МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
«___»_____ 2026 р.
Зав. кафедри _д.т.н., професор___
(науковий ступінь, вчене звання)
_____ __Володимир ДІДУР___
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)

перший (бакалаврський)
(назва освітнього рівня)

тема проекту: «Удосконалення робочих органів ротаційного картоплекопача з обгрунтуванням параметрів його роботи»

Виконав: студент 3 курсу, групи 31к-з-ім
освітньої програми___бакалавр_____
спеціальності _208 «Агроінженерія»_
__Деркач Петро Петрович_____
(прізвище та ініціали)
Керівник к.е.н., доцент Кутковецька Т.О.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Умань – 2026

ЗМІСТ

Вступ……... 3
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ДОСЛІДЖУВАНОГО ПИТАННЯ…… 4
1.1. Огляд технологій та технічних засобів збирання картоплі…..……. 4
1.2. Аналіз конструкцій робочих органів картоплезбиральних машин……... 7
Висновки по розділу……. 12
РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ…….. 13
2.1. Опис конструктивної схеми картоплекопача та основних параметрів роботи його робочих органів……..……... 13
2.2. Визначення конструктивних параметрів ротаційного робочого органу.. 20
2.3. Аналіз результатів дослідів щодо визначення основних експлуатаційних характеристик ротаційного картоплекопача……... 23
Висновки по розділу……. 26
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ……. 27
3.1. Організація охорони праці в сільськогосподарському підприємстві….. 27
3.2. Заходи з охорони праці під час роботи з картоплекопачем……...……... 28
Висновки по розділу……. 28
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ…… 29
Висновки по розділу……. 31
Загальні висновки…….. 32
Список використаних джерел…….. 33

ВСТУП

Вирощування картоплі в Україні є стратегічно актуальним напрямком агробізнесу та основою продовольчої безпеки країни. Україна стабільно входить до трійки світових лідерів за обсягами виробництва цього овочу, забезпечуючи понад 6% світового врожаю.

Використання сучасних технічних засобів у картоплярстві є головним чинником рентабельності. Комплексна механізація дозволяє знизити ручну працю до мінімуму, зменшити втрати врожаю та забезпечити точність технологічних процесів.

Технічні засоби для збирання картоплі проектуються з врахуванням двох головних вимог: максимальне відділення бульб від ґрунту й домішок та мінімальне травмування врожаю. Залежно від типу машини (копач чи комбайн), конструкція включає кілька послідовних технологічних вузлів. При виконанні цих технологічних операцій, технічні засоби мають бути високопродуктивними та мати хорошу сепарувальну здатність без пошкодження бульб.

На підставі вище викладеного розробка сепараторів ротаційного типу у комбінованій конструкції з регульованими технологічними параметрами є актуальним завданням.

РОЗДІЛ 1
АНАЛІЗ СТАНУ ДОСЛІДЖУВАНОГО ПИТАННЯ

1.1. Огляд технологій та технічних засобів збирання картоплі.

Сучасний процес збирання картоплі базується на поєднанні прогресивних агротехнологічних підходів та високотехнологічних машин. Головна мета сучасних технологій – мінімізувати втрати, вберегти бульби від механічних пошкоджень та забезпечити високу швидкість збирання до настання осінніх заморозків.

В аграрній практиці України та світу застосовують три основні технологічні схеми збирання картоплі [1]:

1) Пряме комбайнування (однофазна технологія): найпопулярніший метод у промисловому картоплярстві. Комбайн підкопує гребінь, очищає картоплю від домішок і відразу збирає її в бункер або перевантажує в транспортний засіб. Переваги даної технології – це мінімальна кількість проходів техніки, низькі затрати праці. Недоліки: вимагає потужної техніки та оптимальної вологості ґрунту.

2) Роздільне збирання (двофазна технологія): на першому етапі спеціальний копач-валувач підкопує 2, 4 або 6 рядків і вкладає картоплю у валок на поверхню поля. Протягом 2–4 годин картопля підсихає. На другому етапі комбайн з підбирачем підбирає цей валок. Переваги: бульби менше травмуються під час подальшого транспортування, легше відокремлюється сухий ґрунт. Недоліки: залежність від погоди (через ризик дощу, потрібно швидко збирати).

3) Комбінована технологія: застосовується на важких ґрунтах. Картоплекопач підкопує сусідні рядки і перекладає їх у міжряддя ще не викопаних рядків. Потім комбайн за один прохід забирає подвійний об’єм врожаю. Переваги: підвищує продуктивність комбайна на 30-40% [5].

З врахуванням вище зазначених технологій збирання картоплі, усі машини для даної технологічної операції класифікують за кількома ключовими ознаками:

1) За способом агрегатування з трактором:

- начіпні – вони мають невелику вагу та ширину захвату (1-2 рядки). Оптимальні для малих фермерських господарств і тракторів малої потужності;

- причіпні – найбільш масовий сегмент у середніх та великих господарствах. Мають високу продуктивність, місткі бункери (від 4 до 9+ тонн) та потребують тракторів класу 1,4-3,0;

- самохідні – потужні та надпродуктивні комбайни (наприклад, Grimme Varitron (Рис. 1.1), ROPA Keiler (Рис. 1.2). Обладнані власним двигуном, системами крабового ходу для зменшення тиску на ґрунт та здатні збирати урожай в найважчих умовах.



Рисунок 1.1 – Картоплезбиральний комбайн фірми Grimme Varitron 470 [6]



Рисунок 1.2 – Картоплезбиральний комбайн фірми ROPA Keiler

2) За функціональним призначенням:

- бадиллєрізи (косарки бадилля) – використовуються за 10-14 днів до основного збирання. Вони механічно зрізають та подрібнюють зелену масу. Це стимулює грубішання шкірки картоплі та полегшує роботу комбайна;

- картоплекопачі – прості машини (елеваторні або вібраційні), які лише викопують картоплю з ґрунту і залишають її на поверхні поля;

3) картоплезбиральні комбайни – складні багатомодульні машини, що виконують повний цикл: викопування, сепарація землі, видалення бадилля, відокремлення каміння, ручне або автоматичне сортування, накопичення в бункері.

На сучасному ринку техніки лідерами з виробництва картоплезбиральних машин є бренди Grimme, Dewulf (Рис. 1.3), ROPA, AVR, що розвиваються в напрямку автоматизації та точного землеробства, а саме:



Рисунок 1.3 – Картоплезбиральний комбайн фірми Dewulf

- інтелектуальна сепарація (MultiSep/AirSep): використання повітряних потоків або складних затворів із гумовими валиками, які дозволяють відокремлювати каміння та грудки землі аналогічного з картоплею розміру без пошкодження бульб;

- цифровізація та ISOBUS: оператор з кабіни трактора через один монітор регулює глибину підкопування, швидкість обертання сепарувальних стрічок та нахил очисних елементів відповідно до типу ґрунту;

- оптичний сортувальний зір: встановлення відеокамер із ШІ на сортувальних столах комбайнів для автоматичного виявлення та скидання зеленої, гнилої картоплі або сторонніх предметів;

- non-stop бункери: конструкції бункерів із розвантажувальним конвеєром, які дозволяють вивантажувати урожай в кузов машини без зупинки комбайна, що підвищує продуктивність процесу на 25%.

Проведений аналіз конструктивних особливостей картоплезбиральних машин показав, що кожен із способів прибирання має свої переваги та недоліки. Тому, найперспективніший варіант для умов збирання необхідно визначати на підставі ефективності конструкції картоплезбиральної машини в конкретних господарських та ґрунтово-кліматичних умовах, враховуючи терміни збирання та реалізації продукції, а також обсяги виробництва та економічну доцільність.

1.2. Аналіз конструкцій робочих органів картоплезбиральних машин.

Аналіз конструкцій робочих органів картоплезбиральних машин показує, що їх геометрія та функціонал безпосередньо впливають на рівень пошкодження бульб і чистоту кінцевого продукту. Нижче наведено детальний розбір головних робочих вузлів із візуалізацією їх ключових елементів.

1) Підкопувальні (приймальні) робочі органи (Рис. 1.4).

