

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
“__” _____ 2025р.
Зав. кафедри Д.Т.Н., професор
(науковий ступінь, вчене звання)
В.В. Дідур
(підпис) (ініціали, прізвище)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА (дипломний проект)

магістр
(назва освітнього ступеня)

тема роботи **«Обґрунтування параметрів підкопувального робочого
органна картоплезбиральної машини»**

Виконав: студент 2 курсу, групи 21м-ім
освітньої програми магістр
спеціальності 208 «Агроінженерія»
Штукін О.С.
(прізвище та ініціали)

Керівник доктор філософії, доцент Шевчук М.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

м. Умань – 2025 рік

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1. МЕХАНІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЗБОРУ КАРТОПЛІ ТА ОСНОВНІ НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	8
1.1. Механізоване збирання картоплі: ключові аспекти	8
1.2. Аналіз конструктивних рішень і наукових досліджень щодо підвищення ефективності сепарації в картоплезбиральних машинах	10
1.3. Механізми з приводом для сепарації	12
РОЗДІЛ 2. ВИВЧЕННЯ АНАЛІТИЧНИМИ МЕТОДАМИ ПІДКОПУВАЛЬНО-СОРТУВАЛЬНОГО ЕЛЕМЕНТА КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ.....	21
2.1. Функціонування підкопувально-сепараційного робочого органу в рамках визначеного технологічного циклу	21
2.2. Експериментальне обладнання	24
2.3. Процедура проведення експериментальних досліджень	29
2.4. Конструкційно-технологічна схема та оптимальні параметри комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органу картоплезбиральної машини: обґрунтування та розробка.....	35
2.5. Випробування експериментальної моделі дворядного картоплекопача КРК-2	41
2.6. Дослідження робочих характеристик експериментального дворядного картоплекопача-навантажувача КРК-2	47
3. ОХОРОНА ПРАЦІ	54
3.1. Заходи з охорони праці та безпеки на робочому місці.....	54
3.2. Аналіз охорони праці при зборі картоплі	55
3.3. Заходи з ОП для роботи з удосконаленим механізмом.....	56
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ВИРОБНИЧЕ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.	57
ВИСНОВКИ.....	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	60

РЕФЕРАТ

Штукін О. С. Обґрунтування параметрів підкопувального робочого органа картоплезбиральної машини (Дипломний проект. Уманський національний університет, 2025. Пояснювальна записка – 60 с., містить 4 розділи, 24 рисунки, 16 таблиць, 11 джерел літератури).

У дипломному проекті досліджується актуальне завдання підвищення якості функціонування картоплезбиральних машин шляхом удосконалення їх конструкції та визначення раціональних параметрів підкопувального робочого органа.

Аналіз методів сепарації картопляного вороху показав, що ефективність пруткового транспортера зростає при попередньому розпушенні підкопаного шару ґрунту з бульбами та частковій сепарації перед основним транспортером. Для покращення процесу важливі рівномірне завантаження робочої поверхні та збільшення часу перебування вороху на транспортері. У ході дослідження запропоновано конструкційно-технологічну схему підкопувального органа з активними прутковими барабанами та пасивним V-подібним розподільником, що підвищує ефективність сепарації.

Мета роботи – забезпечення підвищення якості роботи картоплезбиральних машин шляхом розробки конструктивних рішень та наукового обґрунтування параметрів підкопувального робочого органа.

Об’єкт дослідження – робота підкопувально-сепаруючого робочого органа картоплезбиральної машини під час сепарації картопляного вороху.

Предмет дослідження – взаємозв’язок параметрів підкопувально-сепаруючого робочого органа з якістю роботи картоплезбиральної машини.

Ключові слова: ЗБІР КАРТОПЛІ, КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНА МАШИНА, ПРОЦЕС СЕПАРАЦІЇ, ПІДКОПУВАЛЬНОГО ОРГАН, КАРТОПЛЯНИЙ МАТЕРІАЛ.

ВСТУП

Актуальність теми. Картоплярство залишається однією з ключових галузей українського сільського господарства. 21 жовтня 2020 року Кабінет Міністрів України затвердив Концепцію державної цільової програми розвитку промислового картоплярства на період до 2025 року, реалізація якої передбачає збільшення виробництва високоякісної насіннєвої та продовольчої картоплі на підприємницьких промислових площах. За останні п'ять років сільськогосподарські підприємства виробляли в середньому близько 0,428 млн тонн картоплі, що становить лише 2% від загального обсягу, тоді як решта 98% (до 21 млн тонн) вироблялася у господарствах населення. Основною причиною низької частки промислового виробництва є брак ефективної вітчизняної картоплезбиральної техніки та високі ціни на імпортні машини.

Збирання картоплі є найпрацесмішним етапом виробництва, на який припадає 45–60% загальних трудових витрат. Досвід експлуатації картоплезбиральних машин свідчить, що вони не завжди забезпечують якісне збирання та мають низьку надійність, оскільки основний сепаруючий робочий орган виконує свою функцію недостатньо ефективно. Щоб отримати бульби необхідної чистоти, агрегати працюють на знижених швидкостях і проводять доочищення врожаю на картоплесортувальних пунктах, що збільшує витрати виробництва та потребує додаткової ручної праці.

Отже, розробка картоплезбиральних машин, здатних забезпечувати високий рівень якості збирання, залишається актуальною науково-технічною задачею сучасного сільського господарства. В умовах зростаючих вимог до продуктивності та економічності виробництва особливо важливим є створення робочих органів, які здатні ефективно здійснювати сепарацію картопляного вороху, мінімізуючи втрати продукції та підвищуючи чистоту бульб.

У рамках проведених досліджень визначено мету – підвищити якість роботи картоплезбиральних машин шляхом розробки конструкції та наукового обґрунтування оптимальних параметрів комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органа. Це дозволить забезпечити більш рівномірне завантаження сепаруючої поверхні, ефективне руйнування підкопаного шару ґрунту з бульбами та підвищення продуктивності процесу збору картоплі, що в цілому сприятиме зниженню витрат праці та матеріальних ресурсів у виробництві.

РОЗДІЛ 1.

МЕХАНІЗАЦІЯ ПРОЦЕСУ ЗБОРУ КАРТОПЛІ ТА ОСНОВНІ НАПРЯМИ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Механізоване збирання картоплі: ключові аспекти

Дослідження витрат праці на виробництво картоплі свідчить, що збирання є найпрацеемнішим процесом, що складає 45–60% усіх трудових витрат [19].

Висока трудомісткість збирання картоплі зумовлена тим, що бульби містяться в ґрунтовому шарі і найнадійніше їх можна зібрати лише за допомогою методу підкопування картопляної грядки з подальшою сепарацією бульб від домішок ґрунту. Це робить процес складним та енергоємним, оскільки при підкопуванні кожної секунди на картоплезбиральну машину надходить близько 100 кг бульбоносної маси (1–1,5 тис. тонн з одного гектара), при цьому бульби складають лише 2–3% цієї маси. Складність отримання чистих бульб пояснюється не лише великим обсягом ґрунту, який потрібно просіяти, але й певними фізико-механічними властивостями ґрунту, що ускладнюють процес збирання.

Основними критеріями оцінки якості роботи картоплезбиральних комбайнів є рівень пошкодження бульб, повнота збору та чистота картоплі в бункері (тарі) [9]. Сучасний комбайн має забезпечувати збір не менше 97% врожаю, при цьому загальні втрати не повинні перевищувати 3% (але не більше 6 ц/га). Чистота бульб у бункері повинна складати не менше 80%. Допустимий рівень пошкодження бульб на легких, середніх та кам'янистих ґрунтах – до 10%, а на перезволожених важких ґрунтах – до 5%. Продуктивність картоплезбиральних комбайнів має бути щонайменше 0,15 га/год на один рядок [1, 4].

Зі збільшенням вологості сипучість ґрунту значно знижується, а його тверді частинки стають більш липкими. Через це ворох під дією власної ваги не руйнується, прилипає до робочих органів та бульб, що зменшує щільності сепаруючих транспортерів і ускладнює переміщення маси. При вологості 27–30 % ґрунт стає пластичним, і сепарація будь-якого типу ґрунту на робочих органах майже не відбувається (рис. 1.1) [4].

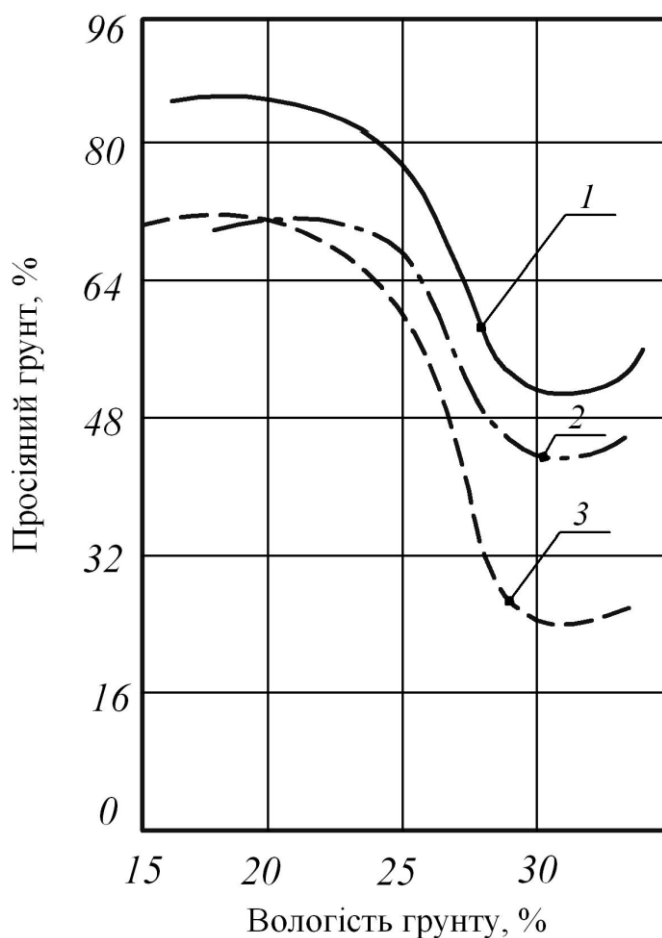


Рис. 1.1. Вплив вологості на процес просіювання ґрунту (важкий суглинок):

1 – на гіраційному грохоті; 2 – на коливному грохоті;

3 – на прутковому транспортері

Динаміка зміни повноти сепарації вороху на важкому суглинку подібна до інших типів ґрунту. Відмінність полягає лише в тому, що процес просіювання завершується при різних рівнях вологості.

При вологості суглинистих і глинистих ґрунтів 25–27% робота комбайнів ускладнюється, оскільки вміст домішок ґрунту досягає 70–80%. Це призводить до перевантаження комбайна, частих поломок, різкого зниження продуктивності, збільшення обсягів транспортування маси від комбайна та значних втрат бульб. Використання комбайнів без робочих-перебирачів у таких умовах стає неможливим.

1.2. Аналіз конструктивних рішень і наукових досліджень щодо підвищення ефективності сепарації в картоплезбиральних машинах

Аналіз наукових досліджень та практичне використання різних типів сепараторів показує, що в картоплезбиральних машинах для первинної сепарації ґрунту найпоширенішими є пруткові транспортери. Це зумовлено їхніми перевагами: простотою конструкції, можливістю одночасного транспортування пласта вгору та сепарації, а також високою ефективністю при підвищеній вологості ґрунту. За результатами досліджень [3, 6, 11] були визначені оптимальні параметри таких транспортерів: швидкість руху – 1,5–2 м/с, довжина – 1,7–2,3 м, ширина – 1,1–1,2 м, кут нахилу – 18–20°.

Отже, аналіз показує, що ефективність сепарації на основному сепаруючому транспортері залишається недостатньою. Зміни швидкості, довжини чи кута нахилу транспортера не призводять до покращення сепаруючої здатності, а підвищення інтенсивності струшування обмежене високою чутливістю бульб до пошкоджень. Таким чином, додаткового резерву для підвищення якості процесу шляхом удосконалення конструкції чи оптимізації режимів роботи основного транспортера не існує. Тому для поліпшення просіювання ґрунту, особливо в складних умовах збору, доцільно застосовувати додаткові інтенсифікуючі пристрої.

На основі цих досліджень було розроблено різноманітні пристрої, аналіз яких дозволив нам запропонувати таку класифікацію (рис. 1.2.).

