

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

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Музичук Дмитро Андрійович

УДК 631.356.4

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДИСКОВОГО
ЗВОРУШУВАЧА СЕПАРУЮЧОГО ЕЛЕВАТОРА
КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНИХ МАШИН**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело
_____ Музичук Д.А.

Керівник роботи

Ільченко А. В.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Музичук Дмитро Андрійович. Обґрунтування параметрів дискового зворушувача сепаруючого елеватора картоплезбиральних машин. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

В магістерській роботі встановлено, що продуктивність пруткових елеваторів багато в чому обмежується можливістю підвищення інтенсивності сепарації стосовно конкретних умов. Одним із перспективних шляхів удосконалення розділення компонентів оберемка є використання інтенсифікаторів різних типів, зокрема приводних зворушувачів, розташованих над поверхнею сепаруючого елеватора.

У результаті польових досліджень функціонування вдосконалених картоплезбиральних машин на середньосуглинкових ґрунтах встановлено, що застосування дискового зворушувача дало змогу збільшити продуктивність на 12%, якщо порівнювати із серійною машиною.

Рекомендовані параметри дискового зворушувача під час його використання на картоплекопачі КТН-2В: відстань між пальцями – 0,15...0,2 м; кутова швидкість – 5,6...6,2 рад/с, радіус розташування пальців – 0,25...0,28 м, довжина пальця – 200 мм, висота пружної частини – 40 мм за жорсткості 4,67 кН/м.

Ключові слова: картоплекопач, зворушувач, елеватор, сепарація, продуктивність, пружина.

ANNOTATION

Muzychuk Dmytro Andriyovych. Substantiation of the parameters of the disc agitator of the separating elevator of potato harvesters. – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 Agricultural Engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2023.

The master's thesis found that the productivity of bar elevators is largely limited by the ability to increase the intensity of separation in relation to specific conditions. One of the promising ways to improve the separation of bunch components is to use various types of intensifiers, in particular, drive agitators located above the surface of the separating elevator.

Field studies of the operation of improved potato harvesters on medium loamy soils have shown that the use of a disc agitator has increased productivity by 12% compared to a standard machine.

The recommended parameters of the disc agitator when used on the KTN-2V potato digger are: distance between tines – 0.15...0.2 m; angular velocity – 5.6...6.2 rad/s, radius of tine arrangement – 0.25...0.28 m, tine length – 200 mm, height of the elastic part - 40 mm with a stiffness of 4.67 kN/m.

Keywords: potato digger, shaker, elevator, separation, performance, spring.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ МАШИННИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ ТА КОНСТРУКЦІЙ ІНТЕНСИФІКАТОРІВ СЕПАРУВАЛЬНИХ ЕЛЕВАТОРІВ.....	8
РОЗДІЛ 2. СХЕМА ДИСКОВОГО ЗВОРУШУВАЧА СЕПАРУЮЧОГО ЕЛЕВАТОРА КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	25
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	31
ВИСНОВКИ.....	36
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	47

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Картоплю вирощують у багатьох країнах світу. Обсяг світового виробництва картоплі галузевими експертами оцінюється в 390 млн. тонн. Найбільшими світовими виробниками картоплі є Китай та Індія (25% та 12% відповідно) у загальному обсязі виробництва .

На даний момент часу найбільш ресурсовитратним технологічним процесом обробітку картоплі є її збирання, в загальному відсотковому співвідношенні на його частку припадає близько 75% всіх трудовитрат і близько 60% енерговитрат. Зниження всіх ресурсовитрат можливе завдяки застосуванню новітніх машинних технологій і сучасної сільськогосподарської техніки, яка відповідає всім висунутим до збиральних машин агротехнічним вимогам. Нарівні зі зменшенням витрат праці мають забезпечуватися: чистота бульб у тарі 97% і більше, втрати не більш як 4...6% бульб і ушкодження не більш як 5%.

Сепарувальний елеватор є одним із поширених робочих органів у картоплезбиральних машинах. Він має забезпечувати високу повноту сепарації картопляного вороху та достатню продуктивність, проте дані показники досягаються лише в обмеженому діапазоні умов використання. Для підвищення продуктивності сепарації на елеваторі в різних умовах використання його оснащують інтенсифікаторами різного типу. Таким чином, актуальним науково-технічним завданням є створення та обґрунтування параметрів інтенсифікаторів сепарувальних елеваторів, застосування яких дасть змогу досягати рівня агротехнічних вимог до картоплезбиральних машин у широкому діапазоні умов використання.

Об'єкт дослідження – вплив робочих елементів дискового зворушувача сепаруючого елеватора на картопляний ворох в збиральних машинах.

Предмет дослідження – закономірності впливу робочих елементів дискового зворушувача на картопляний ворох.

Метою роботи є підвищення продуктивності картоплезбиральних машин шляхом обґрунтування параметрів дискового зворушувача сепаруючого елеватора.

У зв'язку з поставленою метою в цій роботі вирішувалися такі науково-практичні завдання:

- розробити конструкційне рішення зворушувача сепаруючого елеватора картоплезбиральних машин;
- експериментально визначити оптимальні параметри та режими роботи зворушувача сепаруючого елеватора картоплезбиральних машин.

Методи наукового дослідження. При виконанні експериментальних досліджень застосовувалися стандартні і розроблені методики. Експериментальні дослідження проводилися на сертифікованому обладнанні, опрацювання результатів проводилося методом математичної статистики в «STATISTICA 8.0» и «MathCAD 16». Оцінювання об'єктів досліджень під час проведення виробничих випробувань було виконано згідно з ДСТУ.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. **Музичук Д.А.** Аналіз машинних технологій збирання картоплі. Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь», 5 квітня 2023 року Житомир: Житомирський агротехнічний фаховий коледж, 2023. С. 202-204.

2. **Музичук Д.А.** Аналіз існуючих сепарувальних органів картоплезбиральних машин. Студентські читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 25 жовтня 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 82-85.

3. Білецький В. Р., **Музичук Д. А.** Схема дискового зворушувача сепаруючого елеватора картоплезбиральної машини. Збірник тез доповідей ХХІV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської

механіки" (17–19 жовтня 2023 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2023. С. 56-57.

Практичне значення одержаних результатів. Практичний інтерес для виробництва представляє розроблений дисковий зворушувач сепаруючого елеватора картоплезбиральної машини.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 14 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 38 сторінок комп'ютерного тексту, містить 14 рисунків і 3 таблиці.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ МАШИННИХ ТЕХНОЛОГІЙ ЗБИРАННЯ КАРТОПЛІ ТА КОНСТРУКЦІЙ ІНТЕНСИФІКАТОРІВ СЕПАРУВАЛЬНИХ ЕЛЕВАТОРІВ

Під час вирощування картоплі найбільш трудомістким технологічним завданням є процес механізованого збирання. Із загальних трудовитрат та енерговитрат під час обробітку на збирання припадає, відповідно, близько - 35%....70% і 40%...60% [1].

Беручи до уваги всі технологічні особливості процесу механізованого збирання картоплі, його можна розділити на 3 основні способи [1]:

1) процес збирання врожаю найпростішими машинами (картоплекопачами) з подальшим ручним добором урожаю;

2) процес збирання врожаю копачами-навантажувачами з навантаженням картоплі, під час процесу збирання, в кузов транспортного засобу;

3) процес збирання врожаю картоплезбиральними комбайнами зі збиранням бульб у бункер.

На теперішній момент часу найперспективнішими можна вважати два останні способи збирання врожаю картоплі, оскільки вони мають більшу продуктивність і кращу якість роботи з одночасним зменшенням витрат праці. Проте значні площі під картоплею досі прибирають картоплекопачами, що пов'язано з нерівномірним рівнем технологічного розвитку окремих регіонів і господарств (особливо господарств малих форм), з конкретними ґрунтово-кліматичними та погодними умовами збирання та іншими факторами [1].

Природно-кліматичні умови, вологість ґрунту, вид і склад ґрунту, якість зібраного врожаю (продовольчий, фуражний, насінневий), врожайність, час зберігання продукції, час, виділений на збирання, забезпечення господарства трудовими та фінансовими ресурсами, що дають змогу придбати різний асортимент техніки для збирання, переробки та зберігання одержуваної

продукції). Це одні з багатьох чинників, що впливають на вибір технології збирання врожаю картоплі та на вид застосовуваної техніки .

На сьогодні існують різні технології машинного збирання картоплі, як універсальні, розраховані на повсюдне поширення, так і спеціалізовані, орієнтовані на конкретні природно-кліматичні умови [1].