Цей вузол першим контактує з гребенем. Його завдання – підрізати шар ґрунту разом із картоплею на глибину залягання гнізда й передати масу далі на сепарувальні елементи.

Класичний трисекційний леміш: застосовується на більшості причіпних комбайнів. Складається з кількох загострених сталевих пластин. Секційна конструкція дозволяє легко замінювати зношені центральні елементи, які піддаються найбільшому тертю [5].

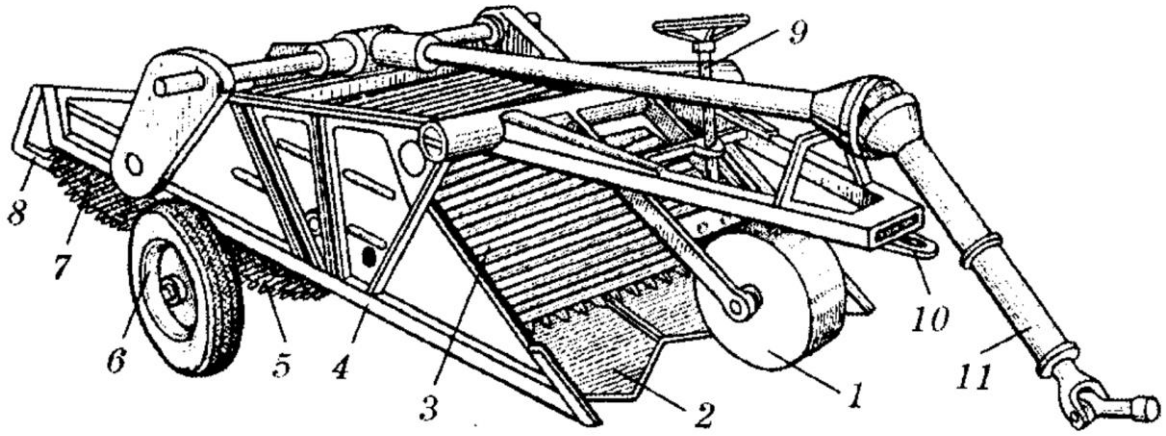


Рисунок 1.4 – Картоплекопач КСТ-1.4А:

1 – копіювальне колесо; 2 – леміш; 3, 5 і 7 – швидкісний, основний і каскадний конвеєри; 4 – рама; 6 – ходове колесо; 8 – звужувальний щиток; 9, 10 і 11 – механізми регулювання глибини ходу лемешів, причіпного пристрою і приводу робочих органів.

Дискові копачі: замість фіксованих бортів використовуються великі вертикальні диски, що обертаються. Вони активно прорізають ґрунт по боках гребеня, виключаючи накопичення рослинних залишків і забивання приймальної камери бур’янами.

Гребенепритискні барабани (котки): конструктивно розміщуються попереду лемешів. Вони котяться по вершині гребеня і підтримують стабільну глибину підкопування за допомогою гідроциліндрів, що особливо важливо на полях із нерівним рельєфом.

2) Сепарувальні робочі органи (транспортери та елеватори) (Рис. 1.5).

Цей модуль відокремлює основну масу сухого ґрунту й дрібних грудок від картоплі. Основним технічним засобом тут є прутковий конвеєр (елеватор).

Конструкція прутків: елеватор складається із паралельних сталевих прутів, з’єднаних між собою гнучкими прогумованими пасами або металевими ланками. Відстань між прутами (крок) підбирається під калібр вирощуваного сорту картоплі (зазвичай 28-40 мм) [5].

Еластичне покриття: для делікатного збирання столових сортів прутки покривають термопластичним поліуретаном або надягають на них спеціальні

гумові трубки. Це мінімізує пошкодження бульб під час падіння з одного каскаду на інший.



Рисунок 1.5 – Сепарувальні робочі органи картоплезбиральних машин

3) Робочі органи відокремлення рослинних решток і домішок.

Після просіювання дрібної землі у масі залишаються бадилля, велике каміння та важкі грудки ґрунту. Для їх видалення в конструкціях машин використовують спеціалізовані модулі:

- бадиллєвидні конвеєри: мають великі прутки з широким кроком (до 200-250 мм). Картопля легко провалюється крізь них на нижні яруси, тоді як довге сухе або зелене бадилля чіпляється за прутки, виноситься наверх і скидається на поле за допомогою притискних валиків.

- пальчикові (їжакові) гірки: являють собою похилі транспортерні стрічки, густо вкриті м’якими гумовими «пальцями». Завдяки різниці у формі та пружності, округла картопля котиться вниз по гумовій поверхні, а пласкі шматки бруду і каміння застрягають між пальцями і піднімаються вгору, де скидаються в окремий канал відходів.

- пневматичні сепаратори (AirSep): інноваційні робочі органи, де замість механічного тертя використовується потужний висхідний потік повітря. Легша

картопля буквально піднімається повітрям на верхній конвеєр, тоді як важкі камені та вологі щільні грудки падають вниз. Це на 99% вирішує проблему збирання врожаю на кам’янистих або глинистих ділянках.

В даний час все частіше використовуються ротаційні сепаратори в картоплезбиральних машинах. Вони зазвичай обладнані набором паралельно розташованих і обертових в одному напрямку валами, на які встановлюються циліндричні гладкі та рифлені труби, спіральні пружини, пруткові ротори, диски різної форми, багатогранники та зірочки. За рахунок обертального руху та рифленої поверхні ротаційних робочих органів картоплемісткий шар рівномірно розподіляється по всій ширині сепарувальної поверхні, тим самим забезпечується інтенсивне просіювання домішок. Розглянемо ротаційні сепаруючі пристрої, що отримали найбільшого поширення в картоплезбиральних машинах.

Ротаційні сепаратори ґрунту (Рис. 1.6) в картоплезбиральних машинах – це високоефективні активні робочі органи, які руйнують шар ґрунту та відокремлюють бульби за допомогою безперервного обертального руху. Вони зазвичай встановлюються після підкопувального лемеша для інтенсивної первинної сепарації або на фінальних етапах для подрібнення міцних грудок



Рисунок 1.6 – Ротаційні сепаратори ґрунту

Ротаційний сепаратор виглядає як блок із кількох паралельних валів, розташованих в одній площині, які синхронно обертаються в одному напрямку (за ходом руху маси). На ці вали щільно насаджуються робочі елементи еластичної фракції (поліуретан або гума), які безпосередньо взаємодіють із картопляним ворохом [9].

Переваги ротаційних систем:

1) висока якість кришення шару грунту: обертові диски значно краще руйнують важкі, глинисті та сухі грудки землі порівняно з пасивними прутковими елеваторами;

2) ефект самоочищення: елементи сусідніх валів часто встановлюються із взаємним перекриттям («зубець в пазу»). Під час обертання вони очищають один одного від налиплого бруду та застряглого каміння;

3) рівномірність розподілу: обертальна поверхня розподіляє картопляний ворох тонким шаром по всій ширині сепаратора, що виключає завали та забивання машини;

4) мінімальне травмування: використання м’яких поліуретанових зірочок значно знижує динамічні удари по бульбах порівняно з вібраційними грохотами або залізними прутами стрічок.

Найбільший вплив на ефективність роботи роторного сепаратора мають: частота обертання пальцевих роторів, кут підйому та довжина сепаруючої поверхні.

На підставі проведених аналітичних досліджень ми зробили висновок, що найбільш перспективним напрямком є розробка та удосконалення сепаруючих пристроїв на основі активних робочих органів, в тому числі пальцевих роторів. Вони показали хороші результати при збиранні картоплі на полях з легкими та середніми ґрунтами. Їх форма та розташування знижують ймовірність затискання бульб і грудок, а також намотування рослинних залишків та залипання западин (між сусідніми пальцями) ґрунтом. За рахунок активної дії роторів досягається 85% відділення домішок за допустимого ступеня травмування бульб. У той же час огляд показав недостатній ступінь дослідження робочих процесів ротаційних

сепараторів у напрямку підвищення їх ефективності та надійності при сепарації значних обсягів вологого суглинного ґрунту, а також для зниження енергоємності картоплезбиральних машин загалом. Результати огляду вказують на необхідність пошуку нових конструктивних рішень щодо компонування сепараторів ротаційного типу у вигляді комбінованих конструкцій, що працюють спільно з інтенсифікаторами сепарації та, які мають здатність зміни режимів обертання робочих органів і сепаруючих зазорів, для забезпечення щадної взаємодії з бульбами в будь-яких умов збирання врожаю.