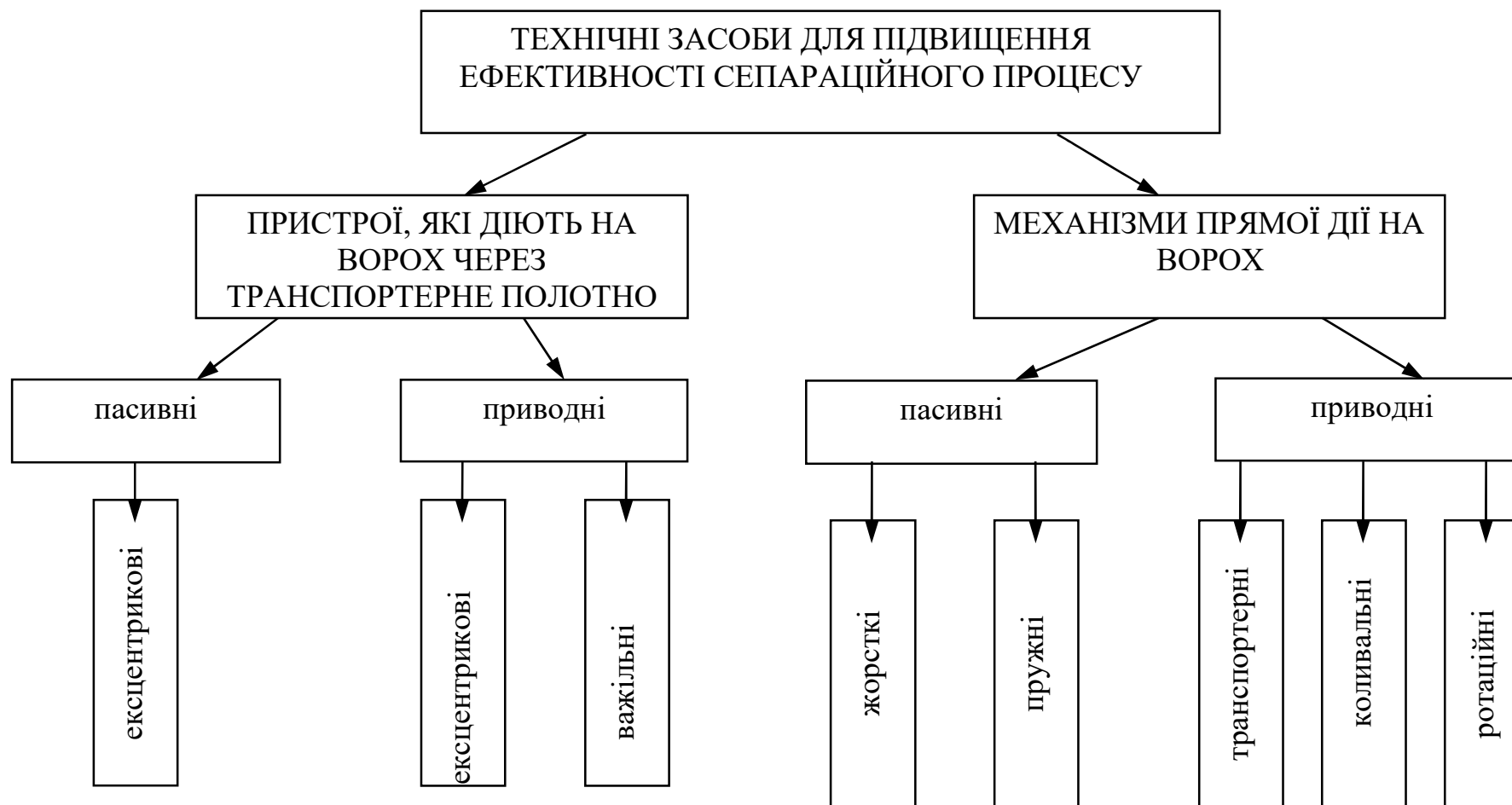


Рис. 1.2. Типи пристроїв для підвищення ефективності сепарації картопляного вороху

1.3. Механізми з приводом для сепарації

До першої підгрупи належать пальцеві транспортери, що впливають на ворох через транспортерне полотно, проте їхнє застосування обмежене через ускладнення конструкції машин.

Друга підгрупа – ротаційні робочі органи – є найпоширенішою та найбільш чисельною.

Пристрої можна класифікувати за кількома ознаками. По-перше, за типом виконуваної операції в технологічному процесі вони поділяються на ті, що забезпечують руйнування ГЕВ та одночасну сепарацію ґрунту, і ті, що призначені лише для руйнування ГЕВ. По-друге, залежно від положення в технологічному процесі, пристрої можуть діяти одночасно з підкопуванням, між підкопуванням і сепарацією, під час сепарації або після її завершення. По-третє, за місцем монтажу на машині їх встановлюють над лемішами, між лемішами і сепаруючим транспортером, над сепаруючим транспортером або за ним.

Алесенко В.М. [15] досліджував бітери циліндричної та бочкоподібної форми зі суцільними і прутковими (штифтовими) лопатями, розташованими в зоні підкопування картопляної грядки. Найбільш ефективним виявився бочкоподібний бітер із трирядним гвинтовим розташуванням штифтових лопатей із еластичною робочою поверхнею. Дослідження показали, що використання таких бітерів підвищує ступінь розпушення ґрунту у 3–5 разів порівняно з транспортером. Експериментальні параметри бітера: діаметр у центрі – 300 мм, на краях – 220 мм, довжина – 516 мм, діаметр штифтів – 12 мм, відстань між штифтами – 43 мм, вісь обертання розташована на 80 мм вище площини леміша. При частоті обертання 560 об/хв і поступальній швидкості 1,6 м/с такий бітер забезпечував понад 95% розпушення ґрунту при пошкодженні бульб до 3%. Використання лопатевих бітерів у картоплезбиральних комбайнах дозволяє збільшити продуктивність приблизно в 1,5 раза.

Девін В.В. [5] вивчав комбінований сепаруючий пристрій (рис. 1.3), що

включає активний роторний робочий орган – конусоподібний розрихлювач, вісь обертання якого нахилена під кутом до горизонту та напрямку руху, а також пруткову сепаруючу поверхню. Розрихлювач складається з двох дисків різного діаметра – більшого і меншого, встановлених на валу та з'єднаних прутками, які формують твірні конуса. На прутках, розташованих по трьохзаходній гвинтовій лінії, закріплені еластичні лопаті для розпушування ґрунту.

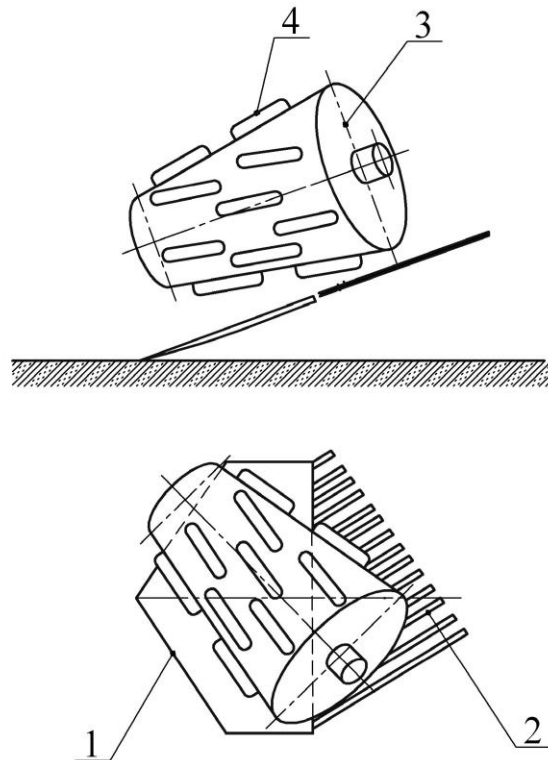


Рис. 1.3. Конструкційна схема картоплекопача:

1 – леміш; 2 – прутки; 3 – розпушувач; 4 – робочі лопатки

Розпушувач мав наступні характеристики: верхній діаметр – 200 мм, нижній діаметр – 400 мм, загальна довжина – 850 мм. Лопатки були розміщені по трьохзаходній спіралі з інтервалом 280 мм, їхня висота дорівнювала 100 мм, а кут нахилу варіювався від 35 до 55°. При швидкості пересування машини в межах 0,7–1,2 км/год та частоті обертання в діапазоні 140–200 обертів на хвилину, ступінь викопування становив 93,5–98,6%, а рівень пошкодження бульб – 1,4–4,5%.

Згідно з пропозицією Настенка П.М. [8], для покращення підготовки

грунту перед його обробкою сепаруючим механізмом, можна використовувати дисковий підйомник-формувавч гряд (див. рис. 1.4). Цей пристрій оснащено лопатевим валом, що складається з двох дисків, поєднаних металевими перемичками з гумовими накладками. Швидкість обертання цих валів складає 132 оберти за хвилину. Маса ґрунту, що потрапляє між лемешем, барабаном і дисками підйомника, рухається вгору до лопатевого валу, чия обертова швидкість значно перевищує швидкість руху цієї маси. Вал активно впливає на ґрунтову масу, захоплює її з дискового підйомника-формувавча гряд, відокремлює картоплю від рослинних решток і переміщує її на прутковий транспортер.

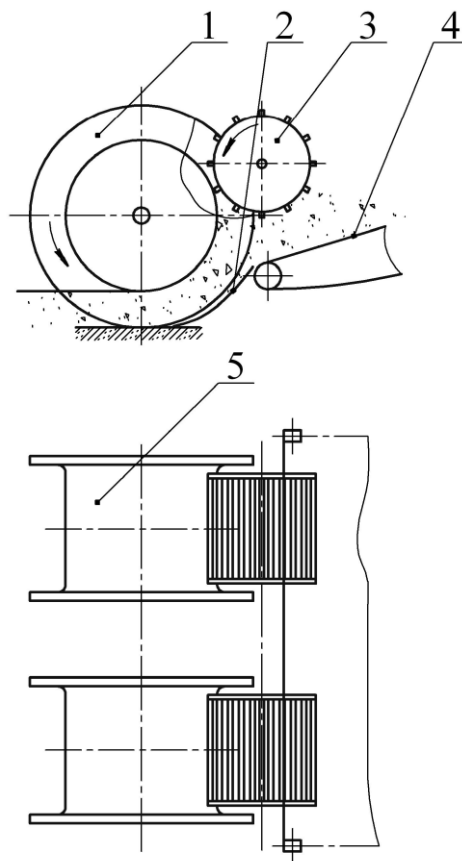


Рис. 1.4. Конструкція дискового грядкопідйомника:

1 – диск; 2 – леміш; 3 – бітер із лопатками; 4 – прутковий транспортер.

Дисковий підкопувальний механізм розробки ВІСГОМ (див. рис. 1.5) обладнаний лопатевим валом-розпушувачем 4. Застосування дискових викопувальних елементів дозволяє зменшити вагу видобутого шару продукції на 17-20%, проте вимагає більш пильного дотримання траєкторії руху комбайна вздовж рядків.

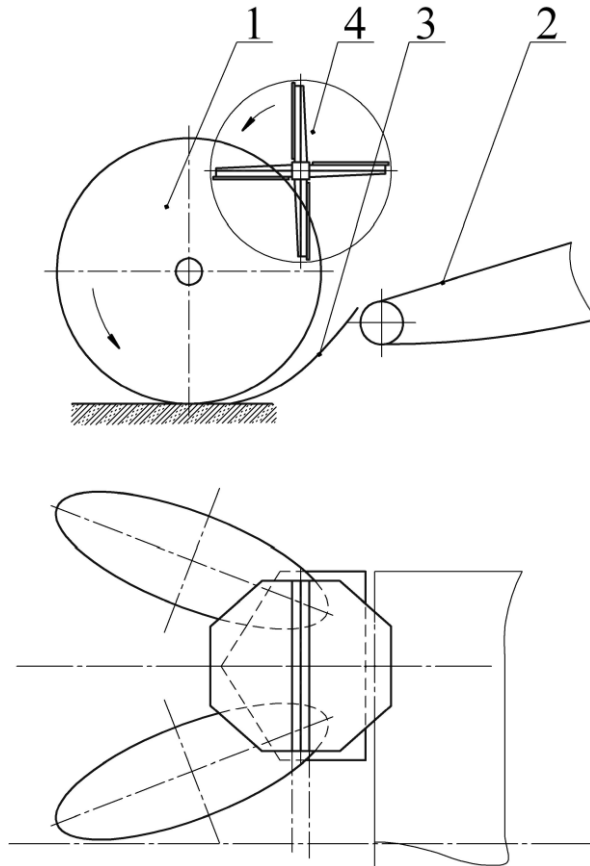


Рис. 1.5. Структурна схема комбінованого розпушувального пристрою:

1 – активний дисковий елемент, 2 – транспортувальний механізм, 3 – ніж, 4 – лопатевий ротор.