Вітчизняні та зарубіжні сільгоспвиробники широко використовують два основні способи збирання картоплі: роздільний і потоковий. За поточного способу збирання картоплі використовуються копачі-навантажувачі та комбайни. За роздільного способу збирання, в основному, застосовуються різні копачі. Існує кілька способів збирання картоплі (комбінований, поточно-перевалочний, роздільний двофазний та ін.), які не набули такого широкого розповсюдження, як вище перелічені. Під час вибору технології збирання картоплі потрібно враховувати, що кожна з них має свої переваги та недоліки, що нижче розглянуто більш детально [1].

У нашій країні збирання картоплі найчастіше ведуть елеваторними комбайнами, які мають бункер для накопичення бульб, що дає змогу працювати деякий час за відсутності транспортного засобу.

За малосприятливих умов, і під час стислих термінів збирання врожаю, (це більше підходить до вітчизняних умов) найбільш правильним вважається використовувати технологію збирання із застосуванням комбайнів елеваторного типу. Даний тип машин виробляє безпосередньо під час руху, завантаження транспортного засобу, що йде поруч, без зберігання врожаю в бункері комбайна. Ця технологія дає змогу забезпечити більшу продуктивність з одночасним зниженням пошкоджень врожаю. Незважаючи на плюси є так само і мінуси, вони проявляються в більш низькому ступені очищення зібраного врожаю картоплі, через це в технологічному ланцюжку операцій з'являється додатковий, цикл, який полягає в післязбиральній обробці, що підвищує собівартість кінцевого продукту .Цього типу збиральні машини можуть працювати в режимі "non-stop" [1].

Технологію збирання картоплі з одночасним сортуванням реалізовано на елеваторному комбайні Е-665/4, унаслідок чого відбувається поділ зібраної картоплі на бульби малого, середнього та великого розміру. Бульби малого розміру надходять на складування в окремий бункер, а картопля середнього і великого розміру в кузов транспорту, що йде поруч. Дана технологія скорочує час сортування на картоплесортувальному пункті та дає змогу після збирання доставляти зібраний урожай безпосередньо замовнику, заощаджувати на перевезеннях, транспортуючи бульби потрібного розміру [1].

Велику ефективність має технологія збирання картоплі із застосування бункерних комбайнів. Цю технологію застосовують за сприятливих природно-кліматичних умов, коли зібраний урожай картоплі надходить на реалізацію або зберігання навалом. Застосовувані нині картоплезбиральні комбайни мають бункери масою 2, 3, 4 і більше тонни. Різноманітна кількість бункерів надає можливість аграріям підбирати комбайн зважаючи на умови господарств, у яких їм доведеться працювати. Для вибору комбайна з певною ємністю бункера слід враховувати такі фактори як довжина гону, транспортні засоби, що застосовуються для вивезення зібраного врожаю, і врожайність на кожному полі. За використання бункерних машин можливі підвищені пошкодження бульб, що є наслідком великої кількості перевантажень зібраної картоплі. Пошкоджена картопля переважно призначена для швидкої реалізації або для переробки [1].

Існує технологія збирання з використанням картоплезбиральних машин, що мають змінні бункери. Бункер слугує для тимчасового зберігання та доставки зібраного врожаю з поля на пункт післязбиральної обробки, де проводиться вивантаження зібраного врожаю, очищення бульб від різноманітних домішок, сортування на фракції, навантаження в тари та транспортування на зберігання. Застосування цієї технології допомагає знизити обсяг перевалок врожаю, підвищити якість сільськогосподарської продукції завдяки зменшенню її пошкоджень, збільшити продуктивність під час збирання врожаю. Дані види

комбайнів не випускаються серійно, що своєю чергою обмежує застосування даної технології в різних господарствах [1].

Технологія машинного збирання картоплі з можливістю проведення додаткової сепарації. Бульбоносний пласт підкопується, під час проходження картоплезбиральної техніки, і проводиться його очищення на органах первинної сепарації. Потім у транспортний засіб, оснащений спеціальним кузовом, відбувається завантаження прибраних бульб, потім, проходячи через сепаратор домішок, картопляна купка надходить у бункер-накопичувач (під час протікання цього процесу транспортний засіб перебуває в русі). По закінченню перевезення проводиться вивантаження на пункт післязбиральної обробки для завершення очищення картоплі від домішок і сортування [1].

Технологія збирання картоплі комбайном із бункером підвищеної місткості. Бульби картоплі після накопичення в бункері, встановленому на комбайні, перевантажують у транспортний засіб підвищеної місткості та перевозять із поля на пункт післязбиральної обробки. На пункті післязбиральної обробки проводиться остаточне очищення, сортування та розподіл у тару. Завдяки застосуванню представленої технології відбувається зменшення інтенсивності деградації ґрунтового шару за рахунок зниження кількості переїздів техніки по полю. Також зменшуються витрати на експлуатований парк машин, що пов'язано зі скороченням кількості транспортних засобів, призначених для вивезення картоплі з поля, і підвищенням якості одержуваної продукції [1].

Двофазна технологія збирання картоплі реалізується за допомогою копачів-валкоукладачів і комбайнів підбирачів, а також копачів з ручним підбором бульб. Технологія збирання картоплі із застосуванням копача-валкоукладача та добором бульб комбайном бункерного або елеваторного типу. У цьому разі процес збирання можна здійснювати як роздільним способом, так і комбінованим залежно від типу ґрунту та врожайності культури [1].

Технологія з ручним добором застосовується в малих і середніх господарствах, також під час виробництва насінневої картоплі. Перевагою технології з ручним добором є мінімальні пошкодження бульб картоплі та можливість проведення збирання у важких ґрунтово-кліматичних умовах [1].

Представлений спосіб має недоліки, пов'язані з великими втратами бульб, малою продуктивністю та трудовитратами, що виникають за використання ручного підбирання та завантаження картоплі в транспортний засіб [1].

Аналіз досвіду розвинених європейських країн показує, що розподіл картоплі в тару на комбайні під час збирання за сприятливих природно-кліматичних умов є найбільш доцільною технологією. Застосування даної технології скорочує кількість пошкоджених бульб і витрати на додаткові операції, що проводяться на пункті післязбиральної обробки за рахунок зниження кількості перевалок продукції. Сучасний технічний рівень картоплезбиральних машин дає змогу розфасовувати, ручним або автоматичним способом, зібраний врожай у контейнери різної місткості, ящики та мішки з подальшою доставкою безпосередньо замовнику [1].

Використання різних технологій збирання та відповідної їм картоплезбиральної техніки пояснюється не тільки конкретними природно-кліматичними умовами, необхідною якістю готової продукції, площею посадки, врожайністю картоплі, а й наявністю в господарстві трудових ресурсів, сховищ і вільних транспортних засобів у період збирання. Під час вибору технології збирання картоплі велике значення мають фінансові можливості аграрія, не кожен може собі дозволити великі витрати на купівлю техніки, тож їм доводиться пристосовувати технології під техніку, яка є в господарстві [1].

Тому в невеликих господарствах широко поширеним залишається спосіб збирання із застосуванням копача та подальшим ручним підбором.

Велика увага була звернена на аналіз досліджень сепарувальних органів картоплезбиральних машин. Вони проводилися для виявлення перспектив

удосконалення картоплезбиральних машин і підвищення рівня їхніх експлуатаційних і технологічних показників.

Ефективність роботи сепаруючого пристрою для видалення домішок, які можна порівняти за розмірами з бульбами, разом з іншими умовами, характеризується відсутністю або незначним вмістом у купі домішок, що складаються з рослинної сировини [2].

Рослинні рештки, які потрапляють на пункт сортування, вносять труднощі в післязбиральний обробіток урожаю через забивання та засмічення робочих органів і механізмів, що призводить до великих трудовитрат. Розмір, швидкість під час удару, коефіцієнт відновлення, аеродинамічні, гідродинамічні та інші властивості належать до фізико-механічних властивостей бульби, які слід враховувати для інтенсифікації процесу сепарації. Розглянемо детально застосовувані в конструкціях машин наявні та перспективні схемно-конструктивні рішення робочих сепарувальних органів [2].

У численних наукових працях представлено різноманітні сепаруючі органи та описано принципи сепарації [2].

Основою створення робочих органів пневматичного, гідравлічного та механічного принципу дії послужили дані досліджень розглянутих вище авторів.

Пневматичні та пневмомеханічні сепаратори мають недоліки у вигляді високих витрат енергії, малої технологічної надійності під час обробки оберемка з підвищеною вологістю оберемка, високого рівня шуму, запиленості робочих місць. Тому вони не мають широкого застосування [2].

Обробка гідравлічними та гідромеханічними відокремлювачами у вологому середовищі не тільки забезпечує високу якість очищення оберемка, що містить ґрунтові домішки, налиплі на бульби, а й підготовку продукції до реалізації. Однак експлуатація таких пристроїв показала, що за масового надходження картоплі під час збирання, гідроочищення є економічно не вигідним.