Висновки по розділу

Таким чином, із проведених досліджень в даному розділі ми зробили наступні висновки, що сепаруючі пристрої транспортерно-просіювального та грохотного типів не достатньо забезпечують ефективність виділення суглинистих ґрунтів при вирощуванні картоплі. Перспективними є ротаційні сепаруючі пристрої для очищення картоплі під час її викопування. Нами визначено, що вони є більш ефективними та продуктивними, а також енергоємними.

РОЗДІЛ 2
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1. Опис конструктивної схеми картоплекопача та основних параметрів роботи його робочих органів.

Огляд конструкцій картоплезбиральних машин з різними варіантами сепаруючих поверхонь ротаційного типу показав, що між верхніми кромками лемешів та першим рядом ротаційних робочих органів утворюється значний перепад висоти. В сепаруючому пристрої, що розробляється, цей перепад буде ймовірно більший, ніж у розглянутих раніше конструкціях [9], через збільшення діаметра роторів. Все це може привести до звантаження картопляного шару перед першим рядом роторів.

Тому, на підставі огляду різних типів бітерів, що застосовуються в комплексі з прутковими елеваторами, запропонований варіант компонування основних робочих органів картоплекопачів, що полягає в суміщенні лопатевого бітера (як інтенсифікатор) і нового ротаційного сепаратора.

На етапі обґрунтування конструктивної схеми було запропоновано компонування картоплекопача, що складається з лемеша, приймально-подавального бітера і ротаційного сепаратора (Рис. 2.1). В даній конструкції приймально-подавальний бітер *2* буде розташовуватися між першою ротаційною секцією сепаратора *3* та підкопувальними лемішами базової конструкції *1*. Обертальні секції будуть встановлені за допомогою підшипникових опор на рамі *10*. Їх обертання відбуватиметься у напрямку зворотнього руху картоплекопача, за рахунок чого виключиться ймовірність затискання грудок і бульб, а також запобігатиме намотування рослинності роторами. Привід приймально-подавального бітера *2* та робочих секцій ротаційного сепаратора *3* буде здійснено від ВВП трактора, через карданний вал *7*, триступеневий кутовий редуктор *4* проміжний вал *5* і ланцюгову передачу *6* (Рис. 2.1). В конструкції ротаційного сепаратора, на підставі раніше проведених досліджень науковці [9], запропонували використати від 5 до 6 паралельно розташованих і в одному

напрямку обертальних робочих секцій. Кожна секція є валом із закріпленими на ньому ротаційними робочими органами. Між роторами запропонували встановити змінні розпірні втулки. Вони забезпечать можливість зміщення роторів вздовж валів для створення сепаруючих зазорів, у тому числі рівних мінімально допустимого розміру бульб. Таким чином, їх величину можна встановити підбором ширини втулок в межах від 30 до 50 мм.

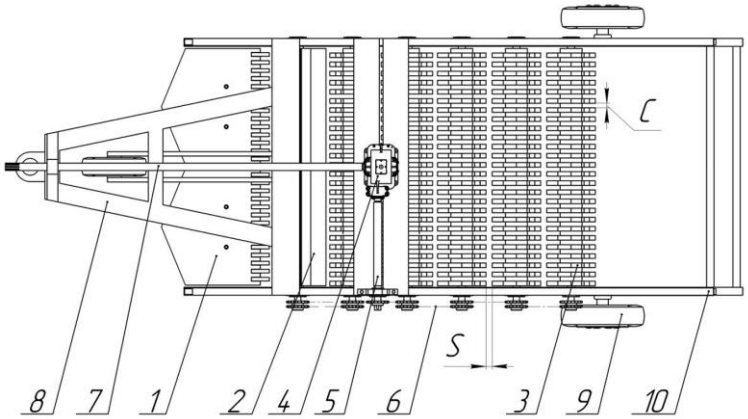


Рисунок 2.1 – Конструктивна схема картоплекопача з приймально-подавальним бітером і ротаційним сепаратором:

1 – леміш, 2 – приймально-подавальний бітер, 3 – ротаційний сепаратор, 4 – кутовий редуктор, 5 – проміжний вал, 6 – ланцюгова передача, 7 – карданний вал, 8 – причіпний пристрій до трактора; 9 – опорні колеса; 10 – рама.

При встановленні просвітів *C* в межах від 35 мм до 50 мм буде забезпечуватися підвищення продуктивності сепарації ґрунту, а при зменшенні до 30 мм знижуватимуться втрати картоплі за мінімально товарним розміром. Робочі органи сусідніх секцій запропонували встановлювати один за одним без перекриття виступів сусідніх рядів. За даними досліджень [15, 16] таке компонування забезпечить можливість зміщення роторів, що виключає зачеплення виступів сусідніх секцій, зміни величини сепаруючих просвітів (Рис. 2.1). Водночас технологічний зазор *S* між сусідніми секціями дозволить підвищити сепаруючу здатність ротаційного сепаратора в залежності від конкретних ґрунтово-кліматичних умов та мінімального товарного розміру бульб, що забираються.

Передбачається, що лопатевий бітер, крім попереднього руйнування

структури, повинен приймати картопляний шар від підкопувальних лемешів і стійко подавати його на поверхню першого ряду ротаційних робочих органів. Тому, в його конструкції, за аналогією з відомими бітерами [13], запропонували використовувати чотири регульовані лопасті. Приймальний бітер повинен володіти вищою транспортувальною здатністю, ніж секції ротаційного сепаратора. В основі лопастей бітера пропонується використовувати регульовані відбивальні щитки. Вони закриють основу западини між лопастями, тобто динамічно мертву зону, і підвищать стійкість подачі картопляного шару на першу секцію сепаратора.

Виходячи з вище сказаного, було запропоновано конструкцію чотирьох лопастевого бітера, що складається з профілю квадратного перерізу *1*, куточків *2* і кронштейнів *3*, на яких спільно закріплюються пластини *4*, гумотканинні лопасті *5* і відбивальні щитки *6*. У кронштейнах *3* вирізані пази для кріплення та радіального зміщення пластин *4*, лопастей *5* та відбивальних щитків *6*, що дозволяє змінювати робочу висоту лопатей *h* від 150 мм до 220 мм (Рис. 2.2).

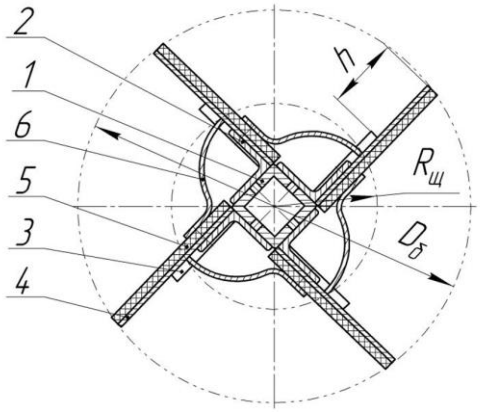


Рисунок 2.2 – Схема чотирьох лопастевого бітера:

1 – профіль квадратного перерізу, 2 – куточок, 3 – кронштейн,

4 – пластина, 5 – лопасть, 6 – відбивальний щиток.

Відповідно до агротехнічних вимог пропонований ротаційний картоплекопач повинен забезпечити викопування картоплі з міжрядь 70, 75 та 90 см, з шириною гнізд до 45 см та глибиною залягання до 22 см [1]. Причому на поверхню поля має викопати не менше 95% урожаю, провести щадне скидання і укладання відсепарованих бульб слідом за сепаратором картоплекопача у смугу

шириною до 1 м без пошкоджень [12].

Після опису конструктивної схеми ми здійснили визначення зовнішніх діаметрів лопастевого бітера та робочих органів сепаруючого пристрою ротаційного картоплекопача (Рис. 2.3). Для цього ми застосували графоаналітичну методику. Перший її етап полягав у геометричній побудові схеми та параметрів розміщення підкопувальних лемішів, бітера та роторів з врахуванням їх робочих розмірів.

