіччі дороги за умови достатньої ширини проїзної частини, а в нічний час необхідно встановлювати світлові знаки.

Під час руху заднім ходом, а також при розворотах і поворотах слід подавати попереджувальні сигнали, переконуватися у відсутності людей на шляху руху та пересуватися на малому газі, не знімаючи ногу з муфти зчеплення.

Під час переїзду через мости необхідно дотримуватися вимог установлених дорожніх знаків, що регламентують допустиму вантажопідйомність споруди та ширину проїзду між перилами. У разі руху в умовах туману або під час дощу, коли видимість знижується до менш ніж 20 метрів, слід обов'язково вмикати світлові прилади та періодично подавати звукові сигнали.

На слизькій дорозі рух має здійснюватися з підвищеною обережністю, при цьому забороняється різко гальмувати або різко змінювати напрямок руху. Переїжджаючи через залізничні переїзди, необхідно керуватися попереджувальними знаками, сигналами світлофорів, звуковими попередженнями та положенням шлагбаума.

Проїзд через переїзд слід виконувати зі швидкістю 3–4 км/год без перемикання передач, приділяючи особливу увагу безпеці, особливо в нічний час.

4.2 Загальні правила безпеки при експлуатації причіпних та начіпних сільськогосподарських машин

Експлуатація причіпних та начіпних сільськогосподарських машин є складним технологічним процесом, який потребує високого рівня уваги та знань у сфері безпеки. Причіпні та начіпні машини широко застосовуються в сільському господарстві для виконання різноманітних операцій: від обробки ґрунту до збирання врожаю, транспортування вантажів і внесення добрив.

Незважаючи на їх високу продуктивність, неправильна експлуатація цих машин може призвести до серйозних травм, пошкодження обладнання та економічних збитків. Тому дотримання правил безпеки під час роботи з ними є обов'язковим елементом організації будь-якого виробничого процесу.

Перед початком роботи з причіпними та начіпними машинами необхідно переконатися в їх технічній справності. Це передбачає ретельний огляд усіх механізмів, вузлів і агрегатів на наявність пошкоджень, тріщин або ознак зношування. Особливу увагу слід приділяти зчіпним пристроям, шлангам гідравлічних систем, кріпильним болтам і електричним з'єднанням. Будь-які виявлені несправності підлягають усуненню до початку роботи, оскільки навіть незначна поломка під час руху або обробки ґрунту може спричинити аварійну ситуацію.

Регулярне проведення технічного обслуговування та своєчасна заміна зношених деталей є запорукою безпечної експлуатації та довговічності машин.

Велику роль у забезпеченні безпеки відіграє правильне приєднання причіпних та начіпних машин до трактора або іншої тягової техніки. Зчіпка має виконуватися відповідно до конструктивних особливостей обладнання, з дотриманням всіх регламентованих зазорів і кута нахилу.

Недотримання цих вимог може призвести до перекидання або зриву причіпної машини під час роботи, що становить серйозну загрозу для життя і здоров'я оператора. Також слід враховувати масу, габарити та стійкість агрегатів при транспортуванні на дорогах загального користування, оскільки перевищення допустимих параметрів може спричинити дорожньо-транспортні пригоди.

Під час роботи оператор повинен суворо дотримуватися встановлених інструкцій та регламентів експлуатації. Не допускається виконання робіт особами, які не мають відповідної професійної підготовки або не пройшли інструктаж з техніки безпеки. Важливим аспектом є також організація робочого місця: усі сторонні предмети, камені та інші перешкоди необхідно прибрати з поля дії машини, щоб уникнути блокування робочих органів або пошкодження механізмів.

Необхідно забезпечити достатню видимість оператора під час маневрування і виконання робіт, особливо при використанні складних і довгих причіпних агрегатів.

Особливу увагу слід приділяти безпеці при обслуговуванні та ремонті машин. Усі роботи, пов'язані з регулюванням, очищенням або заміною деталей, повинні виконуватися лише після повної зупинки техніки, відключення двигуна та блокування рухомих частин.