Зважаючи на наведені вище дані, докладніше розглянемо питання застосування сепарувальних органів механічного принципу. Петров Г.Д. запропонував створювати сепаратори для певного стану ґрунту [2].

- просіювальні пристрої для сепарації сипучого ґрунту;
- пристрої для сепарації, схожих за розмірами з картоплею, твердих грудок ґрунту;
- пристрої для сепарації вологого ґрунту.

За призначенням, розташуванням у технологічній схемі картоплезбиральної машини та допустимою секундною подачею картопляної купи сепаратори поділяють на типи:

- сепаратори первинного очищення;
- сепаратори вторинного очищення.

Сепаратори первинного очищення засновані на принципі просіювання прохідних частинок або продавлювання їх через зазори між прутками.

Під час просіювання відокремлюються дрібні частинки ґрунту оптимальної вологості, а вологий липкий ґрунт продавлюється між прутками елеватора. Продавлювання здійснюється як шляхом притиснення ґрунту комкодавцем, так і за рахунок відцентрової сепарації.

Сепаратори первинного очищення здатні виділяти в середньому від 70 до 95% домішок залежно від ґрунтово-кліматичних умов [2].

Основні вимоги, що висуваються до робочих органів цього виду, це: висока продуктивність до 150 кг/(с·м), низькі втрати й ушкодження бульб (2-3%), простота конструкції та висока експлуатаційна надійність, висока повнота відокремлення ґрунту (70...80%).

Сорокін А.А. запропонував поділяти наявні сепаратори механічного принципу дії на 3 групи: робочі органи просівальної сепарації, робочі органи виносної сепарації та робочі органи комбінованої сепарації [2].

До основних видів первинних сепараторів картоплезбиральних машин відносяться пруткові та клавішні конвеєри, кулачкові та барабанні грохоти, а також грохоти, що забезпечують коливальні рухи решіт [2].

З моменту винаходу пруткового елеватора минуло понад століття, але це не заважає йому бути встановленим на багатьох вітчизняних і зарубіжних картоплезбиральних машинах. Він залишається одним з основних робочих органів для відділення (сепарування) бульб від ґрунту та інших домішок. Завдяки своїй простоті та можливості одночасно з процесом сепарації переміщати пласт угору за кута нахилу близько 20° він набув широкого поширення [2].

Пруткові конвеєри встановлюють під кутом до горизонту не більше ніж 23° , а просвіт між прутками перебуває в межах 22...25 мм. У Великій Британії та США ці просвіти в елеваторів дещо більші. Для збереження частини дрібних бульб картоплі та меншого пошкодження їх величина просвіту зменшується за рахунок пластмасових і гумових покриттів. Застосування щіткових відокремлювачів виправдане за великої засміченості камінням і грудками [2].

Картоплезбиральна машина, пересуваючись по полю, з перепадами рельєфу змінює своє положення відносно горизонту. Якщо машина має бічний нахил, то маси зміщуються до одного боку; якщо машина нахилена вперед, то вони затримуються; якщо машина нахиляється назад, то маса переміщується до виходу. Елеваторний тип робочого органу сепарації менше за інших сприйнятливий до таких змін положення машини [2].

Разом з усіма перевагами прутковий конвеєр має суттєві недоліки: наявність пруткового полотна збільшує кількість поверхонь тертя, що зрештою призводить до прискорення зношування деталей в абразивному середовищі та збільшення витрат енергії для приводу сепараторного органу. Робоча гілка становить менше 40% загальної довжини полотна [2].

Грохоти спочатку використовували в гірничо-збагачувальній промисловості, а потім їх стали застосовувати в картоплезбиральних машинах,

проте нині майже не використовують через високі пошкодження і низьку транспортувальну здатність. Нині на картоплезбиральних машинах широко застосовуються пруткові елеватори [2].

Так само як і багато сепарувальних органів, різні конструкції грохотів мають свої переваги та недоліки [2].

Особливістю грохотів є решітки, що здійснюють коливальні рухи, які дають змогу змінювати просвіти між прутками без особливих проблем за допомогою зміни решіток у необхідних діапазонах [2].

Недоліком грохотів також є труднощі врівноваження інерційних сил зворотно-поступальних коливань решіт, через різну кількість ґрунту, що надходить, що спричиняє вібрації рами та знижує надійність конструкції.

Велику групу сепарувальних органів складають кулачкові грохоти. Перевагою даного типу грохотів є те, що в них відсутні місця посиленого зношування, відбувається якісна сепарація дрібного ґрунту від рослинних домішок і відсутність інерційних сил. Суттєвим мінусом є пошкодження бульб картоплі [2].

На ранніх етапах у конструкціях картоплезбиральних машин широке застосування знаходили барабанні грохоти, які мають більшу надійність, стійкість до зношування, відсутність неврівноважених сил і можливість піднімати масу на значну висоту. З недоліків можна відзначити зниження сепарувальної здатності через забивання барабана залишками рослинної маси та вологим ґрунтом [2].

Встановлено, що під час збирання картоплі на сепаруючі органи дворядної картоплезбиральної машини з одного гектара надходить до 1100 тонн ґрунту. А домішки ґрунту та рослинних решіток становлять не менше 97% навіть за врожайності 300 ц/га. За даними Виноградова В.І., Сорокіна О.О. пруткові елеватори здатні виділити максимально тільки 89% ґрунту за високого рівня агротехніки обробітку та оптимальної вологості. З цієї причини ці сепаратори мають велику роль у процесі збирання, і від того, наскільки добре вони

працюють, залежатиме якість сепарації вторинних сепарувальних органів, що надалі вплине на ушкодженість і чистоту картоплі в тарі .

На середньому і важкому суглинку ефективність робочих органів знижується особливо за підвищеної вологості. Цей недолік вирішується шляхом застосування під час роботи сепарувальних органів пруткового типу різного роду інтенсифікаторів [2].

З метою поліпшення процесу просіювання компонентів картопляного вороху робочими органами та підвищення сепарувальної здатності елеваторів у сучасних картоплезбиральних машинах застосовують різні інтенсифікатори. Розроблено способи та схеми пневматичного, гідравлічного та механічного принципу дії, а також інші способи руйнування зв'язків ґрунтових грудок [7].

Розглянемо інтенсифікатори з механічним типом приводу. Інтенсифікатори пруткового елеватора за місцем установаження можна поділити на 3 типи:

- розміщені між лемешем і елеватором;
- розміщені над поверхнею;
- розміщені під поверхнею.

Інтенсифікатори сепарації, розміщені між лемешем і елеватором, виконують у вигляді пальців (рис. 1.1), поздовжніх шнеків із гвинтовою навивкою (рис. 1.2), пруткових барабанів (рис. 1.3 б), штифтових та лопатевих бітерів (рис. 1.3 а) [2], .

Інтенсифікатори сепарації, розміщені над поверхнею пруткового елеватора, виконують у вигляді пальців (рис. 1.4), рухомих екранів і решіток (рис. 1.5) , поперечних шнеків із гвинтовою навивкою (рис. 1.6) та барабанів із відцентровою сепарацією (рис. 1.7), похилих дисків і пайлерних валів (рис. 1.8).

Своєю чергою пальчасті інтенсифікатори бувають обертовими дисковими (мал. 1.4 а) такими, що обертаються уздовж напрямку руху елеватора (мал. 1.4 б) та впоперек руху елеватора (рис. 1.4 в) .

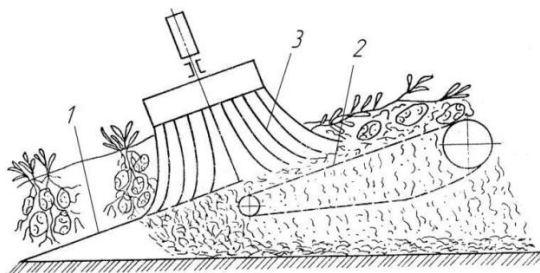


Рис.1.1. Технологічна схема пальчастого інтенсифікатора: 1 – леміш; 2 – елеватор; 3 – пальці.