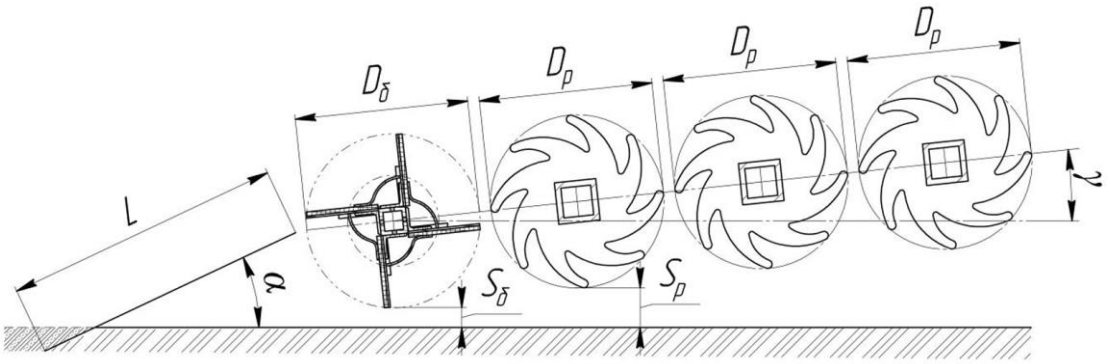


Рисунок 2.3 – Схема компонування ротаційного картоплекопача

У конструкції ротаційного картоплекопача використовували пасивні лемеші, параметри яких визначили за відомою методикою [13]. До переваг пасивних лемешів відносять надійність, простоту виробництва і зручність експлуатації, а до недоліків високий тяговий опір та звантажування підкопаного шпру при високій вологості та засміченості ґрунту рослинністю. Основні параметри пасивного плоского лемеша представлені на рис. 2.4.

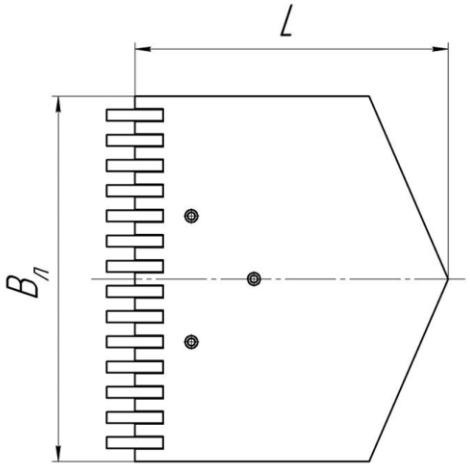


Рисунок 2.4 – Схема пасивного плоского лемеша

В процесі реалізації методики визначили такі основні параметри плоского пасивного лемеша:

α – кут нахилу робочої грані до горизонту, α=20° [5];

L – довжина лемеша, мм;

$H_л$ – висота розташування заднього обрізу лемеша, мм;

$B_л$ – ширина лемеша, мм.

Перші три параметри пов’язані геометричною залежністю [5]:

$$L = \frac{H_л}{\sin\alpha} \tag{2.1}$$

Дослідним шляхом встановлено, що чим більший кут α, тим краще самоочищення лез від бадилля і від налиплого грунту. Проте, разом з тим, через звантажування частини шару перед лемішами, збільшується і тяговий опір картоплекопача. В конструкціях лемішів кут нахилу α приймають 15...28° [5]. Для пасивних лемішів максимальне значення висоти $H_л$ не повинно перевищувати 180 мм, інакше відбуватиметься звантаження картопляного шару на робочій поверхні лемішів [5]. Для розглянутого випадку величину $H_л$ вибрали рівною 165 мм.

$$L = \frac{165}{0,343} = 480 \ мм$$

Ширину плоского лемеша визначили за формулою [5]:

$$B_л = b_з + 2\cdot\delta + 2\cdot(h_п - h_к)\cdot ctg\varphi_п, \tag{2.2}$$

де $b_з$ – ширина залягання бульб у гнізді, $b_з$=300 мм [5]; δ – зміщення осі рядка відносно осі лемеша через відхилення центру гнізд кущів від середньої лінії рядка та неточності ведення збирального агрегату по рядках, δ=40 мм [5]; $h_п$ – глибина підкопування, $h_п$=200 мм при збиранні підгорнутих рядків [5]; $h_к$ – глибина залягання крайніх по ширині гнізда бульб, $h_к$=85 мм [5]; $\varphi_п$ – кут природного нахилу ґрунту, $\varphi_п$=49° [5].

$$B_л = 300 + 2\cdot 40 + 2\cdot(200 - 85)\cdot 0,87 = 580 \ мм$$

На другому етапі графоаналітичних досліджень визначили зовнішній діаметр приймально-подавального бітера. Для цього була побудована

технологічна схема робочих процесів, що включає спільне компонування лемішів, лопатевого бітера та ротаційного сепаратора (Рис. 2.5), із зображенням параметрів перерізу, траєкторії руху та міжопераційного переходу шару.

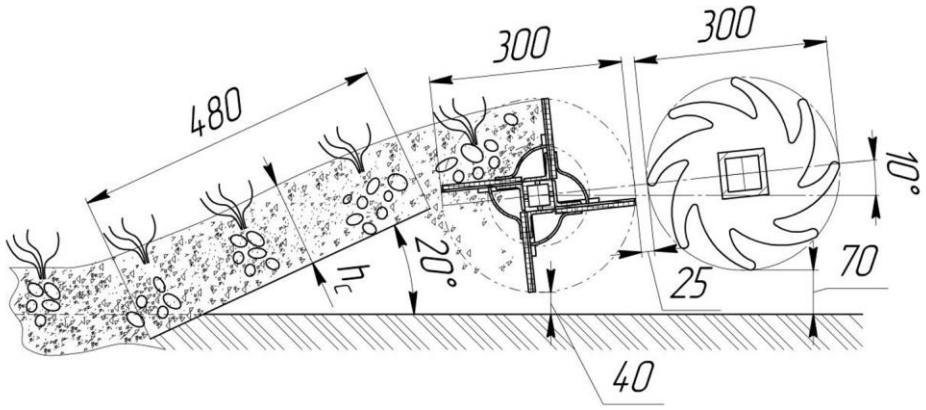


Рисунок 2.5 – Схема для визначення зовнішніх діаметрів бітера та ротаційних робочих органів

Для розрахунку зовнішнього діаметра бітера його перетин поділили на дві частини. Першу частину визначили, як приймальну, що включає праву сторону перерізу разом з горизонтально розташованою лопастю (на етапі підхоплення шару з лемеша). Другу частину прийняли за робочу, що має підіймати та подавати частку картопляного вороху на вершини першого ряду ротаційних робочих органів.

Для забезпечення одного рівня переходу картопляного шару з лемішів на лопасті бітера, вісь його обертання встановили лише на рівні краю лемішів. Для виключення ймовірності удару лопастей бітера об землю технологічний зазор $S_б$ прийняли рівним 40 мм. Виходячи з технологічної схеми (Рис. 2.5) крайнє верхнє і нижнє положення лопастей бітера, відносно його осі, буде відповідати середній висоті шару 120 мм та відстані 120 мм від технологічного зазору. Товщина профілю квадратного перерізу складає 60 мм. Тому, значення зовнішнього діаметру бітера $D_б$ у зазначених межах прийняли рівним 300 мм.

На третьому етапі графоаналітичних досліджень провели дослідження зовнішнього діаметра ротаційних робочих органів $D_р$. Для цього кут нахилу картоплекопача прийняли мінімальним (10°), а вихідні параметри підкопувальних

лемішів та приймально-подавального бітера графічно зобразили в масштабі, відповідно до значень, отриманих на перших етапах графоаналітичних досліджень.