У праці Скварського Б.Т. [11] представлено результати вивчення комбінованого ротаційного механізму, що поєднує відцентрове решето та металник з вигнутими пальцями (див. рис. 1.6). Цей пристрій містить підкопувальні елементи 1 з сіткою у формі диска з прутків 2. Задні краї підкопувальних елементів розміщені на однаковій відстані від країв прутків диска 2. Диск 2 змонтовано на спільній осі 3 з лопатевими розрихлювачами 4, лопаті котрих мають кільцеву форму. Протяжність пальців лопатей змінюється по довжині, зменшуючись від низу до верху. Верхні пальці мають ту ж

довжину, що й нижні. Для мінімізації намотування на осі розрихлювачів, механізм оснащений крильчаткою, яка встановлена на спільній осі з розпушувачем. Скварски Б.Т. [11] провів дослідження комбінованого роторного органа - відцентрове сито і кидалка з криволінійними пальцями (рис. 1.6). Робочий орган складається з лемішів 1 з решіткою, виконаною у вигляді пруткового диска 2. Задні кромки лемішів виконані еквідистантно до кінців прутків диска 2. Останній встановлений на одній осі 3 з лопатевими розпушувачами 4, лопаті, яких виконані кільцевими. Довжина пальців лопатей виконана перемінною по довжині, зменшуючись знизу вгору. Довжина верхніх пальців рівна довжині нижніх. З метою зменшення замотування вісей розрихлювачів робочий орган обладнаний крильчаткою, встановлений на одній осі з розпушувачем. Під час поступального руху агрегату поміж рядками, підкопувальні елементи (1) здійснюють вилучення картопляних грядок з ґрунту та направляють їх до роторних розпушувальних пристроїв (4). Останні, здійснюючи зустрічне обертання, захоплюють шар викопаної маси, інтенсивно впливають на неї, руйнують ґрунтові грудки та частково відокремлюють

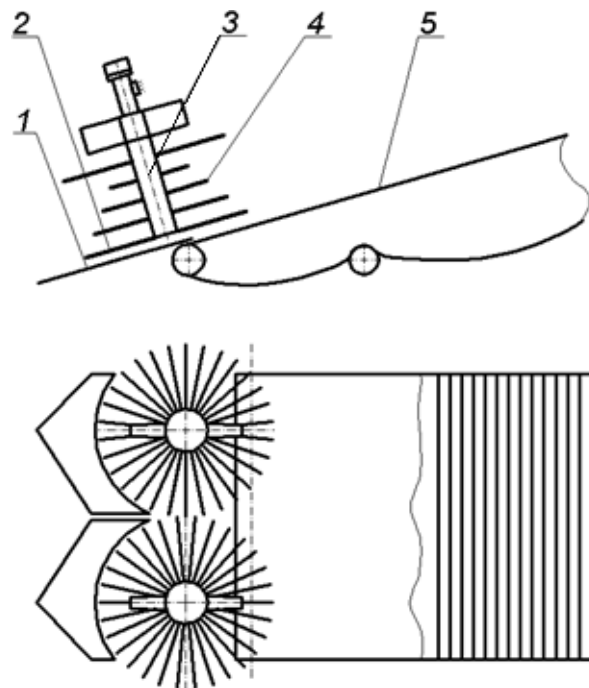


Рис. 1.6. Конструкційна схема комбінованого підкопувального робочого органа:

1 – леміш; 2 – решітка; 3 – вісь; 4 – розпушувач; 5 – транспортер

подрібнену землю через проміжки дискового сепаратора (2). Залишок маси, що складається з картоплі та решти ґрунту, транспортується на прутковий конвеєр.

Під впливом цього робочого органа ворох інтенсивніше просіюється на прутковому транспортері, що забезпечує високу загальну ефективність сепарації при мінімальному пошкодженні бульб. Найбільш доцільне використання такого органа на важкосуглинистих і суглинистих ґрунтах, де серійні машини працюють неефективно; застосування комбінованого роторного органа дозволяє підвищити сепарацію в 1,5–2 рази. Оптимальна швидкість руху машини становить 1–1,5 м/с, а кутова швидкість роторів – 14–16 с⁻¹. За цих режимів сепарація на різних ґрунтах максимально ефективна, а пошкодження бульб – мінімальні.

Розмислович І. Р. та Ладутько С. Н. здійснили модернізацію комбінованого роторного органу (рис. 1.7) [10]. Його функціонування відбувається за наступним принципом. Після підкопування бульбоносної маси лемішами, вона потрапляє на відцентрові решета 1, що здійснюють обертання у протилежних напрямках. В процесі цього відбувається часткове розпушення маси та просіювання дрібних фракцій ґрунту крізь отвори між пальцями решіт. Пальцеподібні лопаті 2 також впливають на масу, сприяючи її транспортуванню. Наступним етапом є надходження маси на лопаті 5 роторів 4, які обертаються в тому ж напрямку. Вони забезпечують тимчасову затримку маси, що подається решетами, що оптимізує процес сепарації дрібнозему на решетах. Згодом, ротори знімають масу з решіт, одночасно розпушуючи ґрунтові грудки за допомогою пальців лопатей та відкидаючи картопляний ворох на транспортер 9. Під час функціонування відбувається взаємодія коротких пальців лопатей 2 решіт 1 з пальцями лопатей 5 роторів, що, у випадку налипання або закупорювання проміжків між пальцями, сприяє їх автоматичному очищенню.

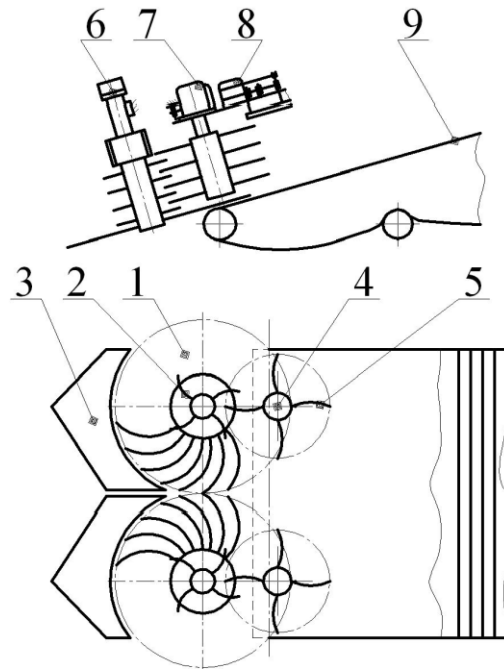


Рис. 1.7. Структура підкопувально-сепаруючого агрегату картоплезбиральної техніки:

просіююча поверхня (1), елементи для розпушування ґрунту (2), підрізувальні ножі (3), відкидаючі ротори (4), пальцеві розпушувачі (5), система приводу (6, 7), пристрій регулювання положення роторів (8) та конвеєр (9)

У своїй праці Ладутько С.Н. проаналізував конструкцію картоплекопача, що включає прутковий сепаруючий транспортер, за яким розташований бітерний решітчастий барабан з вібруючою решіткою (див. рис. 1.8) [7]. Зазначена комбінація робочих елементів дозволила оптимізувати процес сепарації бульб, мінімізуючи їх пошкодження, а також суттєво знизити масу конструкції. У ході досліджень було вивчено бітери різної конфігурації, а саме: з діаметрами 300, 400, 500 та 600 мм, штифтовий бітер діаметром 400 мм, бітер від копача КТП – 2, а також бітер, оснащений десятьма дерев'яними лопатями, діаметром 400 мм.

Експериментальні випробування показали [7], що прутково-барабанний сепаратор діаметром 400 мм, з інтервалом між зовнішніми прутками 120-125 мм та лінійною швидкістю обертання 2,1-2,3 м/с, забезпечує відділення до: 93% ґрунтової маси, яка надходить на нього, при функціонуванні на легкому

суглинковому ґрунті з вмістом води 10,6%; 85% ґрунту – при роботі на середньому суглинку з вологістю 13%. Відмічено, що зі зростанням вологості ґрунту ефективність просіювання падає, і при вологості середнього суглинку 24% досягає 37%.

Рівень механічних пошкоджень бульб зазначеним сепаратором при швидкості руху агрегату 1,34 м/с не перевищує 4,8%. Показник повноти викопування картоплі картоплекопачем КБН-2Б варіювався в межах 84,3-99,6%, а відсоток пошкоджених бульб при швидкості 1,3-1,5 м/с становив 7,3-21,3%. Продуктивність агрегату складала 0,29-0,74 га/год.

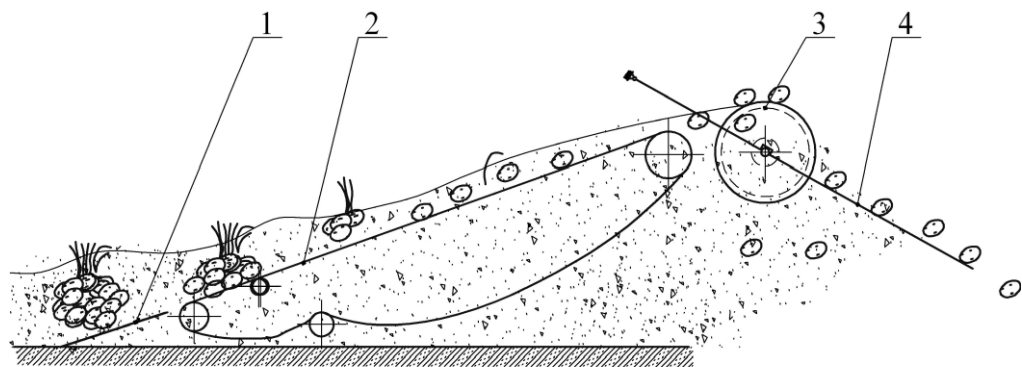


Рис. 1.8. Схематичне зображення картоплекопача моделі КБН-2Б:

1 – леміш, 2 – транспортер, 3 – бітер, 4 – вібраційні сепарувальні решітки

Для покращення процесу виділення бульб картоплі з вологого ґрунту у складних умовах збирання, у картоплекопачі КБН-2Б традиційний каскадний транспортер може бути замінений спеціалізованим пристроєм, що включає два пальцевих ротори (згідно з [4], див. рис. 1.9). Кожен ротор має конструкцію, що складається з циліндричної труби діаметром 100 мм та довжиною 1150 мм, усередині якої розміщений вал, змонтований на опорах, закріплених за допомогою кронштейнів. На зовнішній поверхні труб під кутом 120 градусів у трьох поздовжніх рядах приварені сталеві прутки, що виконують роль пальців, діаметром 10 мм та довжиною 130 мм. Кількість пальців на першому роторі становить 27, а на другому – 24. З метою мінімізації механічних пошкоджень картоплин, пальці покриті еластичним гумовим шаром. Для мінімізації розсіювання картоплин, на каркасі картоплекопача над роторами інтегровано еластичний щиток. Ротори, розташовані з міжцентровою відстанню 250 мм,

забезпечують викидання до 83 % картоплин на поверхню ґрунту.

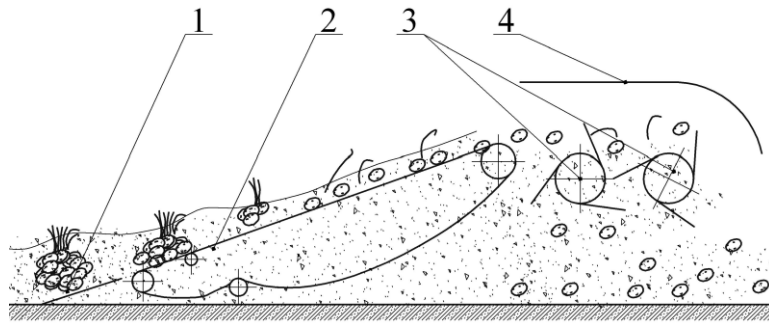


Рис. 1.9. схематичне зображення картоплекопача КТН-2Б, оснащеного роторним механізмом:

1 – леміш; 2 – сепаруючий транспортер, 3 – ротаційні елементи, 4 – захисний екран

Використання наявних результатів наукових досліджень, присвячених функціонуванню пруткових барабанів, ускладнене через неможливість чіткої ідентифікації конструктивних і кінематичних характеристик подібних робочих елементів, що особливо актуально для прикладних задач. Специфіка розподілу картопляного вороху на транспортері за допомогою розподільника зумовлює унікальність процесу. Інформація щодо оптимізації параметрів і режимів функціонування даного робочого органу, а також дані, що визначають його продуктивність при інтеграції в технологічну схему картоплезбиральної машини, недостатньо висвітлена в науковій літературі. Таким чином, для обґрунтованого визначення конструктивних і технологічних параметрів пруткових барабанів і розподільника є необхідність у здійсненні дослідження функціонування запропонованого інтегрованого підкопувально-сепаруючого робочого органу картоплезбиральної машини.

РОЗДІЛ 2.

ВИВЧЕННЯ АНАЛІТИЧНИМИ МЕТОДАМИ ПІДКОПУВАЛЬНО-СОРТУВАЛЬНОГО ЕЛЕМЕНТА КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОЇ ТЕХНІКИ

2.1. Функціонування підкопувально-сепараційного робочого органу в рамках визначеного технологічного циклу

На основі аналізу існуючих конструкцій та результатів наукових досліджень, запропоновано інноваційну конструктивно-технологічну схему комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органу картоплезбиральної машини. Дана схема характеризується наявністю активних пруткових барабанів у поєднанні з V-подібним розподільником, розміщеним позаду барабанів над сепаруючим транспортером.

З метою обґрунтування оптимального вибору структурних та технологічних параметрів пруткових барабанів і розподільника, виникає необхідність у здійсненні поглиблених теоретичних досліджень.

Ефективність функціонування підкопувально-сепаруючого робочого органу детермінується сукупністю конструктивних та технологічних параметрів пруткових барабанів і розподільника, а також фізико-механічними характеристиками оброблюваного картопляного гребеня (рис. 2.1).

Ключові конструктивні параметри включають:

D – діаметр пруткового барабана, м;

h – висота крила розподільника, м.

β – кут нахилу лемешів до горизонту, град;

$\beta_{тр}$ – кут нахилу полотна транспортера до горизонту, град; γ – кут вертикального нахилу пруткових барабанів, град;

H – висота прутка барабана, м;

$d_{пр}$ – діаметр прутка барабана, м;

n – крок установки прутків барабана, м;

α – кут розхилу крила розподільника, град;

l – протяжність крила розподільника, м;

k – число прутків барабана, шт.;

Основні технологічні параметри роботи комбінованого підкопувально-сепаруючого пристрою:

V_M – швидкість руху машини, м/с;

$V_B = \omega R$ – колова швидкість пруткового барабана, м/с;

ω – кутова швидкість обертання барабана, рад/с;

$\lambda = V_B / V_M$ – коефіцієнт кінематичного режиму роботи пруткових барабанів;

$V_{тр}$ – швидкість руху сепаруючого транспортера, м/с;

A – відстань (створ) між прутковими барабанами, м;

K – дистанція від носка леміша до першого барабана, м;

L – проміжок між барабанами та розподільником вороху, м;

Δ – зазор між розподільником і транспортером, м;

$b_{тр}$ – робоча ширина сепаруючого транспортера, м;

h_v – висота шару вороху, що знаходиться на транспортері, м.