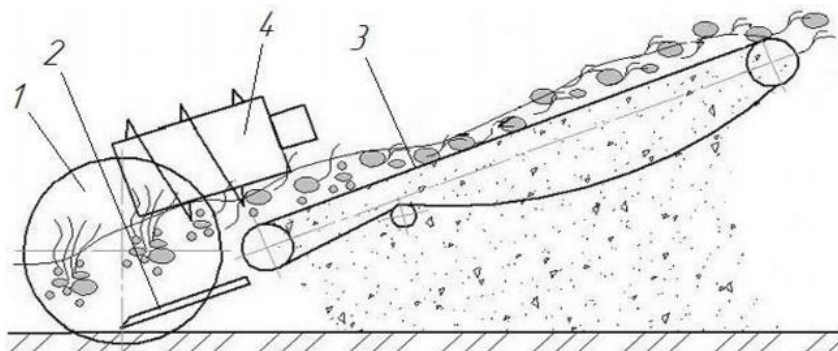
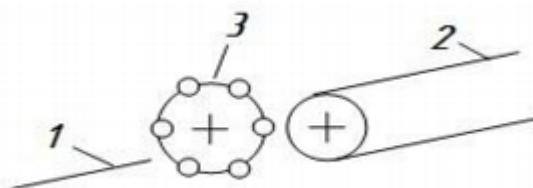
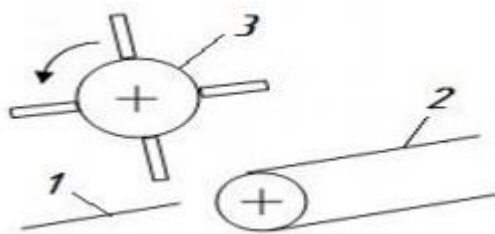


Рис. 1.2. Технологічна схема шнекового інтенсифікатора: 1 – викопувальний диск; 2 – леміш; 3 – елеватор; 4 – шнек із гвинтовою навивкою.



а)

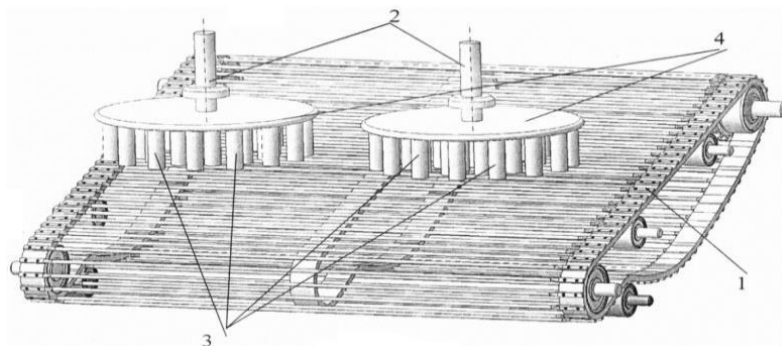
1 – леміш; 2 – елеватор; 3 – прутковий бітер



б)

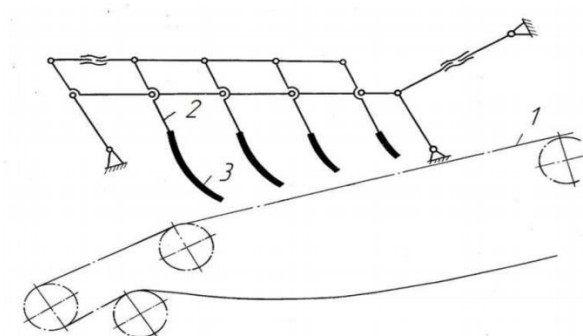
1 – леміш; 2 – елеватор; 3 – прутковий бітер

Рис. 1.3. Технологічна схема бітерних і барабанних інтенсифікаторів



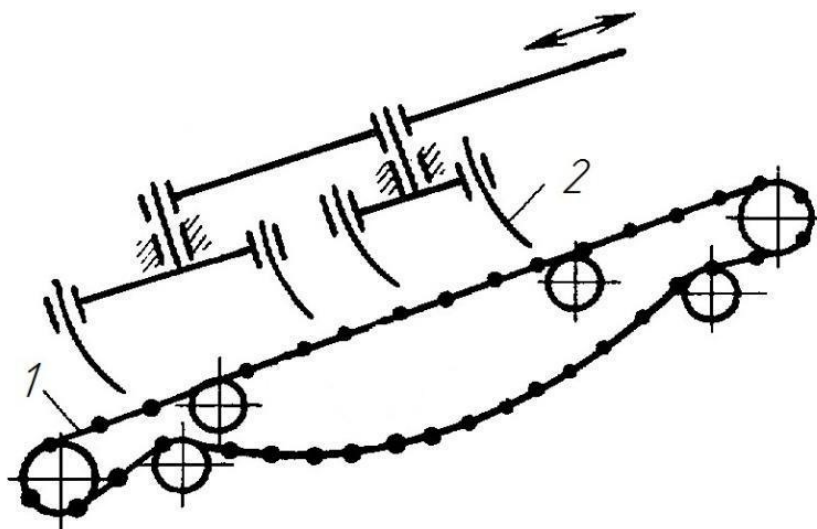
а)

1 – елеватор; 2 – приводний вал; 3 – палець; 4- плоскі обгумовані диски



б)

1 – елеватор; 2 – палець; 3 – гумовий наконечник



в)

1 – елеватор; 2 – палець

Рис. 1.4. Технологічні схеми пальчастих інтенсифікаторів

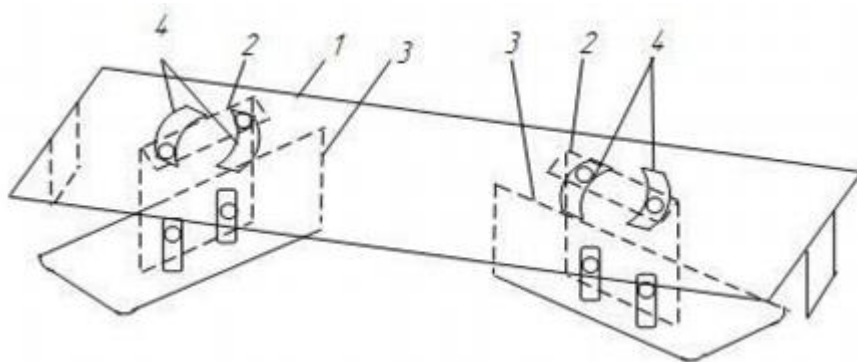


Рис. 1.5. Технологічна схема підвісних екранів: 1 – рама; 2 – кронштейн; 3 – екран; 4 – регулювальні отвори

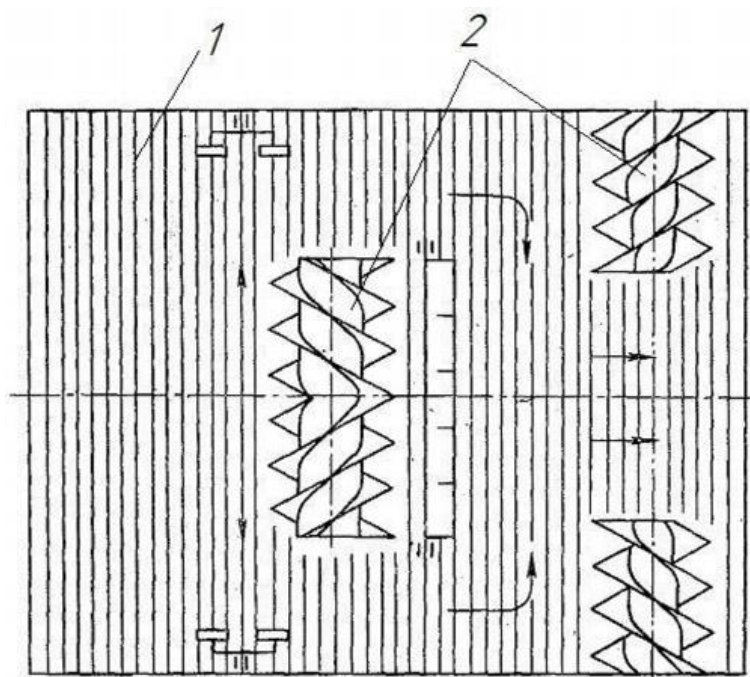


Рис. 1.6. Технологічна схема шнекового інтенсифікатора[6]

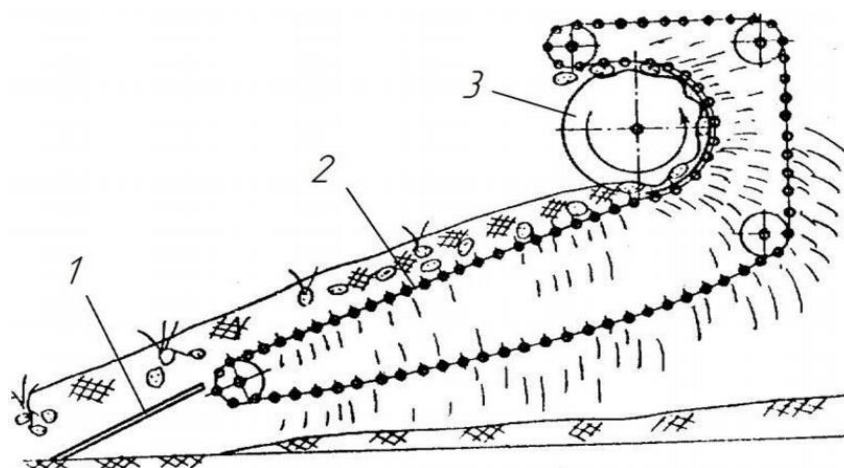


Рис. 1.7. Технологічна схема інтенсифікатора з відцентровою сепарацією: 1 – леміш; 2 – елеватор; 3 – балон комкодавителя з ребордами.