Раніше визначили, що для забезпечення стійкості ротаційної роботи сепаруючої поверхні, лопастевий бітер повинен подавати шар на вершини роторів першої секції. З технологічної схеми (Рис. 2.5) видно, що найкращі умови для переходу будуть, при розташуванні на одному рівні точки відриву картопляного шару від лопасті бітера та вершин виступів ротаційних робочих органів. У схемі врахували необхідність збільшення просвіту між ґрунтом та нижнім рівнем роторів S_p на висоту підйому рами та насипного шару відсепарованого ґрунту, тобто до 70 мм. Виходячи з цього, для стійкого переміщення шару та виключення ймовірності зачеплення виступів з просіяним ґрунтом, зовнішній діаметр роторів D_p графічно прийняли також рівним 300 мм.

Загальну кількість ротаційних секцій N_c була обрано на підставі результатів теоретичних та експериментальних досліджень ротаційного картоплекопача, проведених дослідником [7]. Ним було встановлено, що суттєве підвищення сепаруючої здатності таких робочих поверхонь відбувається із збільшенням кількості секцій з 1 до 5. Установка шостої секції призводила лише до 5% зростання просіюваності грунту, в той час як пошкоджуваність збільшувалася на 16,6% [7]. Тому, в розроблюваному ротаційному сепараторі передбачалося використання п’яти робочих секцій.

Проведені дослідження дозволили визначити конструктивні параметри лемішів, зовнішні діаметри приймально-подавального бітера $D_б$=300 мм та роторів сепаратора картоплекопача D_p=300 мм, а також загальну кількість секцій N_c=5 шт. На наступних етапах теоретичних досліджень провели більш детальне визначення параметрів конструкції робочої поверхні, а також режимів роботи бітера та роторів.

Для визначення раціональних параметрів бітера та ротаційного сепаратора ми умовно розділили картоплекопач на три області виконання операцій. В першу (підкопувально-подавальну область) увійшли леміш разом з бітером, в другу (в

зону інтенсивної сепарації ґрунту) перші 3 секції сепаратора, а в третю (в зону остаточного очищення картопляного вороху) 2 секції. Робочі процеси в цих областях істотно відрізнятимуться. Для отримання більш достовірних результатів теоретичні обґрунтування їх конструктивних параметрів та режимів роботи проведено відповідно до технологічної послідовності.

2.2. Визначення конструктивних параметрів ротаційного робочого органу.

Після визначення зовнішнього діаметра ротаційного робочого органу були проведені дослідження з визначення його основних конструктивних параметрів. Запропонований у роботі новий ротаційний робочий орган повинен мати округлену конструкцію поверхні з високоміцної гуми, з конусоподібними виступами, розміщеними під кутом до вписаного в основу кола (Рис. 2.6). Для досліджень, як основні параметри ротора приймемо: його зовнішній діаметр D_p, кут нахилу виступів $\beta_в$, їх висоту $H_в$, довжину $L_в$, радіус заокруглення $R_в$, висоту вершин $b_в$ та загальна кількість виступів $N_в$ на зовнішньому діаметрі D_p, а також товщину ротора B та параметр посадкового отвору [9].

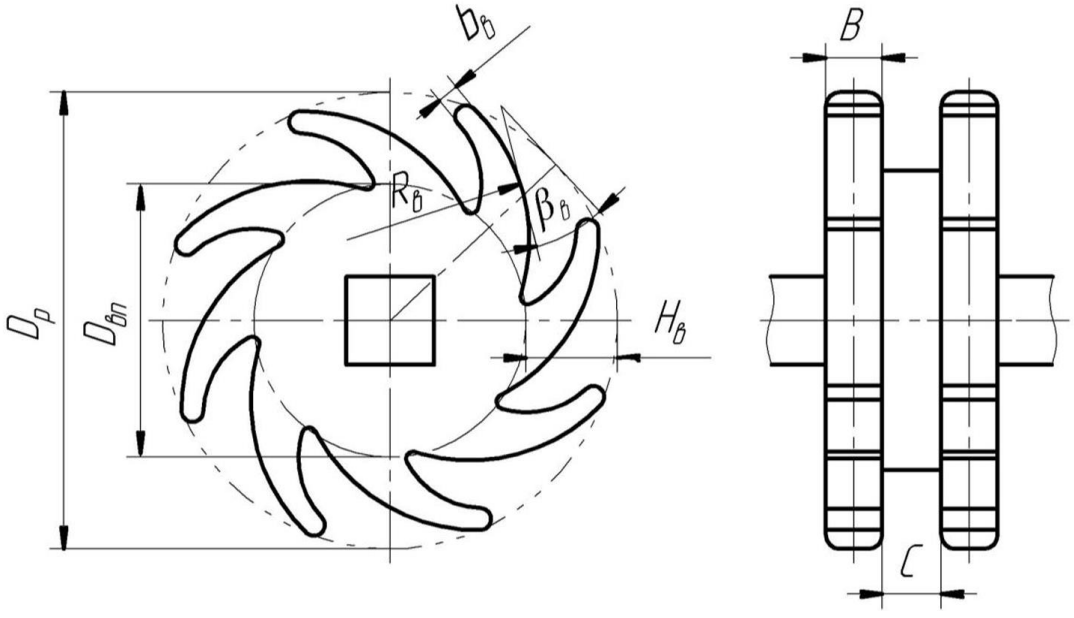


Рисунок 2.6 – Ротаційний робочий орган

Обґрунтування більш детальних параметрів конструкції виступів виконали у два етапи. На першому етапі провели аналіз позиційно-силової схеми та на основі рівнянь рівноваги визначили найбільш ефективні: кут нахилу $\beta_в$, висоту $H_в$, довжину $L_в$ та радіус заокруглення $R_в$ виступів. На другому етапі обчислили висоту вершин виступів $b_в$ та їх загальну кількість $N_в$ на прийнятому діаметрі.

Для виконання першого етапу досліджень побудували схему сил, що виникають при взаємодії частини картопляного шару з поверхнею виступу ротора другої секції (Рис. 2.7).

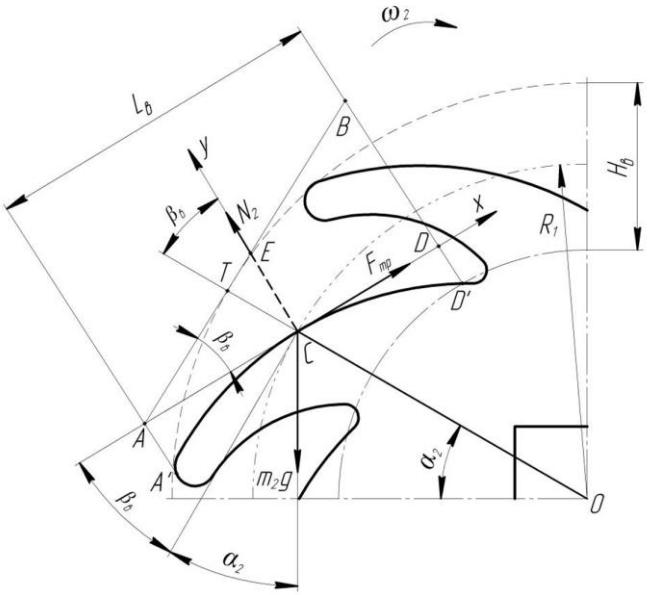


Рисунок 2.7 – Сили, що діють на частину картопляного шару, що знаходиться на виступі ротора

На даній ділянці сепаратора є велика кількість непросіяного ґрунту, через що збільшується ймовірність звантажування транспортованого картопляного шару. Тому, виступи роторів другої та третьої секцій повинні захоплювати та стійко переміщати його компоненти при куті сходу α_1=36…42° та куті підхоплення ротаційними робочими органами наступної секції $\alpha_2(0)$=40…44°. Прийнявши (у пункті 2.1) значення зовнішнього діаметра робочих органів $D_р$=300 мм знайдемо кут нахилу їх виступів $\beta_в$ (Рис. 2.7).

Система рівнянь рівноваги для цього випадку має вигляд:

$$\begin{cases} F_{mp} - m_2 g\cos\left(\alpha_2 + \beta_в\right) = 0 \\ N_2 - m_2 g\sin\left(\alpha_2 + \beta_в\right) = 0 \end{cases} \quad (2.3)$$

де N_2 – нормальна сила реакції виступу ротора другої секції Н.