Забороняється здійснювати регулювання агрегатів під час їх роботи, а також ставати під підняті частини машин без надійних опор або підпор.

Дотримання цих правил мінімізує ризик отримання травм від випадкового запуску механізмів або падіння рухомих частин.

Не менш важливим є питання особистої безпеки оператора та присутніх на робочому майданчику. Використання захисного одягу, рукавичок, окулярів і взуття з піднесеною підошвою дозволяє зменшити ризик порізів, опіків, ушкоджень кінцівок або ураження струмом.

Оператори повинні бути ознайомлені з сигналами тривоги та способами екстреного відключення машин, а також з алгоритмом надання першої медичної допомоги у разі нещасного випадку. Важливо організовувати роботу так, щоб у зоні руху машин не перебували сторонні особи, особливо діти та несанкціоновані працівники.

В умовах виробництва безпека експлуатації причіпних і начіпних машин також передбачає правильне планування робочого процесу та дотримання режиму руху. Необхідно уникати різких маневрів, перевантаження агрегатів та роботи на крутих схилах або нестійких ґрунтах, оскільки це значно підвищує ризик перекидання машини. Крім того, слід контролювати швидкість пересування техніки відповідно до стану ґрунту та габаритів агрегатів, що дозволяє уникнути аварійних ситуацій та забезпечує більш ефективну обробку площ.

Загалом, дотримання правил безпеки при експлуатації причіпних та начіпних сільськогосподарських машин є комплексною системою заходів, що включає правильну підготовку техніки, контроль стану робочих органів, належну організацію робочого місця, професійну підготовку операторів та використання засобів індивідуального захисту.

Впровадження цих заходів дозволяє забезпечити не лише безпеку працівників, але й підвищити ефективність та надійність роботи агротехніки, що безпосередньо впливає на економічні показники сільськогосподарського виробництва. Дотримання цих правил є обов'язковою умовою для забезпечення стабільного і безаварійного функціонування технологічних процесів у сільському господарстві.

4.3 Потенційні ризики та шкідливі фактори під час механізованого обробітку картоплі та методи їх запобігання

Механізований обробіток картоплі є невід'ємною частиною сучасного агровиробництва, що дозволяє значно підвищити ефективність праці, скоротити трудомісткість та забезпечити своєчасне виконання технологічних операцій. Проте при використанні механізованих машин і обладнання існує низка потенційних небезпек та шкідливих умов, які можуть негативно впливати на здоров'я працівників і безпеку технологічного процесу. Аналіз цих факторів є важливим етапом при проектуванні технологій та організації робочого процесу в сучасних господарствах.

Серед основних небезпек слід відзначити механічні травми, що можуть виникати під час роботи з оброблювальними агрегатами, такими як копачі, картоплезбиральні комбайни, плуги та інші транспортні пристрої. Контакт із рухомими частинами машин, потрапляння рук або ніг у робочі механізми, а також можливість ураження через некоректне встановлення захисних екранів становлять серйозну загрозу для операторів.

Крім того, при роботі з важкими агрегатами та навантаженнями на організм спостерігається підвищена ймовірність м'язових перевантажень, скелетно-м'язових травм і порушень опорно-рухового апарату. Ці небезпеки особливо актуальні під час виконання робіт у непридатних погодних умовах або на нерівних ґрунтах, де ризик падіння або втрати контролю над машиною значно зростає.

Важливим фактором шкідливості є вплив вібрації та шуму, які утворюються під час роботи двигунів та робочих органів техніки. Довготривалий вплив підвищеного рівня шуму може призводити до погіршення слуху, підвищеної стомлюваності та зниження уваги оператора, що безпосередньо збільшує ймовірність аварійних ситуацій.

Вібраційне навантаження, що передається на руки та спину працівника, здатне спричиняти розвиток професійних захворювань, таких як тунельний

синдром, остеохондроз або хронічні болі в суглобах і хребті. Крім того, робота на відкритому повітрі з використанням техніки створює ризик впливу несприятливих кліматичних умов: підвищеної вологості, низьких або високих температур, що може негативно відбиватися на загальному стані здоров'я та працездатності механізаторів.