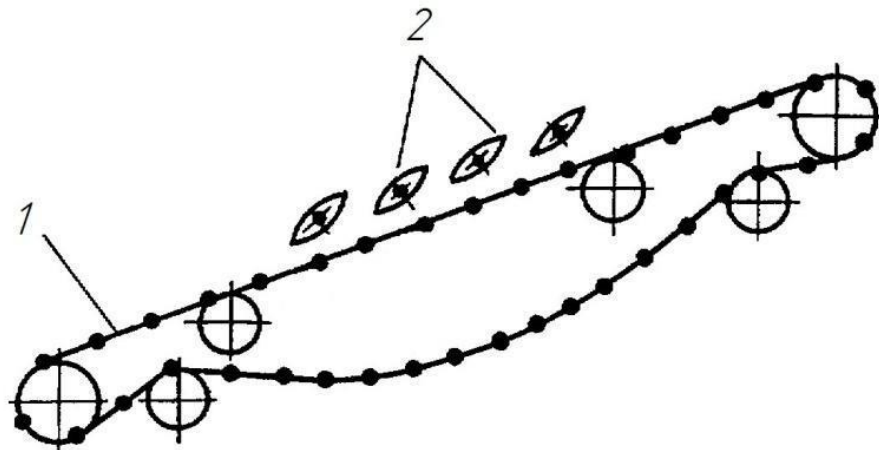


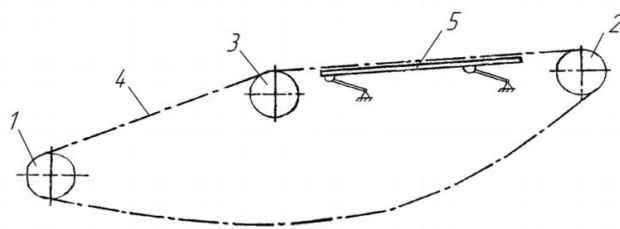
Рис. 1.8. Технологічна схема інтенсифікатора з похилими дисками або пайлерами .

Інтенсифікатори сепарації, розміщені під поверхнею пруткового елеватора, є струшувачами прутків або полотна елеватора, їх виконують у вигляді гуркоту (рис. 1.9 а) [2], гвинтових поверхонь (рис. 1.9б) [2], ексцентрикових зірочок приводного вала (рисунок 1.9в) [8] і кулачків на двоплечих важелях (рис. 1.9 г).

Серед усіх інтенсифікаторів основного елеватора картоплезбиральних машин найбільшого застосування набули кулачкові струшувачі (рис. 1.9 г). Це пов'язано з невеликою вартістю і простотою конструкції. Поряд із цими плюсами кулачкові струшувачі мають і свої мінуси, до яких належить неможливість створення високочастотних коливань основного елеватора, що дають змогу руйнувати дрібні ґрунтові грудки.

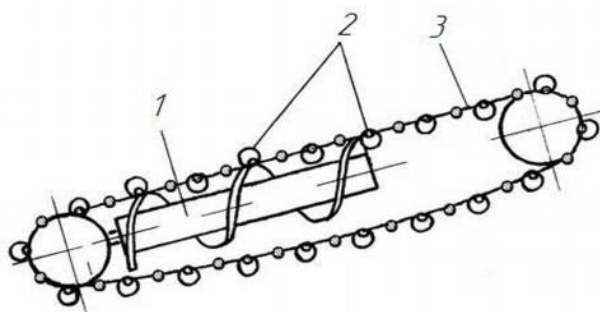
Інтенсифікатори з ексцентриковими зірочками (рис. 1.9 а) мають недолік: змінити інтенсивність струшування можливо лише за зміни швидкості полотна, що впливає на продуктивність.

Численні дослідження сепараторів показують, що конкретним ґрунтово-кліматичним умовам відповідає певний кінематичний режим струшувачів. Інтенсивність струшування також визначається подачею картопляного вороху та сепарацією прохідних частинок.



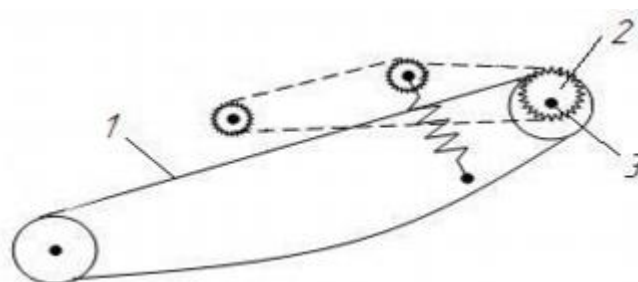
а)

1 – ведений ролик; 2 – приводний вал; 3 – підтримувальний ролик; 4 – елеватор;
5 – грохот



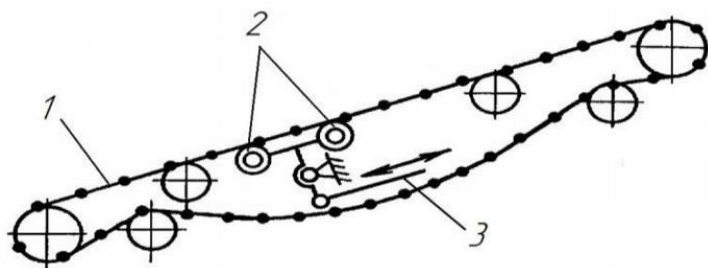
б)

1 – гвинтова поверхня; 2 – трубка комбінованого прутка; 3 – елеватор



в)

1 – елеватор; 2 – ексцентрикова зірочка; 3 – приводний вал елеватора



г)

1 – елеватор; 2 – ролики (кулачки); 3 – шатун

Рис. 1.9. Технологічні схеми інтенсифікаторів сепарації, розміщених під поверхнею пруткового елеватора.

Інтенсивність струшування з одного боку залежить від товщини шару картопляної купки на сепараторі, з іншого боку - від достатнього шару ґрунту, який оберігає бульби від пошкоджень.

Недостатнє завантаження сепарувального елеватора ґрунтом потребує зниження інтенсивності струшування для унеможливлення ушкоджень бульб, у деяких випадках (на сухих піщаних ґрунтах) струшувачі відключають повністю.

Шнековий інтенсифікатор із розміщеним під ним елеватором (рис. 1.8) має меншу сепарувальну здатність через неповне використання сепарувальної поверхні, так званих "мертвих зон".

Коливальні пальчасті інтенсифікатори (рисунок 1.6 б, в) мають низку недоліків, до яких належить низька ефективність через розташування інтенсифікатора на початку елеватора, що веде до появи на елеваторі неохоплених зон.

Пальчасті інтенсифікатори сепарації з обертальним рухом пальців (рис. 1.4 а) інтенсивно впливають на картопляну купу та мають широкий діапазоном регулювання режимів роботи, що збільшує ефективність відокремлення домішок за рахунок руйнування структур у ґрунтовій масі та перерозподілу шару по площі полотна пруткового елеватора. Збільшення ефективності сепарації картопляної купки за зниження пошкоджень бульб можливе завдяки застосуванню запропонованого пристрою. При цьому відбувається збільшення експлуатаційної продуктивності картоплезбиральної машини. Запропонований пристрій є універсальним і може бути застосований у багатьох коренебульбозбиральних машинах.

Досвід застосування картоплезбиральних машин в умовах Полісся і Лісостепу показує, що застосування інтенсифікаторів, розміщених над полотном основного елеватора без приводу, є недостатньо ефективним, тому наразі застосовують інтенсифікатори з приводом у більшості картоплезбиральних машин.

Висновки по розділу

На підставі даних проведеного аналізу, можна зробити висновок, що продуктивність пруткових елеваторів багато в чому обмежується можливістю підвищення інтенсивності сепарації стосовно конкретних умов. Одним із перспективних шляхів удосконалення розділення компонентів оберемка є використання інтенсифікаторів різних типів, зокрема приводних зворушувачів, розташованих над поверхнею сепаруючого елеватора. Тому метою роботи є підвищення продуктивності картоплезбиральних машин шляхом обґрунтування параметрів дискового зворушувача сепаруючого елеватора.