Виходячи з умови рівноваги, рівняння системи (2.3) матимуть вигляд:

$$\begin{cases} F_{mp} = m_2 g(\cos\alpha_2 \cos\beta_в - \sin\alpha_2 \sin\beta_в) \\ N_2 = m_2 g(\sin\alpha_2 \cos\beta_в + \cos\alpha_2 \sin\beta_в) \end{cases} \quad (2.4)$$

Замінюючи силу тертя F_{mp} на $f_p N_2$ отримаємо рівність:

$$\sin\beta_в\left(f_p \cos\alpha_2 + \sin\alpha_2\right) = \cos\beta_в\left(\cos\alpha_2 - f_p \sin\alpha_2\right), \quad (2.5)$$

де f_p – коефіцієнт тертя ковзання бульб по гумі, f_p=0,7.

Потім виразимо з (2.5) tg_β:

$$tg\beta_в = \frac{\cos\alpha_2 - f_p \sin\alpha_2}{f_p \cos\alpha_2 + \sin\alpha_2} \quad (2.6)$$

З рівняння (2.6) знаходимо, що найбільш відповідне значення кута нахилу виступів в ротаційних робочих органів становить 28,5°.

Висоту виступів $H_в$ ротаційних робочих органів розрахували за методикою [2]. На підставі певної залежності висоти виступів $H_в$ від їх кута нахилу $\beta_в$ і зовнішнього діаметра роторів D_p обчислили, що при $\beta_в$=28,5° та D_p=300 мм розрахункове значення висоти виступів $H_в$=62 мм. Виходячи з цього знайшли діаметр основи западин виступів $D_{вп}$=176 мм.

Знаючи висоту $H_в$ та кут нахилу $\beta_в$ виступів можна знайти їх довжину $L_в$:

$$L_в = \frac{H_в}{\sin\beta_в} \quad (2.7)$$

Підставляючи рівняння (2.7) $H_в$=62 мм і $\beta_в$=28,5° отримуємо, що раціональне значення довжини виступів $L_в$ ротаційного робочого органу складає 130 мм.

На основі отриманих конструктивних параметрів ротора за допомогою геометричних побудов визначимо радіус заокруглення виступів $R_в$. Для цього із точок A та D трикутника ABD опустимо перпендикуляри AA′ та DD′ до перетину

відповідно із зовнішнім діаметром ротора $D_р$ і діаметром западин $D_{вп}$. Через отримані точки A′CD′ можна провести коло з радіусом 120 мм. Тому, найбільш раціональне значення радіусу заокруглення виступів $R_в$=120 мм.

Для визначення висоти вершин виступів $b_в$ складемо диференціальне рівняння для вигнутої осі балки:

$$E_р I_в S_в'' = M_y, \tag{2.8}$$

де $E_р$ – модуль пружності матеріалу ротора, МПа; $I_в$ – момент інерції перерізу виступу ротора, м^4; $S_в$ – величина прогину виступу ротора, м; M_y – згинальний момент, Нм.

Згідно з раніше проведеними дослідженнями [2] раціональна товщина роторів B знаходиться в межах від 20 мм до 30 мм, а максимальна деформація виступу $S_в$ при навантаженнях $N_{ср}$ до 1300 Н/м^2 не повинна перевищувати 2…3 мм. Для розрахунків попередньо набули середні значення товщини роторів B=25 мм та деформації виступу $S_в$=2,5 мм. Виходячи з цього визначили, що раціональна висота вершин виступів $b_в$ повинна дорівнювати 15 мм. На основі отриманих конструктивних параметрів виступів ротора було визначено, що в зовнішньому діаметрі ротора $D_р$=300 мм можна розмістити кілька виступів $N_в$. За допомогою геометричних побудов виявили їх раціональну кількість $N_в$=8 шт.

Отже, за результатами проведених досліджень нами визначено, що основні конструктивні параметри ротаційних робочих органів мають бути наступними: кут нахилу виступів $\beta_в$=28,5°, висота виступів $H_в$=62 мм, довжина $L_в$=130 мм, радіус заокруглення $R_в$=120 мм, висота вершин $b_в$=15 мм та загальна кількість виступів на одному роторі дорівнює $N_в$=8 шт.

2.3. Аналіз результатів дослідів щодо визначення основних експлуатаційних характеристик ротаційного картоплекопача.

Експериментальні дослідження щодо визначення основних експлуатаційних характеристик ротаційного картоплекопача проводились згідно з методикою наведеною в [2].

На першому етапі даних експериментальних досліджень було визначено продуктивність ротаційного картоплекопача за 1 годину експлуатаційного часу $W_{ек}$, га/год. При встановленому коефіцієнті використання експлуатаційного часу ротаційного картоплекопача $K_{ек}$ рівному 0,86, загальному обсязі виконаних робіт 13,5 га та середньої швидкості роботи 1,5 м/с продуктивність за 1 годину експлуатаційного часу $W_{ек}$ становила 0,607 га/год. На другому етапі дослідів було визначено питому витрату палива трактором МТЗ-80 при його роботі в комплексі з експериментальним ротаційним картоплекопачем. Вимірювання показали, що при загальному обсязі виконаних робіт 13,5 га питома витрата палива склала 11,9 кг/год.

Залежність пошкодження картоплі від режимів роботи ротаційного картоплекопача визначали поетапно. Спочатку провели досліди при швидкості руху картоплекопача $V_к$=1,1 м/с. Травмування бульб, у цьому випадку, безпосередньо залежало від частоти обертання ротаційних робочих органів $n_р$. Підвищення її значень, відповідно, призводило до зростання пошкодження картоплі до $П_к$ від 1,4% до 2,7% (Рис. 2.8). Причому чим вище встановлювали частоту обертання ротаційних робочих органів $n_р$, тим швидше збільшувалася кількість травмованих бульб. Це пов’язано з невеликою кількістю матеріалу, що переміщається по ротаційній робочій поверхні. При швидкості роботи картоплекопача $V_к$=1,1 м/с основний ґрунтовий прошарок, що захищає бульби, просівався вже на третій секції. Внаслідок чого при $n_р$=200...230 хв$^{-1}$ компоненти картопляного шару рівномірно розподілялися по ширині сепаратора, і навіть переміщалися без звантажування в западинах між ротаційними секціями та з мінімальним відривом від поверхонь робочих органів. За рахунок цього пошкоджуваність картоплі становила 1,4...1,6%. При $n_р$=230...260 хв$^{-1}$ бульби починали переміщатися з невеликим відривом, що призводило до збільшення кількості та сили їх зіткнень між собою, з не зруйнованими грунтовими грудками і поверхнями ротаційних робочих органів. Внаслідок чого пошкоджуваність картоплі, відповідно, зросла до 1,6...2,7% (Рис. 2.8).

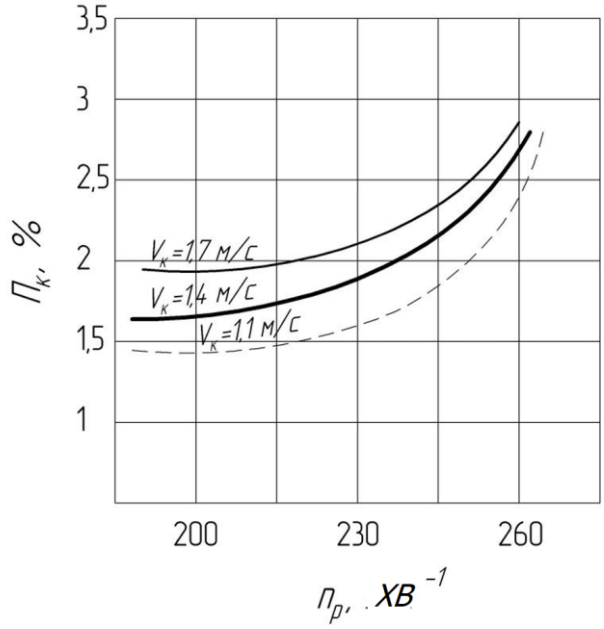


Рисунок 2.8 – Графічні залежності пошкодження картоплі $П_к$ від частоти обертання ротаційних робочих органів $n_р$ при різній швидкості картоплекопача $V_к$

Лопастевий бітер мав мінімальний вплив на ступінь травмування бульб $П_к$, так, як їх взаємодія відбувалася через значний ґрунтовий прошарок, який включав найбільш ущільнені шари нижньої частини підкопаного шару. Частоту його обертання встановлювали за результатами повнофакторного експерименту $n_б$=300 ...330 хв$^{-1}$ і відповідно до швидкості руху картоплекопача $V_к$.