Не менш важливим аспектом є ризик контакту з хімічними речовинами, що застосовуються для захисту рослин або під час обробки ґрунту. Пестициди та добрива при неправильному зберіганні, транспортуванні та використанні можуть спричиняти токсичний вплив на організм людини, що проявляється подразненням шкіри, очей, органів дихання, а в тяжких випадках – інтоксикацією.

Крім того, пил та дрібні частинки ґрунту, що піднімаються під час роботи агрегатів, створюють додаткові шкідливі умови, здатні викликати захворювання органів дихання, особливо у працівників, які не користуються засобами індивідуального захисту.

Для усунення та мінімізації зазначених небезпек застосовуються комплексні заходи, що включають як технічні, так і організаційні рішення. На рівні техніки ефективним заходом є встановлення захисних огорож і екранів на рухомих частинах машин, використання автоматичних систем зупинки при виникненні небезпеки, а також регулярне технічне обслуговування агрегатів для запобігання їх раптовим відмовам.

Використання сучасних амортизуючих сидінь, віброізолюючих платформ і засобів індивідуального захисту дозволяє знизити вплив шуму, вібрації та фізичного навантаження на працівників. Організаційно важливим є правильне планування робочого процесу, обмеження часу роботи на машинах у несприятливих погодних умовах, а також навчання та інструктаж механізаторів щодо безпечного поводження з технікою та хімічними засобами.

Використання захисних окулярів, рукавичок, респіраторів та спецодягу значно зменшує ризик травм і шкідливого впливу агрохімікатів.

Таким чином, аналіз можливих небезпек та шкідливих умов при механізованому обробітку картоплі підкреслює необхідність комплексного підходу до організації безпечної праці.

Поєднання технічних заходів безпеки, правильного організаційного планування та використання засобів індивідуального захисту забезпечує збереження здоров'я працівників, підвищує ефективність технологічного процесу та мінімізує ризики виникнення травм і професійних захворювань.

Дотримання цих принципів є обов'язковою умовою сучасного агропромислового виробництва, що прагне до максимальної безпеки та продуктивності праці.

Висновки до розділу IV

У розділі розглянуто заходи безпеки при збиранні картоплі з використанням удосконаленого копача. Проаналізовано основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що можуть виникати під час експлуатації машини, зокрема ризики травмування рухомими елементами, підвищений рівень шуму та вібрації, а також можливі несправності робочих органів.

Вивчено загальні правила безпеки при експлуатації причіпних та начіпних сільськогосподарських машин.

Проаналізовано потенційні ризики та шкідливі фактори, що виникають під час механізованого обробітку картоплі, а також визначено основні напрями їх запобігання.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В теоретичному розділі технологічні підходи до викопування та збирання картоплі. У результаті аналізу основних типів картоплекопачів встановлено, що різноманіття їх конструкцій зумовлене умовами експлуатації, агротехнічними вимогами та рівнем механізації сільськогосподарських робіт.

Обґрунтовано основні види підкопувальних робочих органів картоплекопачів, їх конструктивні особливості та принцип дії.

В технологічному розділі розглянуто конструктивні особливості однорядкових картоплекопачів. Конструктивна схема однорядкових картоплекопачів відзначається відносною простотою, що позитивно впливає на надійність роботи, зниження маси машини та спрощення її технічного обслуговування і ремонту. Проведено технічне обґрунтування конструктивних показників вдосконалення лемеша картоплекопача. Розраховано продуктивність та основні параметри відкидних пальців лемеша.

В розрахунково-конструктивному розділі розроблено конструкцію копача, призначеного для агрегування з малогабаритною сільськогосподарською технікою, що використовується в умовах фермерських та присадибних господарств. Обґрунтовано конструктивні особливості підкопуючих робочих органів картоплезбиральних машин. Виконано розрахунки міцнісних характеристик окремих елементів лемеша. На підставі проведених розрахунків підтверджено достатній запас міцності основних конструктивних елементів та їх відповідність вимогам надійності й довговічності.