РОЗДІЛ 2

СХЕМА ДИСКОВОГО ЗВОРУШУВАЧА СЕПАРУЮЧОГО ЕЛЕВАТОРА КАРТОПЛЕЗБИРАЛЬНОЇ МАШИНИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

На підставі відомих робіт можна зробити висновок про нерівномірність розподілу вороху по ширині сепаруючого елеватора. У результаті відбувається погіршення сепарації ґрунту і збільшення навантаження на наступні робочі органи. Для розв'язання цієї проблеми було запропоновано застосування в конструктивно-технологічній схемі сепаруючого елеватора дискового зворушувача .

Сепарувальний пристрій коренебульбозбиральної машини (рис. 1) містить сепарувальний елеватор 1 та встановлені над ним дискові зворушувачі 2 сепарації з розміщеними на них пальцями 3, причому зворушувачі 2 виконані у вигляді плоских обгумованих дисків 4, які обертаються навколо своїх осей у площинах, розташованих під гострими кутами до площини робочої гілки елеватора 1, а пальці 3 виконано у вигляді металевих стрижнів 5 (рис.1) із закріпленими на них гумовою опорою та гумовими зажимами, які закріплені в площині робочої гілки елеватора 1, а пальці 3 виконано у вигляді металевих стрижнів 5 (рис. 1) із закріпленими на них гумовими трубками 6, з можливістю зміни довжини вільного кінця трубки 6 на металевому стрижні 5.

Пристрій працює наступним чином. Картопляний ворох з підкопуючого робочого органу (на рисунку не показано) надходить на полотно сепаруючого елеватора 1. У міру просування спільно з полотном елеватора відбувається сепарація частини домішок та їхнє видалення крізь проsvіти між прутками полотна, але цей процес не завжди протікає досить ефективно. У момент початку контакту дискового зворушувача з картопляним ворохом в останій плавно впроваджуються пальці, які закріплені консольно на нижньому боці дисків зворушувача. Плавність входу пальців у пласт забезпечується за рахунок того, що пальці виконані у вигляді гумових трубок, закріплених на металевих

стрижнях. Оскільки пальці виконані з можливістю зміни довжини вільного кінця трубки на металевому стрижні, у разі зміни погодних умов, забезпечується щадний вплив і зниження пошкоджень бульб картоплі. Можливість зміни жорсткості пальців підвищує ефективність сепарації завдяки руйнуванню локальних структуроутворень у воросі та його перерозподілу по площі пруткового елеватора.

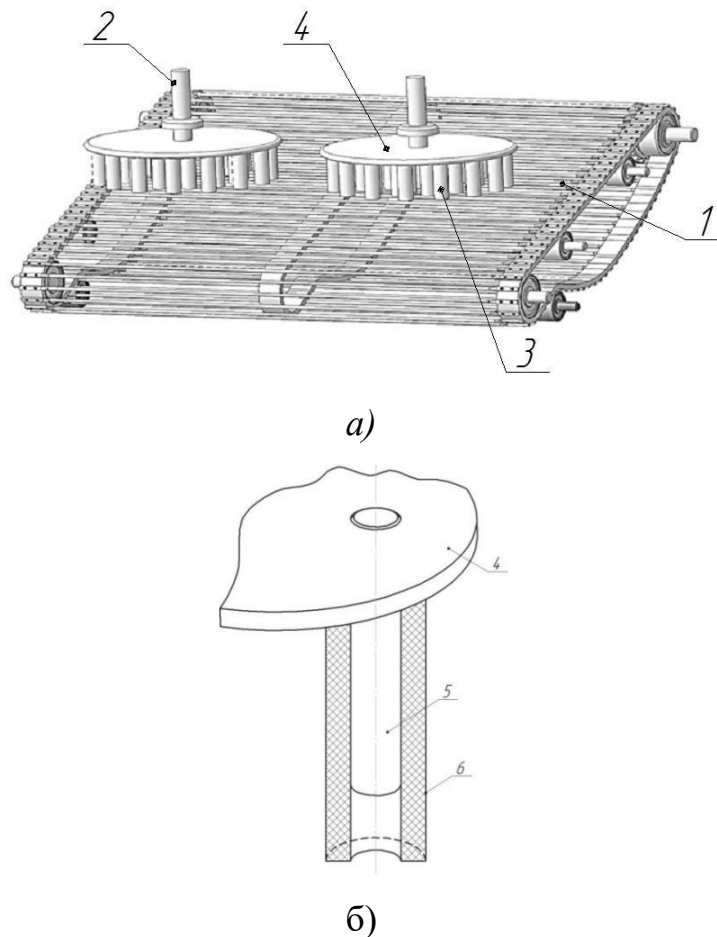


Рис. 2.1. Сепаруючий елеватор із дисковими зворушувачами: а) вигляд загальний, б) робочий елемент (палець) дискового зворушувача: 1 – сепарувальний елеватор, 2 – дисковий зворушувач; 3 – палець; 4 – прогумований диск; 5 – металевий стрижень; 6 – полімерна трубка.

Запропонований на підставі попередніх теоретичних досліджень пристрій має конструктивно-технологічні відмінності, порівняно з наявними пристроями. Для визначення впливу конструктивних параметрів на роботу пристрою необхідно провести уточнення параметрів робочих органів для відокремлення

грунтової купи картоплезбиральних машин з урахуванням різноманітних характеристик картопляної купи шляхом проведення лабораторних досліджень.

Перед проведенням польових досліджень модернізованої картоплезбиральної машини в конкретних ґрунтово-кліматичних умовах було вивчено розмірно-вагові параметри обраних сортів картоплі, які є одними з найбільш значущих чинників, що впливають на роботу сепарувальних органів [8].

Залежно від сорту картоплі, а також від ґрунтово-кліматичних умов і технологій обробітку, властивості бульби можуть змінюватися в широких межах [8], ця умова змушує розширювати й уточнювати знання в представленій галузі. Дані дослідження необхідні для отримання даних з метою їх використання в проектуванні робочих органів сепарації картоплезбиральних машин, а також в обґрунтуванні параметрів інтенсифікаторів сепарації, і бралися до уваги під час проведення лабораторних досліджень [9].

Програмою польових досліджень було передбачено:

1. визначення розмірно-вагових параметрів бульб картоплі сортів, що вирощуються в Житомирській області.
2. Польові дослідження модернізованого і серійного картоплекопача КТН-2В, оснащеного дисковим зворушувачем.

Для проведення дослідження та визначення розмірно-вагових параметрів культури картоплі було обрано одні з найпоширеніших сортів у Житомирській області, такі як "Ред Скарлетт", "БелаРосса", "Синьоока". Дослідження кількісних і розмірно-вагових параметрів культури картоплі параметрів бульб картоплі проводилося в заданих ґрунтово-кліматичних умовах.

Роботу проводили в господарствах Брусилівського району Житомирської області.

Дослідження картопляних бульб за стандартною методикою агротехнічної оцінки проводили в умовах оброблюваного поля, також визначалися умови проведення випробувань. З метою реалізації стандартної методики агротехнічної

оцінки бульб картоплі, по діагоналях поля були відмічені облікові ділянки, на яких визначалися умови проведення експериментальних досліджень. Визначення розмірних характеристик і маси бульб різних сортів картоплі проводилося на основі 100 вимірювань.

Методика проведення польових досліджень із порівняння серійного та модернізованого картоплекопача КТН-2В полягає в такому. Терміни проведення: періоди масового збирання картоплі (вересень-жовтень) 2022...2023 рр.

З метою встановлення повноти сепарації ґрунтових домішок і втрат бульб на картоплекопачі було змонтовано гачки, на які вкладали стрижень із намотуваним рулоном плівки. Коли модернізований картоплекопач КТН-2В під'їжджав до облікової ділянки, кінці плівки закріплювали на полі, і плівка розмотувалася на ґрунті завдяки масі, що надходила з другого елеватора. У міру руху картоплекопача на плівку надходив картопляний ворох, що сходив з елеватора, яку потім аналізували [8].

Втрати бульб визначали шляхом збирання бульб на поверхні ґрунту, а потім бульб, присипаних ґрунтом і розраховували за загальновідомою формулою.

З метою порівняння експлуатаційних показників серійної та модернізованої картоплезбиральної машини, у конструкції яких використано розроблений дисковий зворушува, було прийнято таку програму досліджень:

- 1) уточнити трудомісткість робіт з технічного обслуговування та ремонту серійного та модернізованого картоплекопача КТН-2В;
- 2) визначити середній наробіток на відмову картоплезбиральної машини до і після модернізації в цілому;
- 3) розрахувати основні експлуатаційні показники картоплезбиральної машини: коефіцієнти використання часу зміни, технічної готовності, технічного обслуговування та експлуатаційної надійності.

Об'єктом досліджень виступали серійний і модернізований картоплекопачі КТН-2В, а також безпосередньо розроблений основний елеватор із дисковим

зворушувачем, встановлений на картоплезбиральній машині. За основу було взято стандартну методику випробувань.