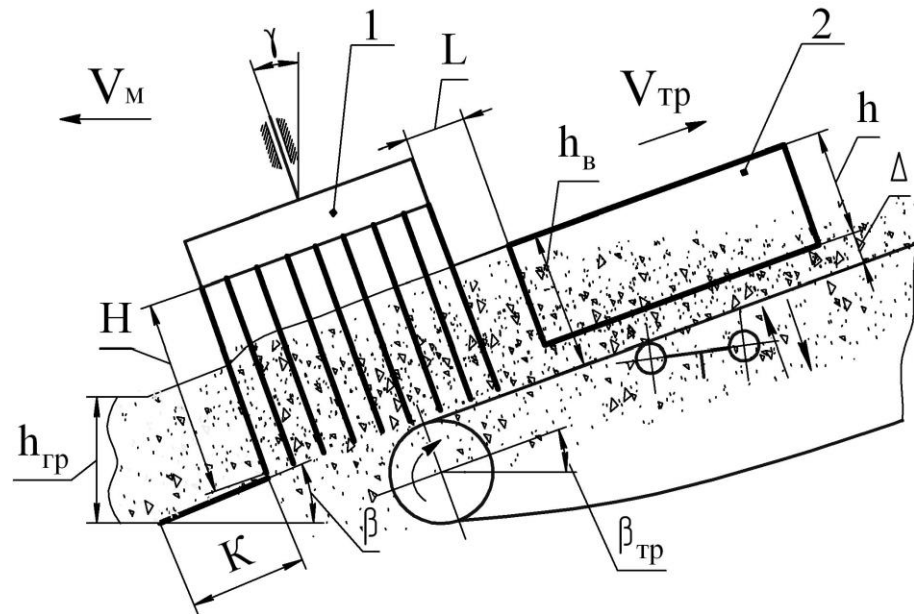
Усі ці параметри комплексно визначають ефективність процесу підкопування, сепарації та транспортування картопляного вороху, впливаючи на якість очищення та продуктивність машини.

Параметри картопляної ділянки визначаються наступним чином:

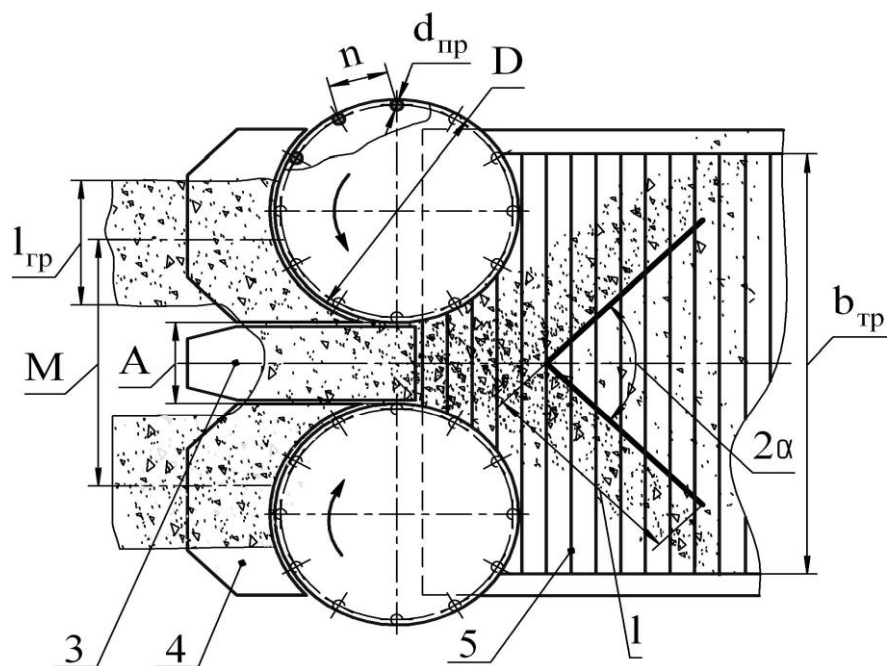
M – міжрядкова відстань, що позначає інтервал між суміжними рядами картоплі, вимірюється в метрах;

$h_{гр}$ – висота гребеня, котра характеризує вертикальний розмір сформованого насипу ґрунту, виражена в метрах;

$l_{гр}$ – ширина гребеня, яка визначає горизонтальний розмір сформованого насипу ґрунту, вимірюється в метрах.



а



б

Рис. 2.1. Схематичне зображення для визначення параметрів комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органа картоплезбиральної машини:

а – вигляд збоку; б – вигляд зверху; 1 – прутковий барабан; 2 – V-подібний розподільник вороху; 3 – центральний (середній) леміш; 4 – бокові лемеші; 5 – прутковий сепаруючий транспортер.

2.2. Експериментальне обладнання

Для проведення подальших натурних експериментальних досліджень, спрямованих на вивчення ефективності комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органу, було розроблено польову дослідну установку.

В якості платформи використано картоплезбиральний комбайн ККУ-2А, конструкція якого (див. рис. 2.2) включає в себе наступні елементи: копіювальний каток 1, підкопувальні лемеші 2, пруткові барабани 3, перший прутковий транспортер 4, обладнаний механізмом інтенсифікації сепарації 5, балони для дезінтеграції грудок 6, другий прутковий транспортер 7, транспортер з малим кроком прутків 8, барабанний транспортер 9, похилий транспортер 10, перебиральний конвеєр 11, вивантажувальний транспортер 12, транспортер для видалення домішок 13, накопичувальний бункер 14, та V-подібний розділювач 15. На основі аналізу попередніх експериментальних досліджень для подальшого експериментального вивчення комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органу в польових умовах була створена польова експериментальна установка.

Експериментальна установка включає комплекс елементів для моделювання процесу підкопування, розпушення та сепарації картопляного вороху. До її складу входять: копіювальний каток для підтримання рівня руху по грядці; леміш для підкопування картопляної грядки; прутковий барабан та пруткові транспортери для попереднього руйнування ґрунту й переміщення вороху; механізм струшування для інтенсифікації сепарації; балон-грудкоподрібнювач для подрібнення ґрунтових грудок; рідкопрутковий і барабанний транспортери для додаткової сепарації; горка для розподілу вороху; перебиральний стіл та завантажувальний транспортер для контролю потоку бульб; транспортер

для видалення домішок; бункер для накопичення бульб; і V-подібний розподільник вороху, що забезпечує рівномірне завантаження сепаруючої поверхні. Усі елементи працюють синхронно, дозволяючи досліджувати вплив різних параметрів на якість сепарації та пошкодження бульб.

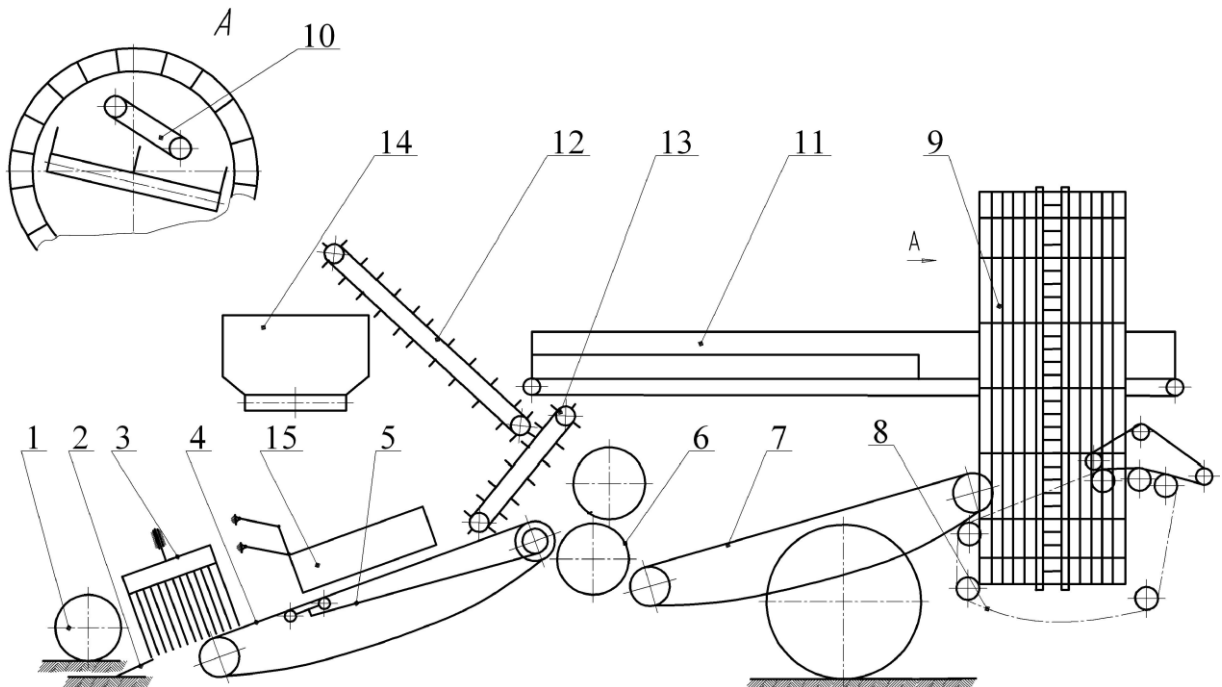


Рис 2.2. Принципова схема експериментальної установки, змонтованої на основі картоплезбирального комбайна ККУ-2А:

1 – копювальний каток; 2 – леміш; 3 – прутковий барабан; 4 – перший прутковий транспортер; 5 – механізм струшування; 6 – балон-грудкоподрібнювач; 7 – другий прутковий транспортер; 8 – рідкопрутковий транспортер; 9 – барабанный транспортер; 10 – горка; 11 – перебиральний стіл; 12 – завантажувальний транспортер; 13 – транспортер для видалення домішок; 14 – бункер; 15 – V-подібний розподільник вороху.

Розподільник (рис. 2.3) складається з двох крил, шарнірно з'єднаних між собою віссю, та паралелограмного механізму навіски, що кріпиться до рами картоплезбирального комбайна. До складу також входять гряділь, обмежувальний ланцюг, регульовальна планка і пружина. Конструкція кріпиться до гряділя за допомогою квадратного прутка і фіксується хомутами. Шарнірне закріплення дозволяє регулювати кут розхилу крил, який фіксується регульовальною планкою. Обмежувальний ланцюг контролює зазор між

розподільником і полотном транспортера. Пружина забезпечує плавні вертикальні переміщення розподільника під час коливань транспортера та захищає від пошкоджень при перевантаженні.

Загальний вигляд розподільника, встановленого над сепаруючим транспортером, показано на рис. 2.4.

Під час роботи картоплезбирального комбайна (рис. 2.2) леміші підкопують два сусідні рядки картоплі. Пруткові барабани обертаються назустріч один одному, захоплюючи прутками підкопаний шар ґрунту з бульбами та подрібнюючи його між барабанами. Частина ґрунту просівається крізь пальці барабанів під комбайн, а основна маса вороху подається на сепаруючий транспортер.

Ворох, рухаючись транспортером, потрапляє на V-подібний розподільник, де потік розподіляється на два напрямки вздовж крил пристрою. Частина вороху постійно проходить під розподільником завдяки наявності зазору відносно поверхні транспортера. Під час руху вздовж крил ворох рівномірно розподіляється по ширині транспортера, а завдяки зазору – вирівнюється за висотою. Далі ворох проходить через сепаруючі робочі органи, де відбувається остаточне відділення ґрунту, після чого картопля надходить у бункер.

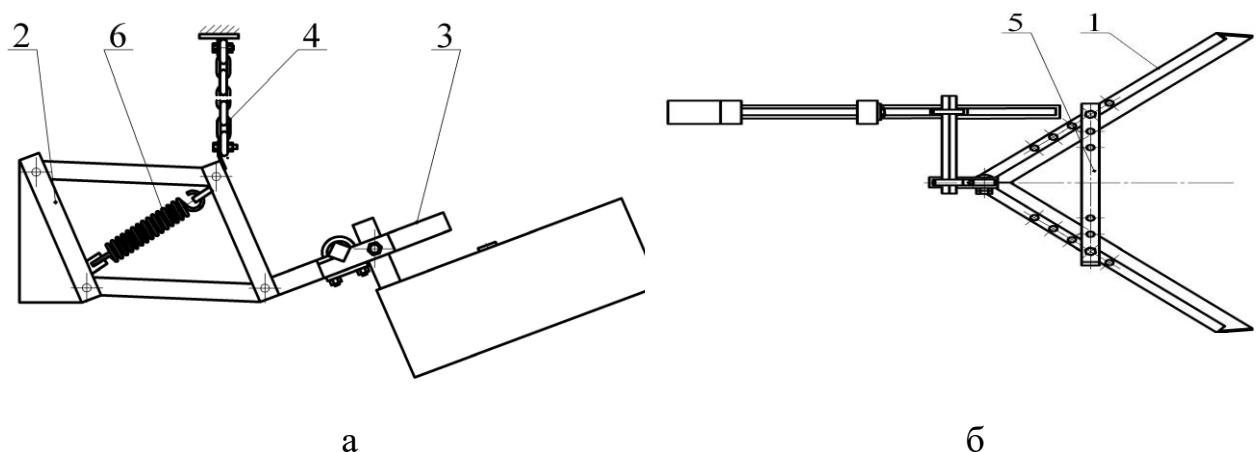


Рис. 2.3. Схематичне зображення розподільника:

а – вигляд збоку; б – вигляд зверху 1 - крило; 2 - паралелограмний механізм; 3 - гряділь; 4 - обмежувальний ланцюг; 5 – планка регулювання; 6 - пружина



Рис. 2.4. Загальний вид розподільника, встановленого над сепаруючим транспортером

Таблиця 2.1 узагальнює ключові характеристики експериментальної установки. Основні параметри експериментальної установки наведені в табл.2.1.