В розділі охорона праці розглянуто заходи безпеки при збиранні картоплі з використанням удосконаленого копача. Вивчено загальні правила безпеки. при експлуатації причіпних та начіпних сільськогосподарських машин. Проаналізовано потенційні ризики та шкідливі фактори, що виникають під час механізованого обробітку картоплі, а також визначено основні напрями їх запобігання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гурник Я. В. Удосконалення технології викопування картоплі з розробкою робочих органів малогабаритного картоплекопача : бакалаврська робота. Тернопіль : ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2024. 62 с.
2. Яловега С. В. Удосконалення процесу викопування картоплі з розробкою сепаруючого пристрою однорядного картоплекопача : бакалаврська робота. Тернопіль : ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2024. 69 с.
3. Бабій А. В., Головецький І. В. Дослідження кінематичних параметрів вібраційного лемеша картоплекопача. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосп. машин : зб. наук. праць. Кропивницький : ЦНТУ, 2023. С. 227–236.
4. Шевченко С. Ю. Механізація вирощування картоплі з модернізацією картоплекопача : магіст. робота. Кропивницький : ЦНТУ, 2025.
5. Біленький М., Семак С. Обґрунтування параметрів лемеша картоплекопача з ротаційним сепарувально-транспортуючим пристроєм. Матеріали II Міжнар. студ. наук.-техн. конф. Тернопіль : ТНТУ, 2019. С. 77–78.
6. Головецький І. В., Бабій А. В. Конструктивні особливості та ефективність роботи мінікартоплекопачів : наук. стаття. Зб. наук. пр. Кіровоград : ЦНТУ, 2023. С. 134–143.
7. Яловий О. Обґрунтування технологічної схеми малогабаритного картоплекопача : тез. доп. Всеукр. студент. наук.-техн. конф. Тернопіль : ТНТУ, 2019. С. 108.
8. Обґрунтування параметрів картоплезбиральної машини для малих фермерських господарств : звіт. ТНТУ імені І. Пулюя, 2024. 98 с.
9. Головецький, І. В., Бабій, А. В. Аналіз конструктивних особливостей найпростіших картоплекопачів. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Процеси, машини та обладнання АПВ» Тернопіль, 2022.

10. Осадчук І. П., Сакун М. М., Столярова Т. В. та ін. Охорона праці в галузях сільського господарства: навч. посібн., 2019.
11. Сільськогосподарські машини: підручник / Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич, В. В. Іщенко та ін.; за ред. Д. Г. Войтюка. Київ: Агроосвіта, 2020. 679 с.
12. Кузнєцов В. І. Конструювання сільськогосподарських машин : навч. посіб. Харків : «Машинобудування», 2019. 378 с.
13. Куликов, О. А. Механізація картоплярства в умовах сучасних технологій. Харків: ХНАУ, 2017.
14. Бойко, С. А., Тарасенко, Ю. В. Механізація процесів вирощування та збирання картоплі. Львів: НУ ЛП, 2020.
15. Хомик Н.І., Сташків М.Я., Олексюк В.П. Методичний посібник до виконання дипломної роботи з конструкції машин. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2018. 164 с.
16. Грушецький С. М. Обґрунтування технологічної схеми роторної коренебульбозбиральної машини та основних параметрів. Наук. журн. «Інженерія природокористування», №1(23), 2022, С. 60–67.
17. Іванишин В. В., Грушецький С. М. Моделювання та перспективи схем робочих органів картоплезбиральних машин / Podilian Bulletin, 2022.
18. Войналович О. В., Марчишина Є. І., Білько Т. О. Охорона праці у сільському господарстві: навч. підруч. НУБіП України. Київ, 2021. ISBN: 978-611-01-1101-0.
19. Шморгун Я. А. Модернізація картоплекопача в технологіях вирощування та збирання картоплі : бакалавр. робота. НУБіП України, 2025. 62 с.
20. Моклюк О. Д. Механізація вирощування картоплі з удосконаленням картоплекопача : магіст. робота. ЦНТУ, 2021. 142 с.