Під час складання плану робіт із технічного обслуговування та ремонту потрібно визначити питомий простій у ремонті з урахуванням модернізації картоплезбиральної машини, а також провести коригування нормативів трудомісткості виконання операцій технічного обслуговування та поточного ремонту.

Трудомісткість технічного обслуговування визначалася за такою методикою. До списку обов'язкових робіт за видами технічного обслуговування включали роботи, які необхідно проводити з розробленим дисковим зворушувачем основного елеватора. Роботи з технічного обслуговування та ремонту виконував слюсар третього розряду.

Після виконання необхідних робіт з технічного обслуговування картоплекопачі експлуатувалися до наступного планового обслуговування. У процесі кожного обслуговування визначали його тривалість за допомогою хронометражу.

Поліпшення процесу сепарації за рахунок застосування розробленого пристрою в модернізованому картоплекопачі дало змогу збільшити його швидкість руху під час збирання, що підвищило продуктивність картоплекопача порівняно із серійним. За теж час чистої роботи модернізовані картоплекопачі прибирали більшу площу. Визначення часу простою і трудомісткості поточного ремонту картоплекопача проводили в розрахунку на гектар прибраної площі (фізичні одиниці виконаної роботи) і на час чистої роботи.

Час чистої роботи визначали за напрацюванням у гектарах прибраної (площі, фізичних одиницях виконаної роботи) і теоретичною продуктивністю за одну годину чистої роботи в контрольну зміну [9].

Висновки по розділу

Для збільшення ефективності процесу відокремлення домішок і продуктивності картоплезбиральної техніки запропоновано використовувати сепарувальний елеватор, оснащений дисковим зворушувачем із пальцями змінної жорсткості.

Для експериментального підтвердження доцільності конструктивних змін картоплекопача необхідно провести польові випробовування за методикою викладеною в даному розділі.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У результаті проведених досліджень уточнено масові та кількісні параметри картопляних кущів, а також розмірні параметри бульб картоплі сортів "Ред Скарлетт", "БелаРосса", "Синьоока". Отримані дані наведено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Розмірно-вагові параметри картопляного куща

№ п/п	Сорт	Кількість бульб в кущі, шт.	Маса бульб, г	Урожайність, т/га	Середній розмір бульби			
					Довжина, мм	Ширина, мм	Товщина, мм	Середня маса, г
1	«Ред Скарлетт»	8,4	587,0	19,2	66,7	55,3	42,9	69,0
2	«БелаРосса»	7,7	558,5	17,7	64,2	46,7	39,9	74,1
3	«Синьоока»	9,2	704,2	24,4	65,3	52,0	44,5	76,2

Під час проведення досліджень визначалися:

- повнота сепарації ґрунтових домішок;
- пошкоджень бульб;
- втрати бульб.

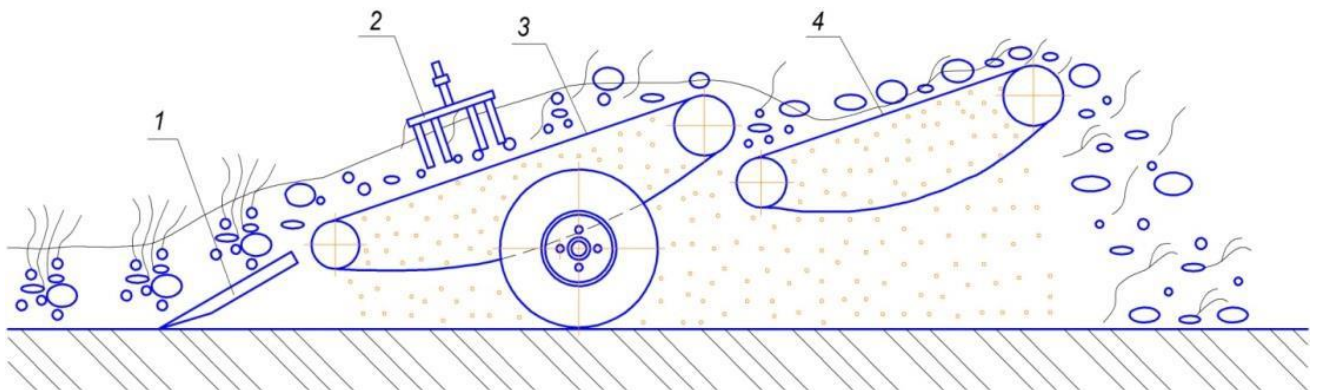


Рис. 3.1. Конструктивно-технологічна схема модернізованого картоплекопача КТН-2В: 1 – леміш; 2 – дисковий ворошитель; 3 – основний сепарувальний елеватор; 4 – каскадний сепарувальний елеватор.

Об'єктами польових досліджень виступали: серійний і модернізований картоплекопач КТН-2В.

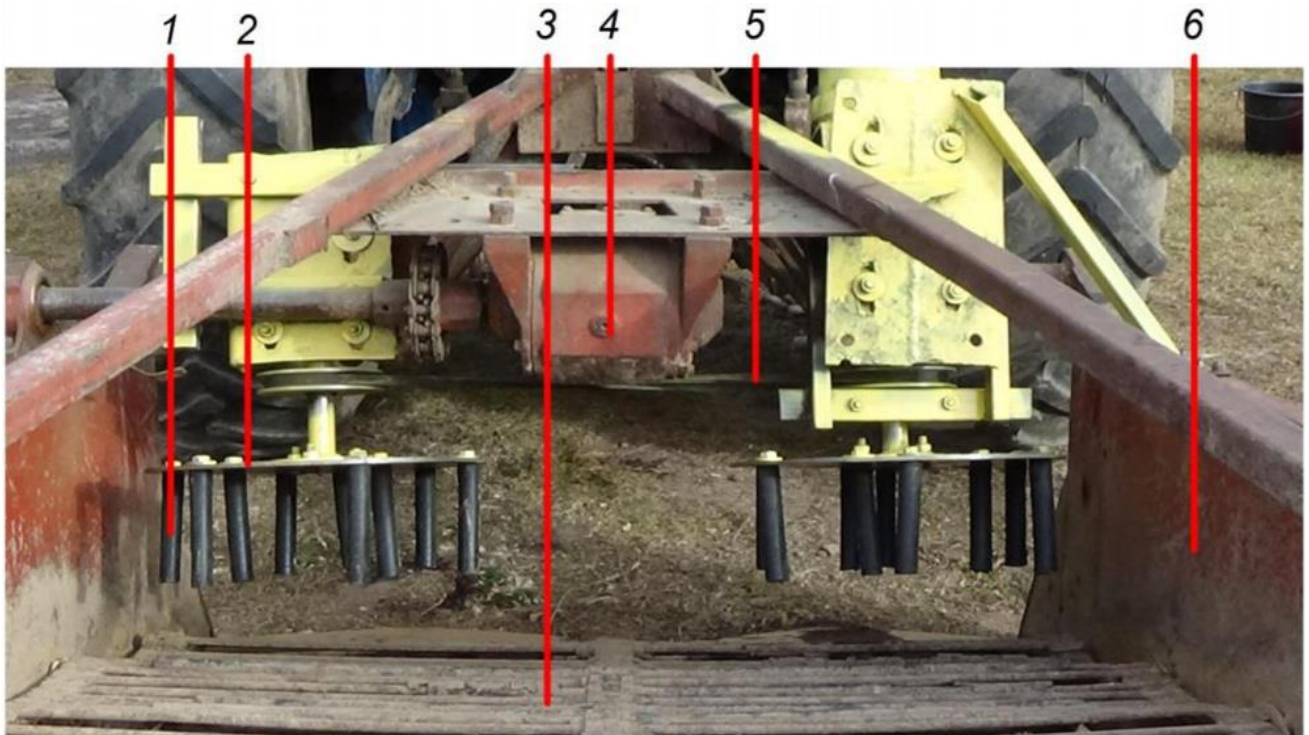


Рис. 3.2. Загальний вигляд модернізованого картоплекопача КТН-2В, обладнаного дисковим зворушувачем: 1 – пальці з пружними елементами, 2 – дисковий зворушувач, 3 – елеватор, 4 – редуктор, 5 – ремінна передача, 6 – картоплекопач КТН-2В, 7 – шків.

Відмінність модернізованої машини від базової полягає у використанні в конструкції машини розробленого дискового зворушувача (рис. 3.1), встановленого над поверхнею пруткового елеватора.