Експериментальна установка картоплезбирального комбайна забезпечує комплексну регуляцію основних робочих параметрів, що впливають на ефективність підкопування та сепарації картопляного вороху. Діаметр пруткового барабана становить 580 мм, а прутків – 16 мм, що у поєднанні з кроком їх встановлення 80 мм дозволяє забезпечити достатню інтенсивність просіювання ґрунту та ефективне захоплення бульб. Швидкість обертання барабанів 2,5 м/с та швидкість руху пруткового транспортера 1,85 м/с узгоджуються із швидкістю руху машини (0,7–1,5 м/с), що забезпечує оптимальний кінематичний режим роботи органів підкопування та сепарації без надмірного пошкодження бульб.

Крила V-подібного розподільника мають довжину 480 мм і висоту 150 мм, а кут їх розхилу регулюється від 10 до 55° для рівномірного розподілу вороху по ширині транспортера. Зазор між полотном транспортера і розподільником (0–250 мм) та відстань між прутковими барабанами і розподільником (150–700 мм) дозволяють регулювати висоту шару вороху та

Таблиця 2.1.

Детальний огляд експериментального обладнання

Параметр	Одиниця виміру	Значення
Діаметр пруткового барабана	мм	580
Діаметр прутка на барабані	мм	16
Крок розміщення прутків на барабані	мм	80
Швидкість обертання барабанів	м/с	2,5
Швидкість руху пруткового транспортера	м/с	1,85
Швидкість руху машини	м/с	0,7–1,5
Довжина крила розподільника	мм	480
Висота крила розподільника	мм	150
Кут розхилу крил розподільника	°	10–55
Зазор між полотном транспортера і розподільником	мм	0–250
Відстань між прутковими барабанами і розподільником	мм	150–700

оптимізувати контакт із сепаруючими елементами.

Завдяки такому поєднанню параметрів забезпечується рівномірне завантаження ворохом сепаруючої поверхні, максимальне розпушення ґрунту, зменшення втрат та пошкоджень бульб і підвищення продуктивності картоплезбирального комбайна. У підсумку установка дозволяє досягати високої якості сепарації навіть на важких та вологих ґрунтах.

Виходячи з аналізу технічних характеристик установки, робимо висновок, що розроблена конструкція лабораторно-польової експериментальної установки повністю задовольняє умовам для проведення досліджень в польових умовах.

2.3. Процедура проведення експериментальних досліджень

Для визначення оптимальних параметрів та розробки процедур експериментальних досліджень були використані загальноприйняті методологічні підходи, описані у наукових джерелах [24, 27]. Досліди проводилися безпосередньо в польових умовах, на спеціально підготовлених ділянках з рівним рельєфом, які були призначені для вирощування картоплі. Експериментальні роботи здійснювалися з урахуванням агротехнічних термінів і рекомендацій, встановлених для збирання врожаю, що забезпечувало реалістичність та практичну значимість отриманих результатів. При цьому забезпечувалася контрольована підготовка ґрунту, включаючи скошування бадиля, вирівнювання поверхні, а також дотримання оптимальної вологості та щільності ґрунту, що дозволяло отримати достовірні дані про роботу картоплекопачів у реальних умовах. Такі підходи гарантували повторюваність і надійність експериментальних вимірювань, а також дозволяли оцінити ефективність конструкційно-технологічних рішень і параметрів роботи комбінованих підкопувально-сепаруючих робочих органів у різних умовах поля.

З метою експериментального вивчення впливу трьох чинників на результуючий показник було застосовано метод математичного планування експерименту [14], а саме, реалізовано частковий факторний експеримент з використанням матриці 33-1. Оптимальну кількість повторень для кожного дослідів визначали на основі рекомендацій, представлених у науковій публікації [8]. За умови обраної довірчої ймовірності $\alpha=0,9$ та припустимої похибки експерименту $\varepsilon=\pm 2\sigma$, необхідна кількість повторень становить $n=3$.

Застосована математична модель другого порядку, що характеризує вплив факторів на досліджуваний параметр, в узагальненому вигляді має наступний вигляд:

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^n b_i x_i + \sum_{i,j=1}^n b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^n b_{ii} x_i^2, \quad (2.1)$$

де x_i, x_j , - кодовані значення факторів;

b_0, b_i, b_{ii}, b_{ij} – коефіцієнти регресії.

Взаємозв'язок між кодованими та натуральними змінними факторами визначається за формулою:

$$x_i = \frac{X_i - X_{i0}}{\Delta X_i}, \quad (2.2)$$

де x_i, X_i – відповідно кодоване та натуральне значення i – го фактору; X_{i0} – натуральне значення i – го фактору на нульовому рівні;

ΔX_i – інтервали варіювання i – го фактору.

Нульовим рівнем називають значення, яке розташоване в центрі інтервалу i відповідає середньому значенню фактора:

$$X_{i0} = \frac{X_{imax} + X_{imin}}{2} \quad (2.3)$$

Інтервал варіювання фактору визначається:

$$\Delta X_i = \frac{X_{imax} - X_{imin}}{2} \quad (2.4)$$

Встановлені рівні та діапазони варіювання факторних змінних експерименту задокументовано в таблиці 2.2. Після застосування процедури кодування факторів було сформовано план-матрицю часткового факторного експерименту, що представлено у таблиці 2.3. З метою мінімізації впливу стохастичних та неконтрольованих чинників на результативність досліджень, реалізація плану-матриці здійснювалася із застосуванням рандомізації на основі методу випадкового балансу. Цей метод було імплементовано шляхом вилучення порядкових номерів експериментальних точок із відповідної вибірки [8]. Напередодні кожного експерименту проводилася прецизійна підготовка експериментальної установки, яка передбачала встановлення кута нахилу крил розподільника, величини зазору між транспортерною стрічкою та розподільником, а також відстані між прутковими барабанами та розподільником згідно з визначеними значеннями факторів.

Відбір зразків вороху здійснювався з сортувального столу згідно наступної методики. Після калібрування обладнання, агрегат приступав до реалізації технологічної операції збирання картоплі (ілюстрація 2.5). Дочекавшись стабілізації робочого режиму, функціонування агрегату припиняли. Масу, що знаходилась на сортувальному столі, переміщували у контейнер. Мить взяття зразків продемонстровано на ілюстрації 2.6. Далі ворох розділяли на окремі категорії та визначали їхню вагу. Отримані вагові показники фіксували у відповідних комірках таблиці.

Таблиця 2.2

Величини та межі коливань факторів

Фактор	Натуральні позначення	Позначення коду	Інтервал варіювання	Рівень варіювання					
				Натуральний			Кодовий		
				верхній	нижній	основний	верхній	нижній	основний
Інтервал між барабанами і розподільником, L, м	X_1	x_1	0,15	0,6	0,45	0,3	+1	-1	0
Кут розхилу крила, α , град	X_2	x_2	15	45	30	15	+1	-1	0
Проміжок між полотном транспортної стрічки та розподільним механізмом Δ , м.	X_3	x_3	0,05	0,15	0,1	0,05	+1	-1	0

Таблиця показує три фактори, що впливають на роботу експериментальної установки, зі значеннями натуральних і кодованих змінних,

а також інтервалами та рівнями варіювання:

1. Інтервал між барабанами і розподільником (L , м) – натуральне позначення X_1 , кодове x_1 , змінюється від 0,15 м до 0,6 м, основний рівень 0,45 м; кодовані рівні: -1 (0,3 м), 0 (0,45 м), +1 (0,6 м).

2. Кут розхилу крила (α , град) – натуральне позначення X_2 , кодове x_2 , змінюється від 15° до 45° , основний рівень 30° ; кодовані рівні: -1 (15°), 0 (30°), +1 (45°).

3. Зазор між полотном транспортера та розподільником (Δ , м) – натуральне позначення X_3 , кодове x_3 , змінюється від 0,05 м до 0,15 м, основний рівень 0,1 м; кодовані рівні: -1 (0,05 м), 0 (0,1 м), +1 (0,15 м).

Підсумок: всі три фактори мають верхній, нижній та основний рівні, що дозволяє систематично досліджувати їх вплив на ефективність роботи комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органа.

Таблиця 2.3

Таблиця-матриця експериментальних варіантів

№ дослідів	X_1	X_2	X_3
1	1	1	1
2	1	0	1
3	1	-1	1
4	1	-1	0
5	1	-1	-1
6	0	-1	1
7	0	1	1
8	0	1	-1
9	0	0	0
10	-1	0	1
11	-1	0	-1
12	-1	1	-1
13	-1	-1	1
14	-1	-1	-1

План-матриця експерименту включає 14 дослідів, що проводилися з

метою визначення впливу трьох основних факторів — відстані між барабанами і розподільником (X_1), кута розхилу крила розподільника (X_2) та проміжку між полотном транспортера і розподільним механізмом (X_3) — на ефективність роботи досліджуваного пристрою. Кожен із факторів варіювався на трьох рівнях: нижньому (-1), середньому (0) та верхньому ($+1$), що дало змогу врахувати як лінійні, так і квадратичні впливи, а також взаємодію між змінними. Такий підхід забезпечує побудову математичної моделі другого порядку для опису експериментального процесу. План експерименту належить до центрально-композиційного типу, оскільки містить комбінації крайніх рівнів факторів, а також центральну точку $(0,0,0)$, що дозволяє оцінити відтворюваність результатів і точність вимірювань. Запропонований план забезпечує можливість побудови поверхні відгуку для визначення оптимальних параметрів функціонування системи та мінімізації кількості необхідних дослідів без втрати достовірності результатів. Таким чином, створена матриця експерименту є ефективним інструментом для встановлення закономірностей впливу досліджуваних факторів і подальшої оптимізації роботи розподільного механізму.



Рис. 2.5. Зовнішній вигляд розподільника під час виконання експериментальних випробувань



Рис. 2.6. Відбір зразків матеріалу з перебирального столу під час експериментальних випробувань установки

Ступінь забруднення бульб землею визначали за допомогою спеціальної формули, яка дозволяє кількісно оцінити частку землі, що залишилася на зібраних бульбах після проходження через сепаруючий робочий орган. Ця формула враховує масу забрудненої частини бульб відносно їх загальної маси, що дозволяє визначити ефективність роботи підкопувально-сепаруючого механізму та якість очистки картоплі. На її основі можна порівнювати результати експериментальних досліджень за різних параметрів роботи машини і оптимізувати конструкційні та технологічні рішення для досягнення мінімального забруднення бульб землею. Формула для визначення:

$$Z = \frac{m_d}{m_z} \cdot 100, \quad (2.5)$$

де Z – засміченість бульб ґрунтовими домішками, %;

m_d - маса домішок ґрунту у пробі вороху, кг;

m_z - загальна маса проби вороху, кг.

2.4. Конструкційно-технологічна схема та оптимальні параметри комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органа картоплезбиральної машини: обґрунтування та розробка

У рамках проведених досліджень була розроблена технологічна схема комбінованого підкопувально-сепаруючого механізму, яка враховує особливості обробки картопляних рядків, ефективне відокремлення ґрунту від бульб та мінімізацію їх пошкоджень. Було здійснено теоретичне обґрунтування ключових параметрів пристрою, таких як діаметр пруткових барабанів, крок установки прутків, висота і кут розхилу крил розподільника, а також забезпечено практичну перевірку їх оптимальності в експериментальних умовах.

Логічним продовженням цього етапу стало створення компоновальної схеми та конструкції запропонованого підкопувально-сепаруючого робочого органу, що забезпечує інтеграцію механізму в картоплезбиральну техніку. У процесі проектування враховувалися такі фактори, як ефективний розподіл вороху на транспортері, запобігання перевантаженням і пошкодженню бульб, можливість регулювання робочих параметрів під різні ґрунтово-кліматичні умови.

Завдяки цьому підходу було досягнуто гармонійного поєднання теоретичних розрахунків та експериментальної перевірки, що дозволило визначити раціональні конструкційні рішення для підвищення продуктивності і якості роботи картоплезбиральної машини. В результаті отримано обґрунтовану конструкцію робочого органу, готову до впровадження в реальне виробництво та подальшої оптимізації.

Як зазначено в джерелі [9], підкопувальний елемент повинен забезпечувати повне підрізання шару ґрунту з бульбами та ефективне транспортування його до сепаруючого пристрою. В якості підкопувального елемента використано просту конструкцію – плоский пасивний ніж. Для запобігання забивання ножа рослинними залишками, він виконаний

трисекційним. На основі заданих характеристик картопляного гребеня, зокрема, ширини міжрядь, профілю гребеня, глибини залягання картопляного гнізда, а також характеристик сепаруючого транспортера (рис. 2.7), шляхом графоаналітичного аналізу були встановлені оптимальні геометричні параметри підкопувального елемента.