При $V_к$=1,4 м/с розподіл пошкодження картоплі $П_к$ по всьому діапазону значень частоти обертання ротаційних робочих органів $n_р$ спостерігалося більш рівномірно. В даному випадку при частоті обертання роторів $n_р$ від 200 хв$^{-1}$ до 260 хв$^{-1}$ компоненти картопляного шару переміщалися по всій довжині ротаційної робочої поверхні стійко, а підкидання бульб на четвертій та п’ятій секціях не перевищувало значень знайдених теоретично. Виходячи з цього, пошкоджуваність картоплі $П_к$ збільшувалася прямо пропорційно до збільшення частоти обертання роторів $n_р$. Її значення становили від 1,6% до 2,7%.

В ході дослідів, проведених при швидкості роботи ротаційного картоплекопача $V_к$=1,7 м/с, спостерігалася найбільша величина подачі картопляного шару за одиницю часу. Внаслідок чого при частоті обертання

роторів $n_р$ від 200 до 230 хв$^{-1}$ між першою та другою секцією сепаратора відбувалося невелике звантажування картопляного шару. Це призводило до зростання кількості зіткнень виступів роторів з бульбами і грудками, за рахунок чого пошкоджуваність бульб $П_к$ збільшилася до 1,8...2,2%. Проте, із підвищенням $n_р$ до 230...260 хв$^{-1}$ процес переміщення компонентів картопляного шару ставав більш стійким, а пошкоджуваність картоплі $П_к$ збільшувалася з меншою інтенсивністю і становила 2,3...2,7%.

Як показали досліди, навіть у несприятливому випадку пошкоджуваність не перевищувала 2,7%, що допускається агротехнічними вимогами до сепаруючих пристроїв та картоплезбиральних машин загалом (Рис. 2.8).

З вище сказаного можна зробити наступні висновки, що при швидкості роботи ротаційного картоплекопача $V_к$=1,1...1,3 м/с оптимальна частота обертання ротаційних робочих органів $n_р$ становить 200...230 хв$^{-1}$, а при найбільш продуктивному діапазоні $V_к$=1,3…1,7 м/с їх частота обертання має знаходитися в межах від 230...260 хв$^{-1}$.

Висновки по розділу

Таким чином, в результаті досліджень в другому розділі нами були сформовані висновки:

1. Була обґрунтована технологічна схема та компонування конструкції картоплекопача у складі приймально-подавального бітера та ротаційного сепаратора, а також визначено параметри підкопувальних лемешів: кут підкопування α=20^0, довжина L=480 мм, ширина $B_л$=580 мм та зовнішні діаметри бітера $D_б$=300 мм та ротаційного робочого органу $D_р$=300 мм, кількість робочих ротаційних секцій сепаруючої поверхні $N_с$ прийняли рівною 5 шт.

2. Виведено залежності та визначені основні робочі параметри ротора: загальна кількість виступів $N_в$=8 шт., кут їх нахилу $\beta_в$=28,5°, висота $H_в$=62 мм, довжина $L_в$=130 мм, радіус заокруглення $R_в$=120 мм та висота вершин виступів b=15 мм.

За даних параметрів досягаються найкращі показники роботи агрегату.

РОЗДІЛ 3
ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1. Організація охорони праці в сільськогосподарському підприємстві.

Організація охорони праці в сільському підприємстві базується на створенні безпечних умов праці, запобіганні травматизму та виконанні нормативних вимог. Роботодавець несе повну відповідальність, забезпечуючи навчання, інструктажі, засоби індивідуального захисту та контроль за дотриманням правил при роботі з технікою та пестицидами [4].

Основні заходи з організації охорони праці:

- Діяльність регламентується Правилами охорони праці у сільськогосподарському виробництві.
- На підприємствах з більше 50 працівниками створюється служба охорони праці. Менше 50 осіб – призначається відповідальна особа (інженер або сумісник).
- Накази, посадові інструкції, положення про охорону праці, журнали інструктажів.
- Обов’язкові ввідні, первинні, повторні, позапланові та цільові інструктажі, навчання з електробезпеки та пожежної безпеки.
- Особлива увага приділяється безпеці при роботі з сільгосптехнікою, обробці полів пестицидами.
- Регулярні попередні та періодичні медичні огляди для працівників, задіяних на важких роботах або з небезпечними речовинами.
- Безкоштовна видача спецодягу, спецвзуття та засобів захисту органів дихання та зору.

Основною задачею є створення здорових умов праці робітників та зниження виробничого травматизму на робочих місцях.

3.2. Заходи з охорони праці під час роботи з картоплекопачем.

Заходи з охорони праці під час роботи з картоплекопачем спрямовані на запобігання травматизму механізаторів та обслуговуючого персоналу, оскільки це обладнання має рухомі елементи та працює в поєднанні з трактором. Основні вимоги включають безпечну експлуатацію, технічне обслуговування та використання засобів індивідуального захисту [4].

Основні заходи безпеки:

1) До роботи з картоплекопачем допускаються особи, що пройшли інструктаж з охорони праці, навчання та перевірку знань.

2) Забороняється експлуатація машин без передбачених конструкцією огорож рухомих елементів (карданні вали, ланцюгові передачі).

3) Щодня після закінчення роботи картоплекопая слід очищати від бруду та залишків рослинності.

4) Категорично забороняється: проводити ремонт, очищення, регулювання або змащування картоплекопача під час роботи двигуна трактора; перебувати людям поблизу рухомих механізмів під час руху агрегату; працювати на несправному обладнанні.

5) Приєднання картоплекопача до трактора та від’єднання проводити тільки при заглушеному двигуні та на рівному майданчику.

6) Працювати лише в спецодязі, який не має звисаючих кінців, що можуть бути захоплені механізмами.

Висновки по розділу

Таким чином, під час роботи з картоплекопачем необхідно забезпечити постійний контроль за дотриманням правил техніки безпеки та виключити можливість травмування людей, які знаходяться поруч з ним.

РОЗДІЛ 4
ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ

Проведення розрахунків техніко-економічної оцінки удосконаленого технічного засобу для збирання картоплі проводили за методикою наведеною в [14]. Для цього використовувалися вихідні техніко-економічні дані наведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для техніко-економічної оцінки ефективності застосування картоплекопача ротаційного типу

№ п/п	Показники	Картоплекопач КСТ-1,4А	Ротаційний картоплекопач
1.	Марка трактора, з яким агрегатується картоплекопач	МТЗ-80	МТЗ-80
2.	Ціна картоплекопача, грн.	249480	-
3.	Нормативне річне завантаження, год.	200	200
4.	Кількість обслуговуючого персоналу	1	1
5.	Сума годинної оплати з врахуванням всіх видів доплат трактористам V розряду,. грн./год.	103,25	103,25
6.	Сума годинної оплати з врахуванням всіх видів доплат робітникам на підборі, грн./год.	81,54	81,54
7.	Урожайність картоплі, т/га	17,5	17,5
8.	Норма амортизаційних відрахувань на Картоплекопач, %	12,5	12,5
9.	Норма відрахувань на ремонт та технічне обслуговування картоплекопача. %	7,0	7,0
10.	Витрата ПММ, кг/год.	12,3	11,9
11.	Комплексна ціна 1 кг ПММ, грн.	60,00	60,00
12.	Термін служби картоплекопача, років	8	8
13.	Робоча швидкість, км/год.	4,32	5,04
14.	Ширина захвату, м	1,4	1,4
15.	Площа місця для зберігання картоплекопача, $м^2$	10,4	10,4

Продовження таблиці 4.1

16.	Питома вартість 1 м^2 машиномісця, грн./м^2	183,60	183,60
17.	Норматив відрахувань на амортизацію та ремонт місць зберігання техніки, %	8,0	8,0
18.	Річний обсяг робіт, виконаних картоплекопачем, га	13,5	13,5
19.	Коефіцієнт використання часу зміни	0,8	0,86

Для визначення амортизаційних відрахувань на експлуатацію картоплезбиральних технічних засобів $З_{ам}$, для кожного варіанту ми розраховували технічну продуктивність $W_к$ [3]:

$$W_к = 0{,}1 B_p V_p \tau , \tag{4.1}$$

де B_p – ширина захвату машини, м; V_p – робоча швидкість агрегату, км/год; τ – коефіцієнт використання часу зміни.