Результати порівняльних господарських досліджень серійного та модернізованого картоплекопача наведено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Параметри ділянки та результати досліджень серійного та модернізованого картоплекопача КТН-2В

Найменування даних	Картоплекопач КТН-2В	
	Серійний	Модернізований
1	2	3
1. Період проведення випробувань	Вересень 2023	
2. Сорти досліджуваної картоплі	"Ред Скарлетт", "БелаРосса", "Синьоока"	
3. Урожайність бульб картоплі, т/га	24,5	
4. Тип бадилля	підсохла	
5. Висота гребня грядки, см	23	
6. Максимальна глибина залягання бульби, см	7	
7. Ширина міжряддя, см	70	
8. Тип ґрунту і його механічний склад	сіра лісова, середній суглинок	
9. Вологість ґрунту, %	23,6...26,5	
10. Твердість ґрунту, МПа	0,44	
11. Засміченість досліджуваної ділянки бур'янами, т/га	1,7	
12. Температура повітря, °С	17	
13. Температура ґрунту на глибині залягання бульб, °С	9	
14. Попередній обробіток	механічне видалення бадилля	
15. Робоча швидкість агрегату, км/год	2,4	2,7
16. Глибина ходу лемеша, см	18	19
17. Якість виконання технологічного процесу, %:		
17.1. Кількість бульб на поверхні	95,3	98,0
17.2. Залишено в ґрунті	0,7	0,7
17.3. Присипано ґрунтом	5,1	2,2
17.4. Усього втрат	5,8	2,9
18. Пошкодження бульб, усього за масою, %:	1,93	2,80
18.1 Здерта шкірка від 1/4 до 1/2 поверхні бульби	0,30	0,62
18.2. Здерта шкірка понад 1/2 поверхні бульби	-	-
18.3. Зрізи м'якоті глибиною понад 5 мм	0,54	0,82
18.4. Тріщини завдовжки понад 20 мм	0,24	0,30
18.5. Розчавлені бульби	-	-
18.6. Різані бульби	0,18	0,19
18.7 Потемніння м'якоті від удару глибиною понад 5 мм	0,67	0,87

Таким чином, проведені порівняльні дослідження серійного та модернізованого картоплекопачів підтвердили переваги застосування

розробленого дискового зворушувача в конструкції збиральних машин. Застосування дискового зворушувача дало змогу знизити втрати на 47%, збільшити продуктивність на 12% порівняно із серійним картоплекопачем. Водночас дещо збільшилися пошкодження бульб, але вони відповідають агротехнічним вимогам для картоплекопачів.

Результати дослідження показників технічної експлуатації серійного та модернізованого картоплекопачів наведено в табл. 3.3.

Таблиця 3.3 – Результати порівняльних досліджень експлуатаційних показників серійного та модернізованого картоплекопача.

Показник	Одиниці вимірювань	Картоплекопач КТН-2В	
		Серійна	Модернізований
1	2	3	4
Кількість машин	од.	1	1
Середня робоча швидкість	км/ч	2,5	2,7
Ширина захвата	м	1,4	1,4
Напрацювання за період досліджень (у середньому на 1 машину) у годинах чистої роботи	год	115,28	106,82
Середній річний наробіток у годинах чистої роботи	год	58,14	53,91
Продуктивність	га/год	0,31	0,34
Середньорічна кількість відмов у розрахунку на 1 машину	од.	2,35	1,84
Середнє напрацювання на відмову в годинах чистої роботи	ч	48,9	57,7
Середнє напрацювання на відмову в гектарах зібраної площі	га	18,1	22,9
Трудомісткість робіт: ЩТО ТО-1	люд·год	0,13	0,15
	люд·год	1,05	1,12
Трудомісткість поточного ремонту в розрахунку: - на чистий час роботи - на гектар зібраної площі	люд·год/год	0,11	0,11
	люд·год/год	0,30	0,27
Коефіцієнт використання часу зміни	-	0,845	0,90
Коефіцієнт технічної готовності	-	0,89	0,89
Коефіцієнт технічного обслуговування	-	0,98	0,98
Коефіцієнт експлуатаційної надійності	-	0,92	0,92

Загалом відзначено збільшення напрацювання на відмову в розрахунку на гектар зібраної площі, що пов'язано зі зменшенням зупинок із технологічних

причин і збільшенням продуктивності роботи через збільшення робочої швидкості руху агрегату під час збирання (таблиця 4.2).

Встановлено, що ускладнення конструкції картоплезбиральних машин у зв'язку з їхньою модернізацією не справило значного впливу на загальну експлуатаційну надійність, оскільки коефіцієнти технічної готовності, технічного обслуговування та експлуатаційної надійності машин після удосконалення практично не змінилися.

Висновки по розділу

1. Уточнено розмірно-вагові характеристики (довжина, ширина, товщина, середня маса) бульб картоплі сортів "Ред Скарлетт", "БелаРосса", "Синьоока".

2. У результаті польових досліджень картоплекопача КТН-2В із дисковим зворушувачем на середньосуглинкових ґрунтах нормальної вологості встановлено, що застосування дискового зворушувача дало змогу знизити втрати картоплі на 47%, збільшити продуктивність на 12%, як порівняти із серійним картоплекопачем. Водночас дещо збільшилися пошкодження бульб, але вони відповідають агротехнічним вимогам для картоплекопачів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

На підставі даних проведеного аналізу встановлено, що продуктивність пруткових елеваторів багато в чому обмежується можливістю підвищення інтенсивності сепарації стосовно конкретних умов. Одним із перспективних шляхів удосконалення розділення компонентів оберемка є використання інтенсифікаторів різних типів, зокрема приводних зворушувачів, розташованих над поверхнею сепаруючого елеватора.

У результаті польових досліджень функціонування вдосконалених картоплезбиральних машин (на прикладі картоплекопача КТН-2В) на середньосуглинкових ґрунтах встановлено, що застосування дискового зворушувача дало змогу збільшити продуктивність на 12%, якщо порівнювати із серійною машиною.

Рекомендовані параметри дискового зворушувача під час його використання на картоплекопачі КТН-2В: відстань між пальцями – 0,15...0,2 м; кутова швидкість – 5,6...6,2 рад/с, радіус розташування пальців – 0,25...0,28 м, довжина пальця – 200 мм, висота пружної частини – 40 мм за жорсткості 4,67 кН/м.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. **Музичук Д.А.** Аналіз машинних технологій збирання картоплі. Матеріали ІХ Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь», 5 квітня 2023 року Житомир: Житомирський агротехнічний фаховий коледж, 2023. С. 202-204.
2. **Музичук Д.А.** Аналіз існуючих сепарувальних органів картоплезбиральних машин. Студентські читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 25 жовтня 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 82-85.
3. Білецький В. Р., **Музичук Д. А.** Схема дискового зворушувача сепаруючого елеватора картоплезбиральної машини. Збірник тез доповідей ХХІV Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2023 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ. 2023. С. 56-57.
4. Hedayat A.S., Sloane N.J.A., Stufken J. Orthogonal Arrays: Theory and Applications. Springer, 1999. 416 p.
5. Hoshmand R. Design of Experiments for Agriculture and the Natural Sciences. 2nd ed. CRC Press, 2006. 400 p.
6. Kai-Tai Fang, Min-Qian Liu, Hong Qin, Yong-Dao Zhou. Theory and Application of Uniform Experimental Designs. Singapore: Springer, 2018. 312 p.
7. Park S.H., Vining G.G. Statistical Process Monitoring and Optimization. Marcel Dekker, 2000. 510 p.
8. Rodrigues M.I., Iemma A.F. Experimental Design and Process Optimization. N.-Y.: CRC Press, 2014. 336 p.
9. Грушецький С.М., Бендера І.М., Іщенко Т.Д. та ін. Механізація технологічних процесів в землеробстві. Навчальний посібник. Кам'янець-Подільський: Подільський державний аграрно-технічний університет; ФОП Сисин О.В. 2011. 352 с.

10. Мельник В.І., Чигрин А.Г., Анікеєв О.І., Чигрина С.А. Збірник методик з використання машин в землеробстві. Навчальний посібник. Харків: Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка (ХНТУСГ), Панета-Прінт, 2020. 257 с.
11. Кравцов М.К., Неко В.І., Резніченко М.К., Романенко В.П. Технічна механіка. Частина 2. Опір матеріалів. Навчальний посібник / Харків: УПА, 2007. 158 с.
12. Борак К. В. Комплексний підхід підвищення довговічності та зносостійкості робочих органів ґрунтообробних машин : дис. ... д-ра. техн. наук : 05.05.11 / Поліський національний університет, м. Житомир. 2021. 380.
13. Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. Київ : Аграрна освіта, 2001. 216 с.
14. Войтюк Д.Г., Анікевич Л.В., Іщенко В.В. та ін. Сільськогосподарські машини. Підручник. Київ: Видавничий центр Національного університету біоресурсів і природокористування України (НУБіП України); Агроосвіта, 2015. 678 с.