Враховуючи сортові особливості картоплі, максимальний горизонтальний розмір бульбового куща коливається в межах від 23 до 32 см, а найбільша глибина залягання нижньої бульби сягає 21 см (згідно з літературними джерелами [7, 9]). З метою нівелювання можливих зсувів центра гнізда відносно осі рядка та похибок керування агрегатом, рекомендовано проектувати підкопувальний пристрій із робочою шириною (Нл) в діапазоні 450-500 мм [9]. Отже, за умови міжряддя в 700 мм, загальна ширина захоплення ґрунту при підкопуванні становитиме 1150-1200 мм. У випадку використання бокових лемешів шириною (Нл) 480 мм кожен, ширина центрального лемеша (Нлс), з урахуванням технологічного проміжку між робочими органами для проходу рослинних залишків, визначається як 180 мм.

Тангенс кута нахилу лемеша β під час проектування робочого органу оптимізується до максимально допустимого значення, щоб забезпечити ефективне підкопування та переміщення ґрунтового пласта без надмірного перевантаження механізму. При цьому враховується обмеження, що підкопаний шар ґрунту повинен переміщуватися під конвеєр без додаткових ускладнень, а ефективність цього процесу зберігається при куті β , який не перевищує 24° .

Абсолютна довжина лемеша L_l визначається параметрами сепаруючого конвеєра, зокрема вертикальною відстанню його розташування та габаритними розмірами передніх циліндричних елементів пруткового транспортера. Ці елементи обираються таким чином, щоб забезпечити вільний і безперешкодний проходження конвеєрної стрічки, уникнути заторів та пошкодження бульб картоплі.

Таким чином, оптимізація кута нахилу лемеша та його довжини є

критичною для забезпечення плавного і ефективного руху підкопаного ґрунту, що прямо впливає на продуктивність роботи картоплекопача та збереження якості бульб. Виконання цих умов дозволяє досягти комплексного балансу між продуктивністю, енерговитратами та якістю викопування.

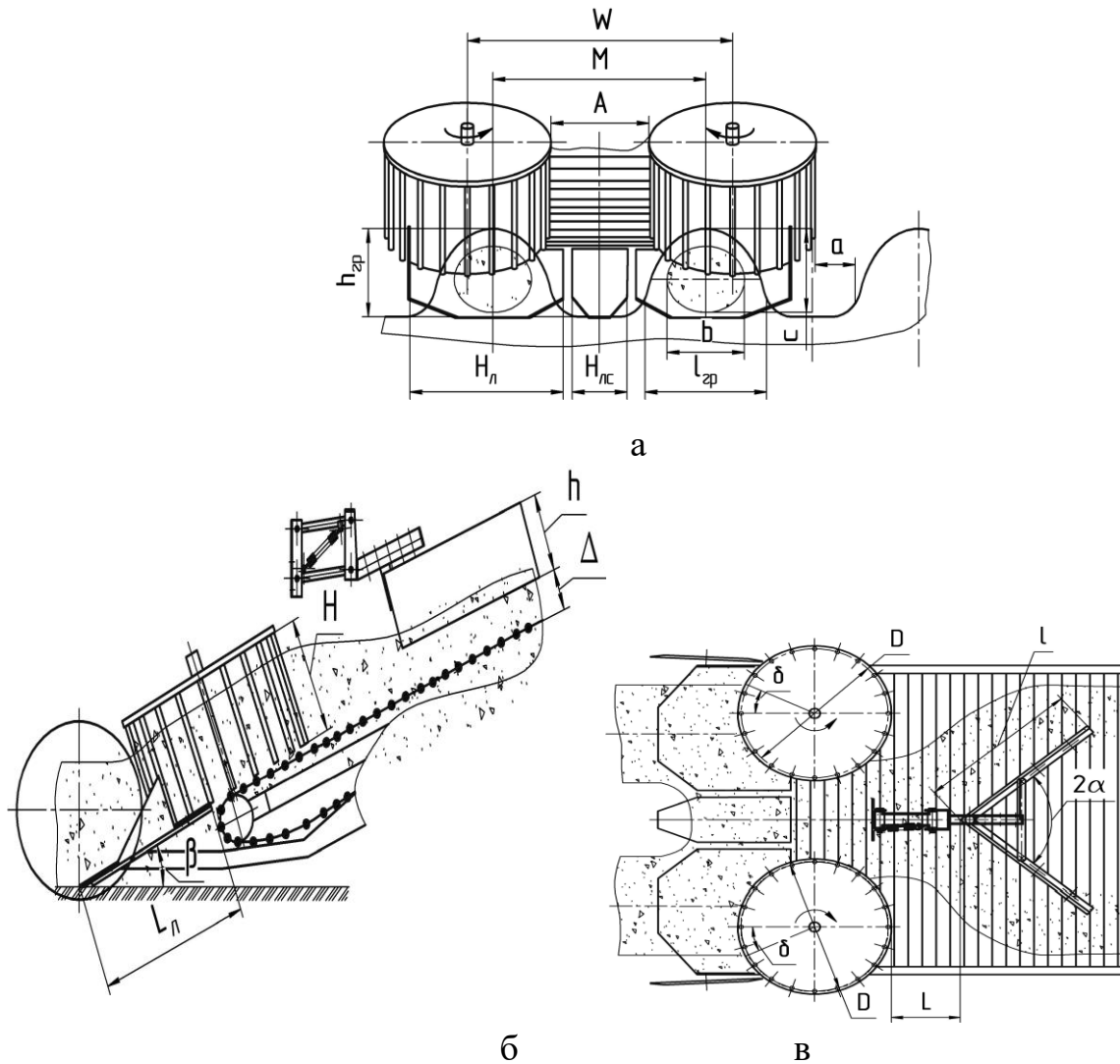


Рис. 2.7. Схематичне зображення конструкції комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органа картоплезбиральної машини:
а – вигляд спереду; б – вигляд збоку; в – вигляд зверху

Оптимізація викопування бульб передбачає підйом ґрунту роликowymi елементами без контакту з дном борозни. Важливо передбачити простір не менше 50 мм між тримачами лемешів та поверхнею борозни. Щоб уникнути накопичення рослинних залишків, на краях кожного лемеша зроблені скоси з кутом від 40 до 50 градусів, які сприяють їх самоочищенню. Центральний леміш оснащений відкидними зубцями в зоні переходу земляної маси з лемеша

на транспортер, що мінімізує втрати врожаю та попереджає застрягання каміння між прутами та задньою частиною лемеша. Довжина лемешів становить 475 мм, а бічні лемеші мають вирізи, що враховують розміри барабанів. Щоб запобігти розсипанню викопаного шару ґрунту в сторони та обмежити захоплення ущільненого ґрунту з міжрядь, по боках крайніх лемешів прикріплені нерухомі обрізні диски.

Щоб забезпечити плавний перехід підкопаної маси з лемешів на сепаруючий конвеєр, в зоні передачі встановлюються пруткові барабани. Вісь їхнього обертання орієнтована перпендикулярно до поверхні лемешів. Розташування барабанів визначається практичною необхідністю – вони повинні сприяти перевантаженню вороху з лемешів безпосередньо на конвеєр. Ця умова виконується, якщо лінії обертання барабанів перетинаються з лінією обертання передніх роликів конвеєра. Відстань між центрами барабанів (W) розраховується виходячи з потреби:

$$D + A + \frac{D}{2} \sin \delta > M + l_{\text{гр}}, \quad (2.6)$$

де D – діаметр барабана, мм;

A – створ між барабанами, мм;

M – ширина міжрядь посадки картоплі, мм;

$l_{\text{гр}}$ – ширина картопляної грядки, мм.

δ – кут захвату. За рекомендаціями автора наукової праці [13] кут $\delta < 10^\circ$.

Під час визначення конструкційних параметрів барабанів, ми керуємось наступними міркуваннями. Прагнемо, щоб діаметр барабана був якомога більшим, оскільки, як відомо, збільшення розміру покращує ефективність захоплення маси [13]. Найбільший допустимий діаметр решітчастого барабана обчислюється за формулою, наведеною в джерелі [15].

$$D_{\text{max}} = \frac{3M - l_{\text{гр}} - 2a - A}{2}, \quad (2.7)$$

де a – ширина захисної смуги, мм.

Крім того, при підборі діаметра слід дотримуватися умови, а саме:

$$D > \frac{M + l_{gr} - A}{1 + \frac{1}{2} \sin \delta} \quad (2.8)$$

Створ між барабанами повинен бути достатнім для безперешкодного проходження підкопаного вороху з двох рядків картоплі. Для цього виконується умова:

$$A = l_{gr} + H \quad (2.9)$$

де l_{gr} – висота картопляної грядки, мм;

H – висота прутка барабана, мм.

Приймаємо:

$$H = (1,1 - 1,2) l_{gr}, A = (1,1 - 1,2) l_{gr} \quad (2.10)$$

З урахуванням цих залежностей визначено конструкційні та установочні параметри пруткових барабанів:

- діаметр барабана $D = 560$ мм;
- висота прутка $H = 250$ мм;
- створ між барабанами $A = 350$ мм;
- діаметр прутка $d_{pr} = 18$ мм.

Швидкість обертання барабанів обирається з урахуванням вимог щодо мінімізації пошкоджень бульб і запобігання їх проходженню всередину барабанів. Для показника кінематичного режиму роботи пруткових барабанів $\lambda = 2,8$ та середньої швидкості руху машини $V_m = 1,0$ м/с колова швидкість обертання становить $V_v = 2,8$ м/с, а кутова швидкість барабанів $\omega = 10$ рад/с при радіусі $R = 0,28$ м, що відповідає числу обертів $1,6$ с⁻¹. Кількість прутків приймаємо $k = 20$, крок їх встановлення $p = 88$ мм. Барабани обертаються від валу відбору потужності трактора через механічну передачу.

Конструкційні параметри розподільника визначаються на основі теоретичних та експериментальних досліджень. Довжина крила l повинна бути мінімальною, але достатньою для рівномірного розподілу вороху на ширині

транспортера. Кут розхилу крила α встановлюється максимально можливим з можливістю регулювання для різних ґрунтово-кліматичних умов. Висота крила h забезпечує ефективний розподіл вороху без його перекидання.

Оптимальна робота з валком досягається завдяки використанню розподільника. Зазор (Δ) між його крилом і поверхнею транспортера має бути чітко витриманий, тому потрібне регулювання. Оскільки стрічка транспортера схильна до коливань, розподільник слід закріпити так, щоб забезпечити стабільність заданого зазору. Щоб гарантувати безперешкодне проходження валка, відстань (L) між барабанами та передньою частиною розподільника має бути якомога меншою. З урахуванням ширини стрічки транспортера, параметри розподільника обрано такими:

- довжина крила розподільника (l) = 500 мм;
- висота крила (h) = 150 мм;
- максимальний кут нахилу (α) = 45° ;
- зазор (Δ) = 80 мм;
- відстань між барабанами та розподільником (L) = 600 мм.

Ці результати досліджень лягли в основу проектної документації та створення прототипів картоплезбиральних машин, зокрема картоплекопача КРК-2 [14]. Конструкція підкопувально-сепаруючого робочого органу і загальний вигляд картоплекопача КРК-2 представлені на рисунках 2.8 та 2.9 відповідно.