Балансова вартість серійної машини $Б_с$ визначалася за формулою [3]:

$$Б_с = П k_п , \tag{4.2}$$

де $П$ – оптова ціна машини, грн.; $k_п$ – коефіцієнт, що враховує витрати на доставку машини в господарство при покупці, $k_п$=1,2 [3].

Балансова вартість ротаційної картоплекопальної машини $Б_р$ розраховували на основі вартості серійної машини:

$$Б_р = Б_с - Ц_{ел} + Ц_{рс} , \tag{4.3}$$

де $Ц_{ел}$ – оптова ціна основного та каскадного елеваторів, грн.; $Ц_{рс}$ – вартість заміни основного та каскадного елеваторів на ротаційну сепаруючу поверхню і приймально-подавальний бітер, грн..

Вартість заміни основного та каскадного елеваторів на ротаційну сепаруючу поверхню і приймально-подавальний бітер $Ц_{рс}$ включає:

- витрати на закупку основних матеріалів $Ц_м$;
- вартість закуплених виробів та комплектуючих $Ц_{пк}$;
- транспортні та заготівельні витрати $Ц_{тзв}$;
- повернені відходи $Ц_{пв}$;

- основну заробітну плату виробничим працівникам $Ц_{озп}$.

$$Ц_{рс} = Ц_{м} + Ц_{пк} + Ц_{тзв} - Ц_{пв} + Ц_{озп}, \quad (4.4)$$

Нормативний прибуток від капіталовкладень визначали за формулою [3]:

$$Н_{п} = Е_{н} К_{п}, \quad (4.5)$$

де $Е_{н}$ – нормативний коефіцієнт ефективності капіталовкладень $Е_{н}$=0,15 [3]; $К_{п}$ – питомі капіталовкладення, грн./га.

Для кожного картоплекопача питомі капіталовкладення визначали з виразу [3]:

$$К_{п} = \frac{Б_{і}}{Т_{год} W_{к}}, \quad (4.6)$$

Під час визначення техніко-економічної оцінки доцільності використання картоплекопальної машини ротаційного типу, річний економічний ефект від зниження пошкоджень бульб до розрахунків не приймався. Тому що даний параметр дуже залежить від багатьох факторів: передпосадкового обробітку, терміну збирання, погодних умов, типу та вологості ґрунту, урожайності і т.д. Таким чином, нами були прийняті припущення, що максимальне пошкодження картоплі не повинно перевищувати значень, що пред’являються до картоплекопальних машин агротехнічними вимогами.

Підставивши у вище зазначені формули вихідні дані для обох варіантів машин ми визначили їхні витрати та річний економічний ефект від використання удосконаленої картоплекопальної машини ротаційного типу. Так, сумарний економічний ефект від зниження експлуатаційних витрат під час використання пропонованої машини становить 73898,67 грн. на рік або 608,72 грн. в розрахунку на один гектар.

Висновки по розділу

Таким чином, порівняльні результати розрахунків показали, що при використанні ротаційного картоплекопача, замість серійної моделі КСТ-1,4А, знижуються витрати на ПММ (984,53 руб./га проти 1276,25 грн./га) та збільшується продуктивність (0,607 га/год. проти 0,484 га/год.). Річний економічний ефект під час використання причіпного картоплекопача ротаційного типу становить 73898,67 грн. на рік.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Таким чином, за результатами проведених досліджень в даному дипломному проекті нами сформовані наступні висновки.

Аналіз картоплезбиральних машин та конструкцій їх робочих органів показав, що застосування чотирьохлопатевого бітера та ротаційного сепаратора, що в сукупності здійснюють інтенсивне руйнування шару ґрунту та його просіювання, забезпечує підвищення ефективності сепарації суглинистого ґрунту на 30...40 %.

Наведено схему ротаційної картоплекопальної машини та отримані рівняння, що дозволили визначити діаметри бітера $D_б$=300 мм та роторів сепаратора $D_р$=300 мм, кут нахилу виступів ротора $\beta_в$=28,5°, довжину виступів $L_в$=130 мм, радіус заокруглення $R_в$=120 мм, висоту $H_в$=62 мм, висоту вершин $b_в$=15 мм, кількість виступів на роторі $N_в$=8 шт. та товщину ротора B=25 мм. Результати експлуатаційної оцінки роботи ротаційної картоплекопальної машини показали підвищення продуктивності агрегату до 0,607 га/год. при зниженні витрат палива до 11,9 кг/год. та пошкоджуваності картоплі до 1,4...2,7 %.

Приведено організацію охорони праці в сільськогосподарських підприємствах та основні заходи з правил поведінки та техніки безпеки під час роботи з картоплекопачем, дотримання яких допомагає запобігти травмам робітників.

Зроблено розрахунки техніко-економічної оцінки пропонованої розробки, що підтверджують актуальність її використання та впровадження у виробництво. Оскільки річний економічний ефект становить 73898,67 грн. на рік та 608,72 грн. в розрахунку на один гектар.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алакін В.М. Результати досліджень технологічного процесу картоплекопача. *Сільськогосподарські машини та технології*. 2018. Т. 12. №5. С. 14–19.

2. Боричів С.М. та ін. Математична модель технологічного процесу картоплезбирального комбайна при роботі в умовах важких суглинистих ґрунтів. *Вісник ВНАУ*. 2014. № 4. С. 59–64.

3. Герасимов А.А. Критерії оцінки пошкоджуваності бульб. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 1994. № 7. С.48–49.

4. Закон України «Про охорону праці». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text.

5. Зейрук В.М., Туболєв С.С. та ін. Машинні технології та техніка для виробництва картоплі. Київ : Агросвіт, 2010. 316 с.

6. Картоплезбиральні машини фірми Grimme. URL: https://grimme.com/ru. (Дата звернення: 22.02.2026).

7. Колчин М.М. Комплекс спеціальних машин для картоплярства. *Техніка та обладнання*. 2011. № 8. С. 18–21.

8. Костенко М.Ю. Ймовірнісна оцінка сепаруючої здатності елеватора картоплезбиральної машини. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2009. № 12. С. 4–8.

9. Нікітін Г.С. Визначення раціональної швидкості обертання робочих органів інтенсивної зони сепарації ротаційного картоплекопача. *Аграрний науковий журнал*. 2019. № 6. С. 96–100.

10. Нікітін Г.С. Картоплекопач з ротаційною сепаруючою поверхнею. *Картопля та овочі*. 2018. № 5. С. 32–34.

11.Пушка О.С., Войтік А.В., Ковальчук Ю.О. Інструктивно-методичні матеріали до виконання дипломних проектів студентами спеціальності 208 «Агроінженерія» першого освітнього рівня (бакалаврського). Умань : УНУС, 2020. 27 с.

12. Сільськогосподарські машини. Електронний підручник. URL: https://rafk.if.ua/ebook/sgmash/Index.htm. (Дата звернення: 20.02.2026).

13. Сорокін А.А. Теорія та розрахунок картоплезбиральних машин. Київ : ВІМ, 2006. 158 с.

14. Техніка сільськогосподарська. Методи економічної оцінки. ГОСТ 23728-88, ГОСТ 23730-88.

15. Godesa T. Determination of minimal cutting speed by flailing potato vines. *Acta agriculturae slovenica*. Ljubjana, 2004. Vol. 83. N 1. P. 137–146.

16. Yong Ying Sang, Hua Li Yu, Jing Xia Jia. Parametric Modeling and Moving Simulation of Vibrating Screen and Tubers on Potato Harvester. *Applied Mechanics and Materials*. 2012; August 2012. P. 627–632.