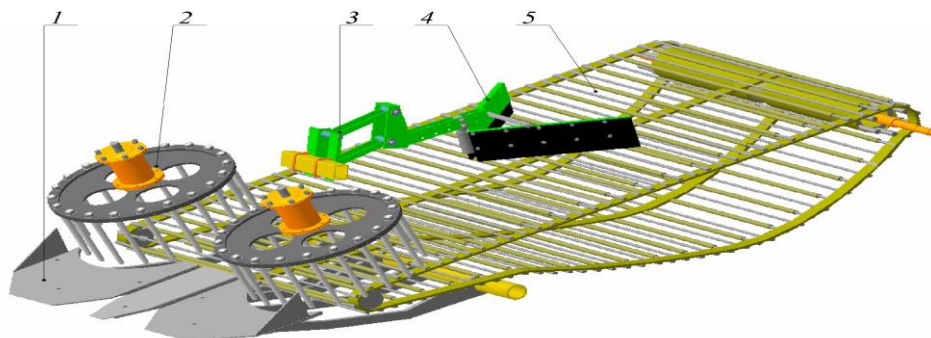


Рис. 2.8. Загальна ілюстрація комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органу картоплезбиральної машини:

- 1 – леміш; 2 – прутковий барабан; 3 – паралелограмний механізм; 4 – розподільник; 5 – прутковий транспортер*

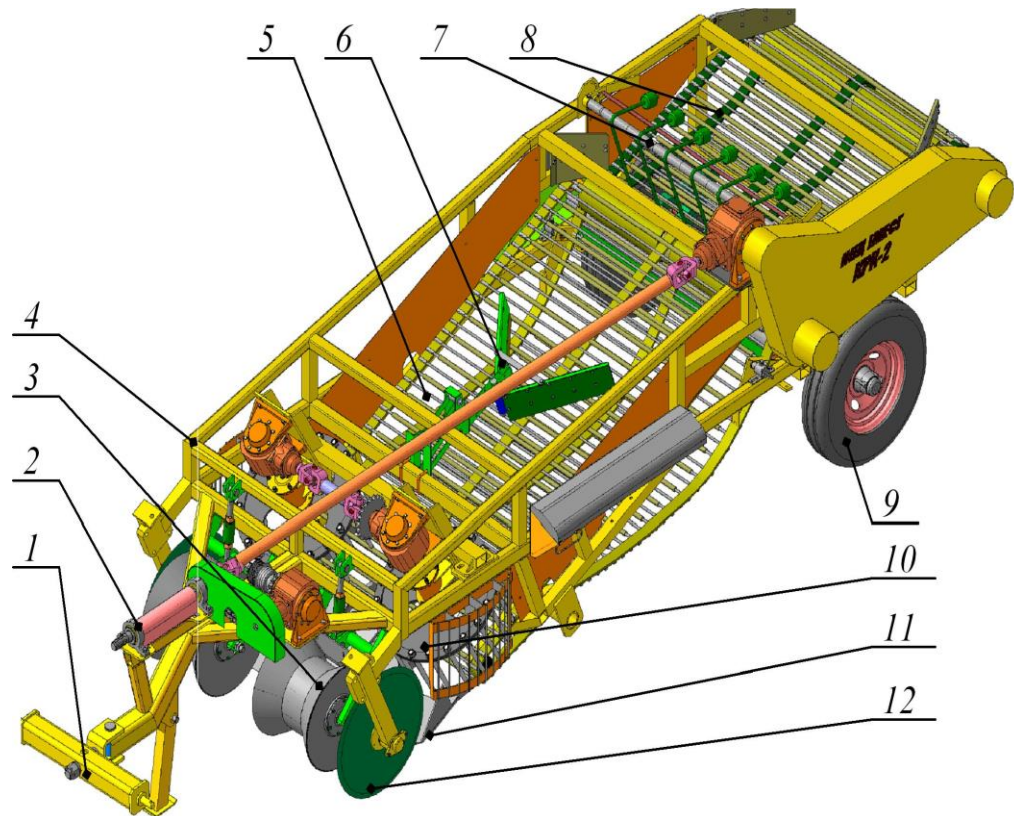


Рис. 2.9. Загальна архітектура картоплекопача КРК-2:

1 – зчіпний пристрій; 2 – трансмісійний механізм; 3 – підтримуючий ролик; 4 – станина; 5 – головний конвеєр; 6 – розподільний вузол; 7 – апарат для сепарації гички; 8 – багатоступеневий транспортер; 9 – підтримуюче колесо; 10 – штанговий барабан; 11 – підкопувальний ніж; 12 – відрізний диск.

2.5. Випробування експериментальної моделі дворядного картоплекопача КРК-2

На основі теоретичного обґрунтування та емпіричних досліджень було розроблено дослідний зразок дворядного картоплекопача КРК-2, який характеризується наявністю інтегрованого підкопувально-сепаруючого робочого елементу.

Апарат КРК-2 спроектовано для виконання операцій викопування картопляних бульб, виділення їх з ґрунтової маси та укладання на поверхню ріллі. Дана машина адаптована для застосування на різноманітних типах

ґрунтів, зокрема і на важких суглинках, при показнику вологості від 10 до 27%. Додаткові технічні параметри представлені у таблиці 2.4.

Таблиця 2.4

Основні функціональні показники КРК-2

Показник	Значення
Тип	причіпний
Агрегується з тракторами класу	1,4–2,0
Робоча ширина захвату, м	1,4
Кількість підкопаних рядків	2
Глибина підкопування бульб, м	0,27
Ширина смуги розкидання бульб, м	1,0–1,1
Продуктивність основного часу, га/год	0,28–0,35
Робоча швидкість, км/год	2,0–2,5
Число обертів ВВП трактора, об/хв	540
Число обертів пруткових барабанів, об/хв	96
Діаметр пруткових барабанів, мм	570
Кількість транспортерів	2
Ширина транспортерів, м	1,25
Габарити, мм (Д×Ш×В)	5100×1850×1500
Маса, кг	1550

Конструкція картоплекопача (зображено на рис. 2.9) включає раму, підтримуючі котки, підкопувальні ножі, барабани з прутками, головний транспортер, розподільчий пристрій, пристрій для елімінування бадилля, каскадний транспортер, опорні колеса, зчіпний пристрій, систему приводу робочих органів та відрізнi диски.

Таблиця 2.5

Фізико-технологічні характеристики картоплі під час лабораторно-польових випробувань картоплекопача

Показник	Значення
Сорт картоплі	Слав'янка
Спосіб посадки	Гребневий
Стан бадилля	Зелене
Висота бадилля, см	14,7
Висота гребенів, см	18,3
Ширина міжрядь, см	70,5
Характеристика гнізда: ширина, см	17,2
Глибина залягання нижньої бульби, см	18,3
Урожайність бульб, т/га	30,6
Розмірно-масова характеристика бульби: середня довжина, мм	59,3
Середня ширина, мм	38,4
Середня товщина, мм	31,4
Коефіцієнт форми бульби	1,7
Масова частка бульб за фракціями, %: 20–50 мм	21,3
50–80 мм	73,4
>80 мм	5,3

Таблиця 2.6

Умови проведення експериментальних досліджень

Показник	Значення або характеристика
Ґрунт та механічний склад	Чорнозем суглинистий
Мікрорельєф	Вирівняний
Поперечний ухил, °	2,0
Поздовжній ухил, °	1,5
Вологість ґрунту за шарами, %	0–10 см – 13,6; 10–20 см – 14,2; 20–30 см – 15,3
Твердість ґрунту, МПа	1,142
Температура повітря, °С	18
Засміченість ділянки	Бур'янами – 170,2 г/м ² ; камінням – відсутнє
Показник	Значення або характеристика
Ґрунт та механічний склад	Чорнозем суглинистий
Мікрорельєф	Вирівняний
Поперечний ухил, °	2,0
Поздовжній ухил, °	1,5

У таблиці 2.7 представлені результати випробувань експериментального зразка картоплекопача, а на рисунку 2.9 показано картоплекопач КРК-2 під час роботи у поєднанні з трактором МТЗ-82.

Таблиця 2.7

**Показники ефективності та якості роботи картоплекопача при
викопуванні бульб**

Показник	Значення з розподільником	Значення без розподільника	Норма за агрономічними
Робоча швидкість, км/год	2,1	2,1	2–4
Глибина ходу лемешів, см	21,4	21,4	до 25
Втрати бульб, %	0,8	2,5	до 3
Пошкодження бульб за масою, %	4,8	4,8	до 7
– зідрана шкіра (1/4–1/2 поверхні)	1,2	1,2	–
– зідрана шкіра (>1/2 поверхні)	0,1	0,1	–
– вириви м'якуші >5 мм	0,9	0,9	–
– тріщини довжиною >20 мм	1,0	1,0	–
– роздавлені бульби	0,6	0,6	–
– різані бульби	1,0	1,0	до 1,5
Ширина смуги викопаних бульб, см	110	58	–

Результати лабораторно-польових випробувань, представлені в таблиці 4.5, свідчать про відповідність функціонування картоплекопача КРК-2 агротехнічним нормативам. За умов заглиблення лемешів на 21,4 см та середньої глибини залягання бульб 18,3 см, рівень втрат бульб склав 2,5%, а пошкоджень – 4,8%, що не перевищує встановлені граничні значення. Значний вплив на ефективність роботи агрегату мав розподільник (ілюстрації 2.10-2.11), застосування якого сприяло скороченню втрат бульб до 0,8% шляхом мінімізації засипання бульб ґрунтом. Більше того, зменшення об'єму ґрунту, яким присипані бульби, зумовлює підвищення продуктивності праці збирачів.

Оптимізовано режим функціонування картоплекопача в досліджуваних

умовах, що гарантує допустимі показники втрат та пошкоджень бульб. З'ясовано, що при швидкості пересування агрегату 2,1 км/год, продуктивність сягнула 0,29 га/год.

Підсумовуючи, отримані дані свідчать, що дослідний зразок картоплекопача КРК-2 загалом справляється з поставленим технологічним завданням.



а



б

Рис. 2.9. Зображено картоплекопача КРК-2 в процесі:

а – вигляд збоку, б – вигляд ззаду



Рис. 2.10. Розподільник вороху картоплекопача КРК-2 під час експлуатації



Рис. 2.11. Загальний вигляд картоплі після викопування двох рядків

2.6. Дослідження робочих характеристик експериментального дворядного картоплекопача-навантажувача ККН-2

На основі аналізу отриманих даних було розроблено та виготовлено дворядний картоплекопач-навантажувач моделі ККН-2. Картоплекопач-навантажувач ККН-2, що є напівнавісним агрегатом, призначений для одночасного викопування двох рядів картоплі з шириною міжрядь 70 см, відокремлення картопляних бульб від ґрунту, гички та інших органічних домішок, а також для навантаження викопаної картоплі у транспортний засіб, який рухається паралельно. Загальна конструкція машини представлена на рисунку 2.12. Ключовою особливістю даного картоплекопача-навантажувача є інтеграція комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого елемента, який включає пруткові барабани (рисунок 2.13) та розподільчий пристрій (рисунок 2.14). Зазначена конструкція сприяє підвищенню ефективності та покращенню якості збирання врожаю картоплі. Основні технічні характеристики машини наведено в таблиці 2.8.

Таблиця 2.8

Технічні характеристики дворядного картоплекопача-навантажувача

Показник	Значення або характеристика
Марка комбайна	ККН-2
Тип агрегування	напівнавісний
Клас трактора для агрегування	1,4
Кількість викопуваних рядків	2
Ширина міжрядь, см	70
Максимальна глибина підкопування, см	25
Робоча швидкість, км/год	1–6
Продуктивність за годину основного часу, га	0,45–0,65
Маса комбайна, кг	3500
Габаритні розміри, мм довжина ширина висота	8300
	5400
	2900



Рис. 2.12. Огляд конструкції картоплекопача-навантажувача моделі ККН-2



Рис. 2.13. Огляд пруткових барабанів



а



б

Рис. 2.14. Огляд конструкції розподільника:

а – в холостому режимі, б – в режимі роботи

Таблиця 2.9

**Стандартизована процедура для здійснення комплексної оцінки
ефективності роботи картоплекопача-навантажувача ККН-2 в умовах
реального землеробства**

Показник	Характеристика або значення
Попередній обробіток	Скошування бадилля
Тип ґрунту	Чорнозем суглинистий
Рельєф	Рівний
Температура ґрунту на глибині залягання бульб, °С	10
Температура повітря, °С	12
Вологість ґрунту, %	
– 0–5 см	16,1
– 5–10 см	18,0
– 10–15 см	17,8
– 15–20 см	17,0
Твердість ґрунту, МПа	
– 0–5 см	1,35
– 5–10 см	2,35
– 10–15 см	2,9
– 15–20 см	3,0
Кількість бур'янів на 1 м ²	6
Маса бур'янів і залишків бадилля, т/га	1,56

Таблиця 2.10

Лабораторно-польова характеристика культури

Показник	Значення або характеристика
Сорт картоплі	Невський
Спосіб садіння	Гребневий
Ширина міжрядь, см	70
Висота гребенів, см	19,2
Кількість кущів, тис. шт./га	39,1
Біологічний урожай бадилля	Скошене
Біологічний урожай картоплі, т/га	24,3
Характеристика гнізда	
– ширина, см	22

– глибина залягання нижньої бульби, см	18,2
Розмірно-масова характеристика бульб	
	– довжина, мм
	– ширина, мм
– товщина, мм	35,2
– середня маса бульби, г	88,6
Склад бульб за масою, %	
– до 50 г	52,9



а



б

Рис. 2.15. Вигляд картоплекопача-навантажувача ККН-2 під час роботи:

а – розподільник у транспортному (неробочому) положенні;

б – розподільник у робочому положенні.

Таблиця 2.11

**Робочі показники картоплекопача-навантажувача ККН-2 за
результатами лабораторно-польових досліджень**

Показник	З розподільником	Без розподільника
Марка трактора	МТЗ-82	МТЗ-82
Робоча швидкість руху	3,2–4,8 км/год (0,88–1,33 м/с)	2,8–3,6 км/год (0,78–1,0 м/с)
Глибина підкопування, см	19,3	19,3
Кількість обслуговуючого персоналу, чел.	1 (тракторист)	1 (тракторист)
Чистота картоплі в тарі, %		
– бульби	97,4	85,8
– сипкий ґрунт	0,7	2,2
– грудки до 50 мм	1,7	11,8
– рослинні домішки	0,2	0,2
– інші домішки	0	0
Повнота збирання бульб, %		
– зібрано в тару	99,4	98,6
– залишено на поверхні	0,4	1,2
– залишено в ґрунті	0,2	0,2
– всього втрат, % (кг)	0,6 (146)	1,4 (340)
Пошкодження бульб, %		
– сумарні	4,6	4,6
– зідрана шкіра $\frac{1}{4}$ – $\frac{1}{2}$ поверхні бульби	1,3	1,3
– зідрана шкіра $> \frac{1}{2}$ поверхні бульби	0,2	0,2
– роздавлені бульби	0,4	0,4
– різані бульби	0,7	0,7
– тріщини > 20 мм	1,1	1,1
– вириви м'якуші > 5 мм	0,9	0,9
– поштучно (із 100 бульб)	6,0	6,0
Показник	З розподільником	Без розподільника

Таблиця 2.12

**Оцінка енергоспоживання та ефективності роботи картоплекопача-
навантажувача ККН-2**

Назва показника	Значення показника		
Робоча швидкість руху, км/год	3,24	3,95	4,68
Коефіцієнт завантаження двигуна трактора	0,315	0,411	0,441
Продуктивність, га/год	0,45	0,55	0,65
Крутний момент, Нм	185	210	216
Тяговий опір, кН	11,7	12,3	12,6
Потужність на ВВП трактора (на привід копача), кВт	9,5	10,8	11,1
Використовувана потужність, кВт	19,8	24,7	26,5
Продуктивність, га/год	0,45	0,55	0,65
Питома витрата пального за годину основної роботи, кг/год	13,68	15,42	17,09

Згідно з таблицями 2.11 та 2.12, де представлено умови проведення випробувань та характеристику культури відповідно, дослідження виконувалися в умовах, що характеризуються як складні ґрунтови. Підтвердженням цього є показник твердості ґрунту в зоні залягання бульб, який варіювався в межах 1,35-3,0 МПа, що перевищує оптимальне агротехнічне значення, яке не повинно перевищувати 1,4 МПа. Робочі швидкості агрегату під час визначення показників якості становили 3,2-4,8 км/год.

Протягом періоду тестування картоплекопачем-навантажувачем ККН-2 було здійснено збирання врожаю картоплі на площі 10 га. Паралельно проводилася агротехнічна (табл. 2.11) та енергетична (табл. 2.12) оцінка функціонування машини. Особлива увага приділялася вивченню дієвості підкопувально-сепаруючого робочого елемента з розподільником. Отримані

результати засвідчили, що картоплекопач-навантажувач забезпечує виконання збиральних робіт згідно з визначеними нормами – повнота вибирання та рівень чистоти картоплі у контейнерах відповідали агротехнічним вимогам. Значну ефективність продемонстрував V-подібний розподільник вороху: показник чистоти бульб в тарі досягав 97,4%, в той час як без використання розподільника цей показник складав 85,8%. Отже, використання розподільника сприяє покращенню важливого показника функціонування картоплезбиральної техніки, а саме чистоти бульб у тарі, на понад 10%, та зменшує обсяг ґрунтових домішок з 14,2% до 2,7%, що відповідає зменшенню в 5,2 рази. Водночас, при роботі без розподільника спостерігалася необхідність зниження швидкості руху агрегату для забезпечення належної сепарації вороху.

На рисунку 2.15а відображено технологічний процес роботи картоплекопача з розподільником у неробочому стані, а на рисунку 2.15б – з розподільником в активному режимі. Аналіз рисунку 2.15а демонструє недостатню якість сепарації вороху, що проявляється у концентрації значної частини ґрунтових домішок на другому транспортері, що, у свою чергу, призводить до збільшення рівня забруднення бульб у тарі. Рисунок 2.15б, натомість, показує, що основна маса ґрунтових домішок відділяється на першому транспортері, що і є причиною високої чистоти картоплі в тарі.

Таким чином, експериментально підтверджено обґрунтованість застосування запропонованого комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органу в технологічній схемі картоплезбиральної машини та його високу продуктивність.

3. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці являє собою комплекс правових норм і відповідних соціально-економічних, технічних, санітарно-гігієнічних та організаційних заходів, спрямованих на забезпечення безпечних умов праці, збереження здоров'я та підтримання працездатності працівників у трудовій діяльності [18]. Пожежна безпека та захист від блискавки тісно пов'язані з охороною праці, оскільки пожежі на виробництві та в житлових приміщеннях, а також грозові розряди становлять небезпеку не лише для майна, але й для життя людей, зокрема під час вирощування картоплі.

3.1. Заходи з охорони праці та безпеки на робочому місці

У господарстві функціонує система охорони праці, що відповідає типовому положенню «Про організацію роботи в системі АПК». Відповідно до цього положення, генеральний директор несе юридичну відповідальність за дотримання норм безпеки праці в цілому. Головні спеціалісти відповідають за стан охорони праці у своїх сферах діяльності, а начальники підрозділів - на ввірених їм ділянках. Штат підприємства включає посаду головного фахівця з техніки безпеки. Керівний склад та профільні спеціалісти систематично працюють над поліпшенням умов праці та забезпеченням безпеки: ефективно функціонує пожежна охорона, укомплектована пожежним автомобілем та командою з чотирьох пожежників, готових до оперативного реагування; на фермах облаштовано по дві кімнати відпочинку (з душем та роздягальною); у столярній майстерні вирішено питання з утилізацією відходів деревообробки та зниженням рівня шуму; впроваджуються заходи з модернізації обладнання, оснащення та інструментів з метою підвищення безпеки їх експлуатації, включаючи встановлення захисних пристроїв, блокувань, систем оповіщення, а також придбання контрольно-вимірювальних приладів для моніторингу безпечних умов.

3.2. Аналіз охорони праці при зборі картоплі

Працювати з тракторами та сільськогосподарськими машинами дозволено лише особам, які мають чинне посвідчення на право управління, ознайомлені з правилами безпечної експлуатації цих машин та пройшли необхідний інструктаж з охорони праці.

Усі роботи повинні виконуватись під контролем відповідального працівника з числа адміністративно-управлінського персоналу виробничої ділянки. Залежно від виконуваних операцій, оператори повинні бути забезпечені необхідними засобами індивідуального захисту та спеціальним одягом.

Перед початком роботи необхідно впевнитись у повній справності агрегату, перевірити наявність і надійність кріплення всіх захисних кожухів та огорожень. З'єднання машин з трактором має здійснюватися відповідно до інструкції з експлуатації виробника. Перед початком руху необхідно переконатися, що між трактором і причіпним знаряддям відсутні люди, і обов'язково подати попереджувальний звуковий сигнал.

Забороняється:

- Допускати до роботи осіб, які перебувають у стані алкогольного або наркотичного сп'яніння.
- Виконувати роботи на агрегатах у не застібнутому одязі з розпущеними краями або рукавами.
- Допускати до агрегату сторонніх осіб.
- Перебувати перед агрегатом під час його переміщення.
- Здійснювати будь-яке обслуговування машини при ввімкненому валу відбору потужності (ВВП), а також проводити ремонт, регулювання або очищення робочих органів під час руху або з увімкненим двигуном.
- Сідати на машини або сходити з них під час руху агрегату.
- Активувати гідравлічний механізм підйому стоячи на землі або на тракторі.

- Проводити випробування машини від ВВП без попереднього її з'єднання з трактором.

3.3. Заходи з ОП для роботи з удосконаленим механізмом

Розроблювана техніка інтегрує два технологічні етапи: видалення гички з картопляних гребенів, яка заважає переміщенню маси під час викопування та сепарації ґрунтової фракції з картоплею; і викопування картопляних гребенів з подальшим відокремленням бульб від землі.

Висновки по розділу

У розділі з охорони праці детально проаналізовано умови та заходи безпеки при збиранні картоплі. Сформульовано основні аспекти аналізу умов праці та заходів з техніки безпеки під час копання картоплі, а також розроблено комплекс організаційно-технічних заходів з охорони праці при використанні модернізованого механізму. Це сприятиме підвищенню безпеки, збереженню здоров'я та підтриманню працездатності працівників під час виконання робіт.

РОЗДІЛ 4.

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ВИРОБНИЧЕ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.

З метою оцінки результативності використання підкопувально-сепаруючого робочого органу було застосовано загальновідомі економічні показники, згідно з загальноприйнятою методологією, описаною в літературі [7, 8].

В якості еталонного зразка для порівняння було обрано картоплекопач-навантажувач ККН-2. Модернізованим варіантом виступає картоплекопач-навантажувач ККН-2, оснащений розробленим підкопувально-сепаруючим робочим органом. Агрегування обох машин здійснюється з трактором МТЗ-82. Зібрана картопля транспортується комплексом, що складається з трактора МТЗ-82 та причепа 2ПТС-4.

Початкові параметри та дані для проведення обчислень представлено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Вихідні дані для визначення економічної ефективності

Показник	Модернізована машина	Базова машина
Робоча швидкість руху, км/год	4,68	3,24
Чистота бульб у тарі, %	97,4	85,8
Маса машини, кг	3550	3500
Робоча ширина захвату, м	1,4	1,4
Врожайність бульб, т/га	24,3	24,3
Кількість обслуговуючого персоналу, чол.	1	1
Повнота збирання бульб, %	99,0	99,0
Пошкодження бульб, %	4,6	4,6

Результати розрахунків показано в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Економічна ефективність використання комбінованого робочого органа

Показник	Базова машина	Модернізована машина
Питома витрата палива, кг/га	30,4	26,3
Витрати на ПММ, грн/га	744,8	644,35
Витрати на ремонт і ТО, грн/га	1207,2	1049,2
Витрати на оплату праці, грн/га	69,25	47,94
Розмір капітальних вкладень, грн/га	5953,44	5544,7
Приведені експлуатаційні витрати, грн/га	3902,5	3554,9
Витрати на реновацію, грн/га	988,27	920,4
Прямі експлуатаційні витрати, грн/га	3009,5	2661,9
Продуктивність змінного часу, га/год	0,36	0,52
Зменшення приведених експлуатаційних витрат, грн/га	347,6	
Додатковий економічний ефект від застосування робочого органа, грн/га	85,3	
Загальний економічний ефект, грн/га	432,85	
Річний економічний ефект, грн.	43284,6	

Узагальнюючи результати проведених обчислень, можна констатувати, що економічна доцільність застосування картоплезбиральної машини, оснащеної комбінованим підкопувально-сепаруючим механізмом, в умовах апробації на виробництві, підтверджується економічним ефектом, величина якого сягає приблизно 433,0 грн/га. З огляду на нормативне річне навантаження агрегату в 100 га, сукупний економічний зиск за рік становить близько 43300,0 грн (у поточних цінах 2024 року).

ВИСНОВКИ

В роботі розв'язано актуальну проблему підвищення ефективності функціонування картоплезбиральної техніки шляхом удосконалення конструкції та оптимізації параметрів інтегрованого підкопувально-сепаруючого механізму.

1. Доведено, що існуючі показники функціональності картоплезбиральних агрегатів не відповідають встановленим агротехнічним нормативам. З метою нівелювання вказаного недоліку, запропоновано та обґрунтовано використання комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органу, оснащеного пристроєм для рівномірного розподілу піднятої картопляної маси по ширині сепаруючої стрічки транспортера. Такий підхід сприяє інтенсифікації процесу сепарації та, як наслідок, покращенню показників продуктивності картоплезбиральної машини.

2. Експериментально встановлено, що картоплекопач-навантажувач ККН-2 з інноваційним комбінованим підкопувально-сепаруючим робочим органом при збиранні картоплі з урожайністю 24,3 т/га, вирощеної гребневим методом з міжряддями 0,7 м на чорноземних ґрунтах суглинистого типу з рівнем вологості в період збору врожаю 16,1-18,0 %, показником твердості 1,13-2,0 МПа, забезпечує високу повноту вибирання бульб – до 99,4 %, значну чистоту бульб у тарі – 97,4%, а рівень пошкоджень бульб – не перевищує 4,6%.

3. Результати виробничих випробувань картоплезбиральних машин, модифікованих шляхом встановлення комбінованого підкопувально-сепаруючого робочого органу, підтвердили поліпшення показників якості їх роботи та збільшення їхньої продуктивності.

4. Економічний ефект від впровадження картоплекопача-навантажувача з інтегрованим комбінованим підкопувально-сепаруючим робочим органом становить 433,0 грн/га, а сукупний річний економічний ефект – 43300,0 грн на одну одиницю техніки (у цінах 2022 року).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бончик В.С. Розробка та обґрунтування параметрів ротаційного картоплекопача: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Луцьк, 2001. 20с.
2. Бончик В.С., Федирко П.П. Результаты экспериментальных исследований геометрических параметров картофельной грядки при работе картофелеуборочных машин. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. 2015. Vol. 17. No 5. 3-6.
3. Булгаков В.М., Адамчук В.В., Ружило З.В., Головач І.В., Ігнат'єв Є.І. Експериментальне дослідження та обґрунтування параметрів сепаратора картопляного вороху. Вісник аграрної науки. 2020. №7. С.60-66.
4. Бутенин Н.В., Лунц Я.Л. Курс теоретической механики. Т. 2. М.: Наука, 1985. 496 с.
5. Василенко П.М., Погорелый Л.В. Основы научных исследований. К.: Вища школа, 1985. 266 с.
6. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки экспериментальных данных. М.: Колос, 1973. 199 с.
7. Гаджиев П.И. Выбор рациональных параметров комкоразрушающего битерного барабана. Тракторы и сельхозмашины. 1999, №5. с.33-35.
8. Долгошеев А.М. Основы теории и расчета рабочих органов машины для уборки топинамбура. Тракторы и сельхозмашины. 2001, №8. с.28-30.
9. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 1 (частина 1). Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. Харків, "Око ", 2001. 442 с.
10. Смолінський С.В. Обґрунтування доцільності застосування спірального очисника в конструкції дворядного картоплекопача. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб.наук.праць Київ: НУБіП, 2017. Вип. 21. С. 88-92.
11. Смолінський С.В. Обґрунтування конструкції і параметрів спірального сепаратора картопляного вороху: автореф. дис. ... канд. техн. наук. К., 2002. 20с.